МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ “МОЛОДА АКАДЕМІЯ – 26”

ДНІПРО
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ “МОЛОДА АКАДЕМІЯ – 26”

27-28 травня 2026 року

ЗБІРНИК ТЕЗ

Том 1

ДНІПРО
2026

УДК 669(043.2)
М 75

М 75 Молода академія – 26. Т. І : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених. Дніпро, 27-28 травня. 2026 р. – Електрон. вид. – Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2026. – 299 с.

У збірці приводяться тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції студентів і молодих учених «Молода академія – 26» в яких узагальнюються підсумки науково-технічної творчості студентів і молодих учених закладів вищої освіти України та закордонних країн. Розглянуті питання створення нових та удосконалення існуючих технологічних процесів, вирішення проблем сучасного виробництва для забезпечення конкурентоспроможності продукції на світовому ринку. Надано рекомендації щодо успішного функціонування провідних галузей шляхом вирішення окреслених в тезах проблем в України в умовах воєнного стану.

У І томі збірника розглянуті питання сучасних металургійних процесів ресурсо- та енергозаощаджуючих технологій, спрямованих на вирішення проблем гірничо-металургійного комплексу. Також висвітлюються питання виготовлення деталей та складання вузлів, поліпшення конструкцій, раціоналізації технологій використання, технічного обслуговування та ремонту промислового обладнання, колісних і гусеничних транспортних засобів. Порушено питання структурно-фазових перетворень при термічних, термомеханічних та корозійних процесах у металах та сплавів. Розглянути питання раціонального використання енергетичних ресурсів, інженерної екології та безпеки життєдіяльності.

Організаційний комітет конференції:
Голова: д.т.н., професор Пройдак Ю. С. – проректор з наукової роботи УДУНТ
Члени організаційного комітету:
д.т.н., професор Нізяєв К. Г.
к.т.н., доцент Бобух О. С.
д.т.н., професор Білодіденко С. В.
к.т.н., доцент Негруб С. Л.
д.т.н., професор Дейнеко Л. М.
к.т.н., доцент Усенко А. Ю.
к.т.н., доцент Селівьорстова Т. В.
д.е.н., професор Довбня С. Б.
к.е.н., доцент Козенков Д. Є.
д.т.н., професор Должанський А. М.
д.т.н., професор Єрьомін О. О.
к.т.н., доцент Ніколенко А. В.
старший викладач Савич А. В.
к.філ.н., доцент Мунтян А. О.
бібліотекар 1 категорії Мартинова Л. З.

Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) («Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна)

© Український державний університет науки і технологій, 2026

№№ з\п	ЗМІСТ ЗБІРНИКА	Стор.
I	**Секція «Металургія (Пірометалургія)**	17
1	***Підсекція «Металургія чавуну»***	17
1	Боровиков С.Я. (МЕ01-22-Т) «Особливості формування в горні доменної печі тотермана» (кер. проф. Бочка В.В.)	17
2	Дробот Р.О. (МЕ01-22-Т) «Дослідження розподілу матеріалів по перерізу доменної печі при різних параметрах завантаження» (кер. проф. Бочка В.В.)	18
3	Бабенко О.І. (МЕ01-22-Т), Круглов А.М. асп. «Дослідження впливу режимів термообробки залізорудних окатишів на їх міцність» (кер. доц. Ягольник М.В.)	19
4	Фалько О.В. (МЕ01-22-Т), Ремесло О.О. асп. «Оцінка можливості заміни коксового дріб'язку антрацитовим штибом при агломерації» (кер. доц. Ягольник М.В.)	20
5	Бережний П. В. (МЕ01-25М) «Аналіз впливу властивостей шихтових матеріалів на процес огрудкування» (кер. доц. Бойко М.М.)	20
6	Нагнибіда М. К. (МЕ01-25М) «Аналіз впливу пошарового завантаження агломераційної шихти на теплові витрати при агломерації» (кер. доц. Бойко М.М.)	21
2	***Підсекція «Металургія сталі»***	22
1	Сідак М.С. (МЕ02-22), Марко М.А. асп., Танчев О.А. асп. «Підвищення якості сталі шляхом оптимізації витрати інертного газу (кер. доц. Журавльова С.В.)	22
2	Суязов І.І. (МЕ02-22), Марко А.Ф. асп.,. «Вдосконалення процесу десульфурації для умов обробки на ковші-печі» (кер. доц. Журавльова С.В.)	22
3	Тринько А.О. (МЕ02-25 М), Дутній Р.Б. асп.,. Трещов В.Е. асп. «Закономірності десульфурації сталі в умовах киснево-конвертерного процесу» (кер. доц. Журавльова С.В.)	23
4	Пашковська О. М.. (МЕ02-25-М), «Оцінка ефективності видалення неметалевих включень в кристалізаторі МБЛЗ за різних параметрів розливання» (кер. доц. Синегін Є.В.)	24
5	Вороненко С. Є. (ст. гр. МЕ02-22-Т) «Вплив ємності кисневих конвертерів на технологічні параметри і техніко-економічні показники виплавки сталі» (кер. доц. Синегін Є.В.)	24
6	Павлов М. О. (ст. гр. МЕ02-22) «Форми пошкодження воднем безперерволитих флокеночутливих сталей» (кер. доц. Синегін Є.В.)	25
7	Кузьмініч А. В. (ст. гр. МЕ02-22) «Фізичне моделювання продувки сталі у промковші МБЛЗ інертним газом» (кер. доц. Синегін Є.В.)	25
8	Царьов А. В. (ст. гр. МЕ02-22) «Аналіз технології безперервного розливання арматурної сталі» (кер. доц. Синегін Є.В.)	26
9	Борисов Є. Д. (МЕ-02-22) «Аналітичні дослідження особливостей переробки ванадієвого чавуну в конвертері ГКР (газо кисневого рафінування)» (кер. доц. Стоянов О.М.)	26
10	Дудник Ю.С. (МЕ02-22) «Моделювання процесу переробки ванадієвого чавуну» (кер. доц. Стоянов О.М.)	27
11	Кащавцев Д.В. (МЕ02-22Т) «Аналіз технологічних параметрів деванадізації металу у конверторі ГКР» (кер. доц. Стоянов О.М.)	28
12	Коломинський М.Р. (МЕ02-22) «Моделювання процесу конвертерної плавки з підвищеною долею металобрухту» (кер. доц. Стоянов О.М.)	29
13	Дубцов Д.Д. (МЕ02-22), Аржанцев Є.О. асп. «Особливості застосування	30

	висококремністого брухту у шихті кисневого конвертора» (кер. доц. Мамешин В.С.)	
14	Беліков Д. О. (МЕ02-22), Солодкий О.О. асп. «Вплив перегрів сталі на показники безперервного розливання сталі в умовах ТОВ МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ» (кер. доц. Мамешин В.С.)	30
15	Сосницький Р. О. (МЕ02-22Т), «Розкислення низьковуглецевої сталі карбідом кальцію на фінальній стадії виплавлення» (кер. проф Нізяєв К.Г.)	33
16	Dipl.-Ing. Angelini Alberto (Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Effect of argon gas preheating on powder characteristics in viga and eiga atomization» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	33
17	Mospan A.V. (Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Application of an effective equilibrium reaction zone model for metal–slag interaction in steel production» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	35
18	Dipl.-Ing. Anton Yehorov (Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Oxidation behavior of mgo–c refractories containing metallic aluminum, cma, and carbores P» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	37
19	Lukas Neubert(Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Oxygen-dependent surface tension of molten high-silicon electrical steel» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	39
20	M.Sc. Matheus Roberto Bellé (Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «A comparison of the sessile drop and maximum bubble pressure methods for surface tension determination in al-killed steels» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	41
21	M.Sc. Meirzhan Karbayev(Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Swelling behavior of iron ore pellets in h_2 atmosphere under non-isothermal conditions» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	43
22	Andrä, Stefan(Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg) «Influence of cobalt on the thermophysical properties of fayalite slags» (supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova)	44
3	***Підсекція «Електрометалургія»***	46
1	Сєров С.В. (МЕ04-22) «Термодинамічні основи модифікування сталі для колісних центрів рідкісноземельними металами» (кер. доц. Дерев'янко І.В.)	46
2	Агєєв О.Г. (аспірант), Годько О.А. (МЕ905-25М) «Біовуглецеві в'яжучі альтернатива викопним ресурсам» (кер. доц. Дерев'янко І.В.)	47
3	Попов Д.О. (МЕ05-25м), Гончар В.Ю. (МЕ05-25м) «Аналіз та дослідження теплоенергетичних процесів графітації у печі Ачесона» (кер. доц. Жаданос О.В.)	48
4	Бєлкін Р.О. (МЕ04-25м), Поліщук К.В. (МЕ04-25м), Ябченко О.О. (МЕ04-23т) «Дослідження фізико-хімічних процесів виплавки сталі марки 40хл методом переплаву легованих відходів у дуговій печі» (керівник доц. Жаданос О.В.)	50
5	Цуркан О.С. (МЕ04-22т) «Дослідження дегазації металу в окиснювальний період електроплавки сталі методами статистичного моделювання» (кер. проф. Горобець А.П.)	52
6	Ниткін М.Ю. (МЕ04-25-м) «Дослідження мінерального складу фосфоритової руди з метою розробки принципової технологічної схеми її збагачення» (кер. доц. Пройдак А.Ю.)	53
7	Музика Я.В.(МЕ06-25) «Аналіз якості марганцевих руд світових родовищ та її вплив на показники виплавки феросплавів» (кер. проф.Овчарук А.М.)	54

8	Забудько О.О. (МЕ04-23) «Переробка техногенних відходів феросплавного виробництва» (кер. доц. Рубан А.В.)	56
9	Балика Т.М (МЕ04-22). «Фізико-хімічні особливості виплавки середньовуглецевого феромарганцю» (кер. проф. Гладких В.А.)	56
4	***Підсекція «Металургія кольорових металів»***	58
1	Зайцев М.С. (МЕ06-22) «Технологія синтезу хлориду цирконію» (кер. проф. Ігнатьєв В.С.).	58
2	Савюк В.Р. (МЕ06-22) «Переробка вторинної ванадійвмісної сировини» (кер. проф. Ігнатьєв В.С.)	58
3	Тіткін О.О. (МЕ06-22) «Розробка технологічної схеми та процесу виплавки алюмінієвих сплавів зі вторинної сировини» (кер. доц. Колбін М.О.)	59
4	Самойленко О.В. (МЕ06-22) «Технологія виплавки вторинних мідних сплавів в дугових печах» (кер. доц. Головачов А.М.)	59
5	***Підсекція «Теоретичних основ металургійних процесів»***	60
1	Мільков М.А. (МЕ03-22) «Оцінка фосфатної ємкості сталеплавильних шлаків» (кер. проф. Мяновська Я.В.)	60
2	Мінухін М.Г. (МЕ03-24Мн) «Вплив неметалевих включень на якість кордової сталі» (кер. проф. Мяновська Я.В.)	61
3	Власенко В.В(.МЕ03-24-Мн), Величко Є.К. (Ме03-22-1) «Особливості взаємодії вогнетривкого футерування з компонентами металевого розплаву» (кер. проф. Камкіна Л.В.)	62
4	Величко К.О. (аспірант), Бабак В.В. (МЕ03-22-1) «Вплив складів шлаку на їх в'язкість та втрати сплаву» (кер. проф. Камкіна Л.В.)	63
5	Часс А.С. (МЕ03-22-2) ,Чумак Д.Д. (аспірант) «Альтернативні вуглецеві відновники» (кер. проф. Камкіна Л.В.)	65
6	Соловйов П.Ю. (МЕ03-22-1), Тулейко О.В. (МЕ03-22-1) «Кремній як індикатор енергетичного стану металургійних процесів» (кер. доц. Мішалкін А.П.)	66
7	Кудлай О.С. (МЕ03-22-1), Шкленський Є.В. (аспірант) «Теорія і практика застосування в доменному виробництві залізовуглецевих композитів як замінників традиційних компонентів доменної шихти» (кер. доц. Мішалкін А.П.)	67
8	Шавран Є.В.(МЕ03-22-1), Фомін Є.С. (аспірант) «Основні положення концепції раціонального використання фізико-хімічного потенціалу металургійної системи» (кер. доц. Мішалкін А.П.)	68
9	Ольшанський О.В. (аспірант) «Огляд та технічна характеристика сировинної бази феросплавного виробництва України» (кер. доц. Анкудінов Р.В.)	69
10	Ісаєв А. С.(аспірант) «Технологічні особливості виробництва дисперсного карбіду кремнію з використанням біогенних відновників у відповідності сучасним вимогам декарбонізації» (кер. Мяновська Я.В.)	70
11	Лиськовський М.Д.(МЕ04 -22) «Аналіз сучасних технологій переплаву легованого брухту» (кер. доц. Анкудінов Р.В.)	71
6	***Підсекція «Ливарне виробництво»***	72
1	Дубовий Д.О. (МЛ01-22) «Розробка доцільного технологічного процесу серійного виготовлення чавунного виливка» (кер. проф. Іванова Л.Х.)	72
2	Красницька А.В. (МЛ02-22-Т) «Розробка технологічного процесу за одиничного виробництва чавунного виливка «Кришка» (кер. проф. Іванова Л.Х.)	72
3	Зінченко Е.В. (МЛ01-22) «Розробка обгрунтованого технологічного процесу за дрібносерійного виготовлення виливка з алюмінієвого сплаву» (кер. проф.	73

Іванова Л.Х.)
4 Жук А.М. (МЛ02-22) «Розробка технологічного процесу за одиничного виробництва чавунного виливка «Накладка» (кер. проф. Іванова Л.Х.) 73
5 Насонов М.М. (МЛ01-22) «Розробка технологічного процесу серійного виготовлення виливка «Кронштейн порожнистий» (кер. проф. Іванова Л.Х.) 74
6 Рябий Д.Ю. (МЛ01-24-2Мн) "Дослідження впливу термічної обробки на зносостійкість валкових чавунів» (кер. проф. Іванова Л.Х.) 74
7 Бушин О.В. (МЛ01-24-1Мн) «Удосконалення технології лиття оправок зі сплаву 280х32нзф для стану повздовжньої прокатки» (кер. проф. Меняйло О.В.) 75
8 Воронков В.О. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження впливу модифікування недефіцитними хімічними сполуками силуміну на його структуру і властивості» (кер. проф. Меняйло О.В.) 75
9 Голда Д.В. (МЛ01-24-1Мн) "Дослідження процесу твердіння чавунних виливків і визначення розмірів теплових вузлів і зон їх зосередження» (кер. проф. Меняйло О.В.) 76
10 Лапшин О.А. (МЛ01-24-1Мн) «Визначення впливу обігріву дзеркала метала надливу на утворення усадкових дефектів сталевих злитків» (кер. проф. Меняйло О.В.) 76
11 Красюк О.В. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження процесу прискореного твердіння осьової частини циліндричного виливка та його вплив на структуру» (кер. проф. Меняйло О.В.) 77
12 Облапенко М.С. (МЛ01-24-2Мн), «Дослідження впливу використання зовнішніх сталевих холодильників у формі нижньої шийки на процес твердіння чавунного прокатного валка» (кер. проф. Меняйло О.В.) 77
13 Миргородський Д.В. (МЛ01-24-2Мн) «Дослідження кількості кулястих включень графіту і їх розподіл у масивних виливках циліндричної форми» (кер. проф. Меняйло О.В.) 78
14 Манойлов М.А. (МЛ01-24-2Мн) "Дослідження тривалості твердіння і обігріву надливів комплекснолегованих листопрокатних валків з кулястою формою графіту» (кер. проф. Меняйло О.В.) 78
15 Турбін Д.В. (МЛ01-24-2Мн) «Удосконалення технології лиття оправок зі сталі 35хн2ф для прошивного стан» (кер. проф. Меняйло О.В.) 79
16 Хохлов В.М. (МЛ01-24-2Мн) "Дослідження впливу вуглецю в залізовуглецевих сплавах на тривалість твердіння чавунних виливків різної форми» (кер. проф. Меняйло О.В.) 79
17 Дерінгер А.О. (МЛ01-24-1Мн) "Експериментальне дослідження складів теплоізоляційних холоднотвердіючих сумішей для утеплення надливів сталевих виливків» (кер. проф. Меняйло О.В.) 79
18 Грітченко А.М. (МЛ01-22т) «Аналіз технологічних заходів з підвищення якості виливків із сталі 110г13л» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 80
19 Ємченко В.Ю. (МЛ01-24-1Мн) «Аналіз технологічних особливостей використання газового тиску в спеціальних способах лиття» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 81
20 Ляшко О.Є. (МЛ01-24-1Мн) «Вибір технологічних схем газодинамічного витиснення розплаву із сифонної ливникової системи крупного сталевого виливка» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 82
21 Ріннік О.М. (МЛ02-22т) «Аналіз сучасного стану технологій виготовлення ливарних форм і стрижнів» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 83
22 Сіверський В.В. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз технологічної ефективності 84

обробки розплаву при виробництві сталевого литва» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.)
23 Тітов В.О. (МЛ02-22) «Розробка технологічних заходів стабілізації температури оболонкових форм лвм на етапі заливки» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 85
24 Ткач Д.В. (МЛ01-24-2Мн) «Визначення розмірів надливної частини виливків при використанні газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 85
25 Турченко М.Є. (МЛ02-22) «Розробка варіантів технології створення понадатмосферного тиску в надливі крупного сталевого виливка» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 86
26 Чемикос О.Є. (МЛ01-22) «Аналіз технологічних особливостей реалізації газодинамічного впливу на твердіючий розплав в оболонковій керамічній формі» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) 87
27 Віноходов О.О. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження впливу технологічних факторів та складу форм на їх властивості за витоплюваними моделями» (кер. проф. Реп'ях С.І.) 88
28 Сметана Є.А. (МЛ01-24-2Мн) «Аналітичні дослідження впливу компонентів ПГС на технологічні та фізико-механічні властивості ливарних сумішей» (кер. проф. Реп'ях С.І.) 89
29 Смірнов О.С. (МЛ01-24-2Мн) «Розробка складів ХТС та дослідження впливу високодисперсних вторинних матеріалів на їх властивості» (кер. проф. Реп'ях С.І.) 89
30 Погорілий Д.А. (МЛ01-24-2Мн) «Дослідження впливу складу водних протипригарних покриттів на їх технологічні властивості» (кер. доц. Усенко Р.В.) 89
31 Попов Д.Р. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз впливу ЕКР на технологічні властивості ливарних ПГС» (кер. доц. Усенко Р.В.) 90
32 Баркар Р.Р. (аспірант) «Розробка та наукове обґрунтування технології обробки розплаву в ливарних ковшах, спрямованої на отримання сталевих виливків із підвищеним рівнем якості» (кер. доц. Усенко Р.В.) 90
33 Шемет В.Ю. (аспірант) «Оптимізація конструкції чавунних кокілів підвищеної стійкості з литим напівкруглим профілем калібру для прокатних валків на основі наукового обґрунтування» (кер. доц. Усенко Р.В.) 91
34 Артеменко В.О. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження впливу температури рідкого середовища на час спікання пінополістиролових моделей» (кер. доц. Білий О.П.) 91
35 Захарченко І.І. (МЛ01-24-1Мн) «Закономірності електрошлакового переплаву легованих сталей та їх вплив на формування структури й властивостей металу» (кер. доц. Білий О.П.) 92
36 Корочанський С.С. (МЛ01-24-1Мн) «Особливості одержання та структурно-фазового формування високоентропійних сплавів системи Al-Ni-Cr-Fe-Cu під час ливарного формування» (кер. доц. Білий О.П.) 93
37 Котловський О.І. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження механізмів структуроутворення та закономірностей формування механічних і корозійних властивостей ливарної бронзи» (кер. доц. Білий О.П.) 93
38 Лісовець О.О. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження технологічних характеристик та ресурсного потенціалу повторного використання екологічно безпечних стрижневих сумішей для ливарного виробництва» (кер. доц. Білий О.П.) 94
39 Макеєв А.Б. (МЛ01-24-1Мн) «Аналіз виготовлення ливарної форми із 94

застосуванням спеціалізованих систем автоматизованого проектування» (кер. доц. Білий О.П.)
40 Маневич Д.О. (МЛ01-24-1Мн) «Аспекти формування гарячеламкості в багатокомпонентних мідних сплавах» (кер. доц. Білий О.П.) 95
41 Маркотенко І.С. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідженні технологічних та структурних аспектів виготовлення незмінних зубних протезів методом точного лиття» (кер. доц. Білий О.П.) 96
42 Міронов О.С. (МЛ01-24-1Мн) «Вплив способів обробки оболонкових форм на їх міцність» (кер. доц. Білий О.П.) 96
43 Салов В.С. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз технології виготовлення моделі із застосуванням 3-d принтеру на якість виливка» (кер. доц. Білий О.П.) 97
44 Філоненко Д.О. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз сучасних технологій сталеливарного виробництва» (кер. доц. Білий О.П.) 97
45 Шаповал Д.П. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз технологій лиття використанням електричного та електромагнітного впливу та їхнього впливу на процеси кристалізації й структуру металів» (кер. доц. Білий О.П.) 98
46 Ахметов М.І. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження впливу металофосфатних зв'язуючих на технологічні та фізико-механічні властивості ХТС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 98
47 Клочко П.П. (МЛ01-24-1Мн) «Дослідження впливу зв’язуючих на основі смол на властивості ХТС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 99
48 Коваленко М.О. (МЛ01-24-1Мн) «Аналіз впливу складу на технологічні властивості РСС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 99
49 Коврига Д.А. (МЛ01-24-1Мн) «Аналіз впливу дисперсного піровуглецю на властивості ливарних сумішей для форм та стрижнів» (кер. доц. Осипенко І.О.) 100
50 Кононенко Є.В. (МЛ01-24-1Мн) «Розробка та аналіз впливу високодисперсного марганцевмісного матеріалу на технологічні властивості ХТС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 100
51 Кучерявий С.В. (МЛ01-24-1Мн) «Аналітичне дослідження впливу способів та методів регенерації ХТС на якість та властивості формувальних сумішей» (кер. доц. Осипенко І.О.) 101
52 Матвієнко М.О. (МЛ01-24-1Мн) «Аналітичне дослідження впливу цирконовмісних матеріалів на властивості ливарних сумішей та протипригарних фарб» (кер. доц. Осипенко І.О.) 102
53 Петін М.О. (МЛ01-24-2Мн) «Дослідження та аналіз застосування протипригарних покриттів на спиртовій основі для сталевого литва» (кер. доц. Осипенко І.О.) 102
54 Сидорчук О.В. (МЛ01-24-2Мн) «Дослідження та аналіз впливу ПАР на властивості сирих ПГС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 103
55 Симоненко Р.О. (МЛ01-24-2Мн) «Дослідження впливу наповнювачів та зв’язуючих українських родовищ на технологічні властивості ПБС» (кер. доц. Осипенко І.О.) 104
56 Чумак М.В. (МЛ01-24-2Мн) «Аналіз та дослідження методів лиття із застосуванням електричного та електромагнітного впливу» (кер. доц. Осипенко І.О.) 104
57 Задорожний В.М., (МЛ02-22) «Аналіз технологічних факторів виникнення пригару на стальних виливках» (кер. доц. Доценко Ю.В.) 105
58 Русанов Д.О., (МЛ02-22т) «Аналіз технологічних режимів модифікування ливарних сплавів системи al-si препаратами які містять сірку та стронцій» 105

(кер. доц. Доценко Ю.В.)
59 Федюков І.С., (МЛ01-22) «Аналіз технологічних заходів по підвищенню ефективності рафінування алюмінієвих ливарних сплавів системи al-si» (кер. доц. Доценко Ю.В.) 106
60 Шкіптань М.Г., (МЛ01-22) «Аналіз ефективності використання комплексної добавки на властивості піщано-бентонітових формувальних сумішей» (кер. доц. Доценко Ю.В.) 107
61 Зіненко Є.І. , (МЛ01-22) «Вплив легуючих на властивості валкових чавунів» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 107
62 Коваль В.Й. (МЛ02-22) «Підвищення якості стоматологічного литва» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 108
63 Лубневський В.О. (МЛ02-22) «Модифікування валкових чавунів» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 108
64 Багас І.О. (МЛ02-22) «Внутрішньоформенне модифікування масивних виливків металургійного обладнання» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 109
65 Войцеховський К.О. (МЛ02-22т) «Вплив модифікування на властивості валкового чавуну» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 109
66 Петраш І.В. (МЛ01-22) "Модифіковані чавуни для виливків» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 109
67 Мацерук І. М. (Мл01-24-2Мн) «Комп'ютерні анімаційні моделі елементів технологічного процесу лиття виливків для стоматологічного литва» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 110
68 Мудрак В.С. (Мл02-24-2Мн) «Структура та властивості валкового чавуну після внутрішньоформенного модифікування та температурного оброблення» (кер. доц. Хитько О.Ю.) 110
69 Панченко Л.В. (МЛ02-22) «Дослідження особливостей отримування 3d моделей для стоматологічного литва з використанням 3d-моделювання та 3d-друку» (кер. проф. Меняйло О.В.) 111
II Секція «Механічна обробка» 111
1 ***Підсекція «Обробка металів тиском»*** 111
1 Квак Б.І., (аспірант) «Вплив типу кристалічної структури на механічні властивості високоентропійних сплавів» (кер. доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.) 111
2 Ревякін Д.О. (аспірант), Зятіна В.І. (аспірант) «Високоентропійні сплави (ВЕС) як перспективний клас матеріалів» (кер. доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.) 112
3 Ниткін Ю.В. (аспірант) «Основні ефекти високоентропійних сплавів та їх вплив на формування властивостей» (кер. доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.) 113
4 Польща О.С. (аспірант) «Дослідження впливу заготовки на можливу втрату стійкості заготовки під час профілювання труб» (кер. доц. Бояркін В.В.) 113
5 Григоренко В.В. (аспірант), Литвиненко С.В. (аспірант), Огінський О.Й. (аспірант) «Розвиток методів розрахунку енергосилових параметрів» (кер. доц. Ремез О.А.) 114
6 Ляшко Р. В. (МЕ07-24м) «Дослідження розподілу шарів композиту в процесі пресування біметалевих труб» (кер. проф. Фролов Я.В., доц. Бобух О.С.) 115
7 Льовушкін Д. Є. (МЕ07-24м), Бондаренко Д. О. (МЕ07-25м) «Дослідження композитного матеріалу системи «алюміній – титанова сітка – алюміній»» (кер. проф. Фролов Я.В., доц. Бобух О.С.) 116
8 Приходько І. М. (МЕ07-25м) «Розробка інноваційної технології гарячого 116

	пресування жароміцних труб для авіаційної промисловості» (кер. проф. Медведєв М.І., проф. Фролов Я.В.)	
9	Губа Р. В. (аспірант) «Розробка пресових матриць підвищеної стійкості для пресування труб з титанових сплавів» (кер. доц. Коноводов Д.В.)	117
2	***Підсекція «Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів»***	118
1	Нутовцев Є.О., Степаненко Д.С. (МЕ09-22Н) «Оптимізація технологічного проєктування виробництва холоднодеформованих труб із застосуванням цифрових інструментів» **(**кер.: доц. Соловйова І.А., проф. Балакін В.Ф., ст. викл. Николаєнко Ю.М.)	118
2	Веденєєв О.С. (МЕ09-22Н), Копилов О.С. (МЕ909-21Н) «Розробка програмного забезпечення технологічного проектування ділянок холодної прокатки» (кер.: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.)	119
3	Поплінський О.О (МЕ09-22Н), Дробик Н.М. (МЕ909-21Н) «Цифрове забезпечення технологічного проєктування процесів оправочного волочіння нержавіючих труб» (кер.: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.)	120
4	Щербініна В.С. (МЕ09-22Н), Євтушенко Т.В. (МЕ909-21Н) «Використання проєктного підходу до технологічного проєктування ділянки виробництва холоднокатаних титанових труб» (кер.: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.)	121
5	Тутевич Т.О. (МЕ09-22Н) «Сучасні підходи до підвищення якості поверхні холоднодеформованих труб» (кер.: ст. викл. Ю.М. Николаєнко, доц. І.А. Соловйова)	122
6	Ткачова О.Ю. (МЕ09-22Н) «Дослідження параметрів гарячої прокатки труб на стані ТПА 350» (кер.: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.)	122
7	Никитенко О.О. (МЕ09-22Н) «Особливості виробництва гарячепресованих труб із важкодеформованих матеріалів» (кер.: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.)	123
8	Курдіновський С.О. (МЕ09-22-2Н), Люцко М.С. (МЕ09-22Н) «Оцінка геометричної точності труб на різних етапах деформації на стані ТПА 30-102» (кер.: проф. Балакін В.Ф., ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.)	124
9	Малацай Р.С. (МЕ09-22-2Н) «Селезньова А.М. (МЕ09-22Н), Перспективи розвитку гарячої пілігримової прокатки безшовних труб» (кер.: проф. Балакін В.Ф., ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.)	125
10	Малацай Р.Ю. (МЕ09-22Н) «Технологічні особливості виробництва гарячекатаних труб на трубопрокатних установках із тривалковим розкатним станом» (кер.: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.)	126
ІІІ	**Секція «Машинобудування»**	127
1	***Підсекція «Галузеве машинобудування»***	127
1	Ваганов С.В. (МБ01-22-т) «Дослідження динаміки руху елементів еластичного карткового сита» (кер. доц. Кононов Д.О.)	127
2	Солодухін М.Г. (МБ01-22) «Дослідження технологічних показників роботи вібраційного грохота з еластичними ситами» (кер. доц. Кононов Д.О.)	127
3	Убийккін А.М. (МБ01-22) «Дослідження перехідних процесів роботи вібраційного живильника». (кер. доц. Кононов Д.О.)	128
4	Розсоха Д.В. (МБ01-23-т) «Дослідження динамічних процесів головної лінії автоматстана ТПА 350». (кер. доц. Кононов Д.О.)	128
5	Невшупа С.Г. (МБ02-22-т) «Оптимізація організаційно-технологічних процесів поточного ремонту вантажного автотранспорту» (кер. доц. Мельянцов П.Т.)	129

6	Невшупа І.С. (МБ02-22-т) «Оцінка впливу динамічного згину на довговічність гідравлічних рукавів високого тиску» (кер. доц. Мельянцов П.Т.)	130
7	Батюхов М.С. (МБ02-22-т) «Забруднення робочої рідини як фактор зниження надійності гідравлічних трансмісій» (кер. доц. Мельянцов П.Т.)	130
8	Шевченко С.А. (МБ02-22-т) «Градієнтне текстурування торцевих поверхонь як метод підвищення ресурсу шестеренних насосів» (кер. ст. викл. Лосіков О.М.)	131
9	Слобода В.А. (МБ902-21) «Перспективні ресурсозберігаючі технології відновлення деталей при ремонтних процесах машинобудування» (кер. ст. викл. Сидоренко В.К.)	132
10	B. Dudariev. (AGH University of Krakow) «Ultrasonic colinear and vibroacoustic modulation wave mixing using shear waves for structural damage detection» (supervisor: dr. inż. R. Radecki and prof. dr hab. inż. W.J. Staszewski)	133
11	Василенко Є.І. (ПМ2212) «Розробка міні екскаватора для будівництва фортифікаційних споруд з робочим обладнанням пряма лопата» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	134
12	Москалюк В.С. (ПМ2212) «Розробка міні екскаватора для будівництва фортифікаційних споруд з робочим обладнанням зворотна лопата» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	135
13	Федоренко О.В. (ПМ2212) «Розробка опорно-ходового пристрою міні екскаватора для будівництва фортифікаційних споруд з робочим обладнанням пряма/зворотна лопата» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	136
14	Новіков С.І. (ПМ23130) «Модернізація робочого обладнання універсального гідравлічного екскаватора та розробка механізму швидкої зміни робочого органу» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	137
15	Троцюк В.С. (ПМ2312) «Проєкт наземного роботизованого комплексу для транспортування вантажів» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	138
16	Москалюк В.С. (ПМ2212) «Про обладнання машини для технічної розвідки» (кер. доц. Богомаз В.М.)	139
17	Троцюк В.С. (ПМ2312) «Про дообладнання вантажних автомобілів для встановлення невибухових загороджень» (кер. доц. Богомаз В.М.)	140
18	Брильов Р.А. (ПМ2311) «Методологія конструктивно-технологічного регулювання трибологічного ресурсу навантажених вузлів тертя» (кер. доц. Плітченко С.О.)	141
19	Сорока Є.О. (АГ22160) «Розробка і модернізація комплекту машин для комунального господарства» (кер. доц. Главацький К.Ц.)	142
IV	**Секція «Інженерна механіка»**	144
1	***Підсекція* «Технічна механіка»**	144
1	Коновал О.О. (ЛГ25120) «Вплив схем формування вантажних поїздів на поздовжню навантаженість» (кер. доц. Урсуляк Л.В.)	144
2	Десятов В.О. (ПМ2512) Нікітіч О.О. (ПМ2512) «Технічні рішення конструкції ходових частин вантажного локомотива» (кер. доц. Недужа Л.О.)	145
3	Інкін Д.І. (ПБ2312) «Аналіз міцності конструкцій для розташування освітлювального обладнання в Палаці культурі УДУНТ» (кер. доц. Кострица С.А.)	146
4	Литвин О.С. (МЕ07-24) «Композитний матеріал із армованого волокном полімеру, який самовідновлюється» (кер. доц. Каряченко Н.В.).	147
5	Буша О.І. (МЕ04-24) «Біорозкладний пластик, здатний замінити традиційні нафтохімічні матеріали в промисловості» (кер. доц. Каряченко Н.В.).	147

6	Когтєв М.С. (МЕ07-24) «Біоматеріал нового покоління» (кер. доц. Каряченко Н.В.)	148
7	Козаметов А.А. (МЛ01-24) «Полімерна технологія, яка підвищує ефективність атмосферних генераторів води» (кер. доц. Каряченко Н.В.).	148
8	Ліновецький М.В. (МВ01-24-2т) «Новий будівельний матеріал з негативним вуглецевим слідом» (кер. доц. Каряченко Н.В.).	149
9	Саган С. М. (МЕ03-24) «Гнучкий композит здатний до самовідновлення та повторного використання» (кер. доц. Каряченко Н.В.).	150
10	Гловацький Э.Г. (ВГ2511) «Проведення випробувань з визначення сили, при якій настає пробуксовка коліс мотовоза на рейках» (кер. ст. викладач Федоров Є.Ф.)	150
11	Гончар С.О. (АП2411) «Розрахунок кривого бруса великої кривизни» (кер. ас. Болотов О.О.)	151
12	Вівтоненко О.О. (МБ01-23т) «Визначення розмрів ланок просторового чотриланкового механізму приводу валків станів холодної пільгерної прокатки труб» (кер. доц. Сьомічев А.В.)	153
2	***Підсекція «Прикладна механіка»***	153
1	Шаповалов О.Р. (ІМ01-24) «Проектування методом каркасного моделювання в Autodesk Inventor Professional» (кер. ст. викл. Вишневський І.В.)	153
2	Лісогор М.Я. (ІМ01-22т) «Використання особливостей конструкції еластичного інструмента для обробки складнопрофільних поверхонь деталей» (кер. доц. Негруб С.Л.)	154
3	Сало Я.А. (ІМ01-22т) «Вплив машинобудівного підприємства на навколишнє середовище» (кер. доц. Негруб С.Л.)	154
4	Казимиров М.О. (ІМ01-22-т) «Вибір методу отримання заготовки для виготовлення валів у дрібносерійному виробництві» (кер. доц. Бондаренко С.В.)	155
5	Штундер О.О. (ІМ01-22-т) «Вдосконалення технологічних процесів виробництва деталей на прикладі валу трубовідрізного верстату Cri-Dan» (кер. доц. Бондаренко С.В.)	156
6	Костюков В.В. (ІМ01-22-т) «Технологія накатки як ефективний та екологічний спосіб формування поверхні деталі» (кер. ст. викл. Бончук С.В.)	156
7	Найденко К.І. (ІМ01-22-т) «Порівняльний аналіз методів обробки шліцьових поверхонь валів» (кер. ст. викл. Бончук С.В.)	158
8	Шевлюков Д.М. (ІМ01-22-т) «Аналіз і вибір методів контролю для забезпечення якості деталей у машинобудуванні» (кер. ст. викл. Бончук С.В.)	160
9	Романенко С.В. (ІМ01-22т) «Комп'ютерне моделювання процесу розробки креслень деталей» (кер. ст. викл. Карабут В.М.)	161
10	Ланцов В.А. (ДДАЕУ) «Режими різання при токарній обробці залізничного колеса чашковим різцем» (кер. доц. Погребняк Р.П.)	162
V	**Секція «Матеріалознавство та термічна обробка металів»**	163
1	***Підсекція «Прикладне матеріалознавство»***	163
1	Гончар Є.Г. (МВ01-22-2Т) «Виробництво та раціональна марки сталі для виготовлення хребтової балки вантажних вагонів» (кер. проф. Узлов К.І)	163
2	Береснєв К.О. (МВ01-22-2Т) «Термічна обробка і властивості сталі Х12МФ для штампів холодного деформування» (кер. проф. Миронова Т.М)	164
3	Роговий О.В. (МВ901-21) «Вибір марки сталі та технологічні особливос виробництва безшовних труб для нафтодобувної промисловості» (кер. про Погребна Н.Е.)	165
4	Domaskina D.Yu. (МВ01-22-2Т) «Selection of an optimal steel grade and heat	166

	treatment conditions for bearings operating at elevated temperatures» (supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Assoc. Prof. Kotova T.V.)	
5	Нісоловський П.І. (МВ01-22-2Т) «Використання сталі 01ют для виробництва тонколистового прокату» (кер. доц Котова Т.В., доц. Аюпова Т.А.)	167
6	Utkin N.E. (Rudny Industrial University) «Experimental study of the effect of deformation temperature in a radial-shear rolling mill on the microstructure evolution of copper» (supervisor prof. Naizabekov A.B.)	168
7	Dorota Stanek, Patrycja Kolbusz (AGH University of Krakow) «Influence of cu catalyst preparation method on eco_2rr performance in the presence of so_2 impurities» (supervisor: dr Sebastian Jarczewski, dr hab. inż. Krzysztof)	170
8	Піщенко К.А.(ЗНУ) «Цифрова обробка та покращення якості зображень мікроструктур металів та сплавів із використанням штучного інтелекту» (кер. доц. Воденнікова О.С.)	171
9	Damian Kaufmann(AGH Centre of Energy, AGH University of Krakow) «Advanced mn-based double perovskite electrodes decorated with empty core-shell nanocatalysts for symmetrical solid oxide cells operating at reduced temperatures» (supervisors: Kun Zheng, Jakub Lach)	172
10	Васил'єв Д.(КМіДМ-22) «Структура і властивості нестаріючої сталі для автолиста» (кер. проф. Губенко С.І.)	174
11	Головков А.(КМіДМ-22) «Поведінка неметалевих включень при пластичній деформації сталі» (кер. проф. Губенко С.І.)	175
12	Нікітенко С. (КМіДМ-22) «Вибір чавуну для отримання алмазу динамічного синтезу» (кер. проф. Губенко С.І.)	176
13	Грама Б. (КМіДМ-22) «Структура і властивості сталі для залізничних коліс» (кер. проф. Губенко С.І.)	177
14	Михановський Є.(КМіДМ-22) «Вплив неметалевих включень на механічні властивості низьковуглецевої сталі» (кер. проф. Губенко С.І.)	178
2	***Підсекція «Термічна обробка металів»***	179
1	Шпортько Ю. В. (аспірант) «Сталі для штампів гарячого деформування» (кер. проф. Дейнеко Л. М.)	179
2	Косенко Д.С. (МВ01-22-2Т) «Дослідження технології виробництва броней конусних дробарок зі сталі 110Г13Л» (кер. доц. Перчун Г.І.)	180
3	Терентьєв В.Р. (МВ01-22-2Т) «Дослідження технології виготовлення важконавантажених пружин для вагоноперекидачів» (кер. доц. Перчун Г.І.)	181
4	Сенін Д.М. (МВ01-22-2Т) «Термічна обробка, властивості і структура стали 60С2А для виготовлення бурової коронки» (кер. доц. Романова Н.С., ст. викл. Кокашинська Г.В.)	182
5	Денисенко Н.В. (МВ01-22-2Т) «Аналіз сплавів для виробництва кришки плунжерного насосу» (кер. доц. Романова Н.С.)	183
6	Дворніченко К.Д. (МВ01-22-2Т) «Вплив термічної обробки на структуру та властивості роликів станів хптр зі сталі 60С2ХФА» (кер. ст. викл. Карпова Т.П., доц. Кімстач Т.В.)	183
7	Sidra Muzaffar[1], Sebastian Jarczewski[1], Patrycja Kolbusz[1], Krzysztof Mech[1] «Thermally evaporated cu-ag bimetallic catalysts for electrochemical reduction» OF CO_2» (AGH University of Krakow)	184
3	***Підсекція «Покриття, композиційні матеріали та захист металів»***	185
1	Precious O. Nwajei., (AGH University of Science and Technology in Krakow) «Section: materials science and heat treatment of metals covalent phase composites fabricated via reactive sintering» (Supervisor: Prof. dr hab. inż.	185

Zbigniew Pędzich., Co-Supervisor: Dr inż. Dawid Kozień)
2 Шуліка В.М. (МВ904-21) «Технологія виготовлення спечених виробів з магнітом'яких матеріалів» (кер. доц. Ковзік А.М.) 186
3 Руденко О.І. (МЕ10-24м) «Аналіз покриттів з підвищеними антикорозійними властивостями» (кер. доц. Голуб І.В) 186
4 Скряга Д.О. (МЕ10-24м) «Аналіз антикорозійної стійкості виробів за різних умов виготовлення» (кер. доц. Голуб І.В.) 187
5 Лапко В.В. (МЕ07-22) «Дослідження технології нанесення захисного покриття на медичне обладнання» (кер. доц. Біла О.В.) 188
6 Шуракова О.В. (МЕ10-25м) «Особливості технології отримання порошкової корозійностійкої сталі» (кер. доц. Головачов А.М.) 189
7 Zabichuk O.V. (МВ904-21) «Justification for the selection of steel grade and manufacturing technology of thread-cutting dies for hard materials» (supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Nosko O.A.) 189
8 Borysevich V.V. (МВ01-22-1т) «Determination of the optimal steel grade and manufacturing technology for machine taps intended for machining hard metals» (supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Nosko O.A.) 190
VI Секція «Енергетика» 191
1 Селезньов А. Д. (ТЕ01-22) «Аналіз теплового стану повітря виробничих приміщень під час роботи теплоенергетичного обладнання» (кер. проф. Біляєва В. В., доц. Усенко А. Ю.) 191
2 Шмалько В. В. (ТЕ01-22) «Моделювання процесу самонагрівання насипу палива в сховищі» (кер. проф. Біляєва В. В., доц. Усенко А. Ю.) 192
3 Задорожний Р.І. (аспірант) «Енергоефективне використання палива в промислових котельнях моделювання, аналіз та оптимізація» (кер. доц. Каракаш Є.О., доц. Форись С.М) 193
4 Форісь Ю.М. (аспірант) «Дослідження процесів горіння твердого палива в шахтних печах на основі математичного моделювання» (кер. проф. Федоров С.С.) 194
5 Максимчук С.А. (аспірант) «Порівняльний аналіз ефективності використання низькокалорійного палива в парових котельних агрегатах» (кер. доц. Форись С.М.) 195
6 Щур М.С. (аспірант) «Дослідження ефективності використання шахтного метану в газопоршневих когенераційних установках» (кер. доц. Форись С.М.) 196
7 Золотько А.С. (аспірант) «Дослідження гідравлічної стійкості системи опалення на основі математичного моделювання» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 197
8 Білий Р.В. (аспірант) «Удосконалення технологій теплопостачання з використанням регенеративних систем опалення на основі компактних насадок» (кер. проф. Біляєва В.В.) 199
9 Коренєв О.В. (аспірант) «Розвиток уявлень про будову вугілля для ефективного та енергоощадливого використання» (кер. проф. Сорокін Є.Л.) 200
10 Похилько А.С. (аспірант) «Підвищення енергоефективності газопоршневих агрегатів шляхом впровадження пульсаційно-акустичного горіння» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 201
11 Бейгул А.С. (аспірант) «Сучасні підходи до створення електротермічних агрегатів киплячого шару на основі бінарних сумішей» (кер. доц. Форись С.М., проф. Нікольський В.Є.) 202
12 Суденко А.О. (аспірант) «Сучасний стан і напрями розвитку геотермальних систем теплопостачання з використанням інноваційних технологій» (кер. 203

доц. Форись С.М.)
13 Радченко О.В. (аспірант) «Підвищення ефективності використання низькопотенційної теплоти в системах кондиціювання повітря» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 204
14 Алексєєнко А.О. (ТЕ01-25-М) «Аналіз потенціалу енергозбереження в системах теплопостачання житлових будівель» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 205
15 Ігнатенко М.О. (ТЕ01-25-М) «Підвищення енергоефективності систем освітлення адміністративних будівель на основі led-технологій» (кер. доц. Форись С.М.) 206
16 Козлов В.А. (ТЕ01-25-М) «Дослідження впливу автоматизованих систем керування на енергоспоживання будівель» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 207
17 Магала В.О. (ТЕ01-25-М) «Методи підвищення ефективності енергетичного менеджменту на промислових підприємствах» (кер. доц. Губинський С.М.) 208
18 Маковицький Б.О. (ТЕ01-25-М) «Перспективи використання сонячної енергетики для енергозабезпечення приватних домогосподарств» (кер. проф. Габрінець В.О.) 209
19 Мішустін Д.О. (ТЕ01-25-М) «Аналіз ефективності малих вітроенергетичних установок в умовах міської забудови» (кер. проф. Федоров С.С.) 210
20 Садовий П.І. (ТЕ01-25-М) «Використання систем накопичення енергії для підвищення надійності енергозабезпечення» (кер. проф. Нікольский В.Є) 211
21 Самарський П.А. (ТЕ01-25-М) «Оцінка енергетичного потенціалу сонячної генерації в умовах україни» (кер. доц. Усенко А.Ю.) 212
22 Бех Я.П.(аспірант) «РЕЗЕРВУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ» (кер. доц. Сердюк Т.М.) 213
23 Samson Adesope (AGH University of Krakow) «A unified framework for evaluating carbon footprint and emission reduction strategies for regenerative building design using lca and sensitivity analysis» (Supervisor: Marek Borowski) 215
24 Гапотченков Г. В. (ЕП23120) «Аналіз еволюції діелектричних матеріалів та факторів надійності високовольтних кабельних систем» (кер. доц. Плітченко С.О.) 217
25 Patrycja Kolbusz(AGH University of Krakow) «Nife-based (oxy)hydroxide catalysts for oxygen evolution reaction in alkaline and seawater electrolysis» 217
Підсекція «Транспортна енергетика» 218
1 Шаповалова С. В. (ЕТ2411) «Специфікація використання систем генерації електроенергії автономних об'єктів» (кер. проф. Афанасов А. М.) 218
2 Федик А.С. (ЕТ2521), Лєгков С.І. (ЕТ23120) «Підвищення тягово-зчіпних якостей електровозів» (кер. проф. Афанасов А. М.) 219
3 Виговський О.Ю. (ЕТ2521), Войтенко В.Г. (ЕТ23120) «Підвищення ресурсу бандажів колісних пар тягового рухомого складу» (кер. проф. Афанасов А. М.) 220
4 Чабан О.В. (ЕТ2521), Черкащенко О.С. (ЕТ23120) «Енергетичний аналіз тягового електроприводу електромобіля» (кер. проф. Афанасов А. М.) 220
5 Курамшин Я. О. (ЕТ2211) «Шляхи побудови електропоїздів змінного струму приміського руху» (кер. доц. Білухін Д. С.) 221
6 Смаїлов С. С. (ЕТ23120) «Підвищення тягово-енергетичних показників електровозів змінного струму з зонно-фазним регулюванням напруги» (кер. доц. Маренич О. Л.) 223
7 Олійник Г. О. (ЕТ2211) «Пластична деформація колекторів тягових машин постійного струму з метою підвищення комутаційної стійкості» (кер. ст. викл. Васильєв В. Є.) 224
8 Зима Я. В. (ЕТ23120) «Навантажувальна здатність несучих конструкцій 225

кузовів електровозів» (кер. ст. викл. Васильєв В. Є.)
9 Павлов О. О. (ЕТ23120) «Автоматизована система обліку електричної енергії на кар'єрних електровозах змінного струму» (кер. ст. викл. Васильєв В. Є.) 226
10 Рамусь О. А. (ЕТ23120) «Випробування асинхронних трифазних двигунів» (кер. ас. Шаповалов О. С.) 227
11 Криволап А. О. (ЕТ23160) «Підвищення енергоефективності електричного транспорту на основі керованого електропривода змінного струму» (кер. ас. Шаповалов О. С.) 228
12 Бондар В. В. (ЕТ23120) «Підвищення ефективності залізничного транспорту» (кер. доц. Арпуль С. В.) 228
13 Семенов Є. О. (ЕТ23120) «Визначення потреби локомотивного парку та локомотивних бригад для перевезень вантажних поїздів» (кер. доц. Арпуль С. В.) 229
14 Мітін Р. М. (аспірант) «Стан та проблеми оновлення локомотивного парку АТ «Укрзалізниця»» (кер. доц. Арпуль С. В.) 230
15 Тишко Р. О. (аспірант) «Стан моторвагонного рухомого складу (МВРС) АТ «Укрзалізниця» (кер. доц. Арпуль С. В.) 231
VII Секція «Захист довкілля» 232
1 ***Підсекція «Промислова екологія»*** 232
1 Родіонова А.О. (ЕО01-22) «Аналіз джерел відходів у виробництві штучних волокон» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 232
2 Іткіна М.В. (ТЗ01-22) «Шляхи утворення відходів сироварного виробництва» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 232
3 Гуненко С.М. (ЕО01-24) «Вплив війни на стан навколишнього середовища в Україні» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 234
4 Височин А.С. (ЕО901-21) «Розробка удосконаленої технологічної схеми очищення пило газових викидів ТЕС» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 235
5 Стафійчук Н.С. (ТЗ901-21) «Аналіз впливу викидів коксового цеху на повітряний басейн та розробка пропозицій щодо його зменшення» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 236
6 Резніченко О.С. (ТЗ901-21) «Оцінка впливу картонно-руберойдового виробництва на навколишнє середовище та розробка заходів щодо його зменшення» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 238
7 Малахатько Н.С. (ТЗ901-21) «Проект оборотної системи водопостачання при виробництві ферохрому» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 239
8 Купа Т.С. (ТЗ901-21) «Аналіз впливу автомийок на довкілля та розробка заходів щодо його зменшення» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 241
9 Мельников О.С. (ЕО01-22) «Аналіз стану забруднення грунтів діоксинами» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 242
10 Нотін М.М. (ЕО01-22) «Розробка рекомендацій щодо боротьби з розповсюдженням небезпечних інвазійних рослин» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 245
11 Залюбовський О.В. (ЕО01-22) «Розробка пропозицій щодо удосконалення оборотних систем водопостачання ливарних цехів» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 247
12 Харитонов М.О. (ТЗ01-22) «Аналіз складу стічних вод, які утворюються при виробництві шоколадних цукерок та розробка рекомендацій шодо їх очистки» (кер. ст. викл. Мєшкова А.Г.) 248
13 Хмиз М.А. (ТЗ01-22) «Розрахунок забруднення водних ресурсів стоками акумуляторного виробництва» (кер. доц. Романько Я.В.) 250

14	Гаврилюк Є.С. (ТЗ01-22) «Аналіз впливу шкідливих викидів коксохімічного виробництва на здоров'я працюючих» (кер. доц. Романько Я.В.)	251
15	Ляшко А.Р. (ТЗ01-23) «Методи дослідження в екології » (кер. доц. Саввін О.В)	253
16	Палига В.А (ЕО01-23) «Вплив твердих побутових відходів на навколишнє середовище та шляхи їх мінімізації» (кер. доц. Саввін О.В.)	254
17	Федоренко О.В. «Класифікація та екологічна небезпека відходів виробництва та споживання» (кер. доц. Суліменко С.Є.)	255
18	Гуненко С.М. (ЕО01-24) «Підвищення точності контролю відносної вологості в середовищах, критичних для НАССР, за використанням психрометричних гігрометрів ВИТ-1 ТА ВИТ-2» (кер. Білоножко М.В.)	256
19	П'яник О.С. (ЕО01-25м) «Стратегічна трансформація системи ОВД в Україні» (кер. доц. Саввін О.В.)	257
20	Івашина Ю.В. (ЕО01-22) «Аналіз процесу утворення та методів утилізації осадів стічних вод міста Дніпро» (кер. доц. Саввін О.В.)	257
21	Волкова Н.О. (ТЗ01-23) «Порівняльний аналіз оптичних та хроматографічних методів моніторингу атмосферного повітря» (кер. доц. Саввін О.В.)	258
22	Ніколаєв О.О. (ЕО01-23) «Методи дослідження в екології» (кер. доц. Саввін О.В.)	260
23	Федоренко О.В. (ЕО01-23) «Дослідження способів збору та обробки метеорологічних даних» (кер. доц. Саввін О.В.)	261
24	Потьомін А.Д. (ЕО01-22) «Аналіз впливу теплоенергетики на довкілля» (кер. доц. Саввін О.В.)	263
25	Федоренко О.В. (ЕО01-23) «Шумове забруднення: джерела, нормування, прилади вимірювання та результати моніторингу» (кер. доц. Саввін О.В.)	264
26	Федоренко О.В. (ЕО01-23) «Екологічні аспекти охорони та моніторингу ґрунтового покриву» (кер. ст.викл. Сухарева М.В.)	265
27	Бондарева А.Д. (ЕО01-23) «Стан та стратегічні пріоритети охорони та раціонального використання ґрунтових ресурсів України» (кер. ст.викл. Сухарева М.В.)	266
28	Палига В.А. (ЕО01-23) «Комплексний стан та стратегічні пріоритети управління побутовими відходами в Україні» (кер. ст.викл. Сухарева М.В.)	267
29	Мазур Д.О. (ЕО01-23) «Вплив конвертерного виробництва на довкілля (кер. доц. Суліменко С.Є.)	267
30	Іткіна М.В. (ТЗ01-22т) «Щляхі поводження з відходами чорної металургії (кер. доц. Суліменко С.Є.)	268
31	Родіонова А.О. (ЕО01-22) «Вплив коксохімічного виробництва на атмосферу та шляхи щодо його зменщення (кер. доц. Суліменко С.Є.)	269
32	Кушко В.М. (ВВ-24м) «Прокопенко О.С. (ВВ-22) «Експлуатація водозабірних колодязів з постійною продуктивністю» (кер. доц. Шарков В.В.)	270
33	Попов Н.С. (ВВ-24м), Баранов Д.В. (ВВ-22) «Зниження рівнів води в колодязях при змінах режимів роботи» (кер. доц. Шарков В.В.)	271
34	Черниченко Д.Д. (ВВ-24м), Желєзньов М. Е. (ВВ-22) «Недосконалість свердловин та її вплив на продуктивнсть» (кер. доц. Шарков В.В.)	272
35	Савченко Д.Г. (Аспірант), Мазурок О.В. (ВВ-22) «Особливості районних систем водопостачання» (кер. доц. Шарков В.В.)	274
36	Kopera P.(AGH University of Krakow) «Evolution of the regulatory framework and its impact on the municipal waste management system in Poland» (supervisor: Sechman H., Ph. D.)	276

37	Крамаренко Є.Р. (АГ2511) «Аналіз сучасних стратегій утилізації та рециклінгу акумуляторних систем електротранспорту» (кер. доц. Плітченко С.О.)	278
2	***Підсекція «Інженерна екологія»***	279
1	Горб М.К. (УЕ23120) «Вплив заводу технічного обладнання на довкілля» (кер. доц. Безовська М. С.)	279
2	Донських Ю.В. (ЕО2116) «Вплив заводу металевих виробів на атмосферне повітря» (кер. доц. Безовська М. С.)	280
3	Власенко В.С. (УЕ2311) «Виготовлення альтернативного композитного сорбенту з рослинних відходів, для знесолення води що використовуються для потреб малих громад» (кер. ст. викл. Калимбет М.В.)	281
4	Аракєлов А.О. (УЕ2311) «Утилізація органічних відходів методом біоремедіації» (кер. доц. Тарасова Л.Д.)	282
5	Романчук Є.В. (УЕ2311) «Сучасні методи та технології очистки стічних вод міських систем» (кер. доц. Тарасова Л.Д.)	283
6	Курінна В.Є. (ЕО2116) «Зміни індексу біохімічного споживання кисню у водах суб-масиву середнього Дніпра у 2016-2025 роках» (кер.: доц. Тарасова Л.Д. та еколог-аналітик Байлюк Ю.В.)	284
7	Гричук К.Є. (УЕ2411) «Вплив транспортування небезпечних речовин на довкілля та методи зниження екологічних ризиків» (кер. ст. викл. Розгон О.В)	286
8	Власенко В.С. (УЕ2311) «Правове регулювання дій у разі надзвичайних ситуацій» (кер.: доц. Антонюк О.В., ст. викл. Розгон О.В)	287
9	Тимченко П.О. (аспірант) «Систематизація кількісних параметрів радіаційного захисту у рекомендаціях мкрз: від концепції ефективної дози до методології детременту» (кер. доц. Пилипенко О.В.)	288
3	***Підсекція «Водокористування та захист довкілля»***	289
1	Коваленко А.С. (аспірант), Матусевич М.О. (аспірант), Скуратов М.О. (аспірант) «Експрес моделі в задачах водокористування: результати практичного застосування» (кер. проф. Біляєв М.М.)	289
2	Набієв Заур Шовги Огли (аспірант) «Захист водозаборів на річках, як основа стабільного водопостачання» (кер. доц. Машихіна П.Б.)	290
3	Пічкальов Д.М. (ВВ23160), Міхно А.В. (ВВ2316) «Шляхи оптимізації використання водних ресурсів» (кер. ас. Козачина В.В.)	291
4	Фандєєва М.О (ТЗ23160), Коломоєць А.В. (ТЗ2211) «Моніторинг екологічного стану довкілля в умовах надзвичайних ситуацій» (кер. доц. Машихіна П.Б.)	292
5	Цуркан В.В. (аспірант) «Підвищення ефективності нейтралізації стічних вод» (кер. доц. Машихіна П.Б.)	293
6	Шапошник А.Р. (ВВ2211), Вахрушев В.В. (ВВ2211) «Чисельні методи моделювання для вирішення питань захисту водного середовища від транспорту» (кер. доц. Козачина В.А.)	294
7	Калашников А.В. (аспірант), Кириченко М.В. (аспірант), Філоненко Г.К. (аспірант) «Спеціалізовані комп'ютерні програми для рішення задач водокористування» (кер. проф. Біляєв М.М.)	295
8	Сєрєдін Б.В. (аспірант) «Вдосконалення методів розрахунку фільтрів для очищення води» (кер. доц. Машихіна П.Б.)	296
9	Карастоянов Г.В. (ВВ2521), Кулик Ю.С. (ВВ2521), Савченко А.А. (ВВ2521) «Математичні моделі в прикладних задачах гідродинаміки» (кер. доц. Семененко П. В.)	297

МЕТАЛУРГІЯ (ПІРОМЕТАЛУРГІЯ)

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ ЧАВУНУ»

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ В ГОРНІ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ТОТЕРМАНА

Боровиков С.Я. керівник проф. Бочка В.В.
Український державний університет науки і технологій

Для ефективної роботи сучасної доменної печі необхідно забезпечити хороші дренажні умови в горні. Основна проблема для руху шлаку в напрямку каналу чавунної льотки під час випуску

зумовлюється ступенем розвитку малоактивної зони коксової насадки, так званого тотермана, розташованого орієнтовно в центрі металлоприймача та перешкоджає руху потоку розплаву.

Наявність малоактивної зони коксової насадки в горні доменної печі ускладнює рух шлаку під час випуску, через що зростає кількість розплаву, який залишається в металлоприймачеві після закриття випуску продуктів плавки, особливо в його протилежній частині від чавунної льотки.

Спроби визначити розміри, форму і розташування тотермана для оцінки його впливу наштовхувалися на незнання порозности коксової насадки в горні, розподілу температур в металлоприймачеві, а також складності оцінки хімічного складу і щільності реального багатокомпонентного доменного шлаку.

Поява системи контролю рівня розплаву по колу горна доменної печі дозволило шляхом аналізу характеру розподілу шлаку до початку випуску і на момент закриття чавунної льотки оцінити розміри тотермана, а при наявності двох чавунних льоток і більше визначати його місце розташування по перерізу металлоприемника.

Відомо, що поверхня шару залишкових продуктів плавки у горні доменної печі на момент закриття випуску має складну форму (рис. 1). У металлоприймачеві залишається значна кількість шлаку, яка може досягати 50-80% від накопиченого до відкриття випуску, об'єм залишкового чавуну становить близько 10%.

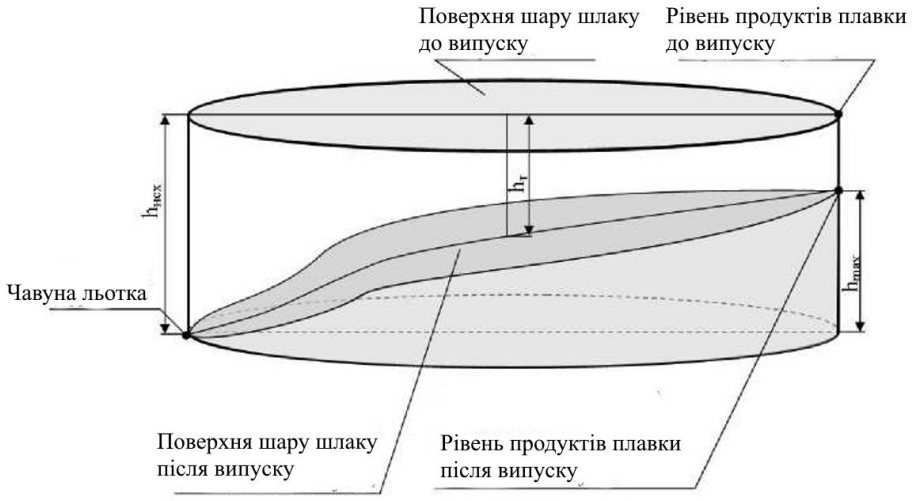


Рис. 1 - Схема розташування шарів шлаку і чавуну в горні доменної печі до і після випуску чавунка

При нормальній роботі доменної печі максимальна висота залишкового шару шлаку знаходиться з протилежного боку горна відносно чавунної льотки, на яку

проводився випуск. Наявність малоактивної зони коксової насадки призводить до викривлення поверхні залишкового шару шлаку в металоприймачеві, так як продукт плавки здатний рухатися тільки навколо тотермана в період випуску.

Центр тотермана буде розташований на перетині ліній, що з'єднують чавунні льотки і точки з максимальним рівнем шлаку на випусках, які проведені через відповідні випускні отвори. Якщо точки з максимальною висотою залишкового шару шлаку знаходяться не діаметрально відносно відповідних чавунних льоток, то місце розташування малоактивною зони з центром горна доменної печі не збігається.

Діаметр тотермана можна визначити шляхом порівняння сумарного об`єму реально випущених продуктів плавки і об'єму металоприймача, який звільнився в результаті випуску і визначається за допомогою системи контролю рівня розплаву по колу горна доменної печі.

Регулярно проводячи розрахунки за наведеною схемою можна по зміні радіуса тотермана оцінювати ступінь захаращення горна, а так само розробити методику боротьби з малоактивною зоною коксової насадки.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ МАТЕРІАЛІВ ПО ПЕРЕРІЗУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ПРИ РІЗНИХ ПАРАМЕТРАХ ЗАВАНТАЖЕННЯ

Дробот Р.О., керівник проф. Бочка В.В.
Український державний університет науки і технологій

Найважливішим завданням сучасного доменного виробництва є пошук ефективних технологічних прийомів, що забезпечують істотне зниження питомої витрати коксу на виплавку чавуну та підвищення продуктивності доменних печей при різній інтенсивності плавки.

На доменній печі об'ємом 2000 м^3 накопичений досвід роботи з різними масами залізорудної частини подачі. У зв'язку з цим, було проведено дослідження впливу маси подачі на характер розподілу матеріалів та результати роботи печі.

Результати дослідження особливостей і інтенсифікації роботи доменної печі показали, що зі збільшенням маси подачі істотно підвищується ефективність роботи доменної печі. Поряд зі змінами зазначених параметрів при максимальній масі подачі має місце і найбільше збільшення загального перепаду тиску газів у печі з зростанням інтенсивності плавки Наведений характер залежностей свідчить про те, що зі збільшенням маси подачі в структурі стовпа матеріалів відбуваються такі зміни, які, з одного боку, сприяють збільшенню опору стовпа, вираженого відношенням $\Delta P_{\sum}$ до кількості дуття ($Q_д$, м^3/хв), або до виходу фурменої газів ($V_г$, м^3/хв), а з іншого - до зменшення цього опору.

Видно, що при збільшенні маси подачі більш, ніж в 2 рази, загальний перепад $\Delta P_{\sum}$ збільшився приблизно на 13% у той час як $\Delta P_{\sum}$:$Q_д$ збільшилася приблизно на 20%, а $\Delta P_{\sum}$:$V_г$ - практично не змінилося.

Результати дослідження показали, що зі збільшенням маси подачі з 28,5 до 64 т зростає більш, ніж в 2 рази товщина шару і зростає рівномірність розподілу рудного навантаження по радіусу печі, в результаті чого, повинні істотно зростати не тільки загальний перепад тиску $\Delta P_{\sum}$, але й показники опору стовпа матеріалів.

Результати розрахунку епюр шарів матеріалів та величини рудного навантаження підтвердили те, що зі збільшенням маси подачі змінюється характер розподілу матеріалів. Так, при масі подачі 28,5 т максимальне рудне навантаження мало місце біля стін. При збільшенні маси до 64 т і більше максимальне рудне навантаження мало місце на відстані біля 0,5 м. Причому рудне навантаження біля стін при збільшенні маси подачі зменшувалося від 4,8 т/т до 3,6 т/т, що сприяє в певній мірі

посиленню периферійного потоку газів. В той же час рудне навантаження в центрі печі при збільшенні маси подачі збільшувалося від 0,8 т/т до 2,0 т/т, що обмежує рух газів в осьовій зоні печі. Все це повинно спричинити зменшення газопроникності шару матеріалів в печі.

У той же час, моделювання пошарового укладання матеріалів в шахті печі при різній масі рудної частини шихти показали, що із збільшенням маси подачі зменшується кількість шарів матеріалів в шахті, істотно знижується вплив на опір стовпа матеріалів між шарового ефекту, що має місце, як при частковому проникненні більш дрібного рудного матеріалу в між кусковий простір коксу, так і при переході газу з каналів меншого розміру (рудний матеріал) у великі канали (кокс). Зазначені чинники сприяють зниженню опору шару матеріалів із збільшенням маси подачі. Дією взаємовиключних факторів, мабуть, можна пояснити досить високу стабільність у розподілі газу по радіусу печі при різних масах подачі.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕРМООБРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОКАТИШІВ НА ЇХ МІЦНІСТЬ

Бабенко О.І., Круглов А.М., керівник доц. Ягольник М.В.
Український державний університет науки і технологій

На даний час залізорудні окатиші практично повністю задовольняють вимоги металургів до їх металургійних властивостей. Проте існують деякі питання які треба вирішувати. Наприклад малодослідженим є етап нагріву окатишів, який значною мірою визначає загальну продуктивність обпалювального агрегату міцність окатишів.

Метою даної роботи було створення математичної моделі, яка описує вплив температури, часу нагріву та основності на якість обпалених окатишів (міцність на роздавлювання). Для поліноміального опису процесу скористалися трьох факторним планом Бокса-Бенкіна.

За експериментальними даними був одержаний поліном, що описує залежність параметрів оптимізації від обраних факторів. Перевірка адекватності математичних моделей, показала, що поліном достатньо точно описує реальні процеси.

До основних висновків можна віднести наступні.

1. Зміна основності впливає на міцність окатишів наступним чином, спочатку при зростанні основності з 0,1 до 0,4 міцність падає з 91,77 до 72,5 кг/обкотиш. При подальшому зростанні основності з 0,4 до 0,7 міцність зростає до 77,81 кг/обкотиш. Аналізуючи вплив основності варто враховувати, що оптимальна добавка вапняку залежить від рівноваги факторів, що діють під час обпалу в протилежних напрямках – збільшення плавкості сприяє зниженню пористості, а виділення газу збільшує пористість. Зі збільшенням основності ущільнення матеріалу відстає від інтенсивності породоутворення, тому, що збільшується температура плавлення матеріалу

2. Аналіз впливу температури нагріву на міцність показав, що при t нагріву 1150 ºС маємо міцність 102,22 кг/обкотиш, при 1200 ºС – 72,5 кг/обкотиш і при 1250 ºС – 72,66 кг/обкотиш, відповідно. Зміна міцності окатишів від температури обпалу, пояснюється також тим, що при температурах до 1150-1180 ºС відбувається твердо фазне спікання частинок всередині окатишів, і вони поступово набирають міцність до цієї температури. Температура випалення нижче 1200º С не забезпечує досягнення міцності, необхідної для транспортування окатишів.

3. Аналіз впливу часу нагріву показує, що зі збільшенням часу нагріву з 10 до 30 хвилин міцність збільшується з 68,45 до 76,55 кг/обкотиш.

Це відповідає даним з літератури , що певну роль в зміцненні окатишів грає і чинник часу. Найінтенсивніше процес зростання міцності протікає за перших 5-20 хв.

випалення. Подальше збільшення тривалості випалення приводить до значно меншого збільшення міцності і навіть привести до деякого зниження її.

Враховуючи все сказане і проаналізувавши отримані експериментальні дані найбільш оптимальні, з точки зору скорочення тривалості сушки та підвищення міцності сухих окатишів, є наступні значення досліджуваних факторів:

- мінімальна (0,1 од.) основність;
- максимальна (1250 °С) температура;
- близький до максимального (30 хв.) час обпалу.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ КОКСОВОГО ДРІБ'ЯЗКУ АНТРАЦИТОВИМ ШТИБОМ ПРИ АГЛОМЕРАЦІЇ

Фалько О.В., Ремесло О.О., керівник доц. Ягольник М.В.
Український державний університет науки і технологій

Проблема заміни коксового дріб'язку альтернативними видами палива є актуальною та сучасною. У даній роботі в лабораторних умовах учбово-наукової лабораторії були проведені дослідження впливу співвідношення коксику та антрацитового штибу в шихті на показники процесу агломерації.

При зміні змісту та видів палива в інтервалі 6-9 % ставилися завдання:

- простежити за зміною основних показників процесу агломерації;
- зробити аналіз показників якості агломерату при зміні змісту та видів палива у шихті та при їхньому співвідношенні;
- вибрати оптимальну витрату палива, враховуючи показники якості та продуктивність агломераційної установки.

За отриманими результатами експериментів можна зробити наступні висновки.

При кількості завантаженої шихти для одного спікання 2,2 кг при висоті шару шихти 300 мм середній час спікання тривав 11,5 хв. При цьому найбільша вертикальна швидкість спікання спостерігалася при вмісті палива 6,5 %. Усадка шару шихти була різною 35 – 70 мм.

Вихід агломераційного спеку (агломерат без постелі) за результатами досліджень знаходиться на рівні – 2,00 кг.

Розглядаючи вплив різних видів палива на вихід годного агломерату можна зробити висновок, що вихід годного від вмісту та виду палива має залежність. Мінімальний рівень виходу годного спостерігається при 5 % коксику.

Заміна коксику антрацитом призводить до зниження швидкості спікання, але в значно меншій мірі. При частковому використанні антрациту в суміші з коксиком найбільше гальмування викликає добавка 3,25 % антрациту; подальше збільшення його частки в паливі мало впливає на швидкість спікання. Температурний рівень процесу знижується зі збільшенням частки антрацитового штибу в паливній суміші, проте в цілому зміна максимальної температури в зоні горіння не перевищувала 500° С і не призводило до її зниження менше 40° С.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРОЦЕС ОГРУДКУВАННЯ

Бережний П. В., керівник доц. Бойко М. М.
Український державний університет науки і технологій

Огрудкування залізорудної сировини є одним із ключових етапів підготовки матеріалів до доменного процесу, що значною мірою визначає техніко-економічні показники сучасного металургійного виробництва. В умовах зменшення запасів

високоякісних руд зростає роль глибоко збагачених концентратів, які потребують обов'язкового окускування з метою забезпечення необхідної газопроникності, міцності та відновлюваності доменної шихти.

У роботі проаналізовано вплив фізико-хімічних і гранулометричних властивостей шихтових матеріалів на процес огрудкування та якість залізорудних окатишів. Показано, що основними чинниками формування сирих гранул є дисперсність концентрату, вологість шихти, тип і технологія дозування в'яжучих речовин, а також умови гранулювання. Оптимальна вологість шихти в межах 8–10 % забезпечує розвиток капілярних сил, що сприяють утворенню міцної первинної структури гранул.

Особливу увагу приділено порівняльному аналізу неорганічних і органічних в'яжучих матеріалів. Встановлено, що традиційний бентоніт ефективно підвищує міцність гранул, однак призводить до зростання вмісту SiO_2 в окатишах. Органічні полімерні в'яжучі (карбоксиметилцелюлоза, гуарова камедь, поліакриламід, модифіковані гумінові кислоти) забезпечують високу міцність сирих і сухих гранул за рахунок адгезійно-когезійних взаємодій, зменшуючи негативний вплив на хімічний склад продукції.

Показано, що органічні в'яжучі істотно впливають на температуру розтріскування окатишів та їх міцність після випалу. Оптимальне дозування полімерів сприяє зростанню пористості та покращенню дифузії газів, однак надмірний вміст призводить до зниження міцності внаслідок відсутності рідкої фази при високих температурах. Для компенсації цього ефекту обґрунтовано доцільність застосування композитних в'яжучих систем із неорганічними добавками (бентоніт, борати, натрієві солі, мідний шлак).

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОШАРОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ НА ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ПРИ АГЛОМЕРАЦІЇ

Нагнибіда М. К., керівник доц. Бойко М. М.
Український державний університет науки і технологій

Агломерація залізорудної сировини є ключовою ланкою підготовки доменної шихти, що значною мірою визначає енергетичну ефективність доменного процесу. В умовах зростання частки тонкодисперсних концентратів і техногенних матеріалів актуальним завданням є підвищення ефективності використання теплоти в агломераційному шарі та зниження витрат твердого палива без погіршення показників продуктивності й міцності продукту.

У роботі досліджено вплив технології пошарового завантаження агломераційної шихти на теплові умови спікання, витрату палива та якість агломерату. За результатами експериментів встановлено, що при пошаровому завантаженні теплота, що виділяється під час горіння палива у верхньому шарі, частково передається в нижні шари, забезпечуючи їх спікання при зменшеній локальній витраті палива. Це дозволяє знизити загальну витрату коксу без негативного впливу на вертикальну швидкість спікання та питому продуктивність установки. Найбільш ефективним виявився режим при якому розподіл палива за шарами становив: верхній — +20 %, нижній — - 20 % від середньої витрати.

Використання пошарового завантаження сприяє підвищенню виходу придатного агломерату та зростанню показників міцності на удар і стирання. Показано, що підвищений вміст палива у верхній частині шару покращує теплові умови спікання, забезпечує формування більш міцної структури агломерату та зменшує утворення дріб'язку.

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ»

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СТАЛІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТИ ІНЕРТНОГО ГАЗУ

Сідак М.С., Марко М.А., Танчев О.А., керівник доц. Журавльова С.В.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні вимоги до якості сталі обумовлюють необхідність удосконалення технологій її виробництва. Одним із важливих етапів є позапічна обробка, яка дозволяє коригувати хімічний склад, температуру та чистоту металу. Особливу роль у цьому процесі відіграє використання інертних газів, зокрема аргону, який застосовується для продування металу. Актуальність роботи полягає у необхідності визначення оптимальних параметрів витрати інертного газу, що забезпечують максимальне підвищення якості сталі при мінімальних витратах ресурсів.

В роботі було проаналізовано вплив витрати аргону на основні технологічні параметри, які впливають на ефективність обробки сталі в агрегаті ківш – піч. Встановлено, що витрата інертного газу суттєво впливає на процеси перемішування розплаву та видалення домішок. При недостатній витраті газу спостерігається: слабке перемішування металу, нерівномірний розподіл температури та підвищений вміст неметалевих включень. Зі збільшенням витрати газу, перш за все покращуються такі параметри, як інтенсивність перемішування, ефективність дегазації та однорідність хімічного складу. Однак в роботі виявлено, що надмірна витрата призводить до утворення турбулентних потоків, вторинного окислення металу та втрат металу через інтенсивний барботаж.

Експериментально встановлено наявність оптимального діапазону витрати інертного газу, при якому досягається мінімальний вміст включень і найкращі механічні властивості сталі. Отримані результати підтверджують, що ефективність позапічної обробки значною мірою визначається гідродинамічними умовами в розплаві. Оптимальна витрата інертного газу забезпечує баланс між інтенсивністю перемішування та стабільністю поверхні металу. З практичної точки зору важливо враховувати конструкцію обладнання, глибину ванни та фізико-хімічні властивості сталі, що обробляється. Раціональна витрата аргону для мінімізації теплових втрат і збереження температури сталі знаходиться у діапазоні 0,15–0,2 м³/т. Запропоновано використання двох донних фурм для вдування аргону з раціональним розташуванням. Це дозволить зменшити витрату аргону на плавку на 18,4 %.

Результати роботи можуть бути використані на металургійному підприємстві при позапічній обробці сталі на установці ківш-піч.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ДЛЯ УМОВ ОБРОБКИ НА КОВШІ-ПЕЧІ

Суязов І.І., Марко А.Ф., керівник доц. Журавльова С.В.
Український державний університет науки і технологій

Сучасне металургійне виробництво висуває підвищені вимоги до якості сталі, зокрема до зниження вмісту шкідливих домішок, таких як сірка. Наявність сірки в сталі негативно впливає на її механічні властивості, знижує пластичність та сприяє утворенню гарячих тріщин. Одним із найбільш ефективних способів видалення сірки є десульфурація в умовах позапічної обробки, зокрема на установці «ківш-піч». Цей процес дозволяє забезпечити оптимальні умови взаємодії металу та шлаку, що є визначальним фактором ефективності десульфурації.

В роботі були проаналізовані основні технологічні параметри, які впливають на ефективність видалення сірки в агрегаті ківш–піч. Встановлено, що ефективність десульфурації значною мірою залежить від складу шлаку. Найкращі результати досягаються при високій основності шлаку та низькому вмісті (FeO). Підвищення температури металу сприяє інтенсифікації процесу, однак надмірні температури можуть призводити до погіршення умов взаємодії фаз. Інтенсивне перемішування металу інертним газом (аргоном) забезпечує збільшення площі контакту між металом і шлаком, прискорення масообмінних процесів та підвищення ступеня десульфурації в цілому. Однак, разом з тим, надмірне перемішування може викликати захоплення шлаку в метал та вторинне окислення, що край негативно вплине на якість сталі.

Отримані результати свідчать про необхідність комплексного підходу до керування процесом десульфурації. Оптимальні умови досягаються при поєднанні наступних параметрів: високої основності шлаку; мінімального вмісту окислювальних компонентів; раціональної інтенсивності перемішування; стабільного температурного режиму. Важливим фактором є також своєчасне формування активного шлаку та підтримання його рідкотекучості.

Вдосконалення процесу десульфурації можливе шляхом оптимізації цих параметрів. Це дозволить підвищити ефективність видалення сірки та сприятиме підвищенню якості металопродукції та зниженню виробничих витрат.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ СТАЛІ В УМОВАХ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ

Тринько А.О., Дутній Р.Б., Трещов В.Е. , керівник доц. Журавльова С.В.
Український державний університет науки і технологій

В кисневому конвертері шкідливі домішки в першу чергу такі, як сірка і фосфор розподіляються між металом, шлаком та газовою фазою. Для успішного переходу шкідливих домішок у шлак найважливішою складовою технології конвертерної плавки є процес шлакоутворення, який визначає хід дефосфорації, десульфурації металу, істотно впливає на стійкість футеровки. Швидке утворення активного основного шлаку, який до моменту інтенсивного окислення вуглецю покриває метал достатньо товстим шаром, супроводжується зазвичай значним зменшенням виносів та викидів металу. У викидах міститься до 65 % металевої фази. Повільне шлакоутворення викликає перевитрату вапна, що не завжди забезпечується необхідну ступінь десульфурації металу. У звичайних умовах плавки шлакоутворення часто проходить з недостатньою швидкістю, що призводить до неповного засвоєння вапна шлаком (60-90 %) і затягування процесів видалення шкідливих домішок.

В роботі виконано аналіз технологічних параметрів конверторної плавки з точки зору впливу їх на процеси десульфурації, що являється актуальним завданням, яке дозволить для конкретних умов визначити технологічні параметри, що забезпечать низький вміст сірки в готовому металі. Визначено раціональні параметри конвертерної плавки для покращення умов десульфурації. Витрату вапна потрібно підтримувати на рівні 48 кг/т сталі для забезпечення розвитку процесів десульфурації. Зменшення витрат призводить до гальмування процесів десульфурації, а збільшення понад вказане значення є недоцільним в більшості випадків і також може призводити до гальмування процесів видалення сірки. Збільшення витрати вапна понад вказане значення може бути доречним при збільшеному вмісті фосфору в чавуні. Для забезпечення низького вмісту (FeO) в шлаці потрібно не допускати перегріву металу, а також передуву. Також підвищення витрат чавуну знижує розвиток процесів десульфурації за рахунок збільшення приходу сірки та підвищення вмісту (FeO) в шлаці, а зменшення кількості

чавуну погіршує тепловий баланс плавки, що потребуватиме спалювання більшої кількості вуглецмісних матеріалів, які містять значну кількість сірки.

Таким чином, доцільним з точки зору зменшення вмісту сірки є зменшення кількісті чавуну на плавку, а також заміна вуглецевих матеріалів (вугілля), що використовують для додаткового нагріву іншими вуглецевими матеріалами, з низьким вмістом сірки, наприклад піролізованимими біоматеріалами. Це дозволить частково замінити вугілля та кокс на матеріал, вміст сірки в якому буде нижче 0,1 %, що в 5-20 разів менше поточного в коксі та вугіллі.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ В КРИСТАЛІЗАТОРІ МБЛЗ ЗА РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗЛИВАННЯ

Пашковська О. М., керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій

В роботі на основі вітчизняних та закордонних літературних джерел розглянуто ефективність рафінування сталі від неметалевих включень в рідкому ядрі безперервнолитої заготовки на рівні кристалізатора. Зокрема виконано оцінку впливу швидкості вихору, який створюється в кристалізаторі МБЛЗ, на швидкість міграції неметалевих включень до осі вихору. З цією метою можуть бути використані такі методі завихрення потоку сталі в кристалізаторі, як електромагнітне перемішування (MEMS), заглибні стакани з різними типами завихрювачами потоків, проміжні ковші з ротаційною камерою з тангенційним підведенням потоку тощо.

Використовуючи відомі математичні моделі було виконано оцінку ефективності видалення НВ зі сталі у кристалізаторі МБЛЗ за різних параметрів розливання та обробки та конструктивних особливостей кристалізатора МБЛЗ. Відзначено високу ефективність рафінування сталі у кристалізаторі МБЛЗ, що пояснюється порівняно низьким радіусом ядра рідкого металу в ньому та сприятливою гідродинамічною картиною циркуляційних потоків.

ВПЛИВ ЄМНОСТІ КИСНЕВИХ КОНВЕРТЕРІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

Вороненко С. Є., керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій

В роботі розглянуто вплив ємності кисневих конвертерів на технологічні параметри і техніко-економічні показники виплавки сталі. Зокрема показано вплив ємності кисневих конвертерів на їх теплові втрати. Велика частина теплових втрат конвертера (за даними проведеного авторами аналітичного аналізу близько 5%) залежить від ступеня зносу його вогнетривкої футеровки. Зміна товщини футеровки внаслідок зносу знижує її тепловий опір, збільшуючи теплові втрати через кожух, а одночасне збільшення площі її внутрішньої поверхні збільшує площу теплопоглинальною поверхні і кількість теплоти, необхідної на нагрів верхнього шару футеровки після простою конвертера.

Використовуючи паспорта плавок з трьох підприємств оснащених кисневими конвертерами із верхньою продувкою ємністю 60, 250 та 350 т виконано порівняльний аналіз їх техніко-економічних показників. Визначено, що найкращі показники за питомою витратою чавуну та вапна мають конвертери більшої ємності. Методами регресійного аналізу визначені математичні моделі для описання впливу ємності конвертера на ці та інші показники конвертерного процесу.

ФОРМИ ПОШКОДЖЕННЯ ВОДНЕМ БЕЗПЕРЕРВОЛИТИХ ФЛОКЕНОЧУТЛИВИХ СТАЛЕЙ

Павлов М. О., керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій

Описано види і схеми утворення дефектів відбракованої продукції з безперервнолитих високоміцних сталей. Основні дефекти індуковані розчинених в металі воднем, що призводить до локального окрихчення мікрооб'ємів сталі, причому інтеркристалічні розломи, тріщини зі специфічним розташуванням, пори та інші мікроскопічні недосконалості їх структури не виключені на поверхні поодиноких зерен навіть у виробах найпростішої форми.

На основі фундаментальних металургійних положень і розрахунків автор оцінив рівні граничного вмісту водню в рідкому і твердому залізі стосовно виробництва флокеночутливих високоміцних сталей. Промислові експерименти показали, що вміст водню в металі [H] знижується при його позапічній обробці в ковші-печі і вакуумуванні стабільно до ≤ 1 ppm. Однак протягом безперервного розливання в промковші можуть мати місце значно більш високі значення [H], і слід розробити заходи з тим, щоб у прокатаної стрічці концентрація [H] знижувалася до рівня ≤ 1ppm.

Завдяки низьким значенням [H] можна виключити викликані воднем дефекти металопродукції. При подальшій обробці або протягом служби виробу необхідно виключати контакт протонів з його поверхнею, щоб уникнути їх проникнення в сталь, особливо, в стані її напруги, і появи тріщин.

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУВКИ СТАЛІ У ПРОМКОВШІ МБЛЗ ІНЕРТНИМ ГАЗОМ

Кузьмініч А. В., керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій

Видалення НВ у промковші відбувається переважно шляхом їх спливання та асиміляції шаром покривного шлаку. Однак цей процес є доволі повільним. Інтенсифікація цього процесу можлива шляхом примусового спрямовування потоків рідкої сталі у напрямку шлаку, наприклад при продувці аргоном через пористі вставки. З метою ефективного видалення НВ необхідно визначити раціональне розташування продувочних блоків і режими продувки.

Дослідження запропонованого вище процесу доцільно здійснювати методом фізичного моделювання на прозорій ізотермічній моделі. Для отримання адекватних результатів, які в подальшому можна буде перенести на оригінальний проміжний ківш перед проведенням моделювання були визначені критерії подоби. Встановлено, що процес продувки сталі в промковше МБЛЗ можна описати критеріями Архімеда, безрозмірної об’ємної витрати та лінійним симплексом, який є співвідношенням діаметра НВ до рівня рідини у промковші.

В ході експерименту на прозорій моделі промковша виготовленій у масштабі 1:3 змінювали розташування продувочних пристроїв, інтенсивність продувки та рівень рідини в моделі промковша. За результатами експерименту визначені раціональні розташування продувочних блоків і режими продувки. Встановлено, що використання запропонованих заходів дозволить зменшити кількість НВ в сталі щонайменше на 12 %.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВАННЯ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ

Царьов А. В., керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій

Для виготовлення арматури та канатного дроту широко використовується високовуглецевиста сталь. Проте через значну протяжність двофазної зони процес її розливання на МБЛЗ може бути ускладненим розвитком центральної пористості та хімічної неоднорідності.

За даними літературних джерел центральна пористість є розповсюдженим дефектом при розливання високовуглецевистих марок сталі особливо при високих швидкостях розливання, що приводить до подовження рідкого ядра заготовки. Вплив швидкості розливання й інтенсивності вторинного охолодження на хімічну неоднорідність є обмеженим. При цьому набагато більший вплив на утворення цього дефекту має вміст у сталі сірки й фосфору, а також перегрів металу в промковші над температурою ліквідус.

Згідно з літературними джерелами і довідковою літературою на формування осьової (центральної) пористості й хімічної неоднорідності (осьової ліквації) впливають наступні фактори:

- хімічний склад сталі;
- температурно-швидкісний режим розливання;
- вторинне охолодження;
- подача металу в кристалізатор;
- стан підтримуючої системи.

На утворення осьової пористості додаткове може впливати позапічна обробка сталі.

Перед статистичним аналізом впливу наведених параметрів на розвиток означених дефектів за паспортами плавок був проведений множинний кореляційний аналіз та побудовані графіки із абсолютними величинами коефіцієнтів кореляції для перелічених вище факторів.

З аналізу витікає, що найбільший вплив на бал осьової пористості має вміст у сталі бора й нікелю, а також перегрів сталі над температурою ліквідус. Вплив інших параметрів є незначним. У той же час вплив на бал хімічної неоднорідності мають вміст в металі титану, марганцю, хрому, сірки, азоту, фосфору й вуглецю, а також відношення вмісту марганцю до кремнію, перегрів сталі над температурою ліквідус, відношення вмісту марганцю до сірки й швидкість розливання.

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРЕРОБКИ ВАНАДІЄВОГО ЧАВУНУ В КОНВЕРТЕРІ ГКР (ГАЗО КИСНЕВОГО РАФІНУВАННЯ)

Борисов Є. Д., керівник доц. Стоянов О.М.
Український державний університет науки і технологій

Переробка ванадієвого чавуну складається з наступних стадій: на першій стадії ванадій відновлюється у доменній печі й накопичується в чавуні; на другій — у конвертері відбувається його окислювання та перехід у ванадієвмісний шлак; на третій — із шлаку одержують пентаоксид ванадію або феровандій. Термодинамічні розрахунки та виробнича практика для доменного та киснево-конвертерного переділів підтверджують значну роль температури ванни та окисного потенціалу шлаку у формуванні коефіцієнта розподілу ванадію між шлаком і металом, що прямо визначає

глибину деванадізації. У динамічних моделях деванадізації, що мінімізують вільну енергію Гіббса на межі «шлак–метал», показано: дефіцит охолоджувачів знижує вміст (FeO) і перегріває ванну, а надмірний витрата кисню збільшує втрату вуглецю при лише незначній зміні залишкового вмісту ванадію в металі — обидва ефекти небажані для селективного окислення ванадію.

В українській практиці для якісного керування окисно-відновними умовами широко застосовують конвертер ГКР: він дозволяє гнучко змінювати співвідношення O_2/інертний газ, легувати азотом із газової фази, а також вести процес у відновній або окисній атмосфері з високою інтенсивністю перемішування.

Термодинаміка деванадізації зводиться до окислення розчиненого ванадію за участі окисників шлаку: 2[V] +3 (FeO) → (V_2O_3) + 3[Fe], із подальшим переходом ванадію в шлак у вигляді оксидів вищої валентності. Літературні дані розрахунку рівноваги з багатокомпонентними шлаками показують, що підвищення вмісту (FeO) у шлаку підвищує коефіцієнт розподілу ванадію LV, тоді як підвищення температури його знижує — наслідок екзотермічної реакції окислення ванадію.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ВАНАДІЄВОГО ЧАВУНУ

Дудник Ю.С., керівник доц. Стоянов О.М.
Український державний університет науки і технологій

Метою цієї роботи було порівняльне моделювання переробки ванадієвого чавуну у конвертері ГКР за чотирма організаційними схемами плавки і обґрунтування дуттєвих та шлакових режимів із погляду глибини деванадізації та теплового балансу. Розрахунки виконано із забезпеченням температури випуску металу не вище 1380 °C та підтриманням окисного потенціалу шлаку на рівні, достатньому для інтенсивного переходу ванадію в шлак при середній основності. Як охолоджувачі використано окалину, азот і твердий чавун; у тепловому балансі враховано теплоту реакцій окислення Si, Mn, Fe і V, а також теплоприплив від дуття та стандартні тепловтрати конвертера на рівні 8 %. Моделювання виконувалось для чотирьох варіантів: без проміжного скачування шлаку; зі скачуванням; зі скачуванням проміжного шлаку та залишенням кінцевого на наступну плавку; та із застосуванням твердого чавуну в поєднанні з проміжним скачуванням. Початкові умови відповідали температурі чавуну 1300 °C; у складі первинного окисного шлаку для першого періоду прийнято FeO ≈ 60 %, Fe_2O_3 ≈ 35 %, SiO_2 ≈ 2 %. У моделі прийнято відсутність міксерного шлаку та 100 % засвоєння кисню; газові витрати коригувалися з урахуванням досягнення цільових температур і ступеня окислення.

Розрахунки показали, що ведення плавки без проміжного скачування шлаку супроводжується порівняно низьким коефіцієнтом розподілу ванадію LV порядку 403 і помітним підвищенням температури ванни до ~1377 °C. Механізм зниження ефективності полягає в розбавленні та розкисненні шлаку під дією акумульованих домішок, внаслідок чого падає активність (FeO) і, відповідно, рушійна сила реакції окислення ванадію. За введення проміжного скачування LV у першому періоді зростає на порядок — до приблизно 1145 — завдяки оновленому шлаку, однак у другому періоді, після формування кінцевого шлаку, спостерігається часткове зниження до ~610 при температурі випуску близько 1378 °C. Схема зі свідомим залишенням кінцевого шлаку на наступну плавку демонструє лише помірну ефективність (LV≈ 162), що узгоджується з відомими даними про накопичення у «старому» шлаку компонентів, які зменшують окисленість і підвищують його масу, знижуючи частку V_2O_5. Найвищі показники отримано для варіанта з використанням твердого чавуну як охолоджувача в поєднанні з проміжним скачуванням: у першому періоді LV досягає ≈ 1454, у другому

стабілізується на рівні ≈620; температура випуску контролюється в потрібному інтервалі. Така поведінка фізично узгоджується з літературними даними[1] : підвищені частки (FeO) у шлаку та помірні температури максимумізують коєфіцієнт розподілу ванадію, а введення твердого чавуну дає сприятливий тепловий ефект без розбавлення шлаку флюсами.

Літературні посилання

ZHEN Xiao-peng, XIE Bing, ZHAO Zhong-yang, HUANG Qing-yun. Vanadium distribution behavior at the end point of vanadium extraction by converter process[J]. Chinese Journal of Engineering, 2012, 34(12): 1371-1378. DOI:

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕВАНАДІЗАЦІЇ МЕТАЛУ У КОНВЕРТОРІ ГКР

Кащавцев Д.В., керівник доц. Стоянов О.М.
Український державний університет науки і технологій

У конвертері ГКР деванадізація відбувається на тлі керованої продувки: на старті доцільно задати помірну витрату кисню (приблизно 1,0–2,0 м³/(т·хв)) при мінімальній витраті азоту, щоб швидко сформувати окисний шлак із високим вмістом (FeO), а потім перейти на продувку 100 % азотом для стабілізації температури й запобігання надлишковому окисненню металу. Такий підхід відповідає принципам ГКР, де окисний потенціал дуття змінюють у широких межах, а азот використовують як інертний газ для перемішування металу і шлаку. За розрахунковими оцінками 1 м³ азоту охолоджує ванну орієнтовно на 2,5–5 °C, тоді як 1 м³ кисню, витрачений на окислення заліза, підіймає температуру приблизно на 17 °C; введення 10 кг твердого чавуну знижує температуру близько на 7,4 °C, а 10 кг окалини — на 20 °C. Співвіднесення цих ефектів із тенденціями з літератури [1] (небажаність перегріву, потреба підтримувати високий (FeO)) пояснює, чому комбінація «проміжне скачування + твердий чавун як охолоджувач + інертне дуття» забезпечує найвищий коефіцієнт розподілу ванадію L(V).

При підвищенні (FeO) у шлаку L(V) зростає, тоді як зі зростанням температури зменшується; існує також оптимальна частка (V_2O_3) у шлаку, за якої L(V) досягає максимуму (експериментально 15–20 %) [2]. Оптимізація інтенсивності нижнього дуття й конфігурації елементів подачі газу покращує гідродинаміку ванни та збільшує перехід ванадію у шлак.

Порівняльне моделювання переробки ванадієвого чавуну у конвертері ГКР доводить вирішальний вплив трьох чинників: окисності шлаку, температури металу та організації дуття/перемішування. Найефективнішою виявилась схема з використанням твердого чавуну як охолоджувача у поєднанні з проміжним скачуванням шлаку: у першому періоді досягнуто найбільших значень коефіцієнта розподілу ванадію, а в другому періоді значення стабільно утримуються на рівні, достатньому для одержання кондиційного ванадієвмісного шлаку при контрольованій температурі випуску. Такий результат узгоджується з термодинамічними й кінетичними залежностями/

Перелік посилань:

1.Influence of Vanadium Extraction Converter Process Optimization on Vanadium Extraction Effect // Jinxuan Zhao, Wei Wu, Metals2022, 12(12), 2061;https://doi.org/10.3390/met12122061.

2. Moskalyk, R. R. and A. M. Alfantazi. Processing of vanadium: A review. Minerals Engineering, Vol. 16, No. 9, 2003, pp. 793–805.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ З ПІДВИЩЕНОЮ ДОЛЕЮ МЕТАЛОБРУХТУ

Коломинський М.Р., керівник доц. Стоянов О.М.
Український державний університет науки і технологій

В роботі показані технологічні засади використання додаткових джерел енергії для компенсації теплового дефіциту при переробці підвищеної частки металобрухту в 80-тонному кисневому конвертері.

Базові параметри та вихідні дані процесу. При моделюванні режимів плавки з попереднім нагрівом шихти необхідно орієнтуватися на наступні константи та цільові показники: місткість агрегату - 80 т.; цільова температура розплаву - 1550 °С; параметри металу перед випуском: вміст вуглецю [С] = 1,0%, що відповідає температурі ліквідус 1467 °С.

Теоретичне обґрунтування: розрахунки термічного ККД палива в діапазоні 0–1550 °С базуються на фундаментальних засадах теплопередачі, викладених у праці В.І. Баптизманського «Теплова робота кисневих конвертерів». Ці дані є критично важливими для верифікації коефіцієнтів використання тепла в умовах високотемпературного агрегату.

Енергетичні характеристики теплоносіїв. Вибір енергоносія визначається його питомою теплотворною здатністю та фактичною ефективністю передачі енергії твердому брухту.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики теплоносіїв

Параметр	Природній газ	Коксик
Низша теплотворна здатність	36,5 МДж/м³	28,2 МДж/кг
Термічний ККД (нагрів 0–1550 °С)	45%	20%
Максимальна витрата (пропускна здатність)	80 м³/хв	—

Порівняльний аналіз часових режимів (Варіанти I та II)

Технологія передбачає поетапну асиміляцію шихти: завалка здійснюється двома порціями по 20 т (загалом 40 т брухту). Структура циклу включає чотири періоди активного нагріву.

Таблиця 2. Технологічні показники режимів нагріву

Показник	Варіант I (30 хв)	Варіант II (50 хв)
Тривалість періодів нагріву (1–4)	по 7 хв	по 12 хв
Питома витрата газу (періоди 1, 3)	78–82 м³/хв	78–82 м³/хв
Питома витрата кисню (періоди 1, 3)	148–150 м³/хв	148–152 м³/хв
Маса коксику на період (періоди 2, 4)	3,050 т	1,750 т
Питома інтенсивність дуття (періоди 2, 4)	813–815 м³/хв	260–262 м³/хв
Загальна витрата природного газу*	1122 м³	3760–3768 м³
Загальна маса коксику	6,100 т	3,500 т
Сумарна витрата кисню	13482–13500 м³	6530–6540 м³

**Примітка: у варіанті II сумарна витрата газу перевищує розрахунковий об'єм періодів нагріву, оскільки враховує безперервну роботу пальників у черговому режимі для підтримки стабільного факела протягом усього 50-хвилинного циклу.*

Аналіз технічних обмежень та ризиків. Розрахункова інтенсивність дуття кисню на рівні 815 м³/хв є надкритичною для 80-тонного агрегату. Варіант I (30 хв). Робота в такому форсованому режимі призведе до суттєвого руйнування футеровки шолома конвертера через абразивний знос та локальний перегрів, а також створить аварійне навантаження на систему охолодження кесона. На відміну від мартенівського скрап-процесу, де нагрів відбувається за рахунок тривалого радіаційного та конвективного обміну, в конвертері висока швидкість нагріву твердої шихти обмежена площею поверхні брухту. Досягнення розрахункових швидкостей Варіанту I призведе лише до вигорання металу на поверхні без прогріву масиву.

Перелік посилань:

Baptizmanskiy V.I., Boychenko, B.M., and Cherevko, V.P., Thermal work of oxygen converters /– M.: Metallurgy, 1998. – 416 p.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОКРЕМНІСТОГО БРУХТУ У ШИХТІ КИСНЕВОГО КОНВЕРТОРА

Дубцов Д.Д., Аржанцев Є.О., керівник доц. Мамешин В.С.
Український державний університет науки і технологій

Одними з найпростіших способів поліпшення теплового балансу конвертерної плавки й, відповідно, підвищення за рахунок цього витрати металобрухту є використання додаткових теплоносіїв по ходу плавки. Цей метод дозволяє без застосування додаткового обладнання та введення змін у технологію значно поліпшити економічні показники конверторної плавки.

У якості теплоносіїв можуть додавати різні матеріали, наприклад, карбід кальцію або кремнію, відходи виробництва кольорових металів або феросплавів, кремністий брухту та інш.).

Для визначення впливу додовання теплоносіїв на показники киснево-конверторного процесу було проведено порівняльний статистичний аналіз технології із застосування висококремністого брухту та штатної технології кисневі-конверторної плавки для умов ПрАТ «ДМЗ». Проведений аналіз показав, що додавання у шихту частки висококремністого брухту у кількості 24.7 кг/т дозволяє, скоротити питому витрату чавуну на 45.45 кг/т та збільшити питому витрату брухту на 42.24 кг/т. що є позитивним явищем. Однак надходження додаткового кремнію, при застосуванні цієї технології, призводе до підвищення витрати вапна на 9.83 кг/т та магнезіальних брикетів 0.63 кг/т. Також зростає питома витрати кисню на 1.08 м3/т.

Таким чином, незважаючи на збільшення, витрати шлакоутворюючих на офлюсування додоткового кремнезему й підвищину витрату кисню зміна структури металозавалки (зменшення витрати чавунута підвищення витрати брухту) за рахунок застосування висококремністого брухту дозволяє збільшити вихід придатної сталі на 0,4% й у середньому він буде складає 90,65 %.

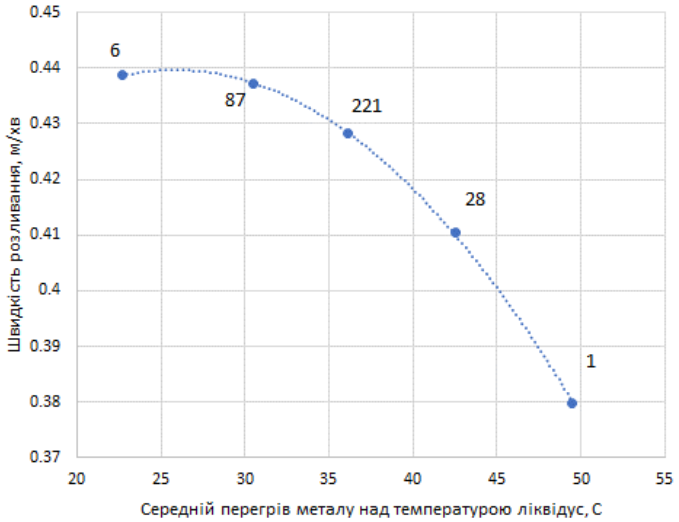
ВПЛИВ ПЕРЕГРІВ СТАЛІ НА ПОКАЗНИКИ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ В УМОВАХ ТОВ МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ»

Беліков Д. О., Солодкий О.О., керівник доц. Мамешин В.С.
Український державний університет науки і технологій

Фінальною ланкою у технологічній схемі виробництва залізничних коліс є безперервне розливання сталі яке забезпечує переведення сталі з рідкого стану у твердий з наданням заготовки певної геометричної форми. При цьому перегрів сталі

над температурою ліквідус є одним з основних чинників, що впливає на технологію безперервного розливання сталі, оскільки саме він визначає температурно-швидкісний режим розливання сталі

Аналіз основних показників розливання колісного металу для умов МЗ «Дніпросталь» дозволив визначити залежності впливу перегріву сталі на деякі технологічні показники безперервного розливання колісної сталі. Графіки залежності наведено на рис. 1 - 3.



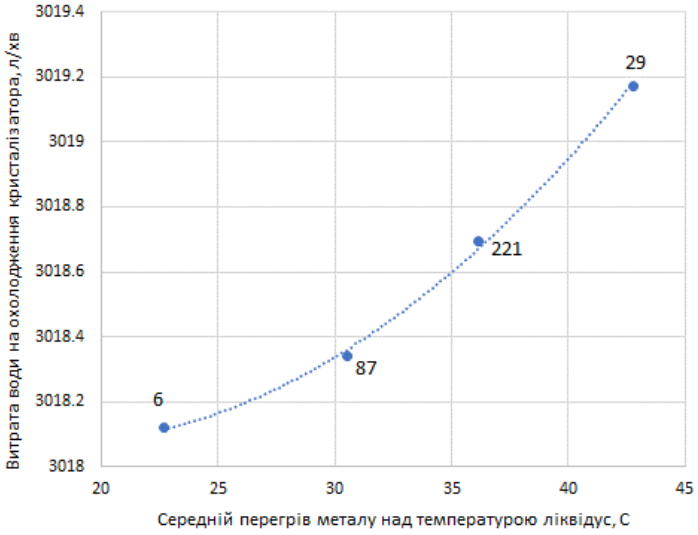
Цифри біля точок кількість плавок у відповідному інтервалі

Рисунок 1 – Залежність швидкості розливання сталі марки 2 від її середнього перегріву над температурою ліквідус для умов МЗ «Дніпросталь»

Регресійне рівняння, що описує залежність наведену на рис.1 має вигляд:

$$w_{розл} = -0{,}0001 \cdot \Delta T^2_{пер} + 0{,}0057 \cdot \Delta T + 0.3645 \quad R^2 = 0{,}9999 \quad (1)$$

Як бачимо зі збільшенням температури перегріву доводиться зменшувати швидкість розливання, що пов’язано з необхідністю відведення більшої кількості теплоти від рідкої сталі та відповідно збільшення часу необхідного для формування у кристалізаторі скоринки заготівки достатньої товщини.



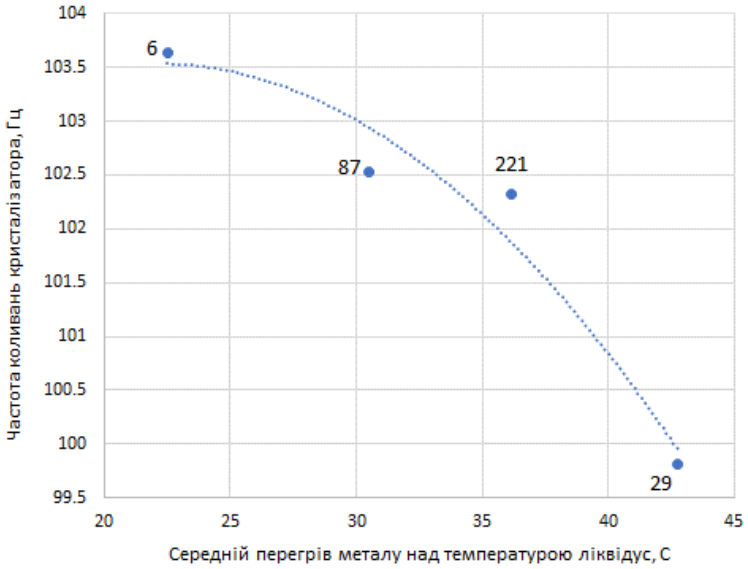
Цифри біля точок кількість плавок у відповідному інтервалі

Рисунок 2 – Залежність витрати води на охолодження кристалізатору при розливанні сталі марки 2 від її середнього перегріву над температурою ліквідус для умов МЗ «Дніпросталь»

Рівняння залежності витрати води на охолодження кристалізатору від середнього перегріву над температурою ліквідус описується рівнянням

$$Q_{криста}^{H_2O} = 0{,}0018 \cdot \Delta T_{пер}^2 - 0{,}0632 \cdot \Delta T + 3018.6 \quad R^2 = 0{,}9984 \quad (2)$$

Підвищення температури перегріву також приводе до деякого збільшення витрати води на охолодження кристалізатору. Це пов'язане з тим, що функцію води полягає в акумуляції та відведені з кристалізатору надлишкової теплоти, що забезпечує формування твердої скоринки. При цьому для забезпечення ефективного тепловідведення температура води, що відходить з кристалізатора не повинна перевищувати 40 - 45 °С, щоб не відбувалося відкладення розчинених в ній солей. Таким чином, для збереження температурного рівня процесу тепловідведення при збільшенні кількості теплоти, що надходить з рідкою сталлю, доводиться підвищувати витрату води на охолодження кристалізатора.



Цифри біля точок кількість плавок у відповідному інтервалі

Рисунок 3 – Залежність частоти хитння кристалізатору при розливанні сталі марки 2 від її середнього перегріву над температурою ліквідус для умов МЗ «Дніпросталь»

$$f_{Freq} = -0{,}0084 \cdot \Delta T_{пер}^2 + 0{,}3705 \cdot \Delta T + 99.443 \quad R^2 = 0{,}9511 \quad (3)$$

Необхідність хитання кристалізатора викликана тим, що в процесі безперервного розливання скоринка зливка, що твердіє у кристалізаторі в міру його руху вниз зазнає усадку і відходить від стінок. Зона щільного контакту скоринки зі стінками дуже мала і знаходиться у верхній частині кристалізатора, поблизу меніска рідкого металу. При певних умовах в цій зоні відбувається прилипання тонкої скоринки до стінок кристалізатора. Це може привести до розриву скоринки в місцях її відходу від стінок. Якщо кристалізатор нерухомий, а злиток витягується з постійною швидкістю, то прилипла частина кірки залишається на місці (зависає), а нижня частина буде рухатися вниз. В результаті відбувається прорив - вихід рідкого металу з серцевини злитка. Для

запобігання проривів необхідно повідомляти кристалізатору зворотно-поступальний рух. Оскільки частота хитання прямопропорційно пов'язана з швидкістю витягування заготовки, а з підвищенням температури перегріву доводиться знижувати швидкість розливання, то відповідно й частоту хитань доводиться декілька зменшувати.

РОЗКИСЛЕННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ КАРБІДОМ КАЛЬЦІЮ НА ФІНАЛЬНІЙ СТАДІЇ ВИПЛАВЛЕННЯ

Сосницький Р.О., керівник проф. Нізяєв К.Г.
Український державний університет науки і технологій

При розкисленні сталі феросиліцієм та алюмінієм утворюються ендогенні неметалеві включення, які досить важко вивести з металу, в тому числі і при обробці на установці ківш-піч. Разом з цим при виготовленні штрипсового прокату необхідно забезпечити рівень забрудненості неметалевими включеннями не більше 2,0 балів, максимального балу не більше 3,5.

Для вирішення цього завдання було запропоновано використати дослід розкислення вуглецевих марок сталі карбідом кальцію. Раніше CaC2 не використовували при розкислюванні низьковуглецевого металу через остереження по перевищенню вмісту вуглецю в готовому прокаті.

Головне завдання при стадійному розкисленні та обробці сталі – забезпечити ефективне розкислення напівпродукту без перенасичення оксидами розкислювальних матеріалів (Al, Ca) при обмеженнях у введенні в розплав вуглецю та вуглецевовмісних розкиснювачів через низький заданий рівень вуглецю в готовому прокаті.

З метою збільшення ступеня очищення низьковуглецевої сталі були розроблені технологічні прийоми на етапі розкислення сталі при зливанні з конвертера,

Виконати додаткове узагальнення температури та хімічного составу в конвертері перед зливанням напівпродукту.

2. Задля покращення якості розкислювання був запропонований алгоритм розкислювання карбідом кальцію (CaC2).

3. Введення марганця металевого та феросиліція здійснювати після наповнення ківшу металом на 1/3 його висоти.

4. Для покращення роботи окремих розкиснювачів, розділити в часі операції присаджування Мн95 та FeSi 65, зробити між їхньою присадкою паузу 30 сек.

5. Після віддавання Мн95 та FeSi 65 витримати паузу 20-30 секунд і після цього здійснити введення через тракт гранульованого алюмінію АВ87. Це повинно уникнути утворення комплексних часток НВ.

6. В останню чергу для покращення асиміляції оксидів розкислювачів вводити вапно ІС-1В.

Розроблені технологічні прийми дозволять покращити якість низьковуглецевої сталі за рахунок зменшення кількості введення алюмінію при розкисленні, а також утворення більш легкоплавких алюмінатів кальцію

EFFECT OF ARGON GAS PREHEATING ON POWDER CHARACTERISTICS IN VIGA AND EIGA ATOMIZATION

Dipl.-Ing. Angelini Alberto
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

Additive manufacturing (AM) has increasingly attracted attention as a production route for complex metallic components, particularly due to its ability to reduce material waste and enable near-net-shape fabrication. However, the performance and reliability of AM processes

strongly depend on the quality and consistency of the metallic powder feedstock, which is most commonly produced via gas atomization (GA) [1]. Among the GA, vacuum induction gas atomization (VIGA) and electrode induction gas atomization (EIGA) represent two established approaches with distinct advantages. While EIGA avoids contamination through crucible-free melting, VIGA offers greater flexibility in processing a wider range of feedstock materials. Despite these differences, both processes rely on similar physical mechanisms governing melt disintegration, which are strongly influenced by gas dynamics and thermal conditions. [2]

The characteristics of these powders, including particle size distribution, morphology, ferrite content, powder yield and cooling rate, are highly sensitive to atomization parameters and the choice of atomization medium, such as Ar, N_2 or the more expensive He. In particular, differences in the thermophysical properties of the gases, especially thermal conductivity, play a crucial role. For example, N_2 exhibits a higher thermal conductivity than Ar, which enhances heat extraction during atomization and can lead to a reduction in the median particle size (d_{50}), especially when the gas is preheated.[3].

Recent studies have shown that process parameters such as gas pressure, melt superheat, and nozzle configuration significantly affect the resulting particle size distribution and powder yield. In particular, increasing gas pressure generally leads to finer particles, although this effect may reach a limit depending on atomizer design and flow conditions. [4]

Figure 1 compares the two atomization methods, in which powders were produced at a constant gas pressure of 27 bar and at varying gas preheating temperatures (0 °C, 60 °C and 100 °C). The results highlight differences in particle size distribution between VIGA and EIGA, demonstrating the influence of gas preheating on the atomization behavior.

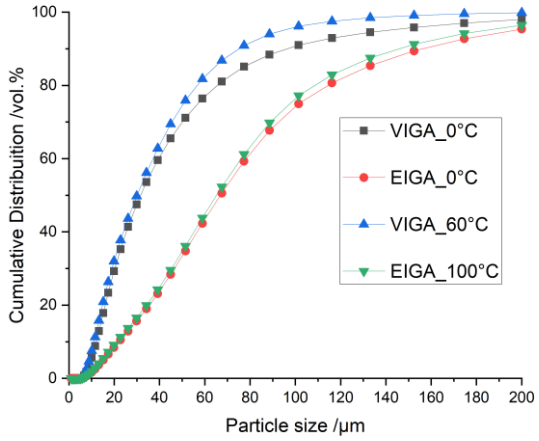


Figure 1: Comparison of the particle size distribution between VIGA and EIGA at different gas preheating temperatures.

Building on these findings, the present study investigates the role of argon gas in the atomization process for both VIGA and EIGA. By varying the gas temperature under controlled pressure conditions, the interaction between the thermophysical properties of the gas and melt breakup behavior is analyzed. The results indicate that increasing the gas temperature enhances atomization efficiency, leading to finer particle size distributions and improved powder yield. These findings highlight the importance of controlling not only gas pressure but also gas temperature as a key parameter for optimizing powder production for AM applications.

References:

[1] D. Herzog, V. Seyda, E. Wycisk, and C. Emmelmann, “Additive manufacturing of metals,” *Acta Mater.*, vol. 117, pp. 371–392, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.actamat.2016.07.019.
[2] X. Sun *et al.*, “Characterization, preparation, and reuse of metallic powders for laser powder bed fusion: a review,” *Int. J. Extreme Manuf.*, vol. 6, no. 1, p. 012003, Feb. 2024, doi: 10.1088/2631-7990/acfbc3.
[3] C. Cui *et al.*, “Gas Atomization of Duplex Stainless Steel Powder for Laser Powder Bed Fusion,” *Materials*, vol. 16, no. 1, p. 435, Jan. 2023, doi: 10.3390/ma16010435.
[4] F. S. Gobber, P. C. Priarone, A. Pennacchio, and M. Actis Grande, “Effect of inert gas pressure on the properties and carbon footprint of UNS S32760 powders made from waste materials by gas atomization,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 33, pp. 8814–8828, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.11.195.

APPLICATION OF AN EFFECTIVE EQUILIBRIUM REACTION ZONE MODEL FOR METAL–SLAG INTERACTION IN STEEL PRODUCTION

Mospan A.V., supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

The interaction between liquid metal and slag is a key factor influencing the efficiency and final quality of steelmaking processes. Accurate prediction of chemical composition, temperature evolution, and phase transformations is essential for process optimization. However, the simultaneous presence of complex thermodynamic reactions and kinetic limitations makes direct modeling of such systems challenging.

To address this, the effective equilibrium reaction zone (EERZ) model is used as a simplified approach for simulating metal–slag interactions. It assumes that local thermodynamic equilibrium is rapidly established within defined reaction zones, particularly at the metal–slag interface, while overall kinetics are controlled by mass transfer and mixing phenomena [1]. Steelmaking involves multiple interacting phases, including liquid metal, slag, and gas, where mass and heat exchange govern impurity removal and steel composition. Traditional thermodynamic models describe equilibrium states but do not capture time evolution, whereas fully kinetic models require complex data that are often unavailable [2]. The EERZ model provides a balance by combining thermodynamic equilibrium with simplified kinetic descriptions.

The effective equilibrium reaction zone (EERZ) model divides the steelmaking system into several reaction zones with distinct volumes and mass transfer conditions. In an electric arc furnace (EAF), these include the liquid metal, slag layer, and highly reactive regions such as the oxygen jet hot spot and arc-heated zones, with the metal–slag interface being the most critical. Thermodynamic equilibrium is assumed to be established instantaneously within each zone, allowing equilibrium compositions to be calculated using CALPHAD-based databases (e.g., FactSage) [3]. Kinetics are introduced through effective reaction volumes, mass transfer coefficients, and time-dependent exchange between zones. In the EAF, these depend on oxygen injection, carbon addition, arc heating, and bath stirring. Key reactions include decarburization, oxidation of alloying elements, and reduction of iron oxides [4].

$$[C] + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO;$$
$$[C] + O_2 \rightarrow CO;$$
$$[Si] + O_2 \rightarrow SiO_2;$$
$$[Mn] + O_2 \rightarrow MnO;$$
$$FeO + [C] \rightarrow Fe + CO$$

Larger reaction zones correspond to faster kinetics, while smaller zones indicate diffusion control [2]. The model is solved in time steps, updating equilibrium, mass transfer,

and heat balance, enabling the simulation of transient EAF phenomena such as decarburization, slag evolution, and heat transfer.

R1: transfer of heat supplied by burners and electrodes to the charge; R2: scrap melting and dissolution and C dissolution in liquid metal; R3: oxidation of the liquid metal surface by O2 from O2 lance; R4: dissolution of flux and oxide products from R3 to the slag; R5: reaction between O2 and liquid metal at hot spot formed under O2 lance; R6: reaction between injected C and liquid slag; R7: reaction between liquid metal and slag; R8: homogenization of the liquid metal and heat loss to furnace walls; R9: post-combustion of the gas, slag homogenization with heat from post-combustion; R10: heat transfer between liquid metal and slag, and slag discharge [3].

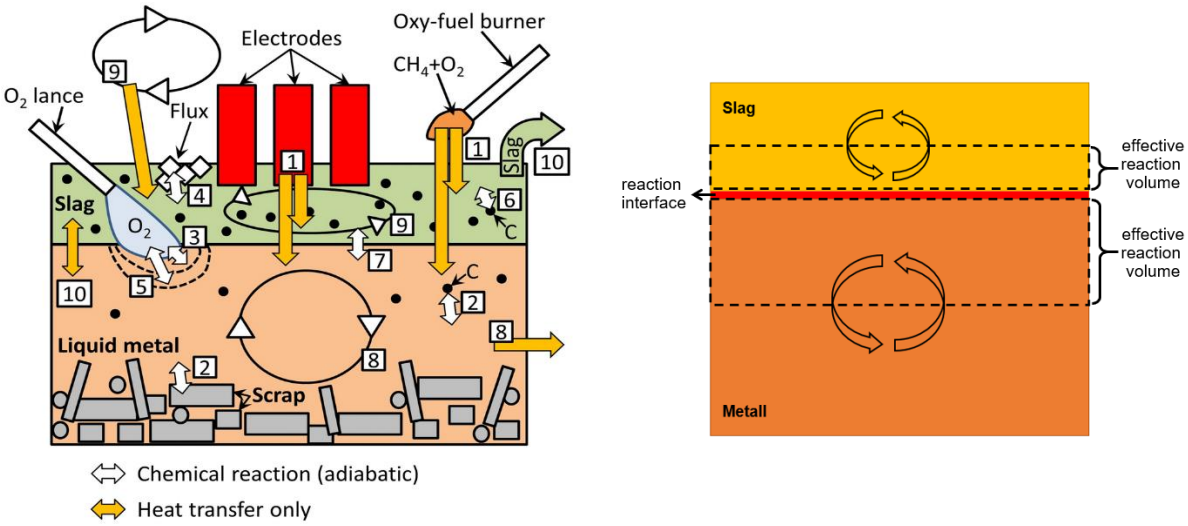


Fig. 1. Development of an Electric Arc Furnace Simulation Model Using the EERZ Approach

The effective equilibrium reaction zone model captures the main physicochemical phenomena, including oxidation of carbon and alloying elements, slag formation from fluxes and oxides, reduction reactions within the slag phase, and heat and mass transfer between metal, slag, and gas phases. Flux additions, especially CaO, are considered as key parameters controlling slag basicity and refining efficiency.

The simulation framework is based on the coupling of thermodynamic equilibrium calculations with simplified kinetic descriptions. The calculations are performed in a time-stepping scheme, where equilibrium states, interphase mass transfer, and heat balances are iteratively updated under defined process conditions. Model calibration is carried out using available industrial data to enhance predictive reliability.

The results demonstrate that the EERZ model adequately reproduces the dynamic evolution of temperature and phase compositions, including decarburization, slag formation, and redistribution of elements between phases. The analysis highlights the critical role of mass transfer and reaction zone characteristics in controlling process kinetics. Overall, the EERZ approach provides a robust and computationally efficient framework for integrating thermodynamic driving forces with kinetic limitations, enabling improved prediction, optimization, and control of modern steelmaking processes.

References:

1. Pelton, A. D., & Chartrand, P. (2001). Thermodynamic modeling of multicomponent liquid metals and alloys. Metallurgical and Materials Transactions A, 32A, 1409 1416.

2. Van Ende, M. A., & Jung, I.-H. (2017). A kinetic ladle furnace process simulation model: Effective equilibrium reaction zone model using FactSage macro processing. Metallurgical and Materials Transactions B, 48, 28–36. https://doi.org/10.1007/s11663-016-0698-6
3. Jung, I.-H., & Van Ende, M.-A. (2020). Computational thermodynamic calculations: FactSage from CALPHAD thermodynamic database to virtual process simulation. Metallurgical and Materials Transactions B. https://doi.org/10.1007/s11663-020 01908-7
4. Van Ende, M. A. (2022). Development of an electric arc furnace simulation model using the effective equilibrium reaction zone (EERZ) approach. JOM, 74, 1610 1623.

OXIDATION BEHAVIOR OF MGO–C REFRACTORIES CONTAINING METALLIC ALUMINUM, CMA, AND CARBORES P

Dipl.-Ing. Anton Yehorov and Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
Institut für Eisen- und Stahltechnologie (IEST), Technische Universität Bergakademie

Magnesia–carbon (MgO–C) refractories are widely employed as lining materials in basic oxygen furnaces, electric arc furnaces, and steel ladles due to their excellent thermal shock resistance, corrosion resistance, and reduced wettability with corrosive liquid phases. However, the oxidation susceptibility of carbon remains an inherent weakness that significantly limits the service lifetime of MgO–C bricks. The present study investigates the oxidation resistance of a standard industrial MgO–C refractory (M1, novolac-bonded, 13 wt% residual carbon) and five modified variants: M2 and M3 containing 2.5 wt% calcium magnesium aluminate (CMA) cement with different grain size fractions (mixed 0–3 mm and fine 0–1 mm, respectively), M4 with 2.5 wt% metallic aluminum powder, M5 with Carbores P addition, and M6 combining Carbores P with 2 wt% metallic aluminum. Oxidation experiments were conducted in an open high-temperature microscope (HTM) in the temperature range of 800–1600 °C with holding times of 5–60 min, see Figure I.

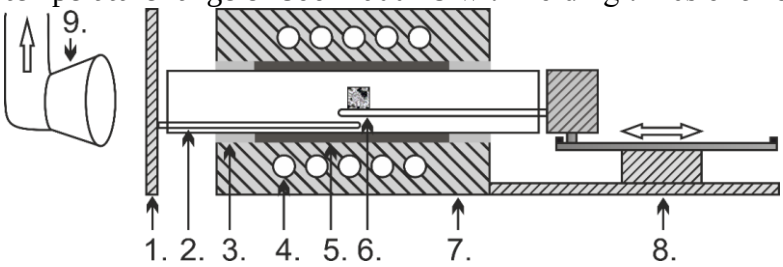


Figure I. Schematic view of the open high-temperature microscope. 1. Protective wall; 2. Pt-Rh thermoelement; 3. Insulator; 4. Inductor; 5. Carbon heat element; 6. Sample on corundum holders; 7. Furnace body (alumina); 8. Sample entry mechanism; 9. Ventilation.

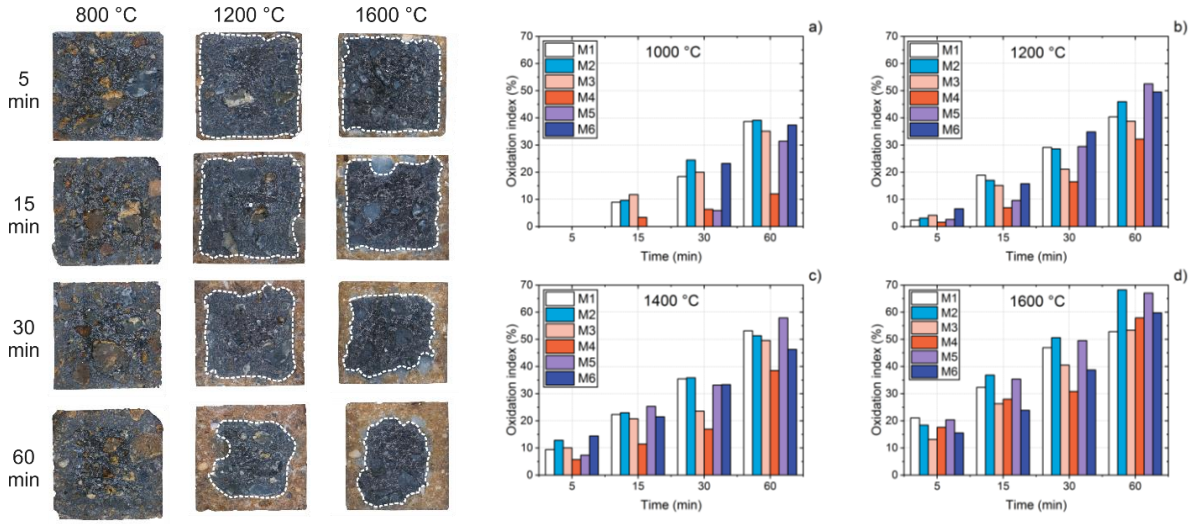
The weight loss and oxidation index (OI) were evaluated for each sample across the full temperature range (Table 1). The standard M1 sample exhibited a progressive weight loss up to 10.84 wt% at 1600 °C after 60 min, with the dynamics significantly slowing above 1200 °C. The CMA-modified samples (M2, M3) showed no detrimental effect on oxidation resistance up to 1200 °C; however, at 1400–1600 °C, their weight loss and OI exceeded those of the standard sample. At 1600 °C, M2 exhibited the highest OI of 66.90%, attributed to the metastability of magnesia spinel ($MgAl_2O_4$) and the formation of high-porosity spinel agglomerations that facilitate oxygen diffusion.[1] The finer CMA grain fraction (M3, 0–1 mm) demonstrated superior performance at 1600 °C compared to the mixed fraction (M2), as small CMA grains penetrated the cracks within MgO crystals, forming spinel bonded with $2CaO{\cdot}SiO_2$ that blocked channels for further oxygen penetration. The cross-sectional

evolution of the oxidation front in M1 sample is presented in Figure IIa, while the OI values for all samples are compared in Figure IIb.

Table 1. Weight loss (wt%) of MgO–C samples after 60 min oxidation at various temperatures.

T (°C) / Sample	**M1**	**M2**	**M4**	**M5**	**M6**
800	6.53	6.79	8.21	5.79	6.88
1000	9.33	8.92	8.51	8.32	7.86
1200	10.56	10.07	9.21	10.27	9.33
1400	10.58	11.65	9.70	12.23	10.31
1600	10.84	12.99	9.16	12.51	9.56

The Carbores P addition (M5) markedly improved the oxidation resistance at 800–1000 °C, yielding the lowest weight loss of 5.79 wt% at 800 °C. However, at elevated temperatures (1200–1600 °C), the sample experienced accelerated oxidation, reaching 12.51 wt% and an OI of 67.76% at 1600 °C. The activation energy determined for M5 (30 kJ mol^{-1}) is significantly higher than that of M1 (18 kJ mol^{-1}), confirming more vigorous oxidation processes across a wide temperature range.[1,2] The samples containing metallic aluminum (M4, M6) exhibited the most significant oxidation resistance. M4 demonstrated the lowest OI values throughout the investigated temperature range (12.02% at 1000 °C after 60 min) and the lowest weight loss at elevated temperatures (9.16 wt% at 1600 °C). The effective diffusion coefficients of M4 and M6 above 1200 °C were notably lower than those of other samples, indicating retarded oxygen transport through the refractory matrix.[1,3]



Figures II: a) Cross-sectional analysis of M1 sample (20 × 20 mm) after oxidation at 800, 1200, and 1600 °C for holding times of 5, 15, 30, and 60 min[1]; b) Oxidation index of MgO–C samples during oxidation at different holding times: a) 1000 °C; b) 1200 °C; c)

1400 °C; d) 1600 °C[1]

Microstructural analysis via SEM/EDX confirmed the thermodynamic predictions performed with FactSage 7.2. In the CMA-modified samples, $MgAl_2O_4$ spinel formation was detected in both oxidized and unoxidized zones. In M4 and M6, Al_2O_3 formation and enhanced spinel size were observed, consistent with the antioxidation mechanism of metallic aluminum. The M6 sample (Carbores P + 2 wt% metallic Al) represents an environmentally friendly compromise, combining the anisotropic resin structure due to Carbores P with the excellent antioxidation properties of metallic aluminum, while maintaining low weight loss across the entire temperature spectrum.[1,4]

References

[1] A. Yehorov, X. Wei, S. Mazepa, A. Sherstneva, O. Volkova, *Steel Research International* 2024, 2400260. DOI: 10.1002/srin.202400260.

[2] O. Volkova, P.R. Scheller, B. Lychatz, *Metallurgical and Materials Transactions B* 2014, 45, 1782.

[3] S.K. Sadrnezhaad, S. Mahshid, B. Hashemi, Z.A. Nemati, *Journal of the American Ceramic Society* 2006, 89, 1308.

[4] C. Atzenhofer, H. Harmuth, *Journal of the European Ceramic Society* 2021, 41, 7330.

OXYGEN-DEPENDENT SURFACE TENSION OF MOLTEN HIGH-SILICON ELECTRICAL STEEL

Lukas Neubert, Olena Volkova
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

The content of oxygen in liquid steels significantly affects their characteristics. For unkilled melts, subsequent in secondary metallurgy, after tapping from the basic oxygen furnace (BOF), higher oxygen concentrations are common. This affects thermophysical properties, such as surface tension, because of the dissolved oxygen's surface activity. The interaction of the melt with the refractory material or secondary metallurgical processes will differ. Similar to industrial melts during secondary metallurgy, the surface tension of molten high-silicon electrical steels is examined in this work as a function of various oxygen concentrations. Using the maximum bubble pressure approach, total oxygen concentrations ranging from 77 to 300 ppm were considered. These findings provide a more accurate description of reactions like decarburization and the dissolving behaviour of alloying agents.
In the production of steel, oxygen is an essential and surface-active component. At standard steelmaking temperatures, large amounts of oxygen dissolve in liquid steel. This is frequently harmful as a lot of oxygen may precipitate during solidification, which may cause cracks or non-metallic inclusions to form. Consequently, these behaviour effects the mechanical characteristics of the steel products. This behaviour is caused by the fact that the oxygen solubility in liquid steel varies significantly between high and room temperature. Oxygen is nearly insoluble in solid steel.[1,2]

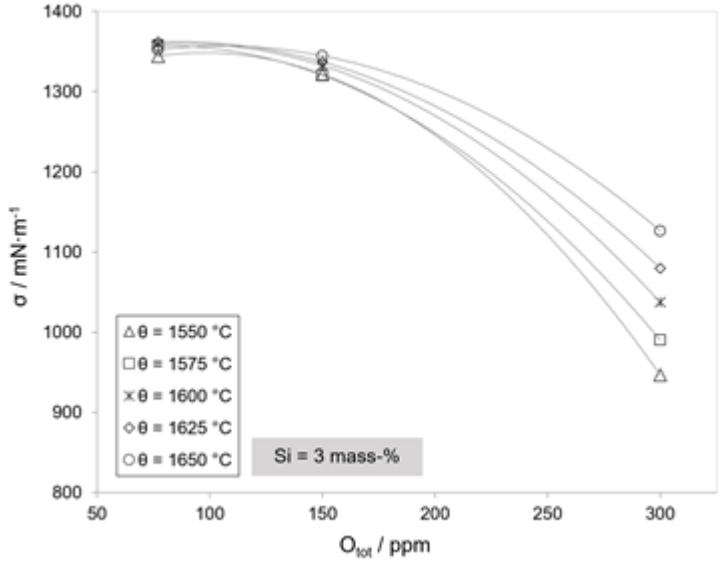
The material for all experiments was prepared at the Institute of Iron and Steel Technology at TU Bergakademie Freiberg. To ensure precise compliance with the specified chemical compositions, vacuum induction melting (VIM 12 III, ALD Vacuum Technologies GmbH) was employed. Table 1 presents alloying elements of the electrical steel, which was produced. Surface tension was determined using the maximum bubble pressure method (MBP).[3]

Table 1: Main alloying elements of electrical steel (mass-%)[4]

C	Si	Mn	P	S	Cu	Sn	Al	N	O_{tot}
0.0343	2.9684	0.0979	0.0058	0.0193	0.0828	0.0098	0.0010	0.0014	0.0077

Figure 1 illustrates the oxygen-dependent surface tension for different temperatures for the electrical steel containing 3 mass-% silicon. It is evident that a high total oxygen content of 300 ppm significantly reduces the surface tension. In comparison, a lower oxygen content of 150 ppm has only a moderate effect. This indicates that the correlation between surface tension and total oxygen content is non-linear.

The setup does not allow a direct measurement of dissolved oxygen during the MBP experiment, as there is not sufficient space to accommodate the required sensors. However, it is the dissolved oxygen and not the total oxygen, that primarily affects surface tension, as previously noted. Thermodynamic modelling from an earlier study suggests that, in alloys with 6 mass-% silicon and temperatures ranging from 1550 to 1650 °C, the amount of dissolved oxygen lies still between approximately 15 and 40 ppm.[5]



5.

6. **Figure 1:** Surface tension of liquid electrical steel as a function of total oxygen content for different temperatures with a silicon concentration of 3 mass-% [4]

This study examined how total oxygen content affects the surface tension of molten high-silicon electrical steel with 3 mass-% of silicon. Surface tension was determined using the maximum bubble pressure method. As a surface-active element, oxygen leads to a reduction in surface tension, with higher concentrations causing a more pronounced decrease. At elevated oxygen levels, the surface tension is affected even more by temperature.

References

7. [1] S. Ozawa, S. Suzuki, T. Hibiya, H. Fukuyama, *Journal of Applied Physics* **2011**, *109*.
8. [2] X. Xiao, J. Brillo, *Journal of Molecular Liquids* **2022**, *360*, 119599.
9. [3] T. Dubberstein, H.-P. Heller, *Adv Eng Mater* **2013**, *15*, 583–589.
10. [4] L. Neubert, M. R. Bellé, S. Seetharaman, O. Volkova, *Metall Mater Trans B* **2025**, *56*, 3793–3802.
11. [5] L. Neubert, M. R. Bellé, T. Yamamoto, T. Nishi, H. Yamano, F. Ahrenhold, O. Volkova, *steel research int.* **2024**.

A COMPARISON OF THE SESSILE DROP AND MAXIMUM BUBBLE PRESSURE METHODS FOR SURFACE TENSION DETERMINATION IN AL-KILLED STEELS

M.Sc. Matheus Roberto Bellé and Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

This study investigates the effects of S, and B on the surface tension (σ) and wetting behavior of molten steels, comparing the Maximum Bubble Pressure (MBP) and Sessile Drop (SD) methods: Mn-B steels were studied at 1500-1650 °C. Sulphur reduces σ and increases the temperature coefficient, while boron shows method-dependent effects. SD consistently yields higher σ than MBP, mainly due to surface depletion of volatile species, whereas MBP maintains surface renewal. Alloy composition and measurement technique strongly influence interfacial properties in steel-MgO systems.

Table 1. Chemical composition in wt. % of the investigated Al-killed steels.

Sample	C	Si	Mn	T.Al*	Cr	P (ppm)	S (ppm)	B (ppm)	N (ppm)	T.O* (ppm)
WS-24B44S	0.23	0.26	1.26	0.024	0.15	40	44	24	13	22
WS-22B143S	0.24	0.27	1.25	0.024	0.13	40	143	22	13	22
WS-56B34S	0.23	0.29	1.23	0.024	0.13	40	34	56	13	22

*T.Al is the total aluminum content, and T.O is the total oxygen content (in ppm).

The surface tension [σ] = N m^{-1} of the steel melt measured via the MBP method, described in detail in[1], is calculated with Equation 1:

$$\sigma = \frac{r \cdot p}{2} \cdot \left\{ \left[1 - \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{r \cdot \rho \cdot g}{p} \right) \right] - \left[\frac{1}{6} \cdot \left(\frac{r \cdot \rho \cdot g}{p} \right)^2 \right] \right\} \quad \text{(Equation 1)}$$

where [r]= capillary radius in m, the density of the liquid is [ρ] = kg m^{-3}, the gravitational acceleration is [g] = m $s^{-2,}$ and p = [p_{max} - (ρ·g·h)], with [p] = bar [p_{max}] = MBP.

Equation 2 represents the Young-Laplace relationship for determining surface tension. Here, σ_{gs}, σ_{ls}, and σ_{gl} denote the interfacial tensions between gas and solid, liquid-solid, and gas-liquid, respectively. The latter is the surface tension of the steel drop to be determined (it will also be represented by σ). The angle θ is the contact angle of the steel drop and the magnesia ceramic substrate. As demonstrated by Equation 2, the surface tension of the liquid against the atmosphere is directly related to the contact angle. A larger contact angle indicates less spreading of the drop on the substrate, and vice versa.

$$cos(\theta) = \frac{\sigma_{gs} - \sigma_{ls}}{\sigma_{gl}} \quad \text{(Equation 2)}$$

The drop profile was analyzed using in-house software (LabVIEW, National Instruments Corp., 2021) developed at IEST, TU Freiberg, which is based on the method of Rotenberg et al.[2] Density values were obtained from Bellé et al.[3] Specific temperature protocols were

employed for observation of the influence of element volatilization. Continuous Temperature Protocol (CTP): heating to 1650°C followed by a stepwise cooling in 25 °C increments down to 1550 °C, with 8 minutes holding time at each step. Single Temperature Protocol (STP): heating to the target temperature (1650, 1600, or 1550°C), followed by an 8-minute isothermal hold, image recording, and subsequent cooling (exactly as in CTP).

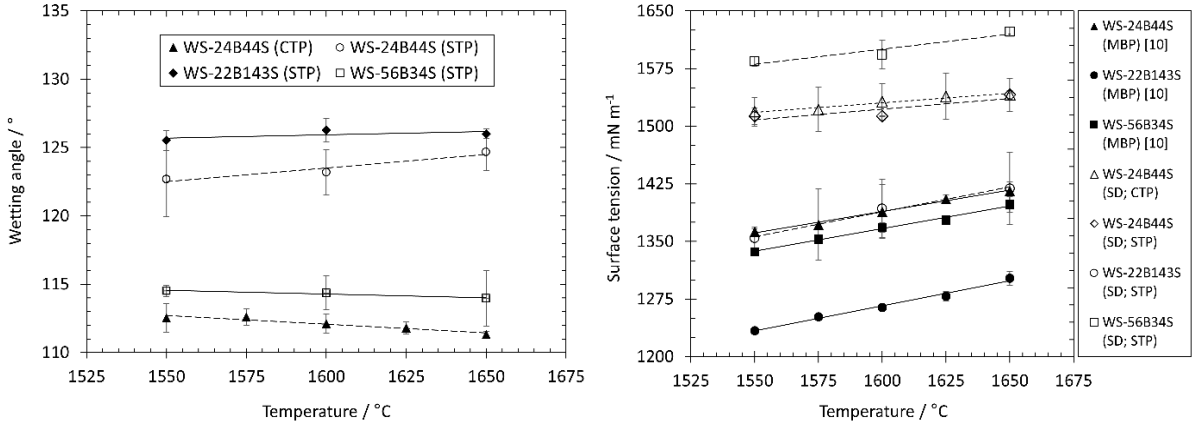


Figure 1. Wetting angles and surface tension as a function of temperature for WS steels measured via SD (this work) and MBP [3].

The nearly constant, or even slightly increasing, trend in the wetting angle with increasing temperature of the WS steels indicates a sensitive response to the chemical composition at the surface of the steel drop. The lower contact angles observed for WS-24B44S under the CTP condition suggest that continuous heating promotes evaporation of alloying elements, such as B and Mn, during longer high-temperature exposure times. A systematic comparison of MBP and SD techniques reveals distinct effects of surface-active elements (S, B) on surface tension (σ) and wetting of WS steels on MgO. Sulphur significantly reduces σ in both methods; increasing S from 44 to 143 ppm decreases σ by up to 11.2% at 1550 °C. Boron shows method-dependent behavior, lowering σ in MBP but increasing it in SD, due to evaporation and/or interaction with oxygen during prolonged exposure.[1] SD consistently yields higher σ and contact angles than MBP, attributed to depletion of volatile surface-active species (e.g. Mn, S) and infiltration effects altering the three-phase contact line. MBP minimizes these effects via continuous surface renewal. Discrepancies reach up to 18%, demonstrating that both alloy composition and measurement technique critically influence interfacial properties. These findings are essential for accurate modelling of steel–refractory interactions and high-temperature process optimization.

References:

[1] M.R. Bellé, L. Neubert, A.A. Baraka, A. Angelini, J. Song, O. Volkova, *Journal of Materials Research and Technology* **2026**, *41*, 5094.
[2] Y. Rotenberg, L. Boruvka, A.W. Neumann, *J. Colloid Interface Sci.* **1983**, *93*, 169.
[3] M.R. Bellé, L. Neubert, A. Sherstneva, T. Yamamoto, T. Nishi, H. Yamano, M. Weinberg, O. Volkova, *Steel Res. Int.* **2024**, 2400252.

SWELLING BEHAVIOR OF IRON ORE PELLETS IN H_2 ATMOSPHERE UNDER NON-ISOTHERMAL CONDITIONS

M.Sc. Meirzhan Karbayev and Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

The present work investigates non-isothermally volume change of iron ore pellets under H_2 reducing agent at different heating rates within room temperature (RT)-1200°C in present work. Reduction Swelling Index (RSI) were analyzed at heating rate 10 °C min^{-1} and 20 °C min^{-1}. Chemical composition of material is given in Table 1. The experiments were carried out in a high-temperature tube furnace.

Table 1. Chemical compositions of iron ore pellets (mass%)

	Fe_{met}	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	Na_2O	P	Basicity
Material	67.8	0.35	0.76	1.34	0.01	0.49	0.02	0.029	0.58

The RSI of the test pellets was determined using Equation (1), as referenced in sources [1]

$$RSI = \frac{V_t - V_0}{V_0} \times 100\% = \left[\left(\frac{S_t}{S_0}\right)^{3/2} - 1\right] \times 100\% \quad (1)$$

where V_0 and V_t are the volumes of the pellet sample (mm^3) before and at the time of reduction, respectively, and S_0 and S_t are their corresponding cross-sectional areas (mm^2) before and at the time of reduction respectively.
As can be seen in Figure 1, maximum Swelling under low heating rate is achieved at 590°C with RSI value of about 11%, whereas high heating degree heating degree indicates Maximum Swelling at 730°C with recorded value of 12,36%. This is in accordance with what is considered «normal» This is in accordance with what is considered «normal» swelling (RSI up to 20%) [1] swelling (RSI up to 20%).

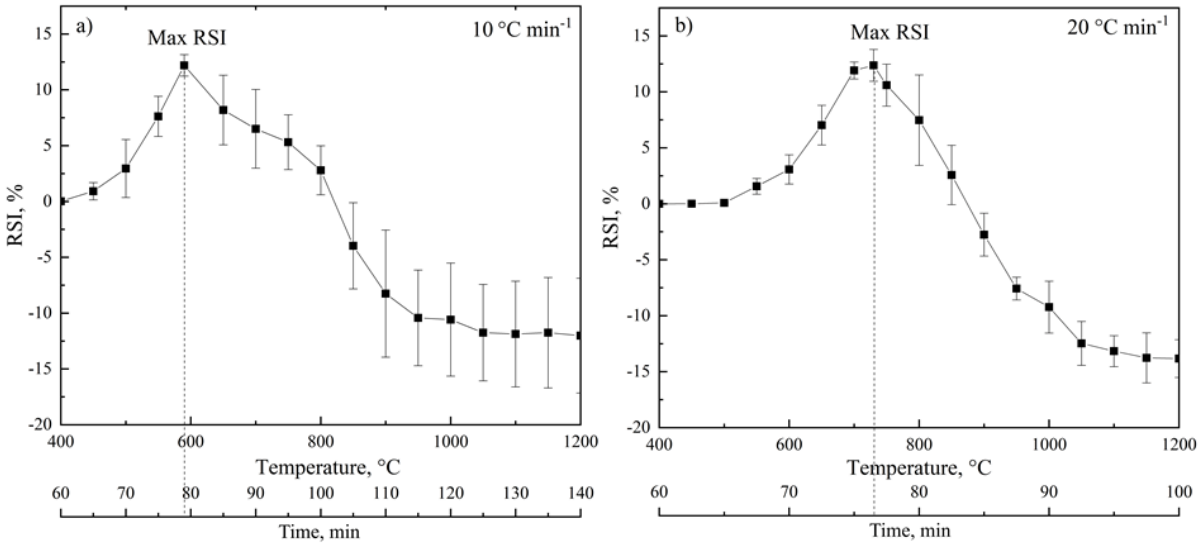


Figure 1. RSI changes during heating by H_2 under different heating rate

It was also observed that maximum Swelling reaches more rapidly under high heating rate rather than under low heating rate which are reported by [2]. The volume expansion is mainly caused by lattice transformation, from hematite (α-Fe_2O_3) to maghemite (γ-Fe_2O_3) The crystal transformation theory posits that reduction swelling originates from the structural phase transformations of iron oxides occurring during the reduction process [3]. Along with volume

expansion, volume contraction occurs at elevated temperatures. This can be explained by iron grain densification and complete reduction of metallic Fe [4]. The present findings give an opportunity to assess the ore's suitability for direct reduction processes, particularly like bed permeability issues, agglomeration, and blockage in shaft furnaces or fluidized beds and "normal" Swelling which is obtained in present study suit for industrial applications.

References

[1] Yi L, Huang Z, Jiang T, Wang L, Qi T. Swelling behavior of iron ore pellet reduced by H2–CO mixtures. Powder Technology 2015; 269: 290–5 [https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.09.018]

[2] Lv H, Gan M, Fan X-H, *et al.* Non-isothermal Hydrogen-Based Reduction Swelling Behavior of Ultra-High-Grade Pellets. Metall Mater Trans B 2026; 57(4): 2110–23 [https://doi.org/10.1007/s11663-026-03962-z]

[3] Kovtun O, Levchenko M, Oldinski E, Gräbner M, Volkova O. Swelling Behavior of Iron Ore Pellets during Reduction in H 2 and N 2 /H 2 Atmospheres at Different Temperatures. steel research int. 2023; 94(10) [https://doi.org/10.1002/srin.202300140]

[4] El-Geassy AA, Nasr MI, Hessien MM. Effect of Reducing Gas on the Volume Change during Reduction of Iron Oxide Compacts. ISIJ Int. 1996; 36(6): 640–9 [https://doi.org/10.2355/isijinternational.36.640]

INFLUENCE OF COBALT ON THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF FAYALITE SLAGS

Andrä, Stefan; supervisor: Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova
Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

Cobalt-bearing fayalite slags are by-products of copper production from cobalt-rich copper ores, found mostly in Central Africa. The cobalt content of such slags significantly affects their thermophysical properties, such as viscosity and density. Viscosity measurements using rotating-bob viscometer show a decrease in viscosity with rising cobalt oxide content. Conversely, density measurements using the maximum bubble pressure method indicate an increase of density with rising cobalt oxide content in the slag.

Cobalt is a critical material for high-tech applications, such as batteries, magnetic materials, tool steels and super alloys. [1] Cobalt is often associated with copper and nickel ores, especially in the ore reserves in Africa, known as the African Copperbelt. [2] As such, already 20 Mt of cobalt-bearing slags is found on slag dumps in Zambia alone. [3] Knowledge of the thermophysical properties of these slags in relation to their cobalt oxide content are vital for the design of cobalt reclamation processes.

The material for all experiments was prepared at the Institute of Iron and Steel Technology. Several slags with different CoO contents were synthetically prepared using pure oxides as raw materials. Ratio of FeO and SiO_2 were fixed at 2:1 and constitute the balance of the composition, while other oxides were added in terms of mass-percent.

Slag	FeO/SiO2	Al2O3	CaO	MgO	K2O	CoO
Slag 1	2	8	8	4	4	0
Slag 2	2	8	8	4	4	0,5
Slag 3	2	8	8	4	4	1,5
Slag 4	2	8	8	4	4	3,0
Slag 5	2	8	8	4	4	5,5

Table 1: Slag composition (mass-%)

Viscosity and density were measured in this study. Viscosity was determined using a rotating bob viscometer, while density was measured using the maximum bubble pressure method (MBP). It is shown in **Figure 1** that the dynamic viscosity of a slag melt decreases with an increase in cobalt content. Conversely, during a hypothetical cobalt reclamation process, as cobalt is removed from the slag phase, viscosity of the melt. This change in viscosity is then likely to affect the parameters of the process, such as chemical kinetics affecting the reaction speed.

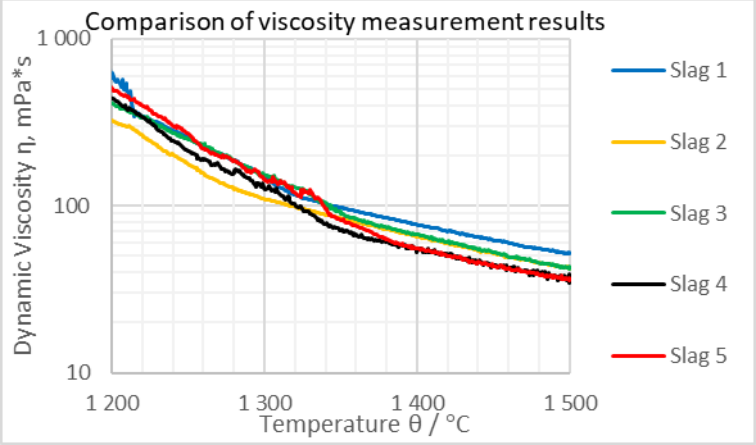


Figure 1: Temperature function of viscosity of slags with different cobalt oxide contents

In addition, **Figure 2** shows the density as a function of temperature for different cobalt-bearing slags. Density is shown to increase with an increase in CoO content of the slag. To know the density of such slags is vital for the design of furnaces, ladles and periphery equipment such as cranes in a metallurgical facility.

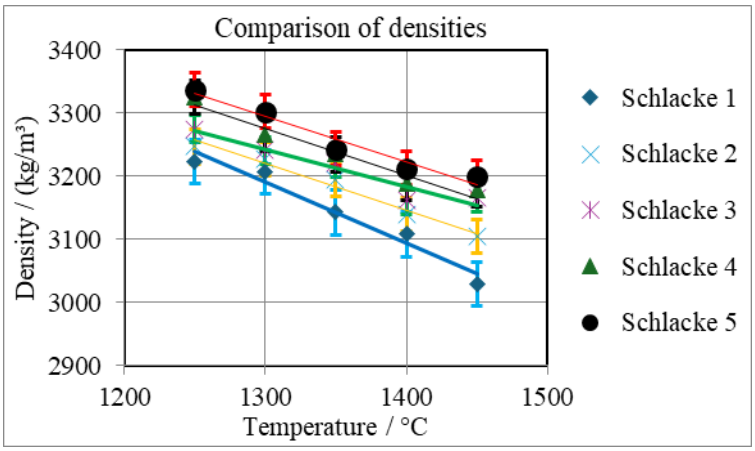


Figure 2: Temperature function of density of slags with different cobalt oxide contents

This study examined how total cobalt oxide content affects the viscosity and density of molten fayalite slag. Density was determined using the maximum bubble pressure method. As cobalt oxide content increases, density increases. However, as cobalt oxide content increases, viscosity decreases.

References:

[1] Hawkins M. Why we need Kobalt. Applied Earth Science 2001; 110(2):66–70. doi:10.1179/aes.2001.110.2.66

[2] Mineral commodity summaries 2024; 2024

[3] Jones R, Denton G, Reynolds Q, Parker J, Tonder G. Recovery of Kobalt from slag in a DC arc furnace at Chambishi, Zambia. Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy 2002; 102:5–9.

ПІДСЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЯ»

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ОСНОВИ МОДИФІКУВАННЯ СТАЛІ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИМИ МЕТАЛАМИ ДЛЯ КОЛІСНИХ ЦЕНТРІВ

Сєров С.В., керівник доц. Дерев'янко І.В.
Український державний університет науки і технологій

Покращення якості сталей з найменшими витратами ресурсів є однією з основних проблем металургії та сталеливарного виробництва. Одним із засобів вирішення задачі підвищення якості сталі, а отже і підвищення експлуатаційної надійності, досягається шляхом модифікування. У роботі розглянуто та проаналізовано вплив рідкісноземельних металів (РЗМ) на властивості литої сталі для колісних центрів, що виплавляються у печах із кислою футеровкою.

Позитивний вплив РЗМ на комплекс фізико-механічних властивостей сталі проявляється у зниженні вмісту шкідливих домішок, зміні природи неметалевих включень, а також у модифікуючому впливі на первинну та вторинну структуру металу.

Механізм дії модифікаторів на рідкий розплав сталі полягає в тому, що такі активні елементи, як РЗМ, у розплаві сталі сприяють коагуляції структурних складових металу та інтенсифікують процес зародкоутворення і подрібнення структури під час первинної кристалізації.

У печах із кислою футеровкою сірка і фосфор практично не видаляються. Усі РЗМ мають високу спорідненість до сірки і утворюють дуже стійкі та тугоплавкі сульфіди (див. табл.), які є додатковими центрами кристалізації.

Реакції утворення сульфідів:

$$Y + S = YS$$
$$\Delta G°_T = 598 - 0{,}15\ T \text{ кДж/моль}$$
$$Ce + S = CeS$$
$$\Delta G°_T = -559 + 0{,}1T \text{ кДж/моль}$$

Таблиця. Температура плавления сульфидов РЗМ.

Сульфід	Температура плавлення, °С	Сульфід	Температура плавлення, °С
YS	2040	Pr_2S_3	1795
LaS	1970	Nd_2S_3	2200
CeS	2450	Sm_2S_3	1900
NdS	2140	YS_2	1660
SmS	1940	CeS_2	1700
Ce_3S_4	2050	PrS_2	1780
Y_5S_7	1630	NdS_2	1780
La_2S_7	2070	SmS_2	1730
Ce_2S_3	2070	LaS_2	1650

Y_2S_3	1950		

Встановлено, що обробка рідкої сталі модифікаторами, які містять РЗМ, із кінцевою концентрацією в металі ≈0,1% чинить комплексний рафінувальний і модифікувальний вплив, підвищує механічні властивості металу литих центрів для швидкісних електровозів відповідно до ДСТУ ГОСТ 4491:2018.

БІОВУГЛЕЦЕВІ В'ЯЖУЧІ АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОПНИМ РЕСУРСАМ

Агєєв О.Г., Годько О.А., керівник доц. Дерев'янко І.В.
Український державний університет науки і технологій

Вуглецеві матеріали мають специфічні та унікальні хімічні і теплофізичні властивості. Сьогодні вони посідають провідне місце в одному ряду з найважливішими металами, сплавами та іншими матеріалами. Розвиток виробництва електродних вуглецевих матеріалів тісно пов'язаний з розвитком чорної і кольорової металургії, абразивної, хімічної, фосфорної промисловості, атомної енергетики та ін.

Штучний графіт у промислових об'ємах отримуть нагріванням коксу або антрациту в спеціальних електричних печах при температурі близько 3000 °С і підвищеному тиску без доступу повітря.

На металургійну промисловість ЄС чиниться значний тиск щодо поступової відмови від використання викопного вуглецю. Заміна викопних вуглецевих матеріалів замінниками біовуглецю може значно зменшити вуглецевий слід цих продуктів.

При виробництві вуглеграфітової продукції для створення конгломерату використовують зв'язуючі речовини, як правило - кам'яновугільний пек.

Кам'яновугільний пек – це побічний продукт дистиляції виробництва металургійного коксу з бітумінозного вугілля, отримують в результаті розгону кам'яновугільної смоли при 300-350°С. Він є сильним канцерогеном та наразі заборонений європейським регламентом щодо хімічних речовин REACH для кінцевого використання, хоча активно використовується як незамінний продукт у виробництві електродів та електродної маси. Типова електродна маса складається з 70–80% кальцинованих антрацитів та нафтового коксу, графіту та 20–30% зв'язуючого речовини на основі кам'яновугільного пеку. Зниження використання пеку або повна заміна є актуальним питання металургійної промисловості.

Перспективними матеріалами для використання в якості в'яжучої речовини є біо-смоли які отримують з піролізної олії. Піролізну олію отримували шляхом швидкого піролізу змішаної м'якої деревини. Піроліз за температури від 450 до 600 °С при низькому парціальному тиску кисню та дуже великій швидкості нагрівання призводить до утворення твердих, рідких та газоподібних продуктів. Рідкий конденсат, що утворюється в результаті швидкого охолодження гарячого газу, називається біоолією або піролізною олією. Піролізна олія в основному складається з фрагментів лігніну, емульгованих у водорозчинній, багатій на вуглеводи фазі. Олія характеризується високим вмістом води та мономерами й олігомерами і в такому вигляді не може використовуватись в якості зв'язуючого тому її перероблюють на біо-смолу.

Біо-смоли отримують шляхом термічної дистиляція піролізної олії шляхом термообробки в реакторі з нержавіючої сталі при температурі 250–270 °С та зниженому тиску. Отриманий матеріал характеризується чорним кольром і твердим станом при кімнатній температурі. Температура розм'якшення коливалася від 56 до 108 °С. Біосмоли містили низький вміст золи (0,5–0,15 мас.%) та достатній загальний вміст вуглецю.

Піролітичний лігнін та біо-смоли, отримані з піролізних масел, зі спеціалізованими властивостями вже демонструють потенціал для використання у вугільних анодах і навіть в електродній масі для електродів Седерберга. Однак проблеми з низьким ступенем коксування, усадкою, реакційною здатністю та низькою графітизацією все ще потребують системного дослідження та вирішення.

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГРАФІТАЦІЇ У ПЕЧІ АЧЕСОНА

Попов Д., Гончар В., керівник доц. Жаданос О.В.
Український державний університет науки і технологій

Графіт є основним матеріалом електродів дугових печей завдяки високій електро- та теплопровідності. Основними компонентами для виробництва графітової продукції є вуглецевмісний наповнювач (антрацит, нафтовий і голчастий кокс) та в'яжучі речовини — пеки. Ключовим етапом технологічної схеми є процес графітації.

Аналіз фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час графітації показує, що в умовах високих температур у пересипних матеріалах і теплоізоляції відбуваються інтенсивні структурні та фазові перетворення, що суттєво змінюють їх властивості. Руйнування зерен пересипки зумовлюється насамперед відновленням зольних оксидів та подальшими реакціями карбідоутворення і дисоціації карбідів, які супроводжуються витратою вуглецю і виділенням газів. За температури нижче 1000 °C основну роль відіграють процеси видалення вологи, летких домішок і термічний розклад органічних та нестійких неорганічних сполук. При температурах понад 650 °C активізується газифікація вуглецевмісних матеріалів з утворенням CO, H_2 та CH_4, що суттєво впливає на тепловий баланс процесу. Подальше підвищення температури призводить до відновлення нелетких оксидів, зростання частки CO в газовій фазі та часткового випаровування або зв'язування металів у вигляді карбідів. У сукупності ці процеси зумовлюють значні викиди шкідливих газів, що потребує застосування спеціальних технічних заходів для їх зменшення та підвищення екологічної безпеки графітаційного виробництва.

Найбільш розповсюдженою установкою, в якій відбувається процес графітації, є піч Ачесона (опосередкованого нагрівання). Піч, яка досліджувалася, має наступні технологічні параметри: довжина 12960 мм, ширина 3000 мм, висота 2805 мм, номінальна електрична потужність - 8700 кВ·А - 9350 кВ·А, діапазон вторинного струму 33 кА - 155 кА, вторинна напруга 60-260 В, 15 ступенів напруги, $\cos\varphi = 0{,}65–0{,}85$, активна потужність 5655–7948 кВт.

Метою роботи є дослідження теплоенергетичних процесів графітації в печі Ачесона, побудова математичної моделі температурного поля та обґрунтування раціонального електричного режиму.

За результатами досліджень процесу складного теплообміну розроблено теплофізичну модель процесу графітації в печі Ачесона. При побудові математичної моделі прийнято такі припущення: піч Ачесона розглядалась, як система, у якій джерелом теплоти є джоулеве тепло, що виділяється у вторинному колі трансформатора; передача теплоти здійснюється теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням; робочий об'єм поділяється на укрупнені теплові зони з усередненими теплофізичними властивостями.

Із застосуванням ПЕОМ методом кінцевих різниць виконано розрахунок динаміки теплового стану реакційної зони печі. Максимальні температури зосереджені в керні (3000 °C). Тепловий потік через теплоізоляцію та стінки визначає втрати енергії. Максимум температури локалізується в центрі керна, а градієнти температур і,

відповідно, термічні напруження досягають максимальних значень в зоні пересипки. При цьому стінки печі залишаються значно холоднішими (900–1100 °С), а температурне поле має чітко виражену осьову симетрію (рис. 1). Підвищення потужності трансформатора з 8700 до 9350 кВ·А прискорює вихід на режим графітації. Так, у випадку потужності 8700 кВ·А за 110–120 годин нагрівання на керні досягається температура 2800 °С, а при застосуванні потужності 9350 кВ·А за 90–100 годин вдається досягти температури 3000 °С. При цьому температура стінок печі відрізняється незначно: при потужності 8700 кВ·А вона сягає 1000–1050 °С, а при потужності 9350 кВ·А – 1150–1200 °С (рис. 1).

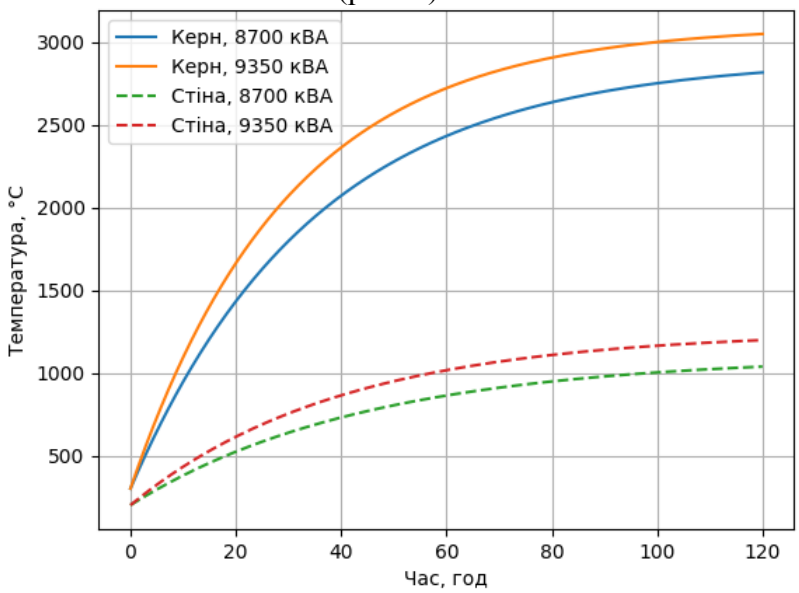


Рисунок 1 – Динаміка температури на керні і стінках печі Ачесона під час процесу графітації

Проведені розрахунки дали можливість скласти енергетичний і електричний баланс печі Ачесона. Встановлено, що лише 30–35% підведеної електроенергії безпосередньо забезпечує корисне нагрівання заготовок до температур графітації. Найбільшими статтями витрат є нагрів пересипки, втрати з поверхні печі та випар вологи. Значна частка енергії витрачається на нагрів масивних конструктивних елементів, що є характерною особливістю печей Ачесона.

На підставі результатів дослідження обґрунтовано електричний режим графітації в печі Ачесона. Його особливістю є розбиття на чотири стадії: початковий прогрів і видалення вологи, середньотемпературний нагрів і активна газифікація, високотемпературна графітація та витримка, завершальна стадія.

Висновки

Таким чином, розроблено теплофізичну модель печі Ачесона; визначено закономірності формування температурного поля; встановлено енергетичну ефективність процесу (30–35%); запропоновано 4-стадійний режим графітації, який забезпечить раціональні технологічні показники процесу графітації в печі Ачесона.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИПЛАВКИ СТАЛІ МАРКИ 40ХЛ МЕТОДОМ ПЕРЕПЛАВУ ЛЕГОВАНИХ ВІДХОДІВ У ДУГОВІЙ ПЕЧІ

Бєлкін Р., Поліщук К., Ябченко О., керівник доц. Жаданос О.В.
Український державний університет науки і технологій

В сучасній Україні металургія продовжує відігравати виняткову роль для успішного економічного розвитку країни. Крім того, в останні роки в міжнародному поділі праці за Україною міцно закріпилася роль одного з великих виробників чорних металів, що визначає підвищену увагу до проблем галузі і диктує стратегію пріоритетного розвитку чорної металургії. Електросталеплавильному способу належить провідна роль у виробництві якісної і високолегованої сталі. Завдяки ряду принципових особливостей цей спосіб пристосований для отримання різноманітного за складом високоякісного металу з низьким вмістом сірки, фосфору, кисню та інших шкідливих або небажаних домішок і високим вмістом легуючих елементів, які надають стали особливі властивості - хрому, нікелю, марганцю, кремнію, молібдену, вольфраму , ванадію, титану, цирконію та інших елементів.

Конструкційна легована сталь 40ХЛ широко застосовується для отримання виливків різного функціонального призначення і, перш за все, зубчастих коліс, бандажів, виливків невеликих перетинів і інших деталей загального машинобудування, до яких пред'являються вимоги підвищеної твердості. Хімічний склад сталі 40ХЛ згідно з ДСТУ 8781:2018 представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 40ХЛ згідно ДСТУ 8781:2018

Масова частка елементів, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
				не більше			
0,35-0,45	0,2-0,4	0,4-0,9	0,8-1,1	0,3	0,04	0,04	0,3

Існують два методи виплавки конструкційної електросталі 40ХЛ: з окисленням домішок на свіжій шихті і методом переплаву легованих відходів. Технологія безокисного переплаву забезпечує мінімальні втрати легуючих елементів (особливо хрому і марганцю), зменшення окисного навантаження на вогнетриви печі, мінімізацію кількості димових газів, вищу якість сталі за структурою та рівнем неметалевих включень.

Важливим процесом виплавки конструкційної сталі є процес десульфурації сталевої ванни, який описується наступною реакцією

$$[FeS]+(CaO)=[FeO]+(CaS) \quad (1) \qquad \lg K_S = 935/T - 1{,}375 \quad (2)$$

K_S - Константа рівноваги реакції видалення сірки. З підвищенням температури K_S зменшується.

Більш повному процесу десульфурації сприяє висока активність оксиду кальцію в шлаку, сірки в металі, низьке окислення металу і шлаку, знижена активність сульфіду кальцію в шлаку, підвищення температури процесу. Для визначення кількості десульфуруючого шлаку можна використовувати формулу (3):

$$M_{шл} = \frac{M_{мет}}{L_S} \cdot \frac{([\%S]_{нач} - [\%S]_{зад})}{[\%S]_{зад}}, \quad (3)$$

де $M_{шл}$ - маса шлаку, кг; L_S - коєфіцієнт розподілу сірки, що визначається по формулі (%S)/[%S]; $[\%S]_{нач}$ - вміст сірки перед обробкою; $[\%S]_{зад}$ - необхідний вміст сірки.

Хімічний склад шлаку та його кількість повинні забезпечити максимальну десульфуруючу здатність, задовільну рідкорухливість, мінімальну окисленість, низьку температуру плавлення. При виборі складу шлаку необхідно виходити з того, що сульфідна ємність залишається на низькому рівні до збільшення частки оксиду кальцію в шлаковому розплаві до 50–55%. З цього моменту сульфідна ємність різко зростає. Висновок, який можна зробити на підставі наведених даних, полягає в тому, що для забезпечення хорошої десульфурації сталі необхідно організувати технологічний процес таким чином, щоб забезпечити вміст оксиду кальцію в розплаві шлаку в межах 50–55%. Перевищення цих значень призводить до перенасичення шлакового розплаву оксидом кальцію, внаслідок чого він втрачає рідкорухливість, що веде до зниження швидкості видалення сірки з металу. Підвищення оксиду заліза у шлаку призводить до зниження десульфуруючої здатності шлаку. Таким чином, хімічний склад шлаку і його кількість повинні забезпечити максимальну десульфуруючу здатність, задовільну рідкорухливість, мінімальну окисленість, низьку температуру плавлення (табл. 2).

Таблиця 2 – Рекомендований склад шлаку для сталі 40ХЛ

Шлакоутворювальний елемент	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO
Його вміст, %	50-55	10-15	15-20	5-10

Розрахунок шихти для виплавки сталі марки 40ХЛ у дуговій сталеплавильній печі (ДСП) методом переплаву легованих відходів без окислення має свої особливості, оскільки в процесі не передбачається окислювальний період (тобто не видаляються домішки типу C, Si, Mn, P, S через окислення), і головне джерело металу — це відходи легованих сталей. Тобто, склад шихти має забезпечити досягнення цільового хімічного складу сталі 40ХЛ лише шляхом підбору компонентів. Встановлено, що для отримання 1 тони сталі доцільно використовувати відповідне співвідношення легованого брухту (750–825 кг/т) і чавуну (225–250 кг/т), яке забезпечує необхідний хімічний склад сталі та зменшує витрати легуючих елементів.

На основі аналізу фізико-хімічних процесів визначено оптимальні умови розкислення з урахуванням початкового складу брухту та термодинамічної доцільності використання відповідних розкислювачів. Розрахунками встановлено, що попереднє розкислення перед додаванням легуючих елементів рекомендовано проводити за допомогою високовуглецевого феромарганцю 2,5–3,5 кг/т, феросиліцію (ФС45) 3,5–4,5 кг/т, алюмінію гранульованого або стружкового 0,5–0,8 кг/т. Остаточне розкислення готової сталі, у разі необхідності, проводиться алюмінієм із питомою витратою 0,3–0,6 кг/т, що забезпечує високий ступінь чистоти сталі перед розливкою.

Таким чином, за результатами аналізу фізико-хімічних процесів і відповідних розрахунків:

- визначено оптимальний шлаковий режим для десульфурації сталі 40ХЛ;
- встановлено раціональне співвідношення легованого брухту і чавуну;
- обґрунтовано питомі витрати розкислювачів для забезпечення чистоти металу.
- проведені дослідження і розрахунки дозволяють забезпечити раціональні показники виплавки сталі 40ХЛ методом переплаву легованих відходів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГАЗАЦІЇ МЕТАЛУ В ОКИСНЮВАЛЬНИЙ ПЕРІОД ЕЛЕКТРОПЛАВКИ СТАЛІ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Цуркан О.С. , керівник проф. Горобець А.П.
Український державний університет науки і технологій

Одним із завдань окиснювального періоду плавки є успішна дегазація металу. Теорія видалення газів впродовж окиснювального періоду розроблювалась рядом дослідників з метою отримання кількісних співвідношень між параметрами плавки і кінцевим вмістом газів у сталі та ступенем їх видалення. Проте більшість запропонованих формул справедливі лише для обмежених умов.

В найбільш загальному вигляді теорія поглинання і видалення газів розроблена М.М.Чуйко, який надає наступні формули для швидкості видалення $(V_г')$ і поглинання $(V_г'')$ газів [1]:

$$(V_г') = 2{,}33\frac{V_C}{K_г^2 * P_{CO}} * [г]^2 = K_{V'г} * [г]^2, \qquad (4)$$

$$(V_г'') = \frac{Д_г * h * F_{вид.}}{d} * ([г]_р - [г]) = Д_г' * ([г]_р - [г]), \qquad (5)$$

$$V_г = V_г' - V_г'' = K_{V'г} * [г]^2 = Д_г' * ([г]_р - [г]) \qquad (6)$$

Як випливає з формули (3), швидкість поглинання газу залежить, по-перше, від різниці між розчинністю газу в сталі при наданих умовах $[г]_р$ і його фактичному вмісту [г]; по-друге, від приведеного коефіцієнта дифузії через шлак $Д_г$ (який залежить від температури, складу і в'язкості шлаку), коефіцієнта розподілу газу між шлаком і металом *h* (який також залежить від температури і складу шлаку і металу), відносної питомої поверхні $P_{від.}$ до товщини шлакового шару *d* (який залежить від концентрації й обсягу печі та від кількості шлаку), а також електричного режиму і складу газової фази печі. Коли збільшується обсяг печі зменшується $P_{від.}$ і зростає *d* (при незмінній кількості шлаку), а отже, зменшується $Д_г'$. Теоретичний розрахунок $Д_г'$ утруднений через відсутність точних значень $Д_г$, *h* і *d*.

Була досліджена зміна концентрації водню й азоту в металі в окиснювальний період виплавки конструкційної сталі в 25-40-тонних печах.

Впродовж дослідних плавок параметри процесу коливались в середніх межах: Δ[C]=0,02-0,82%; V_C=0,1-1,35%.Δ[C]/год.; τ=0,1-1,35 год.; $[H]_{поч.}$=3-10.=3-11 мл/100 г; $[H]_{кін.}$=3-10 мл/100 г; $[N]_{поч.}$= 0,002-0,017%; $[N]_{кін...}$= 0,0015-0,0195%.

У результаті статистичної обробки були отримані прямолінійні залежності кінцевого вмісту газів у металі при різних параметрах. Для визначення кінцевого вмісту азоту і водню отримані рівняння множинної регресії:

$[H]_{кін.}$=2,4873+0,4816$[H]_{поч.}$-1,3925Δ[C]+1,3738*τ-0,1027V_C (4)

Коефіцієнт кореляції R=0,54;

Критерій Фішера F = 6,416.

$[N]_{кін...}$= 0,0035+0,706$[N]_{поч.}$-0,0102Δ[C]+0,0011*τ-0,0038V_C (5)

Коефіцієнт кореляції R=0,58;

Критерій Фішера F = 7,119.

Для прийняття цих рівнянь необхідно щоб критерій Фішера був більше критерія табличного $F_{табл.}$= 1,318, при рівні значимості 0,05 і числі ступенів свободи *n* = 68.

$F_H > F_{табл.}$; 6,416 > 1,318.

$F_N > F_{табл.}$; 7,119 > 1,318.

Згідно технологічним інструкціям різних підприємств для середньо- і низьковуглецевої сталі передбачається в окиснювальний період плавки випалювання 0,2-0,3% вуглецю при тривалості кипу 0,50-1,25 години й швидкості вигоряння вуглецю 0,4-2,0%ΔС/год. Такому інтервалу Δ[С], τ і V_C відповідає зниження вмісту:

водню – з 10,0-8,0 мл/100 г до 7,0 мл/100 г;

азоту – з 0,011-0,005% до 0,004%.

тобто передбачені заводськими технологічними інструкціями режим окиснювального періоду забезпечує відносно гарну дегазацію металу по азоту, чого не можна казати про видалення водню. Це пояснюється впливом вологи окиснювачів і шлакоутворюючих, які задають у піч і ін. Для успішної дегазації металу по водню необхідно випалити вуглець 0,5-1,0%, при тривалості кипу 0,2-0,7 годин і швидкості вигорянні вуглецю 1,5-2,5%Δ[С]/год. Цей режим окиснювального періоду відповідає зниженню вмісту:

водню – з 8,0-6,0 мл/100 г до 5,0 мл/100 г;

азоту – з 0,015% до 0,004% і навіть до 0,002%

Висновки:

1. Обробка результатів промислових плавок методом множинної кореляції дозволила вивести рівняння для визначення параметрів окиснювального періоду, які необхідні для отримання заданого ступеня дегазації.
2. Для успішної дегазації металу по водню й азоту необхідно випалити 0,5-1,0% вуглецю при тривалості кипу 0,2-0,7 годин і швидкості вигоряння вуглецю 1,5-2,5%ΔС/год. Цей режим окиснювального періоду відповідає зниженню вмісту:

   водню – з 8,0-6,0 мл/100 г до 5,0 мл/100 г;

   азоту – з 0,015% до 0,004% і навіть до 0,002%

Отримати більш низький вміст водню важко.

Посилання

1. Чуйко Н.М. Теория и технология электроплавки стали / Н.М.Чуйко, А.Н.Чуйко // Киев. Донецк: Головное издательство, 1983. – 248 с
2. .

ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ФОСФОРИТОВОЇ РУДИ З МЕТОЮ РОЗРОБКИ ПРИНЦИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЇЇ ЗБАГАЧЕННЯ

Ниткін М.Ю., керівник доц. Пройдак А.Ю.

Український державний університет науки і технологій

В умовах системного збільшення обсягу виплавки сталі у світі та інтенсивного споживання дорогих і дефіцитних легуючих елементів у сталеплавильному, чавуноливарному виробництвах, постановка нових теоретичних і експериментальних досліджень щодо створення та розробки технології виплавки ферофосфору з використанням вітчизняного фосфориту є одним із завдань ГМК України. Поряд з традиційним великотоннажним виробництвом сталі відомий ряд марок сталі з підвищеним вмістом фосфору від 0,08-0,15% до 0,20-0,30%). Для легування металу фосфором використовують ферофосфор, який застосовують також для підвищення ливарних властивостей і модифікування мікроструктури чавунних виливків. Потреба металургійного виробництва України у ферофосфорі забезпечується за рахунок імпортних поставок. Тим часом, у надрах України розвідано родовища фосфоритової руди (фосфориту), якість і запаси якої оцінюють з позиції діючих кондицій на

фосфорит як сировину для мінеральних добрив. Серед відомих і додатково розвіданих родовищ фосфоритів, підготовлених для обліку в балансі їх запасів, за попередніми оцінками придатних для виплавки ферофосфору, може бути фосфорит Малокамишеватської групи родовищ (Харківська область, м. Ізюм.). Тому теоретичні та експериментальні дослідження мінеральної структури та металургійних властивостей фосфориту і на їх основі розробка принципової схеми збагачення руди ферофосфору і міднофосфористої лігатури є актуальним завданням.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ МАРГАНЦЕВИХ РУД СВІТОВИХ РОДОВИЩ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ВИПЛАВКИ ФЕРОСПЛАВІВ

Музика Я.В., керівник проф. Овчарук А.М.
Український державний університет науки і технологій

Україна по запасам марганцевої руди входить в топ-5 держав світу (рис.1) [1]. Руди Українських родовищ за міжнародною класифікацією відносяться до низькосортних і характеризуються низьким вмістом марганцю (29,0…44,6 %), підвищеною концентрацією фосфору (0,18 – 0,35 %) і кремнезему (15 – 30 %) та дрібнодисперсністю, використання яких для виплавки марганцевих феросплавів у рудовідновлювальних печах підвищеної потужності без їх згрудкування та дефосфорації неможливо.

Запроваджуваним порівняльним аналізом хімічного та мінералогічного складів, фізичних характеристик імпортних і вітчизняних марганцевих руд і концентратів підтверджено, що основною відмінністю марганцевої сировини закордонних виробників є низьке значення модулю фосфору (P/Mn < 0,0035) та кремнезему (SiO_2/Mn < 0,5), що дозволяє досягти високих техніко-економічних показників при виробництві феросплавів.

Здійснюваними дослідженнями фізико-хімічних властивостей марганцевої сировини України показано, що зниження концентрації Mn супроводжується зменшенням температури плавлення, яка на 150 – 250 ^oC нижче температури початку відновлення марганцю (1370 ^oC), що приводить до утворення силікатів марганцю, раннього шлакоутворення та погіршення технологічних показників виробництва феросплавів у рудовідновлювальних печах (РВП).

Методом кореляційно-регресивного аналізу електротехнологічних параметрів та їх оптимізація при виплавці силікомарганцю та високовуглецевого феромарганцю флюсовим способом в рудовідновлювальних печах АТ «Нікопольський феросплавний завод» (АТ «НЗФ») встановлено кількісний вплив вмісту марганцю у вихідній сировині,навішення малофосфористого шлаку, вапняку, відновника на основні показники плавки.

Встановлено оптимальні значення фактичної потужності печей РКГ-81 і РПЗ-63, які забезпечують мінімальну витрату електроенергії на одиницю високовуглецевого феромарганцю.

Виконано аналіз виплавки високовуглецевого феромарганцю за флюсовою технологією із використанням вітчизняної сировини та безфлюсовою з використанням високоякісної руди із Австралії.

Для досягнення показників металургійної цінності вітчизняної марганцевої сировини до рівня закордонних її необхідно піддавати агломерації та дефосфорації, на що потребується 1550 та 8100 грн за 1 тонну концентрату , відповідно.

Не дивлячись на низьку якість марганцевої руди, українські електротермісти Запорізького та Нікопольського заводів феросплавів освоїли всю гаму марганцевих

сплавів: металевий марганець низько- та середньо вуглецевий і високовуглецевий феромарганець, а виробництво феросілікомарганцю складало більше 20% світового.

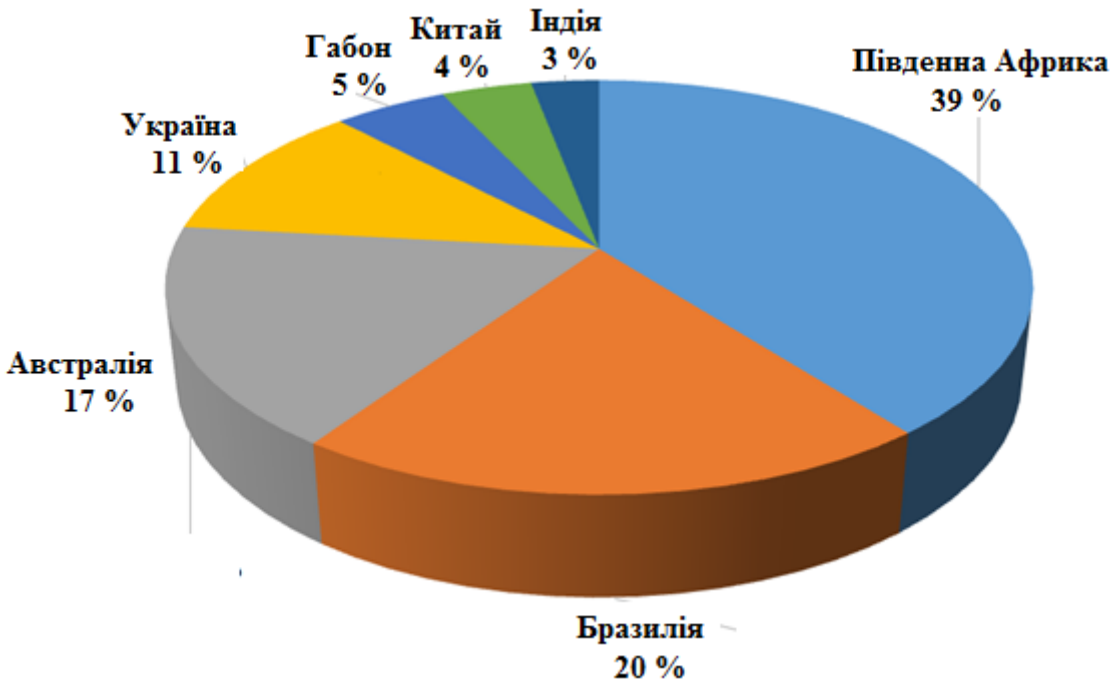


Рисунок 1. – Ресурси марганцевої руди [1]

Таблиця 1. – Хімічний склад марганцевих руд закордонних родовищ [1]

Країна	Вміст основних компонентів, %			
	Mn	Fe	SiO_2	P
Австралія	52,2	3,3	3,2	0,09
	46,0	3,2	6,8	0,09
ПАР	51,6	8,0 – 11,0	3,0 – 5,0	0,04
Бразилія	35,1	3,4	8,7	—
	49,0	5,5	2,5	0,09
Габон	51,4	3,2	2,7	—
	51,0	2,9	2,6	0,10
Гана	49,9	2,5	9,1	0,04
Індія	48,0	7,0	8,0	0,15

	46,0	—	12,0	0,18
	40,0	—	45,0	0,30

ПЕРЕРОБКА ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ФЕРОСПЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Забудько О.О., керівник доц. Рубан А.В.
Український державний університет науки і технологій

Сучасна електрометалургія феросплавів спеціалізується на первинному видобуванні металів із руд, концентратів та технічно чистих оксидів. При використанні феросплавів та чистих легуючих металів необхідне їх розчинення у рідкій сталі. Сучасний феросплавний завод являє собою велике промислове підприємство із закінченим циклом з переробки рудної сировини у готову продукцію - феросплави. У процесі виробництва феросплавної продукції в умовах цеху утворюються різні види відходів, які після переробки повертаються в основне виробництво феросплавного підприємства. До відходів, що підлягають переробці, входять: відходи загущення шлаку; ковшові відходи; кірки відвального шлаку, утворені на стінках литих ківшів; відходи чищення жолобів печей. Сутність переробки відходів полягає в їхньому охолодженні, подрібненні до встановленої фракції (частіше це 0-130мм) та поверненні в основне виробництво автомобільним, трубопровідним чи конвеєрним транспортом. Одним із ефективних напрямків використання відвальних шлаків феросилікомарганцю є одержання шлаколитої продукції. В роботи наведено технологічні особливості процесу виробництва литих блоків. Проте, метою роботи є вдосконалення існуючої технології виготовляти робочої ємність, а саме - контейнера у вигляді монолітної оболонки (капсули) з армованого склокристалічного матеріалу (СКАРМ), сировиною для якого є вогненно-рідкі шлаки феросплавного виробництва. СКАРМ-капсула із шлаків феросплавного виробництва забезпечує: абсолютну герметичність; високу стійкість до дії хімічно агресивних середовищ; хороші енергопоглинаючі показники радіоактивного випромінювання; високу міцність; щодо низьку собівартість при серійному виготовленні внаслідок дешевизни сировини. Слід зазначити, що Україна ще у 80-х роках зіштовхнулась з проблемою консервування радіоактивних відходів атомної промисловості, аерокосмічного виробництва (паливні відходи) та ін. Таким чином, робота є актуальною, а її результати у вигляді модернізації технології виробництва монолітної 20 оболонки (капсули) з армованого склокристалічного матеріалу дозволять зменшити ризики забруднення навколишнього середовища.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИПЛАВКИ СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВОГО ФЕРОМАРГАНЦЮ

Балика Т.М., керівник проф. Гладких В.А.
Український державний університет науки і технологій

Середньовуглецевий феромарганець представляє групу рафінованих дорогих марганцевих феросплавів і застосовується для легування низьковуглецевих конструкційних низько- і високолегованих високоякісних сталей.

Середньовуглецевий феромарганець виплавляється силикотермічним способом в дугових електропечах з магнезитовим футеруванням. В умовах ПАТ НЗФ виплавка середньовуглецевого феромарганцю ведеться в дуговій, трифазній печі закритого типу СКБ-6063 з круглою ванною викочування, що нахиляється, з розташуванням електродів

по вершинах рівностороннього трикутника. В якості шихтових матеріалів застосовуються переробні марганцеві шлаки, марганцеві окисні концентрати, вапно і феросиликомарганец.

Фізико-хімічною основою процесу отримання середньовуглецевого феромарганця є процес взаємодії оксидів марганцю з кремнієм, розчиненим у феросиликомарганці.

Процес відновлення марганцю з оксиду марганцю розчиненим в марганці кремнієм може бути представлений хімічною реакцією

$$2MnO_{ж} + [Si]_{1\%р\text{-}р} = 2Mn_{ж} + SiO_{2ж}. \quad (1)$$

Залежність зміни енергії Гіббса реакції (1) від температури з урахуванням термодинамічних даних фазових перетворень проміжних реакцій має вигляд

$$\Delta G_T^0 = -98680 - 111{,}94T + 13{,}55\lg T - 19{,}85\cdot 10^{-3}T^2, \text{ Дж/г·ат Si}. \quad (2)$$

Апроксимація функціональної залежності для інтервалу температур 1250-1700°С призводить до спрощеного запису рівняння (2):

$$\Delta G_T^0 = -47000 + 91{,}45T, \text{ Дж/г·ат Si}. \quad (3)$$

При цьому аналіз реакції (1) через константу рівноваги, яка може бути представлена в наступному виді

$$K_{Mn,Si} = \frac{\alpha^2_{Mn}\cdot\alpha_{SiO_2}}{\alpha_{MnO}\cdot\alpha_{Si}} = \frac{[Mn]^2(SiO_2)f^2_{[Mn]}f_{SiO_2}}{(MnO)^2[Si]f^2_{(MnO)}f_{[Si]}}, \quad (4)$$

(де f - коефіцієнти активності Mn, MnO, Si і SiO_2 відповідно) і перетворена у вид

$$[Mn] = \frac{K_{Mn,Si}(MnO)^2 f^2_{(MnO)}[Si]f_{[Si]}}{[Mn]\ f^2_{Mn}(SiO_2)f_{SiO_2}}. \quad (5)$$

показує, що чим вище зміст (активність) оксиду марганцю в шлаці і концентрація кремнію в сплаві і нижче зміст (активність) кремнезему в шлаці, тим більшим має бути витягання марганцю в середньовуглецевий феромарганець. Таким чином, зменшуючи активність SiO_2 в шлаку шляхом вибору оптимальної його основності, можна підвищити коефіцієнт корисного вилучення марганцю у середньовуглецевий феромарганець.

Для повнішого термодинамічного аналізу силікотермичного процесу слід враховувати, що відновлення марганцю при отриманні середньовуглецевого феромарганцю проходить не з чистого закису марганцю, а з марганцевосиликатних розплавів.

Реакції відновлення марганцю з силікатних розплавів мають вигляд:

$$Mn_2SiO_4 + [Si]_{1\%р\text{-}р} = 2Mn_{ж} + 2SiO_{2ж}, \quad (6)$$

$$MnSiO_3 + [Si]_{1\%р\text{-}р} = 2Mn_{ж} + 3SiO_{2ж}. \quad (7)$$

Виконаними дослідженнями показано, що при відновленні марганцю з марганецсиликатних розплавів при присадці силікомарганцю в кислий шлаковий розплав в початковий період плавки реакція має екзотермічний характер. У міру зниження змісту кремнію в марганці і MnO в шлаковій фазі реакція приймає ендотермічний характер. Реакції (6) і (7) не йдуть до повного відновлення марганцю, тому їх можна представити в загальному вигляді реакцією (8):

$$(mMnO\cdot nSiO_2)_{ж} + x[Si]_{ж} = 2x[Mn]_{ж} + ((m-2x)MnO\cdot(n+x)SiO_2)_x. \quad (8)$$

Введення в розплав системи $MnO\text{-}SiO_2$ оксиду кальцію підвищує термодинамічні умови повнішого відновлення марганцю внаслідок збільшення активності закису марганцю і зниження активності кремнію в шлаці. Реакцією, що визначає силікотермічний процес відновлення марганцю кремнієм з шлакових розплавів системи $CaO\text{-}MnO\text{-}SiO_2$ є реакція (9):

$$2{,}5(MnO\cdot SiO_2)_{ж} + 6CaO_{тв} + 1{,}5[Si]_{Mnж} = 3[Mn]_{ж} + 4\{2(CaO_{0{,}75}\cdot Mn_{0{,}25})O\cdot SiO_2\}. \quad (9)$$

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ»

ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ХЛОРИДУ ЦИРКОНІЮ

Зайцев М.С., керівник проф. Ігнатьєв В.С.
Український державний університет науки і технологій

Цирконій — тугоплавкий рідкісний метал, який зустрічається в Україні в прибережних морських пісках у вигляді мінералу циркону ($ZrSiO_4$). Піски збагачують гравітаційними методами разом із магнітною та електростатичною сепарацією. Отримані концентрати містять 60–65% діоксиду цирконію (ZrO_2).

Для розкриття цирконієвих концентратів застосовують такі технології:

- хлорування попередньо карбідизованого концентрату;
- хлорування коксованих брикетів у шахтних хлораторах безперервної дії;
- спікання з содою.

Основний метод розкриття цирконієвих концентратів – високотемпературна обробка (близько 2000 °С), карбідизація з наступним хлоруванням кускового або порошкоподібного оксикарбонітриду цирконію газоподібним хлором.

При хлоруванні цирконієвих концентратів отримують тверді хлориди цирконію. Ці продукти піддають гідролізу з метою отримання різних хімічних сполук цирконію або екстракції для розділення цирконію та гафнію, а також очищення від ряду домішок.

ПЕРЕРОБКА ВТОРИННОЇ ВАНАДІЙВМІСНОЇ СИРОВИНИ

Савюк В.Р., керівник проф. Ігнатьєв В.С.
Український державний університет науки і технологій

В Україні відсутня достатня мінерально-сировинна база для виробництва ванадію та феровanадію. Потенційними джерелами отримання ванадію можуть бути ванадійвмісні відходи виробництва губчастого титану, червоний шлам глиноземного виробництва, а також керченські залізо-фосфорні руди.

Однак організація переробки такої сировини потребує значних капітальних витрат. Тому, з урахуванням дефіциту ванадію та феровanадію, доцільно розглядати альтернативні джерела. Найбільш перспективним є вилучення ванадію з використаних ванадієвих каталізаторів, золи та шлаків теплоелектроцентралей, а також із вторинної металевої сировини.

Основними методами отримання ванадію в цих випадках є електроліз у розплавлених солях, вакуумне переплавлення, а також вилучення ванадію з відходів вольфрамових сплавів шляхом переплавлення швидкорізальних сталей.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПРОЦЕСУ ВИПЛАВКИ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Тіткін О.О., керівник доц. Колбін М.О.
Український державний університет науки і технологій

За рахунок вторинної сировини покривається більше 60% потреб України в алюмінієвих сплавах.

Значна частина вторинної алюмінієвої сировини (до 40%) - стружка, що утворюється при механічній обробці алюмінію і його сплавів. Алюмінієвий брухт і відходи представлені також виливками, профільним прокатом, листами, прутками, дротом, фольгою та ін Переробка алюмінієвої вторинної сировини виконується шляхом його переплавлення на сплави певного складу. Для плавки алюмінієвого брухту і

відходів застосовують в основному відбивні печі, що опалюються рідким або газоподібним паливом, які придатні для переробки практично всіх видів сировини на основі алюмінію. Їх місткість становить 10-50 т.

Плавка алюмінієвого брухту і відходів у відбивній печі проводиться при 970-1000^{o}C і складається з таких операцій: завантаження печі, перемішування шихти й розплаву, шлакування (флюсування), виведення заліза, скачування шлаків, легування, випуск і розливання.

Після повного розплавлювання шихти наводяться шлаки за допомогою флюсів - суміші хлоридів натрію і калію у співвідношенні 1:1. Шлак забезпечує захист рідкого металу від окислювання й ошлакування оксидів шихти.

Операція видалення заліза необхідна у зв'язку з наявністю в алюмінієвому брухті сталевих прироблень, які після розплавлення алюмінію залишаються у твердому виді на подині печі. Залізо видаляють через робочі вікна за допомогою гребків.

Вдування до розплаву диспергованого струменя нейтральних газів (азот або аргон) здійснюється з метою дегазації та додаткового виведення твердих неметалічних включень. Найбільший ступінь дегазації забезпечує вакуумне рафінування невеликих об’ємів металу (до 20 т). Для більших об’ємів необхідне перемішування всієї маси розплаву за рахунок вдування інертних газів.

Для видалення домішок Na, Mg, Ti, схильних до утворення стійких нітридів, застосовують продувку розплаву азотом. Очищення алюмінієвих сплавів від легколетючих домішок (наприклад, цинку) здійснюють дистиляцією у вакуумі, переводячи їх у стан пари.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ ВТОРИННИХ МІДНИХ СПЛАВІВ

Самойленко О.В., керівник доц. Головачов А.М.
Український державний університет науки і технологій

Мідь — двадцять дев’ятий елемент першої групи четвертого періоду періодичної системи елементів, має атомну масу 63,5 та щільність 8,92 г/см³. Це м’який, в’язкий і ковкий метал червоного кольору, який легко прокатується в тонкі листи та витягується в дріт. Мідь характеризується високою електропровідністю, поступаючись за цим показником лише сріблу. Її питомий електричний опір становить $1{,}78 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, що майже вдвічі нижче, ніж у алюмінію.

Брухт і відходи мідних сплавів, що містять олово, цинк, свинець та інші компоненти, використовують для виробництва вторинних бронз і латуней. Брухт і відходи кольорових металів і сплавів класифікують за видами відповідних металів і сплавів згідно з ДСТУ 3211:2009.

Під час плавлення вторинної мідної сировини застосовують флюси, здатні розчиняти оксиди або знижувати в’язкість шлаків. До таких матеріалів належать: плавиковий шпат (CaF_2), що утворює легкоплавкі розплави; кальцинована сода (Na_2CO_3), яка знижує температуру плавлення та в’язкість силікатних шлаків; кріоліт (Na_3AlF_6), що розчиняє оксид алюмінію.

У дугових печах плавлять олов’янисті бронзи з невисоким вмістом цинку. Піч попередньо очищають і розігрівають до температури 1000–1100 °C. Спочатку завантажують щільну шихту, що не містить цинку: брухт бронзи, мідний брухт, чорнову бронзу. Шихту покривають флюсом. Після утворення рідкої ванни піч похитують для вирівнювання температури металу та прискорення плавлення. Рідку ванну нагрівають до 1150–1200 °C, після чого завантажують латунний брухт, а потім бронзову і латунну стружку. Після повного розплавлення сировини шлак видаляють, вводять олово та свинець. Метал випускають при температурі 1100–1150 °C.

Вогнетривкі футерувальні матеріали переважно складаються із сумішей оксидів різних металів (кремнію, алюмінію, магнію, кальцію тощо). Взаємодія між розплавом і футерівкою відбувається у випадках, коли метал має більшу спорідненість до кисню, ніж компоненти вогнетривів. У результаті утворюється оксид металу, що входить до складу футерівки. Наприклад, під час плавлення сплавів, що містять алюміній, відбувається його взаємодія з кремнеземом за реакцією:

$4Al + 3SiO_2 \rightarrow 2Al_2O_3 + 3Si$

За температур вище 800 °С реакція відбувається інтенсивно. При цьому футерівка не стільки руйнується, скільки «заростає» внаслідок утворення шару оксиду алюмінію на її поверхні. Однак після формування цього шару взаємодія не припиняється: алюміній продовжує дифундувати вглиб футерівки, а кремній переходить у розплав. Частинки футерівки також можуть потрапляти в розплав, що призводить до утворення неметалевих включень.

Крім того, у розплаві присутні оксиди, які взаємодіють з матеріалом футерівки. Зокрема, взаємодія оксидів металів із кремнеземом відбувається за реакціями:

$Cu_2O + SiO_2 \rightarrow Cu_2O \cdot SiO_2$

$PbO + SiO_2 \rightarrow PbO \cdot SiO_2$

$FeO + SiO_2 \rightarrow FeO \cdot SiO_2$

Продукти цих реакцій мають температуру плавлення 700–1200 °С. Унаслідок утворення легкоплавких сполук футерівка поступово руйнується, що також призводить до забруднення розплаву.

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»

ОЦІНКА ФОСФАТНОЇ ЄМКОСТІ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

Мільков М.А., керівник проф. Мяновська Я.В.
Український державний університет науки і технологій

У сучасному конвертерному процесі виробництва сталі прагнуть досягнення високого коефіцієнта видалення фосфору якомога раніше. Видалення фосфору є термодинамічно сприятливим до виникнення значного зневуглецювання (попереднього етапу процесу виробництва сталі) через відносно низьку температуру та високий коефіцієнт активності фосфору в металевій фазі. Однак на цьому етапі типовий сталеплавильний шлак (система $CaO–FeO–SiO_2$) має погану рідкоплинність через високу температуру плавлення, що значно обмежує ефективність дефосфорації. Тому зазвичай до шлаку для зниження його температури плавлення додають фторидвмісний флюс (CaF_2). Однак наразі його використання значно обмежене через його токсичний вплив на здоров'я людини.

Раніше досліджувався вплив таких добавок, як Al_2O_3, Na_2O, MnO та MgO, на властивості шлаку $CaO–FeO–SiO_2$, а також його здатність до дефосфорації [1]. Результати показали, що Na_2O знижує температуру плавлення шлаку до менш ніж 1200°С. Використанням шлаку, насиченого MgO, при 1550-1600°С збільшує фосфатну ємність при збільшенні вмісту Na_2O і покращує швидкість дефосфорації. MnO та MgO, значно сприяють покращенню текучості шлаку та підвищенню ефективності дефосфоризації за низьких температур 1300–1400°С. Навпаки, додавання Al_2O_3 до шлаку термодинамічно знижує фосфатну ємність.

Фосфатна ємність є показником здатності шлаку до дефосфорації. Її можна виразити по реакції (1) і за рівнянням (2). Для визначення парціального тиску фосфору P_{P2} застосовувалось рівняння (3). $G^0_{[P]_{\gamma-Fe}}$ – стандартна вільна енергія Гіббса $[P]_{\gamma-Fe}$, яку визначили за рівнянням (4) [2]. G^0_{P2} – стандартна вільна енергія Гіббса P_{P2}, значення

якої при 1300, 1350 та 1400°C становлять −250 446, −263 147 та −276 217 Дж/моль відповідно (FactSage 7.0).

$$\frac{1}{2}P_{2,газ} + \frac{5}{4}O_{2,газ} + \frac{3}{2}O^{2-}_{шлак} = PO^{3-}_{4\,шлак}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}(P_2) = [P]_{\gamma-Fe} \qquad \Delta G_1^0 = G_\gamma^0 - G_{P_2}^0, \text{ Дж/моль} \quad (3)$$

$$C_{PO_4^{3-}} = \frac{(\%PO_4^{3-})}{P_{P_2}^{1/2} \cdot P_{O_2}^{5/4}} \quad (2)$$

$$G_\gamma^0 = -128520 + 32{,}677T + RT\ \text{In}\ [\%P] \quad (4)$$

Визначено вплив основності шлаку (рис. 1) та додавання Na_2O до складу шлаку на фосфатну ємкість (рис. 2). Зі збільшенням основності шлаків зростає їх фосфатна ємкість. Більший нахил між лініями залежності фосфатної ємкості шлаків від їх основності спостерігається при низькій температурі (1300°C) та низьких основностях (0,2–1,0) для шлаків складу $CaO\text{-}FeO\text{-}SiO_2\text{-}Al_2O_3\text{-}Na_2O\text{-}P_2O_5$. Порівняно невеликий вміст Na_2O призводить до збільшення фосфатної ємкості шлаку (лінійна залежність), особливо за низьких температур 1300–1350°C. Результат переконливо свідчить про те, що температура має найбільш значний вплив. Висока температура значно знижує фосфатну ємкість шлаку.

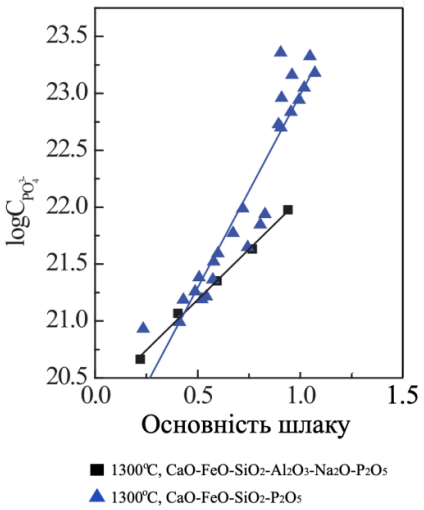


Рис. 1 - Залежність фосфатної ємкості шлаку від основності

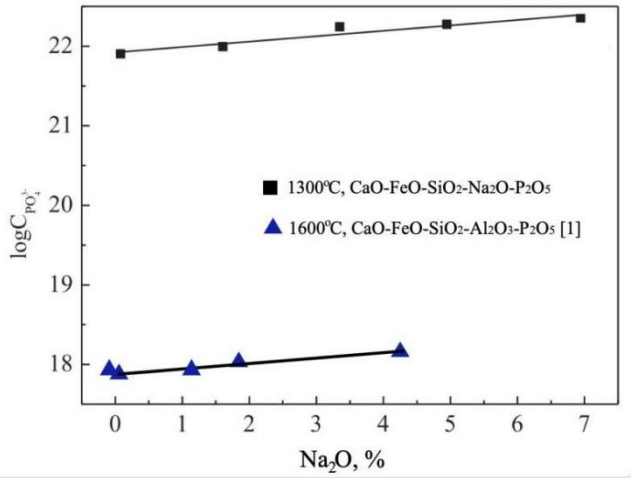


Рис. 2 - Вплив Na_2O на фосфатну ємкість шлаку в залежності від температури

Список посилань

1. The Effect of Na_2O and Al_2O_3 on Dephosphorization of Molten Steel by High Basicity MgO Saturated $CaO\text{-}FeO_x\text{-}SiO_2$ Slag. G. Li, T. Hamano, F. Tsukihashi. ISIJ Int., 45 (2005) 12–18.

2. Phosphorus distribution between carbon-saturated iron at 1350°C and lime-based slags containing Na_2O and CaF_2. W.H. Van Niekerk, R.J. Dippenaar. Metallurgical and Materials Transactions B, 29 (1998) 147–153.

ВПЛИВ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ЯКІСТЬ КОРДОВОЇ СТАЛІ

Мінухін М.Г., керівник проф. Мяновська Я.В.
Український державний університет науки і технологій

Збільшення частки високоміцного, ультрависокоміцного та надвисокоміцного корду у виробництві – тенденція світових виробників автомобільних шин, що зумовлює нові вимоги до чистоти сталі за неметалевими включеннями. Частота обривів корда при волочінні і звивці перебуває у прямої залежності від межі міцності сталі на розрив. До 80% обривів дроту під час виробництва корду викликано наявністю оксидних неметалевих включень, що не деформуються, тому необхідно визначити критичні

включення, відповідальні за руйнування, з погляду розміру, складу та форми. Максимальний нормований вміст домішок у кордовій сталі становить: [H] – 2 ppm, [N] - 30-40 ppm, $O_{заг.}$ - 20 ppm. Максимальний розмір включень складає - 10 мкм.

Були досліджені включення, присутні у високовуглецому сталевому дроті. Вони поділяються на два основні типи: включення сульфідів та включення оксидів. Включення оксидів залежно від їхньої деформованості поділяються на два види: частково деформовані та недеформовані оксиди. Більшість сульфідних включень у зразках дроту – це сульфіди марганцю (MnS). Оскільки вони деформуються, у зразках дроту спостерігалися тонкі прожилки MnS і їх зазвичай вважають нешкідливими для катаного дроту.

Включення оксидів демонструють досить складні характеристики в дротяному прутку. Цей тип включення виглядає як стрингер MnS з кількома шматками твердих включень, розділених деформованою частиною. Ці включення вирівняні вздовж напрямку прокатки дротяного прутка. Було виявлено, що цей тип включень значною мірою відповідає за погіршення чистоти зразків дротяного прутка. Поява таких включень ефективно контролюється при модифікації.

Велика кількість глобулярних оксидних включень спостерігалася на всіх зразках дротяного прутка. Було виявлено, що ці глобулярні включення містять CaO, SiO_2, MgO, MnO та Al_2O_3. Наявність таких включень може стати потенційним місцем для утворення тріщин на наступному етапі волочіння тонкого дроту. Встановлено, що ці включення походять від процесу розкислення. Під час лиття та осадження включення є багатофазними. Деякі фази чистого SiO_2 затвердівають, і утворюється сплав, що складається з суміші SiO_2 та інших легуючих елементів (Al, Mn).

В'язке руйнування в сталях спричинене зародженням, ростом та коалесценцією пустот, що утворюються на твердих частинках (таких як включення, перлітні вузлики та карбіди). Зменшення вмісту включень підвищує стійкість до зародження пустот і ефективно покращує механічні властивості сталей. Розмір включень, що спричиняють руйнування дроту, становить в середньому 10% від його кінцевого діаметра, а середній розмір близький до 20 мкм. Критичними включеннями, що спричиняють руйнування, є переважно оксиди. На пластичне руйнування дроту впливають включення розміром від 5 до 50 мкм.

Проведено зіставлення результатів оцінки чистоти дроту за впливом критичного включення на руйнування під час витягування дроту, визначено вплив чистоти сталі на здатність до витягування. Встановлено, що включення SiO_2 складають 67% включень і відповідають за 47% розривів дроту, включення SiO_2-MgO ініціюють 53% розривів, але становлять 17% включень у дротяному прутку. Можна зробити висновок, що включення SiO_2-MgO є більш критичними, ніж включення SiO_2 для якості корду з вуглецевої сталі.

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ВОГНЕТРИВКОГО ФУТЕРУВАННЯ З КОМПОНЕНТАМИ МЕТАЛЕВОГО РОЗПЛАВУ

Власенко В.В., Величко Є.К., керівник проф. Камкіна Л.В.
Український державний університет науки і технологій

Поліпшення експлуатаційних характеристик вогнетривких футеровок металургійних агрегатів вимагає знання механізму зносу вогнетривких матеріалів, особливостей взаємодії пористих тіл з розплавами, тому вивчення фізико-хімічних закономірностей процесів між металом, шлаком і матеріалом вогнетривкої футеровки агрегатів представляє актуальну проблему.

Причиною руйнування вогнетривких футеровок при низькому тиску (вакуумуванні) є хімічна взаємодія з вуглецем сталі внаслідок зниження температури початку відновлення оксидів при низькому тиску. Так, відновлення оксиду магнію з періклазу вуглецем залізного сплаву (0,2% С) при тиску 10^{-4} МПа можливо при температурах близько 1200 °С. Визначені температури початку відновлення складових футерування ковша вуглецем сталі при залишковому тиску у вакуумній камері 100 Па показали, що початок відновлення заліза, хрому, марганцю, кремнію кремнезему і муліту нижче температури плавлення заліза, тому відновлення цих елементів в реальних умовах вакуумування сталі (при температурах 1550-1650°С) можливо навіть до чистого елемента.

Табл. 1. Теоретична температура (^{0}C) початку відновлення оксидів футерування вуглецем сталі при P_{CO}=100 Па

Елемент Е	Cr	Mn	Si			Al	Zr
Оксид ЕО	Cr_2O_3	MnO	SiO_2	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (мулліт)	$2MgO \cdot SiO_2$ (форстеріт)	Al_2O_3	ZrO_2
$a_{[C]}$ = 0,10	1100	1270	1350	1450	1700	1900	1950
$a_{[C]}$ = 0,05	1170	1450	1540	1600	1900	2100	2160
$a_{[C]}$ = 0,01	1330	1600	1650	1800	2100	2250	2300

Вплив матеріалу футеровки сталерозливного ковша на склад сталі марки 08ю, розкисленої алюмінієм показав, що в ковші з мулітокремнеземистою футеровкою, середній вміст кремнію в сталі на 0,0035% перевищував його середній вміст при розливанні з ківш з періклазо-хромітовою (ПХС) і періклазо-шпінельно-вуглецевою (ПШУС) футеровкою. Більш високий вміст кремнію в сталі пов'язаний з відновленням його з діоксиду кремнію (муліту) складових футеровки. Таким чином, при переході від алюмосилікатної футеровки агрегатів ковшів до основної (ПХС або ПШУС) можна очікувати деяке зниження залишкового кремнію в сталі, розкисленої алюмінієм.

ВПЛИВ СКЛАДІВ ШЛАКУ НА ЇХ В'ЯЗКІСТЬ ТА ВТРАТИ СПЛАВУ

Величко К.О., Бабак В.В., керівник проф. Камкіна Л.В.
Український державний університет науки і технологій

З шлаками виробництва марганцевих феросплавів втрачається до 22,2% марганцю у металевих включеннях розміром від 3-8 мм. Склад шлаку визначає співвідношення рівноваги шлак/метал, вміст MnO у кінцевому шлаку, температуру плавлення та його в'язкість. В'язкість шлаку впливає на умови поділу і осадження рідких крапель металу. Причини заплутування металу в шлаках добре вивчені і пояснюються високими температурами плавлення більшості феросплавних шлаків, високими в’язкостями шлаків на випуску, великою дисперсністю крапель включень сплаву. Для шлаків феромарганцю вміст SiO_2 на рівні до 32% є оптимальним для розділення металу та шлаку, це значно зменшує кількість винесення крапель металу і зменшення вмісту металу в шлаку до 1,3%.

Шлак повинен бути високоосновним, щоб забезпечити необхідні умови для найбільш повного відновлення MnO, і разом з тим мати порівняно низьку в'язкість. Позитивний вплив на це надає використання в шихті при виплавці вуглецевого феромарганцю лужних алюмосилікатів [1] і доломітизованого вапняку. Шлаки

силікомарганцю мають більш високу в'язкість, ніж шлаки феромарганцю, що обумовлює втрати марганцю з корольками сплаву до 8,6%. Додавання оксиду алюмінію до силікатного розплаву змінює структуру силікатної мережі та, як наслідок, змінює його в'язкість [2]. Як співвідношення Al_2O_3/SiO_2, так і основність значно впливають на в'язкість шлаку. Зміна співвідношення Al_2O_3/SiO_2 від 0,4 до 0,8 призводить до зниження в'язкості в 2,5 рази.

Вплив температури на в'язкість залізомарганцевих шлаків є помірним у діапазоні температур від 1200 до 1500°С. Підвищення температури на 100°С призводить до зниження в'язкості приблизно на 0,2 пуаз (10^{-1}Па·с). Для більш кислого шлаку вплив температури на в'язкість сильніший, ніж для основних шлаків. Оксид марганцю (MnO) знижує в'язкість, розриваючи складні кремній-кисневі ланцюги (SixOy), але його високий вміст у шлаку є прямою втратою марганцю. Оксид кальцію (CaO) підвищує «рідкорухомість» (знижує в'язкість) шляхом руйнування силікатної структури, що сприяє витісненню марганцю зі сполук. Кремнезем (SiO2) є головним «загущувачем», створює в'язкий каркас, що різко збільшує втрати марганцю.

Температурна залежність. Шлаки феромарганцю називають «короткими» або «довгими» залежно від швидкості зміни в'язкості при охолодженні: При перегріві понад 1450–1500°С в'язкість падає, втрати знижуються. При зниженні температури шлак швидко «густішає», що призводить до різкого зростання вмісту корольків марганцю.

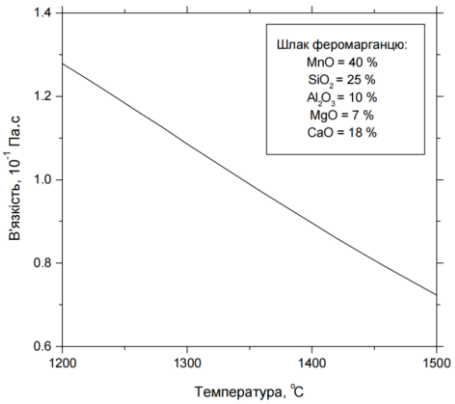
Для мінімізації втрат технологи зазвичай підтримують основність шлаку (CaO+MgO)/SiO2) на рівні 1.1…1.4, що забезпечує достатню рідкоплинність при помірних температурах. Температуру випуску держуть на 50–100°С вище температури плавлення шлаку. Додавання 5–8% (MgO) розширює температурний інтервал рідкого стану шлаку.

Для розрахунку швидкості осадження металевих крапель у шлаку при виплавці високовуглецевого феромарганцю (FeMn) використано закон Стокса. Вихідні дані для розрахунку. Приймаємо типові значення для процесу виплавки феромарганцю: густина металу (ρm): ≈ 6400 кг/м^3 (розплав FeMn); густина шлаку (ρsh: ≈ 3100 кг/м^3 (марганцевий шлак); прискорення вільного падіння g= 9.81м/с^2 ; діаметр краплі (d) 1 мм (r = 0.0005 м), оскільки саме такі "корольки" найважче осаджуються у шлаку.

Табл.1 Швидкості осадження краплі металу у шлаку при зміненні в’язкості

Стан шлаку	В'язкість (η), Па·с	Швидкість осадження (v), м/с	Час осадження з 10 см шлаку
Дуже рідкий (перегрітий)	0.1	0.01798	5.5 сек
Оптимальний (робочий)	0.3	0.00599	16.7 сек
В'язкий (охолоджений)	0.8	0.00225	44.4 сек
Дуже в'язкий (застигаючий)	2.0	0.00090	111.1 сек (1.8 хв)

Зі збільшенням в'язкості в 20 разів (з 0.1 до 2.0 Па·с), швидкість осадження падає пропорційно. Це означає, що в густому шлаку дрібні краплі фактично "зависають" у зваженому стані. Краплі менше 0.5 мм практично неможливо вилучити за час стандартного випуску плавки. Вони залишаються "зваженими" у шлаку.



Вплив температури на в'язкість феромарганцевого шлаку

Список посилань

1. Гасик М.І., Кучер А.Г., Ткач Г.Д. та інш. - В кн.: Удосконалення технології виробництва марганцевих сплавів. - Тбілісі: Сабгота Сакартвело, 1978. - С. 145-153.

2. Tang K., Tangstad M. Modeling Viscosities of Ferromanganese Slags. Communicated to INFACON XI, 2007, India.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ВУГЛЕЦЕВІ ВІДНОВНИКИ

Часс А.С., Чумак Д.Д., керівник проф. Камкіна Л.В.
Український державний університет науки і технологій

Досягнення скорочення викидів CO_2 на 55% до 2030 року та вуглецевої нейтральності й циркулярної економіки до 2050 року неможливо без заміни викопного вуглецю в чорній металургії альтернативними відновниками [1]. Біовугілля (biochar) все активніше застосовують у металургії як екологічну заміну викопного вугілля: він служить відновником і паливом, знижуючи вуглецевий слід, має високу механічну міцність, низький вміст золи і пористу структуру, що прискорює реакції і підвищує якість металу, роблячи його ключовим елементом для виробництва. Окрім цього, біовугілля також має технічні переваги, такі як нижчий вміст сірки та важких металів, а також стабільну якість.

Біовугілля отримують методом контрольованого піролізу різних видів біомаси: лушпиння, солома, жом, стебла, тріска, тирса, деревна стружка, шкаралупа кокосових горіхів та кісточок. Обов'язкова передня обробка для забезпечення вологості <15% і розмір частинок не більше 20 мм (в ідеалі 5-8 мм). Піроліз (карбонізація) з утворенням порошку біовугілля та брикетування. Переробка 1 тонни біомаси із вмістом вологи нижче 10% дозволяє одержати 280-310 кг біовугілля. Після видалення вологи з біомаси співвідношення виходу залишається стабільним і становить приблизно 3:1 [2].

Табл. 1. Види та застосування біовугілля в металургії

Вид продукту	Опис	Розмір	Використання
Біовуглецеві грудки	Висока реакційна здатність для Si/FeSi	10 – 60 мм	Кремний/FeSi
	Середній вміст летких речовини	10 – 60 мм	Феросплави, ДСП (напіввідкрита)
	Закриті печі	10 – 60 мм	Феросплавы, ДСП
Шихта з біовугіллям	Для агломерації	3 – 8 мм	ДСП, доменна піч, інжекція
Брикети	Пресовані роликовим пресом або штамповані	За технологією	Загальні процеси
Пелєти	Екструдовані з в’яжучими речовинами	<20 мм	Розроблено для сумісності з процесами
Екструдовані	Формат високої	> 20 мм	Феросплави в закритих

грудки	щільності		печах
Відновник	Суміш біовуглецю та антрациту	За технологією	Перехід EAF/BF/BOF
Н-кокс	Кокс з часткою біовугілля	За технологією	Гібрид з традиційним коксом

Табл. 2. Піролізований вуглець рослинної біомаси*

Насипна вага, г/см^3	Вуглець, %	Зола, %	Вологопоглинання,% 1доба/7діб
0,23	89-92	8-11	3,9 / 6,8

** Співвідношення на суху масу лушпиння соняшника, рисового лушпиння і конгломерату з висушеного різнотрав'я сорнякового класу 1: 1: 1. Піроліз при 640 ^{0}С, 20 хв.*

Біовугілля має кращі властивості ніж викопне за декількома параметрами, включаючи нижчу зольність, має високий вміст нелеткого вуглецю (понад 82%), що робить його кращим відновником для металургії. На відміну від викопного вугілля, біовугілля є відновлюваним ресурсом, що робить його більш сталим та екологічно кращим вибором, його використання сприяє зниженню залежності від невідновлюваних джерел енергії та зменшує вплив на навколишнє середовище.

Список посилань

1. European Commission. The European Green Deal COM/2019/640 Final, 2019. - Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2019:640:FIN

2. https://bestonpyrolysisplant.com/ru/industry-news/bio-charcoal-miraculous-black-gold/

КРЕМНІЙ ЯК ІНДИКАТОР ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Соловйов П.Ю., Тулейко О.В., керівник доц. Мішалкін А.П.
Український державний університет науки і технологій

Аналіз результатів промислових та теоретичних досліджень свідчить, що найбільш раціональним для сучасного киснево-конвертерного процесу є вміст кремнію у переробному чавуні на рівні 0,30–0,45 %. Такий склад забезпечує достатній тепловий ефект для підтримання стабільної температури плавки та раціональної частки металобрухту; раннього формування первинного шлаку для прискорення розчинення вапна; виконання функції захисту металевої ванни від охолодження; обмеження витрат вапна і маси шлаку; створення сприятливих умов для ранньої дефосфорації та збереження можливості ефективної десульфурації з мінімізацією втрат заліза.

Обґрунтовано взаємозв’язок вмісту кремнію з енергетичним станом доменної печі, особливостями шлакоутворення, дефосфорації та десульфурації в конвертері, а також визначено раціональний вміст Si у переробному чавуні на рівні 0,30…0,45 %.

Враховуючи негативний вплив на умови і показники процесів виплавки чавуну та сталі як збільшення вмісту кремнію в чавуну понад 0,60–0,70 % так і його зниження менше 0,20–0,25 %, оптимальний склад чавуну для сучасної киснево-конвертерної плавки доцільно визначати за вмістом кремнію, з урахуванням його взаємозв’язку з іншими елементами чавуну та вимогами його рафінування.

Найбільш раціональним, для використання в умовах киснево-конвертерного процесу, є чавун з наступним орієнтовним складом, %: Si 0,30…0,45; Mn 0,20…0,50; P

≤ 0,10; S ≤ 0,020…0,030; температура 1300–1400°С. Саме такий склад може створити передумови для формування активного шлаку з оптимальним співвідношенням CaO/SiO_2, ефективного окиснювального рафінування та мінімізації сумарних витрат кисню, вапна, металобрухту й енергії. Для подальшого розвитку малошлакової BOF-технології раціональним є перехід від «теплової компенсації кремнієм чавуну» до «теплової компенсації підготовкою брухту», що відкриває можливість зниження вмісту Si у чавуні, витрати вапна та виходу шлаку на 1 т сталі, що, також, забезпечить ефективне використання ресурсів сировини та енергії

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ В ДОМЕННОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТІВ ЯК ЗАМІННИКІВ ТРАДИЦІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ ДОМЕННОЇ ШИХТИ.

Кудлай О.С., Шкленський Є.В., керівник доц. Мішалкін А.П.
Український державний університет науки і технологій

У роботі узагальнено сучасні теоретичні уявлення та результати практичного використання рудовуглецевих композитних матеріалів (РВКМ) як часткових замінників агломерату, окатишів, коксу і пиловугільного палива у доменному виробництві.

Ідея їх застосування РВКМ - вирішення дифузійних обмежень газового відновлення у домні шляхом наближення до «мікрорівня» відстані між залізо-рудними компонентами (оксиди заліза) та вуглецем коксу (відновник). При цьому, вірогідно, реакції прямого відновлення + газифікація вуглецю «стартують» при більш нижчих температурах, їх розвиток прискорюється, що дозволить досягти більш значних рівнів їх завершеності, більш повного та раціонального використання корисних властивостей фізико-хімічного потенціалу композитного матеріалу.

Метою дослідження є встановлення фізико-хімічних закономірностей впливу РВК на перебіг процесів відновлення оксидів заліза, газифікації вуглецю, формування термічно-резервної зони (TRZ) та питомі витрати відновника, а також визначення перспективних складів і способів підготовки композитів з урахуванням можливості використання піро-біовуглецю.

Шляхом узагальнення результатів теоретичних і експериментальних досліджень використання РВКМ для часткової або повної заміни залізорудних і паливно-відновлювальних складових доменної шихти, розглянуто вплив РВКМ на перебіг процесів відновлення, газифікації, формування температурно-газодинамічного режиму та показники роботи доменної печі. Особливу увагу приділено визначенню меж ефективного застосування композитів, факторам, що обмежують їх використання, зокрема міцності, реакційній здатності, схильності до руйнування, впливу на проникність шихти та стабільність ходу печі.

Підтверджено, що просторове зближення рудної та паливно-відновлювальної складових забезпечує: формування локально - високого відновлювального потенціалу, інтенсифікацію непрямого відновлення; зниження температури та звуження (TRZ) з підвищенням ступеня раціонального використання CO. Зниження TRZ на 50–120°С, за результатами сучасних досліджень, в свою чергу, сприяє: забезпеченню більш ранньому розвитку непрямого відновлення оксидів заліза; зменшенню потреби в CO та інтенсифікації реакції газифікації вуглецю, що сприяє зниженню питомих витрат коксу і PCI та тонну чавуну, підвищенню ефективності використання відновлювального потенціалу CO та скорочення вуглецевого сліду доменного процесу загалом.

Показано, що найбільш перспективними для умов сучасної металургії є композити на основі залізорудного концентрату, доменних пилів і шламів, петкоксу, дрібного вугілля та піро-біовуглецю (ПБВ). Введення до складу вихідної шихти ПБВ

перед формуванням брикетів для отримання CO_2 -ефекту у доменному виробництві свідчить дозволяє помітно скоротити CO_2 -викиди, особливо, при збільшенні частки композитів, що визначає окремий напрямок оптимізації металургійних процесів. Проаналізовано вплив способів підготовки композитів, а саме: гарячого та холодного брикетування, карбонізації вихідної шихти на їх механічні властивості, реакційну здатність і вірогідну поведінку в доменній печі.

Перспективність рішень щодо формування фізико-хімічного потенціалу вуглецево-залізорудних композитів та ефективності використання його складових в доменному процесі, визначається, на нашу думку, можливостю:

- керування зниженням TRZ, підвищенням реакційної здатності вуглецю та частковим заміщенням рудної частини/коксу;
- рециклінгу виробничих відходів (пилу, шламів та інших матеріалів), що мають як штучне, так і природне походження.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИСТЕМИ

Шавран Є.В., Фомін Є.С., керівник доц. Мішалкін А.П.
Український державний університет науки і технологій

Актуальною, на сучасному етапі розвитку наукових знань про фізико-хімічну сутність металургійних процесів, залишається проблема раціонального використання складових їх ресурсного потенціалу - мінеральної сировини, енергії, палива

Корисні, з точки зору металургійної цінності, фізико-хімічні властивості вуглецю, кремнію, марганцю та ін. елементів, які містить чавун, формують вихідний фізико-хімічний потенціал, що в умовах реалізації відповідних металургійних процесів реалізують спектр його функціонального призначення. Рушійною силою динамічної трансформації властивостей фізико-хімічного потенціалу ресурсів сировини та енергії є фактори зовнішньої дії, що визначають термодинамічний дозвіл для розвитку в заданому напрямку хімічних реакцій та перетворень при реалізації основних металургійних процесів.

За результатами дослідження корисних властивостей фізико-хімічного потенціалу рідкого чавуну та відповідних властивостей способів зовнішньої дії як факторів керуючого впливу на систему, що досліджується, визначено ефекти їх взаємодії, що доцільно використати для вдосконалення існуючих металургійних процесів. На їх основі визначено основні положення концепції раціонального використання корисних властивостей фізико-хімічного потенціалу металургійної системи (РВКВФХПМС), застосування яких дозволить більш обґрунтовано підходити до формування вихідних потенціалів металургійних систем/процесів та визначення ефективних факторів зовнішнього керування трансформацією їх властивостей.

Як основні, важливі для вдосконалення існуючих технологій та розробки інноваційних рішень, складові концепції РВКВФХПМС визначені наступні:

- максимізація рівню використання хімічної енергії реакцій та фізичної їх продуктів;
- оптимізація фазових перетворень за показниками витрат ресурсів;
- мінімізація втрат потенціалу системи через виникнення побічних, небажаних для реалізації процесу, реакцій та явищ;
- активація кінетично вигідних для металургійної системи реакцій і процесів;
- підвищення ступеня раціонального використання властивостей фізико-хімічного потенціалу ресурсів мінеральної сировини та енергії зовнішніх джерел;

- комплексне використання компонентів системи;

- стабілізація розвитку та зовнішня керованість фізико-хімічними процесами: хімічними реакціями, перетвореннями та явищами

- зниження екологічного навантаження при збереженні досягнутого рівню технологічної ефективності процесу;

- використання можливостей моделювання технологій, що досліджуються, методами термодинамічного, фізичного високотемпературного та математичного моделювання.

Показано, що в реальних металургійних процесах виробництва сталі основною складовою їх загального фізико-хімічного потенціалу є рідкий переробний чавун. Саме його хімічний склад та фізичні властивості визначають вірогідний спектр його призначення, який на нашу думку використано далеко не повністю.

Особливо важливе значення в становленні концептуальних підходів при визначенні та використанні категорії «потенціал» металургійних процесів, має аналіз джерел виникнення, формування та раціонального використання складових фізико-хімічного потенціалу як основи подальшого розвитку сучасних процесів.

ОГЛЯД ТА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИННОЇ БАЗИ ФЕРОСПЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНИ

Ольшанський О.В., керівник доц. Анкудінов Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Світові континентальні розвідані запаси марганцевих руд оцінюються на сьогоднішній день в 18,0 млрд. тонн. Чималі запаси марганцевої сировини України представлені різними типами руд (оксидними, карбонатними, змішаними). Відмітною особливістю марганцевих руд вітчизняних родовищ є відносно невисокий вміст марганцю і підвищена концентрація фосфору і кремнезему, що не дозволяє, на відміну від зарубіжних родовищ, використовувати сировину без попередньої підготовки - збагачення. На сьогоднішні видобуток марганцевої руди в нашій країні здійснюється в основному відкритим і шахтним способами на Нікопольському родовищі. На базі цього родовища діють два найбільші гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК): Орджоникідзевський гірничо-збагачувальний комбінат (ОГЗК) у складі семи кар'єрів, трьох збагачувальних фабрик і однією агломераційною фабрик та Марганецький гірничо-збагачувальний комбінат (МГЗК) у складі двох кар'єрів, семи шахт і двох збагачувальних фабрик.

Великотокмацьке родовище, представлене, в основному, карбонатними рудами, є природним продовженням Нікопольського (рис. 1). Серед українських руд близько 80% становлять карбонатні (23,4% Mn), 13% - окисні (28,6% Mn) і 7% - окисно-карбонатні (25,0% Mn)

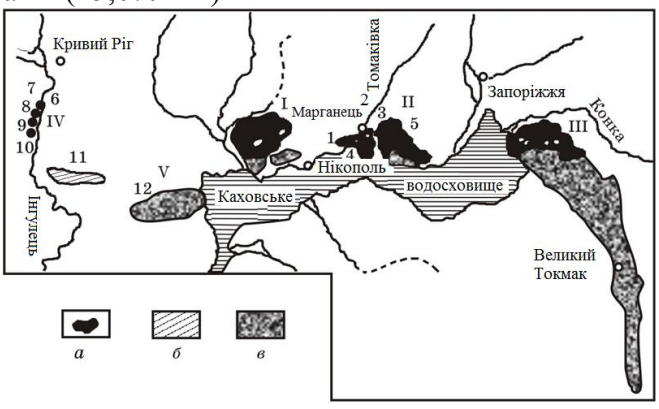


Рисунок 1.3. Схема основних рудоносних площ Нікопольського і Великотокмацького родовищ: а - оксидні; б - змішані; в - карбонатні рудоносні площі;I - Західно-Нікопольська; II - Східно-Нікопольська; III - Великотокмацька; IV - Криворізька; V - Межиріччя Дніпро-Інгулець; ділянки: 1 - Максимова-Тимошевська; 2 - Закаменська і Новоселівська; 3 - Миколаївська; 5 - Грушево-Брасанска; 6 - с. Новоселівка; 7 - Балка Зелена; 8 - ст. Визирка; 9 - Інгулецька; 10 - Ніколо-Козельська; 11 - Високопільська; 12 - Ново-Воронцовська

Запаси марганцевої руди в Україні сумарно по Покровському і Марганецькому гірничо-збагачувальним комбінатам становлять третину світових запасів. Основним видом продукції, що випускає Покровський ГЗК, є марганцевий концентрат різних сортів з вмістом чистого марганцю від 26% до 43% (залежно від сортності). Попутні продукти - керамзитова глина і шлами. За діючими технологіями збагачення оксидної марганцевої руди Покровського родовища на збагачувальних фабриках АТ ПГЗК корисне вилучення марганцю із початкової руди (24,32% Mn, 2016 р.) у концентрати становило 68,4% (2016 р.). При цьому вихід концентратів складав 34,0% (2016 р.), а відвального шламу 32,05% з вмістом 11,2…12,61% Mn. Руда збагачується на 4 збагачувальних комбінатах з отриманням товарного марганцевого концентрату, який містить 34% (Марганецький ГЗК) і 37,9% (Покровський ГЗК) металу. Дану продукцію поставляють на металургійні, феросплавні і інші підприємства. Інша частина руди і продукції експортуються в країни СНД і Європи.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ДИСПЕРСНОГО КАРБІДУ КРЕМНІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОГЕННИХ ВІДНОВНИКІВ У ВІДПОВІДНОСТІ СУЧАСНИМ ВИМОГАМ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ

Ісаєв А. С., керівник проф. Мяновська Я.В.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний етап розвитку металургії характеризується одночасним зростанням вимог до якості металопродукції та необхідністю глибокої декарбонізації виробництва відповідно до глобальних кліматичних зобов'язань, сформованих, зокрема, у межах UNFCCC та Paris Agreement. У цих умовах особливого значення набуває пошук ресурсоефективних технологій, здатних поєднати підвищення фізико-хімічної керованості процесів із зниженням питомих викидів CO_2 , що визначає актуальність використання функціональних матеріалів нового покоління, зокрема дисперсного карбіду кремнію (SiC).

Класичний процес Acheson process, залишаються енергоємним, супроводжується значними викидами CO та характеризуються обмеженими можливостями керування дисперсністю та морфологією продукту. Це зумовлює необхідність їх модернізації на основі використання високореакційних кремнеземистих і вуглецевих компонентів, а також розроблення альтернативних підходів до синтезу SiC із залученням техногенних та відновлюваних ресурсів.

У цьому контексті перспективним є використання матеріалів рослинного походження та відходів агропромислового комплексу як джерела біо-піролізного вуглецю (біочару), що характеризується розвиненою пористою структурою, високою реакційною здатністю та здатністю до ефективної взаємодії з оксидними системами. Поєднання таких матеріалів із кремнеземистими компонентами (зокрема мікрокремнеземом або кварцовими концентратами) створює передумови для реалізації низькотемпературних карботермічних процесів синтезу SiC, а також формування композицій типу «карбокорунд», що можуть бути використані безпосередньо в металургійних агрегатах.

Зазначений підхід відповідає концепції створення вуглецево-нейтральних або низьковуглецевих технологій, оскільки:

- забезпечує часткову заміну викопного вуглецю біогенним;
- сприяє утилізації відходів і формуванню замкнутих матеріальних потоків;
- дозволяє інтегрувати процеси отримання функціональних матеріалів у загальний енергетично-матеріальний баланс металургійного виробництва.

Таким чином, дослідження сучасних способів отримання дисперсного SiC, аналіз обмежень і переваг, а також обґрунтування напрямів використання біогенних відновників у технологіях його синтезу є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення ефективності металургійних процесів та забезпечення їх відповідності сучасним вимогам декарбонізації промисловості.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕПЛАВУ ЛЕГОВАНОГО БРУХТУ

Лиськовський М.Д., керівник доц. Анкудінов Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Переплав легованого брухту є одним із ключових напрямів ресурсоефективного розвитку металургії, що забезпечує зниження питомих витрат первинної сировини, енергії та викидів CO_2 . В умовах декарбонізації промисловості та переходу до циркулярної економіки вторинні металеві ресурси, зокрема високолегований брухт, розглядаються не лише як замінник рудної сировини, а як стратегічний ресурс формування заданого хімічного складу сталі.

Особливістю легованого брухту є значна варіативність хімічного складу, наявність домішок (Cu, Sn, Pb, Zn), а також нестабільність співвідношення легуючих елементів (Cr, Ni, Mo, V тощо). Це зумовлює необхідність застосування технологій, здатних забезпечити гнучке керування окисно-відновним потенціалом, шлаковим режимом та фазовими рівновагами в системі «метал–шлак–газ».

Найбільш поширеною технологією переплаву легованого брухту є електросталеплавильний процес у дугових сталеплавильних печах (ДСП), який характеризується високою адаптивністю до складу шихти, можливістю точного регулювання температурного режиму та інтенсивним перемішуванням ванни. Використання киснево-паливних пальників, інжекції кисню та вуглецю, а також формування пінного шлаку дозволяє підвищити енергоефективність процесу та інтенсифікувати рафінування металу.

Альтернативними або допоміжними технологіями є індукційні печі, що забезпечують мінімальні втрати легуючих елементів завдяки відсутності окисного продування, однак мають обмежені можливості рафінування. Для спеціальних сталей застосовуються вакуумні та позапічні методи обробки (VD, VOD, AOD), які дозволяють ефективно керувати вмістом газів, сірки та вуглецю, а також забезпечують глибоке очищення металу при збереженні легуючих компонентів.

Сучасні тенденції розвитку технологій переплаву легованого брухту пов’язані з:
- підвищенням точності сортування та класифікації брухту на основі спектрального аналізу та цифрових систем ідентифікації;
- використанням математичного моделювання (CFD, термодинамічні пакети типу HSC) для прогнозування складу металу та шлаку;
- оптимізацією шлакового режиму з метою мінімізації втрат легуючих елементів і підвищення ефективності десульфурації та дефосфорації.

Для вирішення проблемі акумуляції «шкідливих» домішок, застосовуються технології розбавлення, селективного окиснення, а також розробляються нові підходи до попередньої обробки брухту. Перспективним напрямом є поєднання переплаву легованого брухту з використанням альтернативних відновників і джерел енергії, зокрема водню та біогенних матеріалів, що дозволяє знизити вуглецевий слід

виробництва. У цьому контексті важливим є формування замкнутих матеріально-енергетичних циклів, у яких вторинні ресурси максимально ефективно інтегруються у технологічний процес.

Таким чином, сучасні технології переплаву легованого брухту характеризуються високим рівнем технологічної гнучкості, інтеграцією цифрових рішень та орієнтацією на мінімізацію екологічного впливу. Подальший розвиток цього напряму пов'язаний із удосконаленням систем керування складом металу, розширенням можливостей рафінування та впровадженням декарбонізаційних технологій.

ПІДСЕКЦІЯ «ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО»

РОЗРОБКА ДОЦІЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕРІЙНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ЧАВУННОГО ВИЛИВКА

Дубовий Д.О. керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

На основі характеристики конструкції обраної деталі «Шків багатострумковий» і аналізу технічних вимог було встановлено матеріал виливка - чавун з пластинчастим графітом марки СЧ 200 ДСТУ 8833:2019, обґрунтовано спосіб лиття - у піщану вологу форму, методи виготовлення ливарної форми – ущільнення струшуванням із допресуванням і ливарних стрижнів - із ХТС. Виходячи із загальної конфігурації, маси і розмірів деталі, положення оброблюваних поверхонь та інших умов одержання якісного виливка, розроблено два варіанти технологічних вказівок елементів ливарних форм. Обрано та обгрунтовано доцільний технологічний процес одержання виливка, за якого спрощується формування, виключається перекіс виливка, зменшується вірогідність утікання металу в рознім. Для одержання виливка, котрий віднесено за складністю до 3 групи, передбачено використання одного вертикального ливарного стрижня. Розраховано кількість виливків в одній формі - 6 шт., та визначено габаритні розмірі опок - 600 х 500 х 150/250 мм. Обрано конструкції ливарних опок, модельних плит, конструкцію ливарної моделі, а також склади формувальної і стрижньової суміші для виготовлення ливарної форми. Визначено, що вантаж для усунення підняття верхньої напівформи не потрібен. Встановлено параметри заливання ливарної форми: температура заливання -1340-1400^{o}С, місткість заливального монорейкового ковша – 100 кг. Визначено процеси та методи для здійснення фінішних операцій при виготовленні виливка, показники контролю його якості.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗА ОДИНИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧАВУННОГО ВИЛИВКА «КРИШКА»

Красницька А.В. , керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

По-перше, на основі характеристики деталі «Кришка» масою 5 кг і аналізу технічних вимог було обрано матеріал виливка - чавун з пластинчастим графітом марки СЧ150 ДСТУ 8833:2019, обґрунтовано спосіб лиття - у піщану форму, по вологому, методи виготовлення ливарної форми та стрижня - ручне формування. Виходячи із загальної конфігурації, маси і розмірів деталі, положення оброблюваних поверхонь та інших умов одержання якісного виливка, на кресленні деталі було розроблено технологічні вказівки елементів ливарної форми. Для одержання виливка, котрий віднесено за складністю до 2 групи, передбачено використання одного вертикального

ливарного стрижня та були визначені розміри знаків на ливарному стрижні та ливарній моделі. Розроблено конструкцію ливарної моделі.

По-друге, було визначено точність виливка 13-5-18-13 Зм. 6,4 ДСТУ 8981:2020 і точність модельного комплекту МК8-деревина ГОСТ 3212-92. З урахуванням конструкції ливарної моделі та мінімально припустимих товщин шару формувальної суміші на різних ділянках форми розраховано кількість виливків в одній формі - 1 шт., та визначено габаритні розміри ливарних опок. За методом Г.М.Дубицького розраховано ливникову систему. Обрано склади формувальної і стрижньової суміші для виготовлення ливарної форми, плавлення чавуну необхідної марки і заключних операцій виготовлення виливка.

РОЗРОБКА ОБГРУНТОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗА ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ

Зінченко Е.В., керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

Спочатку на основі характеристики деталі «Косинець тонкий» масою 0,2 кг і аналізу технічних вимог було обрано матеріал виливка – алюмінієвий сплав марки АК12 ДСТУ 2839-94. Виливок за призначенням відноситься до 1 групи – загального призначення, за масою – до 1 групи – дрібні. За конструктивно-технологічною складністю – до 6 групи, до категорії ІІІ- малонавантажені виливки. Обґрунтовано спосіб лиття – у піщану форму, по вологому.. Виходячи із загальної конфігурації, маси і розмірів деталі, положення оброблюваних поверхонь та інших умов одержання якісного виливка, на кресленні деталі було розроблено два варіанти технологічні вказівки елементів ливарної форми. Обрано обгррунтований технологічний процес одержання виливка. З урахуванням конструкції ливарної моделі та мінімально припустимих товщин шару формувальної суміші на різних ділянках форми розраховано кількість виливків в одній формі - 6 шт., та визначено габаритні розміри ливарних опок – 500 х 400 х 100/150 мм. За методом Г.М. Дубицького розраховано горизонтальну литникову систему та за розрахунком встановлено, що для усунення підняття верхньої напівформи вантаж не потрібен.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗА ОДИНИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧАВУННОГО ВИЛИВКА «НАКЛАДКА»

Жук А.М., керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

На основі характеристики деталі «Накладка» масою 7 кг і аналізу технічних вимог було обрано матеріал виливка - чавун з пластинчастим графітом марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019, обґрунтовано спосіб лиття - у піщану форму, по вологому, методи виготовлення ливарної форми та стрижня - ручне формування. Виходячи із загальної конфігурації, маси і розмірів деталі, положення оброблюваних поверхонь та інших умов одержання якісного виливка, на кресленні деталі було розроблено технологічні вказівки елементів ливарної форми. Для одержання виливка, котрий віднесено за складністю до 2 групи, передбачено використання одного вертикального ливарного стрижня та були визначені розміри знаків на ливарному стрижні та ливарній моделі. Розроблено конструкцію ливарної моделі. З урахуванням конструкції ливарної моделі та мінімально припустимих товщин шару формувальної суміші на різних ділянках форми розраховано кількість виливків в одній формі - 1 шт., та визначено габаритні

розміри ливарних опок. За методом Г.М.Дубицького розраховано ливникову систему. Обрано склади формувальної і стрижньової суміші для виготовлення ливарної форми, плавлення чавуну необхідної марки і заключних операцій виготовлення виливка.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕРІЙНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «КРОНШТЕЙН ПОРОЖНИСТИЙ»

Насонов М.М., керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

На основі характеристики конструкції деталі і аналізу технічних вимог було обрано матеріал виливка – чавун з пластинчастим графітом марки СЧ150 ДСТУ 8833:2019, обґрунтовано спосіб лиття - у піщану вологу форму, методи виготовлення ливарної форми - машинне формування струшуванням з допресуванням і ливарних стрижнів – із ХТС. Виходячи із загальної конфігурації, маси і розмірів деталі, положення оброблюваних поверхонь та інших умов одержання якісного виливка, на кресленику деталі розроблено технологічні вказівки елементів ливарної форми. Визначено точність виливка і точність модельного комплекту: точність виливка 7-5-11-7 зм. 0,70 ДСТУ 8981:2020; точність МК3-метал ГОСТ 3212-92. Для одержання виливка, котрий віднесено за складністю до 3 групи, передбачено використання одного горизонтального ливарного стрижня. Визначено припуски на механічне оброблення виливка та розміри знаків на стрижні і ливарній моделі. Розроблено конструкцію ливарної моделі з алюмінієвого сплаву АК7 ДСТУ 2839-94, розраховано кількість виливків в одній формі – 4 шт. та визначено габаритні розмірі опок - 500 х 400 х 150/150 мм. Обрано конструкції ливарних опок, модельних плит, конструкцію ливарної моделі, а також склади піщано-глинистої формувальної і стрижньової ХТС суміші для виготовлення ливарної форми. Визначено, що вантаж для усунення підняття верхньої напівформи не потрібен. Встановлено параметри заливання ливарної форми: температура заливання - 1320-1380^{o}С, місткість заливального монорейкового ковша – 100 кг. На ПЕОМ зроблено розрахунок охолодження виливка у формі. Визначено процеси та методи для здійснення фінішних операцій при виготовленні виливка, показники контролю його якості, а також екологічні ливарні процеси.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ

Рябий Д.Ю., керівник проф. Іванова Л.Х.
Український державний університет науки і технологій

Однією з важливіших характеристик робочого шару прокатних валків є зносостійкість. Її можна підвищити шляхом застосування високоякісних зносостійких чавунів, а також за допомогою термічного оброблення чавунів, що використовуються для валків серійного виробництва. У цій роботі дослідили вплив різних режимів термічного оброблення на зносостійкість чавунів робочого шару листопрокатних валків. Зносостійкість визначали на машині моделі СМЦ-2 в умовах тертя ковзання при навантаженні 735 Н, швидкості обертання контрольного зразка 78 ± 1 см/с та довжині зношування 250 та 500 м. Зносостійкість оцінювали за втратою маси дослідного зразка. Узагальнені дані впливу термічного оброблення на величину зносу дослідних чавунів наведені у таблиці.

Вид	Величина зношування (мг/см ^{2}) на його довжині

термічного оброблення	250 м			500 м		
	Чавун нелегований	Чавун, легований Ni	Чавун, легований Ni і Mo	Чавун нелегований	Чавун, легований Ni	Чавун, легований Ni і Mo
-	21,0	23,3	22,7	36,9	44,4	43,5
Нормалізація	8,2	13,8	11,9	30,3	41,2	36,9
Нормалізація та відпуск при 500°С	7,2	15,7	13,2	29,8	44,0	37,9
Нормалізація та відпуск при 650°С	16,1	22,4	21,2	35,1	48,0	42,2

Випробовування зносостійкості показало, що незалежно від дослідного шляху зношування зносостійкість нормалізованих чавунів підвищувалася у порівнянні зі зносостійкістю нетермооброблюваних чавунів. Зі збільшенням шляху зношування у 2 рази підвищення зносостійкості було менш значним. Підвищення зносостійкості було обумовлено корінними змінами в мікроструктурах дослідних чавунів та підвищенням їх механічних властивостей.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ ОПРАВОК ЗІ СПЛАВУ 280Х32Н3Ф ДЛЯ СТАНУ ПОВЗДОВЖНЬОЇ ПРОКАТКИ

Бушин О.В., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Оправки стану поздовжньої прокатки є змінним інструментом і значною мірою впливають на якість металопрокату. Тому проблема підвищення експлуатаційної стійкості оправок, збільшення їх терміну служби має важливе наукове та практичне значення.

Отримання якісної виливки залежить від розмірів і конструкції всіх основних елементів літникової системи. При литті оправок зі сплаву 280Х32Н3Ф необхідно застосовувати літникову систему, що звужується, із співвідношенням:∑Fжив : ∑F шл ∑Fст = 1:1,1:1,2. За існуючою технологією виробництва чавунних оправок на металургійних заводах компанії «Метінвест» це співвідношення порушено:∑Fпит : ∑F шл ∑Fст = 138,24 : 32,2 : 28,26 = 1:0,23:0,20, що призводить до утворення газових раковин і пористості. Удосконалили технологію лиття за рахунок зменшення сумарної площі живильників. ∑Fжив = 138,24 см2 до ∑Fжив = 24,0см2, при цьому площа кожного живильника складе Fжив = 1,5см2. Сумарну площу шлакоуловлювача зменшили з ∑Fшл =32,2см2 до ∑Fшл = 27,1см2 зі ступінчастим зменшенням площ шлакоуловлювачів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКУВАННЯ НЕДЕФІЦИТНИМИ ХІМІЧНИМИ СПОЛУКАМИ СИЛУМІНУ НА ЙОГО СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ

Воронков В.О., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Літературний огляд показав, що для подрібнення евтектичних виділень (твердий розчин α –кремній) і усунення надлишкових кристалів кремнію заевтектичні сплави

системи алюміній-кремній проводять модифікування. Також для зменшення пористості – рафінування.

В роботі у якості компонентів модифікаторів було запропоновано сірку і карбамід, які є недефіцитними і дешевими. Карбамід раніше ніколи не застосовували у якості модифікатору, але він також як і сірка є легкокиплячім матеріалом. Експерименти по модифікуванню проводили на силуміні заевтектоїдного складу Al+18% Si. Після проведення трьох дослідних плавок встановлено незначне зменшення густини заевтектичного силуміну - після модифікування карбамідом на 0,12% і сіркою на 0,45%. Це свідчить про те, що при додаванні цих легкокиплячих компонентів газові пори будуть зменшуватись. По отриманих мікроструктурах після модифікування сіркою і карбамідом встановлено подрібнення евтектичних виділень (твердий розчин α –кремній) і усунення надлишкових кристалів кремнію.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТВЕРДІННЯ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ І ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ І ЗОН ЇХ ЗОСЕРЕДЖЕННЯ

Голда Д.В., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Виконано аналіз методів оцінки експериментальних кривих охолодження. Показано вплив кінетики виділення твердої фази в інтервалі затвердіння на формування усадкових дефектів. Розроблено графоаналітичний метод визначення обсягу концентрованих раковин та пористості за експериментальними кривими охолодження та формулою Нехедзі-Гіршовича, видозміненою з урахуванням усадки рідкої та твердої фаз, їх розподілу за товщиною виливки. Встановлено утворення усадкових дефектів в осьовій зоні чавунного прокатного валка, що зумовлено низькою швидкістю фільтрації розплаву з надливу та верхньої шийки через двофазну твердо-рідку зону виливки. Результати розрахунку обсягу усадкових дефектів, виконані за допомогою розробленого графоаналітичного методу з урахуванням осесиметричного розподілу рідкої фази, підтверджені раніше виконаними експериментальними дослідженнями. Виконано розрахунок обсягу усадкових дефектів у тепловому вузлі, розташованому у верхній шийці чавунного прокатного валка, за видозміненою формулою Нехедзі-Гіршовича. Встановлено кількість концентрованих усадкових раковин і усадкової пористості.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОБІГРІВУ ДЗЕРКАЛА МЕТАЛА НАДЛИВУ НА УТВОРЕННЯ УСАДКОВИХ ДЕФЕКТІВ СТАЛЕВИХ ЗЛИТКІВ

Лапшин О.А., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Для сталевих злитків, маса яких є великою і метал твердіє декілька годин, економічне ефективніше застосовувати електрошлаковий обігрів, який успішно використається при виробництві прокатних валків. Для розрахунків використовували експериментальні кінетичні криві, побудовані Гуляєва Б.Б. та ін., твердіння у кокілі циліндричних виливків зі сплавів Fe-C з вмістом вуглецю 0,4%, 0,93% і 1,42%. При досягненні межі живлення центральної частини виливку вже не можливо вплинути на процес спрямованого твердіння, бо дендрити мають форму каркасу, рідка фаза ізольована і фільтрація розплаву нездійсненна. У роботі прийнято, що межа живлення дорівнює середньому значенню між межею виливання і солідус у надливі. На основі цього виведено формули для розрахунку загальної тривалості електрошлакового

обігріву. Встановлено перший етап електрошлакового обігріву з максимальною силою струму. Другий етап обігріву розраховували відніманням від загальної тривалості твердіння першого етапу обігріву. Запропоновані у роботі режими обігріву дзеркала метала надливу сталевого злитка дозволять усунути термічні вузли, а також зменшити витрати електроенергії.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИСКОРЕНОГО ТВЕРДІННЯ ОСЬОВОЇ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРИЧНОГО ВИЛИВКА ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТРУКТУРУ

Красюк О.В. , керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Літературний огляд показав, що внутрішній відбіл можна отримати в чавунах різного хімічного складу і поява відбілу спостерігається не лише в робочому шарі, але і в осьовій зоні. Встановлено прискорення твердіння осьової зони виливків у всіх видах сплавів, а ліквація хімічних елементів не може бути причиною цього процесу.

Побудовано графік зміни площі графіту, цементиту, твердості і щільності від поверхні до центру циліндричної виливки Ø450мм з ВЧ, товщиною 180 мм, що охолоджується в кокілі. Проведено моделювання конструкції кокілю з теплоізоляцією зовнішньої поверхні і калібром із піщано-глинястої суміші, а у форму нижньої шийки було встановлено сталевий холодильник товщиною 40 мм для усунення усадкових дефектів у нижній шийці. Побудовано розрахункові криві затвердіння і визначено, що застосування калібру з піщано-глинястої суміші уповільнює твердіння робочого шару, що є неприпустимо при отриманні прокатних валків. Перспективним напрямком зменшення швидкості охолодження осьової зони листопрокатного валка і зниження кількості тендітних цементитних складових, є застосування двошарового кокілю, що складається з внутрішньої чавунної частини і зовнішньої низькотеплопровідного металокерамічного слою. Запропоноване армування зовнішньої частини голчастими виступами дозволить підвищити загальну механічну міцність кокілю і відмовиться від трудомісткої технології отримання металокераміки. Змінюючи глибину голчастих виступів можна регулювати товщину зовнішньої металлокерамічної частини кокілю.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНІХ СТАЛЕВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ У ФОРМІ НИЖНЬОЇ ШИЙКИ НА ПРОЦЕС ТВЕРДІННЯ ЧАВУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Облапенко М.С., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Утворення усадкових дефектів в нижніх шийках прокатних валків встановлено експериментально у попередніх роботах для окремих типорозмірів валків. Це обумовлено тим, що бочка твердіє швидше ніж нижня шийка і таким чином порушується живлення усадки розплавом з надливу. Виведено формулу виключення усадкових дефектів у нижньої шийки: час переходу бочки валка в твердо-рідкий стан (межа виливання бочки) повинен бути більший або дорівнювати тривалості переходу розплаву нижньої шийки в твердо-рідкий стан (межа виливання нижньої шийки). Для підтвердження запропонованих у роботі формул і розрахунків з прокатного валка виконання СШХНМ-42 Ø бочки -790 мм і Ø нижньої шийки – 520 мм, який було відлито на АТ «ДЗПВ», отримано диск нижньої шийки. На макроструктурі центральної

зони нижньої шийки є усадкова шпаристість і для їх усунення запропоновано встановлювати у нижню шийку зовнішній сталевий холодильник завтовшки 22 мм.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ КУЛЯСТИХ ВКЛЮЧЕНЬ ГРАФІТУ І ЇХ РОЗПОДІЛ У МАСИВНИХ ВИЛИВКАХ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

Миргородський Д.В., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Кількісний аналіз мікроструктури за методом Салтикова бочки прокатного валка Ø985мм показав збільшення середнього діаметра кулястих включень графіту з 44,1 · 10-6 до 86,5 · 10-6 м по мірі просування фронту кристалізації. У поверхневому шарі виливки при високій швидкості твердіння розміри кулястих включень мінімальні. Це пояснюється тим, що швидко зростаюча тверда фаза блокує розширення кулястого включення. При зниженні швидкості охолодження виливки у напрямку до осьової зоні розміри кулястих включень графіту збільшуються. Кількісний аналіз мікроструктури підтвердив, збільшення включень графіту у напрямку до осьової зоні і спостереження ефекту демодифікування, що пов'язано з тривалою кристалізацією виливка. Отримано мікроструктури нижньої і верхньої шийки прокатного валка виконання ЛШ-58 на глибині 290 мм від литої поверхні. Нижня і верхня шийки прокатного валка охолоджуються в піщано-глинистій формі, яка забезпечує тривале і повільне затвердіння на протязі декількох годин. У нижній шийці форма кулястого графіту більш правильна, а у верхній шийці форма графіту порушується і також спостерігається ефект демодифікування.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ТВЕРДІННЯ І ОБІГРІВУ НАДЛИВІВ КОМПЛЕКСНОЛЕГОВАНИХ ЛИСТОПРОКАТНИХ ВАЛКІВ З КУЛЯСТОЮ ФОРМОЮ ГРАФІТУ

Манойлов М.А., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Для встановлення загального часу твердіння листопрокатних валків з високоміцного чавуну легованого хромом, нікелем і молібденом за кінетичними діаграми було отримано формулами, за якими проведено розрахунки для різних розмірів бочки і шийок.

При досягненні межі живлення центральної частини виливку вже не можливо вплинути на процес спрямованого твердіння, бо дендрити мають форму каркасу, рідка фаза ізольована і фільтрація розплаву нездійсненна. Встановити точне значення часу переходу сплаву із зони локальних переміщень у зону утворення усадкової пористості не представляється можливим. Тому момент відключення електрошлакового обігріву приймали рівним твердінню 100% твердої фази верхньої шийки. Запропоновано нові режими електрошлакового обігріву.

За технологічними інструкціями ДЗПВ прокатні валки масою до 10 т потрібно обігрівати на протязі 5 год, а більше 10 т - 7 год. Запропоновані у роботі режими дозволили приблизно на 50% скоротити витрату електроенергії.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛИТТЯ ОПРАВОК ЗІ СТАЛІ 35ХН2Ф ДЛЯ ПРОШИВНОГО СТАН

Турбін Д.В., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

У роботі були вивчені технологічні особливості отримання сталевих оправок зі сталі 35ХН2Ф для прошивного стану і встановлено що вони мають такі дефекти, як газові раковини та пористість. Ці дефекти виникають через неправильну конструкцію літниково-живильної системи. Застосування літникової системи, що звужується, із співвідношенням ∑Fж : ∑Fшл : ∑Fст = 1:1,1:1,2 забезпечить краще уловлювання шлаку, зменшить інжекцію повітря, збільшить лінійну швидкість проходження металу через канали літникової системи. Нові розміри літникової системи під час виробництва сталевих оправок прошивного стану становитимуть: ∑Fж = 26,8см2 , ∑F шл = 29,5см2 , ∑F ст = 32,15см2. Площа кожного з 12 живильників дорівнює F ж = 2,23 см2, а кожного з 4 шлакоуловлювачів F шл = 7,4 см2. Встановлено, що застосування нових розмірів шлакоуловлювача та живильника дозволить зменшити витрату металу на шлакоуловлювачі та живильники. Економія металу для лиття 12 оправок складе 43,7 кг.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГЛЕЦЮ В ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВАХ НА ТРИВАЛІСТЬ ТВЕРДІННЯ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ РІЗНОЇ ФОРМИ

Хохлов В.М., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

За кінетичними кривими твердіння виведено формули для розрахунку тривалості твердіння і знаходження в інтервалі ліквідус-солідус, рідко-твердої і твердо-рідкої зонах чавунних циліндричних виливків з вмістом вуглецю 2,44%, 3,28%, 4,45%, 4,83% у кокілі. Побудовано графік впливу вуглецю на тривалість твердіння і визначення максимальної і мінімальної зони усадкової пористості для чавунного циліндричного виливка. Встановлено, що максимальний об'єм усадкової пористості (Vpor max), відповідає максимальній твердо-рідкій зоні (τBS). У інтервалі приблизно 2,4...2,7% вуглецю пористість більша, ніж при вмісті 2%, а мінімальна пористість при 4,6% вуглецю. Мінімальна тривалість і мінімальний об'єм усадкової пористості (Vpor min) у виливках різної форми, що охолоджуються у кокілі відповідає сплаву з вмістом вуглецю приблизно 4,6%. Максимальне живлення усадки відбувається у рідко-твердому стані, коли ще можливе макропереміщення розплаву. Розрахунки тривалості твердіння чавунних виливків різної форми за квадратним кореням і методом Вєйника показали розходження значень з формулами отриманими на основі експериментальних даних. Більш приближені значення за методом Вєйника.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДІВ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ХОЛОДНОТВЕРДІЮЧИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ УТЕПЛЕННЯ НАДЛИВІВ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ

Дерінгер А.О., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Для утеплення надливів сталевих виливків обрано наступний склад суміші: алюмінієвий порошок - 18,5%, залізна руда -11,2%, калієва селітра - 6,3%, кріоліт - 5,7%, кварцовий пісок – 58,3%, єднальна композиція на основі рідкого скла, 11% від загальної маси суміші. В якості сполучного для досліджуваних екзотермічних сумішей

було обрано рідке скло, алюмінієвий порошок, залізна руда (залізна окалина), калієва селітра, кріоліт. Ефективність дослідних утеплювачів визначали виходячи з її живучості та міцності на стиск через 1, 3 і 24 години.

Утеплення надливу виливків зі сталі екзотермічними сумішами є простим, надійним і найбільш ефективним засобом підвищення виходу придатних сталевих фасонних виливків.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ ІЗ СТАЛІ 110Г13Л

Грітченко А.М. , керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Усі виливки, незалежно від способу їх виготовлення, проходять обов'язкову перевірку якості. Цей процес здійснюється на кількох рівнях: персоналом ливарного цеху (самоконтроль), фахівцями відділу технічного контролю (ВТК) та, за особливих вимог замовника, представниками державної прийомки.

За результатами контролю виливки класифікують на три наступні категорії. Придатні: повністю відповідають вимогам ДСТУ, ТУ та кресленням. Умовно придатні (виправний брак): мають незначні дефекти, усунення яких є технічно можливим та економічно доцільним. Після відновлення такі деталі проходять повторний контроль. Остаточний брак: вироби з критичними дефектами, які неможливо або невигідно виправляти. Таке литво підлягає обов'язковій утилізації (відправці на переплав).

Згідно з чинними стандартами, виділяють близько 50 різновидів дефектів чавунного та сталевого литва, об'єднаних у чотири групи: невідповідність геометрії (14 видів), дефекти поверхні (13 видів), несплошності в тілі виливка (16 видів), газові раковини, шпаристість, тріщини (гарячі та холодні), пухкості, невідповідність структури (4 види).

Для сталеливарних цехів, що працюють зі специфічними сплавами (зокрема, зносостійкою сталлю 110Г13Л), в результаті проведеного аналізу рекомендується впровадження наступних технологічних рішень. Оптимізація плавки (контроль температурного режиму та дезоксидації сталі 110Г13Л для запобігання утворенню крихких фосфідних евтектик та виділенню карбідів по межах зерен); процес No-bake (впровадження технології виготовлення форм і стрижнів із холоднотвердіючих сумішей (ХТС)), що забезпечує високу розмірну точність, зменшує ризик виникнення пригару та газових раковин завдяки високій газовіддачі форми; сучасне зварювання та наплавлення. Для заварки дефектів у високомарганцевистих сталях критично важливо використовувати спеціалізовані порошкові дроти. спеціалізовані самозахисні порошкові дроти (наприклад, марок типу ПП-АН105, ПП-АН116), склад яких розроблений для збереження аустенітної структури. Дріт містить високу концентрацію марганцю (11–15%), що компенсує його вигоряння під час дугового процесу. Також додаються нікель (до 2-4%) або хром, які стабілізують аустеніт та підвищують тріщиностійкість наплавленого металу. Легування ванадієм або молібденом: у невеликих кількостях ці елементи сприяють подрібненню зерна, що критично важливо для запобігання гарячим тріщинам у зоні термічного впливу. Низький вміст вуглецю: у дроті підтримується відносно низький вміст вуглецю порівняно з основним металом, щоб уникнути утворення надлишкових карбідів, які роблять зварний шов крихким. Особливості застосування: зварювання порошковим дротом дозволяє мінімізувати термічне навантаження на виливок (короткочасне зварювання з охолодженням), що запобігає зниженню зносостійкості основної деталі. Вони забезпечують ідентичність

хімічного складу наплавленого металу з основою, запобігаючи тріщиноутворенню в зоні термічного впливу.

Термічна обробка: Обов'язковий гарт від температури 1050–1100°C для отримання чистої аустенітної структури, що є запорукою максимальної зносостійкості виливків.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО ТИСКУ В СПЕЦІАЛЬНИХ СПОСОБАХ ЛИТТЯ

Ємченко В.Ю., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Відомо, що застосування зовнішніх дій на рідкий метал виливка, що кристалізується, дозволяє не тільки понизити непродуктивні втрати, але і підвищити якість литого металу, що реалізується у вже використовуваних технологічних схемах, зокрема, з використанням газового тиску. Основними перевагами процесу литва під низьким тиском є: автоматизація трудомісткої операції заливки форми; можливість регулювання швидкості потоку розплаву в порожнині форми зміною тиску в камері установки; поліпшення живлення виливка; зниження витрати металу на ливникову систему. Основні недоліки: невисока стійкість частини металопроводу, зануреної в розплав, що утрудняє використання способу литва для сплавів з високою температурою плавлення; складність системи регулювання швидкості потоку розплаву у формі, викликана динамічними процесами, що відбуваються в установці при заповненні її камери повітрям, нестабільністю витоків повітря через ущільнення, пониженням рівня розплаву в установці впродовж виготовлення виливків; можливість погіршення якості сплаву при тривалій витримці в тиглі установки; складність експлуатації і наладки установок; надмірний тиск в потоці розплаву при заповненні форми більше, ніж при гравітаційній заливці, і гідравлічний удар, який може виникнути при закінченні заповнення форми, приводить до проникнення розплаву в пори піщаного стрижня, появі механічного пригару на виливках. Процес литва з протитиском також володіє рядом переваг: даний спосіб дозволяє зменшити виділення газів з розплаву, поліпшити живлення виливків і внаслідок цього підвищити їх герметичність, а також механічні властивості. Цей спосіб литва дає найбільший ефект при виготовленні виливків з масивними стінками рівномірної товщини з алюмінієвих і магнієвих сплавів, що кристалізуються в широкому інтервалі температур. Використання другої стадії процесу кристалізації під всебічним надмірним тиском для тонкостінних виливків не завжди призводить до помітного поліпшення властивостей, що є істотним недоліком способу. Це пояснюється тим, що тривалість кристалізації тонкостінних виливків мала і виливок твердне перш, ніж тиск у верхній камері установки досягне необхідної величини. До недоліків автоклавного лиття можна віднести те явище, що є лише обмежений проміжок часу, в межах якого можна здійснювати дію тиском на твердіючий розплав, після якого на поверхні виливка утворюється щільна скоринка, що перешкоджає подальшій дії тиску на розплав. При литті тонкостінних великогабаритних виливків деякі з їх елементів можуть затвердіти до подачі форми в автоклав, що в свою чергу може призвести до утворення в цих елементах шпаристості, порушенню герметичності і послідовності твердіння, а також погіршенню живлення виливка в цілому.

Одним з методів, що мають певні переваги перед вищеописаними способами, є застосування газодинамічної дії на розплав, що кристалізується, у ливарній формі. При здійсненні такого процесу до моменту початку подачі газу на поверхні робочої порожнини ливарної форми повинен сформуватися шар твердого сплаву такої товщини, який може забезпечити герметичність системи аж до повного твердіння

виливка. Тому актуальним за-вданням є визначення термочасових параметрів герметизації системи виливок-пристрій для введення газу, що враховують різні особливості ливарної форми і сплаву, що заливається.

Визначити необхідний час витримки від моменту введення пристрою до початку подачі газу можна, зокрема, темоелектричним методом, виливанням рідкого залишку, або використанням для цих цілей систем комп'ютерного моделювання ливарних процесів (СКМ ЛП «Полігон», «LVM Flow», «ProCast» та ін.).

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВИТИСНЕННЯ РОЗПЛАВУ ІЗ СИФОННОЇ ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ КРУПНОГО СТАЛЕВОГО ВИЛИВКА

Ляшко О.Є., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Проаналізовані основні способи газодинамічного впливу на розплав в сифонній ливниковій системі, що можуть бути використані для крупного сталевого виливка (в даному випадку масою більше 13 тон) і відповідні конструкції пристроїв для здійснення такого впливу показали, що відмінні технологічні особливості пропонованих пристроїв полягають в герметизації ливникової системи від навколишнього середовища за рахунок зовнішнього шару затверділого металу.

Введення газу в приведених конструкціях пристроїв по одному з варіантів проводиться з використанням контейнера-холодильника з фіксованою кількістю речовини, яка утворює газ при нагріві. У іншому варіанті здійснюється регульована подача газу від зовнішнього джерела з необхідними значеннями тиску. Пропоновані пристрої можуть бути легко вбудованими в діючий технологічний процес. Передбачена також можливість занурення пристрою в рідку сталь у разі потрапляння шлаку в стояк.

Визначений час витримки виливка в формі після заливання. Проведений розрахунок охолоджування виливка у формі показав, що загальна тривалість складає більше 170 годин. Проведені розрахунки по визначенню кількості і складу речовин, при нагріві яких виділяється достатній об'єм газу для витиснення розплаву із стояка показали, що для витиснення сталі із стояка заввишки 2,2 - 2,5 м даного сталевого виливка при створенні тиску на рівні 0,25 - 0,3 МПа очищеного парафіну необхідно 6,3-6,5 г, а суміші карбонату кальцію з вуглецем в 13 разів більше. Встановлено, що застосування суміші карбонату кальцію з вуглецем менш технологічне і ефективне в порівнянні з твердим граничним вуглеводнем. При цьому, головною перевагою використання парафіну є незалежність від тиску реакції термічного розкладання (реакція термодеструкції твердого граничного вуглеводня є необоротною, що робить дію пристрою стабільнішою).

В результаті аналізу технологічних особливостей роботи різних конструкцій пристроїв, що забезпечують газодинамічне витиснення розплаву із сифонної ливникової системи встановлено, що для крупних сталевих виливків при використанні сифонних вогнетривких припасів найбільш прийнятною є конструкція пристрою з регульованою подачею газу. Окрім надійності формування затверділого шару в сифонній ливниковій системі, дана конструкція пристрою забезпечує ліквідацію можливих нещільностей по роз'єму вогнетривких трубок за рахунок можливості повернення рідкого металу в стояк. Після твердіння нового шару металу і повної герметизації ливникової системи від навколишнього середовища знов здійснюється витиснення розплаву у виливок.

Під дією газодинамічного впливу маса розплаву, що витісняється з сифонної ливникової системи у виливок, становить більше 200 кг, за рахунок чого досягається

економія металу. Окрім того, технологія регульованого витиснення рідкого металу із сифонної ливникової системи дозволяє також проводити газоімпульсну обробку розплаву в ливарній формі, продування виливка інертним газом або газом з рафінуючими або модифікуючими порошками.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ І СТРИЖНІВ

Ріннік О.М., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Сучасна світова ливарна індустрія перебуває на етапі глобальної трансформації, зумовленої постійним зростанням вимог до точності виливків, економічної ефективності виробництва та жорстких екологічних стандартів. У цьому контексті ключова роль відводиться формувальним і стрижневим матеріалам, вплив яких на кінцеву якість продукції останніми роками став критичним.

Історично поширені технології виготовлення стрижнів у нагрівальному оснащенні (Hot box) поступово втрачають актуальність. Їхні головні недоліки — високі енерговитрати, деформація оснастки під дією температур та тривалий цикл підготовки — стали каталізатором для розробки методів хімічного твердіння без зовнішнього підігріву.

Класифікація сучасних методів твердіння

На сьогодні у ливарних цехах з різним типом серійності домінують дві основні групи «холодних» процесів:

Процеси групи Cold box: Найбільш ефективні для серійного та великосерійного виробництва. Їхня сутність полягає у миттєвому затвердінні суміші безпосередньо в технологічній оснастці шляхом продування її газоподібними каталізаторами або реакційними затверджувачами. Це забезпечує високу геометричну точність і мінімальний час такту виробництва.

No bake-процеси: Оптимальне рішення для дрібносерійного виробництва та цехів з широкою, часто змінюваною номенклатурою. Головною технологічною рисою цих сумішей є керований «час живучості», що дозволяє виготовляти складні форми та стрижні без спеціальних систем продування, адаптуючись до специфіки конкретного виливка.

Переваги систем Cold box amin на базі матеріалів Friodur

Особливу увагу світових виробників сьогодні прикуто до вдосконалення систем Cold box amin. Результати порівняльного аналізу ринку зв’язуючих матеріалів свідчать про беззаперечне лідерство продукції австрійської фірми FURTENBACH GmbH.

Зокрема, зв’язуючі системи Friodur 050 та Friodur 060 демонструють суттєві переваги над китайськими та російськими аналогами за кількома параметрами:

Фізико-механічні властивості: Найвищі показники міцності дозволяють зменшити відсоток зв’язуючого в суміші без втрати якості стрижня.

Адаптивність до сировини: Ці системи зберігають стабільну працездатність навіть при використанні кварцових пісків з нестабільним рівнем pH, що є критичним для підприємств, які працюють на місцевій сировині.

Екологічність та безпека: Значно нижчий рівень газовиділення в процесі заливання металу не лише покращує санітарно-гігієнічні умови в цеху, а й суттєво знижує ризик виникнення газових раковин у самих виливках.

Постійні дослідження провідних хімічних компаній у цьому напрямку підтверджують, що майбутнє ливарної галузі за екологічно чистими та високотехнологічними системами холодного твердіння.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СТАЛЕВОГО ЛИТВА

Сіверський В.В. , керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Методи позапічної обробки сталі можуть бути умовно розділені на прості (обробка одним способом) і комбіновані (обробка металу декількома способами одночасно). До простих методів відносяться: обробка металу вакуумом; продування інертним газом; обробка металу синтетичним шлаком, рідкими і твердими шлаковими сумішами; введення реагентів в глиб металу.

Основними недоліками перерахованих простих способів обробки металу є: необхідність перегріву рідкого металу в плавильному агрегаті для компенсації падіння температури металу при обробці в ковші; обмеженість дії на метал.

Кращі результати досягаються при використанні комбінованих або комплексних способів, коли в одному або декількох послідовно розташованих агрегатах здійснюється ряд операцій. Вибір необхідного устаткування визначається тією або іншою технологією обробки металу. Не дивлячись на багатоплановість завдань, що виникають при рішенні проблеми підвищення якості металу методами вторинної металургії, використовувані при цьому прийоми нечисленні: інтенсифікація процесів взаємодії металу з рідким шлаком або твердими шлакотворними матеріалами шляхом організації інтенсивного перемішування; інтенсифікація процесів газовиділення шляхом обробки металу вакуумом або продуванням інертним газом; інтенсифікація процесів взаємодії з матеріалами, що вводяться у ванну, для розкислювання та легування (підбір комплексних розкислювачів оптимального складу, введення розкислювачів в глиб металу у вигляді порошків, блоків, за допомогою спеціа-льного дроту, штучне перемішування з метою полегшення умов видалення продуктів розкислювання і т.д.).

В результаті аналізу основних процесів позапічної обробки розплаву: продування аргоном в ковші, вакуумування, обробки порошковим дротом із заданими швидкістю і витратою матеріалу на установках типу «ківш-піч» встановлено, що в промислових умовах може використовуватися технологія виробництва бічних рам і надресорних балок вантажних залізничних візків, що дозволяє за рахунок модифікування сталі матеріалами, що вводяться порошковим дротом, і оптимізації режимів подальшої термообробки литих виробів, в 2-3 рази збільшити їх низькотемпературну ударну в'язкість (Akcv).

В результаті аналізу даних щодо якості валкової сталі встановлено, що після модифікування рідкої сталі лігатурою Zr-Si-Al та комплексним модифікатором Ca-Mg-Ba-Al-Si-PSM (Insteel-3), вдалося значно понизити забрудненість неметалевими включеннями: оксидами - до 0,33 балу, сульфідами - до 0,35 балу по ASTM-E-45 на робочій поверхні валка. Сірчані відбитки від поперечних темплетов з шийок валків після модифікування показують більш рівномірний розподіл неметалевих включень по перетину заготовок в порівнянні зі звичайним металом.

Після модифікування порошковими модифікаторами кількість чистих полів збільшується з 70% до 87% на вуглецевих і з 16% до 50% на легованих марках сталей.

При використанні порошкових модифікаторів пригнічується схильність до утворення тріщин при куванні і термообробці за рахунок значного зниження забрудненості по оксидних включеннях (корунду) і витягнутих у напрямі деформації легкоплавких сульфідних включень.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ ЛВМ НА ЕТАПІ ЗАЛИВКИ

Тітов В.О. , керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Метод лиття за моделями, що виплавляються (ЛВМ), завдяки своїй здатності створювати виливки складної геометрії з високою точністю, став незамінним у сучасному авіа-, приладо- та машинобудуванні. Однак широке впровадження цього методу супроводжується критичними технологічними бар'єрами. Статистика свідчить про серйозні проблеми з якістю: на багатьох підприємствах, зокрема в цехах ЛВМ ВО ПМЗ, рівень браку коливається від 20% до 50%, а для особливо складних деталей цей показник може бути ще вищим. До важливих причин такого стану можна віднести, в тому числі, низький рівень автоматизації. На сьогодні до 70% операцій досі виконуються вручну, що робить якість продукції залежною від «людського фактора» та кваліфікації майстра. Лише 15% критичних параметрів піддаються апаратному контролю, а засоби автоматичного керування процесом застосовуються лише в поодиноких випадках.

Саме ці чинники формують до 95% відмов при виробництві виливків спеціального призначення. У зв'язку з цим, актуальним науковим та практичним завданням є модернізація найбільш «вузьких» етапів: формування, прогартовування, заливання та охолодження форм, а також перегляд підходів до проектування ливниково-живильних систем (ЛЖС).

Ключові напрямки вдосконалення технології можна сформулювати наступним чином. Термічна стабільність форм: аналіз показує, що найвищої стабільності температури керамічної форми після прогартування можна досягти шляхом використання зернистих опорних наповнювачів або спеціальних термостатів. Застосування термостатування дозволяє гнучко регулювати швидкість охолодження форми, змінюючи товщину або теплофізичні властивості ізоляційного шару. Це відкриває можливості для прецизійного керування структурою металу та загальною якістю виливка.

Ефективність живлення виливка: експериментальні дослідження підтверджують, що використання надлишкового газового тиску в надливі є значно ефективнішим методом ущільнення металу, ніж традиційні методи атмосферного тиску (навіть з використанням утеплення). Проведений аналіз відповідних даних показав, що в умовах стабільного термостатування форм ефективність звичайних атмосферних надливів залишається майже незмінною незалежно від типу утеплювача, що ще раз підкреслює перевагу примусового газового тиску для усунення шпаристості та раковин.

Таким чином, перехід від традиційних способів формовки до керованого термостатування та інтенсифікації живлення під тиском є ефективним шляхом підвищення виходу придатного литва.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ НАДЛИВНОЇ ЧАСТИНИ ВИЛИВКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ТА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ОБІГРІВУ

Ткач Д.В., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

В результаті проведеного аналізу літературних джерел згідно з тематикою роботи встановлено, що урахуванням необхідності забезпечення утеплення металу в надливній зоні крупних виливків для забезпечення ефективного живлення усадки в

процесі газодинамічного впливу, ефективно використання розробленої на кафедрі ливарного виробництва УДУНТ комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву. Однією з особливостей конструкції пристроїв для здійснення комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву (КТГВ-ЕШО) є наявність вставки з вогнетривкого матеріалу, що займає певну долю об'єму надливної частини виливка або зливка. Відповідно, функції надливу виконуватиме тільки той об'єм металу, який знаходиться усередині цієї вставки під шаром утеплюючої засипки і розплавленого електропровідного флюсу. Крім того, для одного і того ж виливка вставки можуть бути виконані з різних матеріалів із різними теплофізичними властивостями, що призведе до зміни розмірів вставки (передусім, товщина стінок) і об'єму, займаного вставкою в надливній частині виливка або зливка, що, у свою чергу, призведе до зміни розмірів надливу.

Використання конструкції холодильника у вигляді металевого корпусу зі вставкою із вогнетривкого матеріалу та графітовими електродами і вкладишем із флюсу, що працює за принципом плаваючої надливної вставки, дає можливість максимально повно використовувати резерв перегріву розплаву в надливній зоні виливка та більш ефективно здійснювати процес газодинамічного впливу. Встановлено, що для визначення розмірів надливів виливків, що виготовляються з використанням технології КТГДВ-ЕШО, треба враховувати наявність вставки з вогнетривкого матеріалу, що займає певну долю об'єму надливної частини виливка або зливка. Вставки можуть бути виконані з різних матеріалів із різними теплофізичними властивостями, що призведе до зміни розмірів вставки (передусім, товщина стінок) і об'єму, займаного вставкою в надливній частині виливка або зливка, що, у свою чергу, призведе до зміни розмірів надливу.

Проведені відповідні розрахунки та побудовані номограми для визначення висоти надливу по його діаметру і масі виливків циліндричної форми із різних сталей при співвідношеннях діаметрів виливка та надливу: 0,6 - 0,7. Розрахунки виконані для циліндричних виливків масою 200 – 16000 кг діаметром 0,25 – 0,7 м. Це дає можливість визначати технологічні параметри виготовлення цих литих заготовок в стислий час без проведення додаткових розрахунків.

РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ПОНАДАТМОСФЕРНОГО ТИСКУ В НАДЛИВІ КРУПНОГО СТАЛЕВОГО ВИЛИВКА

Турченко М.Є., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Суть процесу полягає в тому, що в порожнині усадкової раковини надливу створюють тиск, який забезпечує переміщення розплаву у виливок. Тиск, що створюється в порожнині надливу (0,3 - 0,5 МПа), сприяє поліпшенню живлення виливка і забезпечує економію рідкого сплаву на надлив. Підвищення тиску в порожнині надливу створюється трьома способами: з'єднанням порожнини усадкової раковини з атмосферою; подачею в надлив газу від компресорної установки через втулку, заформовану в порожнині надливу; введенням в порожнину надливу речовини, створюючої газ при нагріві. Для створення надлишкового газу в ливарних пристроях доцільно застосовувати речовини, що поєднують низьку собівартість, широку доступність та хімічну інертність щодо сталевого розплаву, що гарантує чистоту металу. Найбільш відповідними за цими критеріями є карбонат кальцію (у формі крейди чи вапняку) та високомолекулярні насичені вуглеводні (парафіни). Традиційно карбонат кальцію використовувався в надливних частинах виливків під газовим тиском. Термічна деструкція цієї сполуки супроводжується інтенсивним виділенням

діоксиду вуглецю. Оскільки тверді фази CaO та CaCO3 не змішуються, дана термодинамічна система має один ступінь вільності. Це означає, що для кожного температурного показника існує чітко визначений рівноважний тиск CO2. Згідно з розрахунками за рівнянням С.Т. Ростовцева, при тиску 0,3 МПа рівновага досягається при 990°С. Враховуючи, що температура рідкої сталі сягає 1500°С, стає очевидним повне розкладання вапняку в робочій зоні. Для інтенсифікації процесу до карбонату додають близько 11% графіту, що дозволяє подвоїти вихід газу завдяки утворенню монооксиду вуглецю.

Альтернативним варіантом є парафін — суміш твердих граничних вуглеводнів із масою молекул від 300 до 500 а.о.м. При нагріванні він проходить стадії плавлення та випаровування. Температурні пороги цих фазових переходів зростають пропорційно кількості атомів вуглецю в ланцюгу, обмежуючись відміткою 450°С. Технічний очищений парафін має стабільну щільність (907–915 кг/м³).

Загальна хімічна формула цих вуглеводнів — CnH2n+2. Через повну насиченість зв'язків вони демонструють високу стабільність і не схильні до приєднання, вступаючи лише в реакції заміщення. Окиснення парафінів можливе лише за екстремально високих температур. Під термічним впливом (450–550°С) відбувається крекінг — розпад довгих молекул на коротші фрагменти. При подальшому нагріванні починається піроліз, що супроводжується дегідрогенізацією, утворенням ароматичних сполук, а в кінцевому результаті — повним розпадом на водень та твердий вуглець (сажу). Кінетика цих перетворень визначається виключно температурним фактором. Економічно використання парафіну є більш вигідним через його низьку питому витрату порівняно з крейдо-графітовою сумішшю. Швидкий перехід у газовий стан та незворотність реакцій розкладання роблять парафін ідеальним для тонкостінних деталей, що швидко тверднуть. Водночас для великогабаритних, масивних сталевих виливків, де потрібен тривалий і стабільний тиск, пріоритетним залишається використання суміші на основі крейди та графіту.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ТВЕРДІЮЧИЙ РОЗПЛАВ В ОБОЛОНКОВІЙ КЕРАМІЧНІЙ ФОРМІ

Чемикос О.Є., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технології

Відомо, що застосування спеціальних способів лиття, а також зовнішніх дій на рідкий метал виливка, що кристалізується, дозволяє не тільки знизити непродуктивні втрати, але і підвищити якість литого металу. Питання, пов'язані з розробкою нових технологічних процесів лиття, що використовують різні фізичні методи дії на розплав у ливарній формі, привертають все більшу увагу профільних спеціалістів. Тому актуальним представляється проведення досліджень і моделювання способів фізичного впливу на розплав, що кристалізується у ливарній формі, що дозволяють знизити непродуктивні втрати, підвищити якість металу при дотриманні високого ступеня екологічності і мінімальних змінах в діючому технологічному процесі. Проведений аналіз літературних джерел згідно з тематикою роботи показав, що розробка і моделювання нових технологічних процесів виробництва виливків і злитків із застосуванням газового тиску на твердіючий розплав, є актуальним завданням. В результаті аналізу існуючих технологій виробництва литої заготовки із застосуванням газового тиску встановлена ефективність використання газодинамічного впливу на розплав у ливарній формі, що є одним з перспективних способів отримання якісного виливка або злитка.

В ході проведеної роботи визначена можливість застосування технології газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі при литті за витоплюваними моделями циліндричних заготовок із швидкоріжучої сталі для виготовлення інструменту, а також перспективність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Проведено моделювання в процесу герметизації блоку циліндричних виливків із сталі Р18Л, що виготовляються за діючою технологією у формі ЛВМ, в системі комп'ютерного моделювання ливарних процесів. Встановлено, що до моменту формування затверділого шару на поверхні стояка, виливки виявляються повністю затверділими. Ця конструкція блоку не забезпечує умови реалізації варіанту технології газодинамічного впливу, що грунтується на жорсткій відповідності товщини затверділого шару металу створюваному тиску в системі виливок-пристрій для введення газу.

Розрахунки показали, що при діючій конструкції блоку ЛВМ можливо використати тільки міцністні властивості матеріалу ливарної форми. Відповідно, реалізація технології газодинамічного впливу можлива лише у вузькому діапазоні тисків (до 0,3 МПа).

Встановлена можливість зміни конструкції блоку виливків, що дозволить, згідно з результатами проведеного моделювання, здійснювати регульований газодинамічний вплив на розплав, що твердіє в ливарній формі. Встановлено також, що процес герметизації блоку при цьому закінчиться через ~ 120 секунд формуванням затверділої поверхневої скоринки завтовшки 1,5 - 3 мм, що дає можливість надалі збільшувати газовий тиск в системі виливок - пристрій для введення газу у відповідності до кінетики збільшення затверділого шару за розрахованим режимом до повного затвердіння виливків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА СКЛАДУ ФОРМ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ЗА ВИТОПЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

Віноходов О.О., керівник проф. Реп'ях С.І.
Український державний університет науки і технологій

Лиття за витоплюваними моделями забезпечує отримання виливків складної форми з високою точністю та якістю поверхні. Властивості інвестиційних форм визначаються їх складом та умовами виготовлення, що безпосередньо впливає на процес формоутворення та якість відливок.

У роботі досліджено вплив технологічних факторів, зокрема режимів нанесення оболонки, сушіння та випалювання, а також складу формувальних матеріалів на фізико-механічні властивості форм. Розглянуто роль зернового складу наповнювача, типу зв'язуючого та товщини шарів у формуванні структури оболонки.

Встановлено, що оптимізація технологічних режимів сприяє формуванню рівномірної структури оболонки, підвищенню її міцності та термостійкості. Водночас відхилення від оптимальних параметрів призводить до виникнення тріщин, деформацій та зниження якості виливків.

Показано, що раціональний підбір складу форм і технологічних параметрів дозволяє забезпечити стабільність властивостей інвестиційних форм і підвищити ефективність процесу лиття.

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОНЕНТІВ ПГС НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛИВАРНИХ СУМІШЕЙ

Сметана Є.А., керівник проф. Реп'ях С.І.
Український державний університет науки і технологій

Піщано-глинисті суміші (ПГС) є базовими формувальними матеріалами, властивості яких визначаються взаємодією піску, глини та води. Зміна складу компонентів суттєво впливає на їх технологічні та експлуатаційні характеристики.

У роботі проведено аналітичне дослідження впливу основних компонентів ПГС на формувальну здатність, пластичність, міцність у сирому стані та газопроникність. Розглянуто роль вмісту бентоніту, вологості та гранулометричного складу піску у формуванні структурних зв'язків.

Встановлено, що збільшення вмісту глинистого компонента підвищує міцність суміші за рахунок формування більш розвиненої зв'язуючої сітки, однак супроводжується зниженням газопроникності. Оптимізація вологості забезпечує баланс між пластичністю та стійкістю структури.

Показано, що технологічні властивості ПГС визначаються складною взаємодією компонентів, що дозволяє цілеспрямовано керувати їх характеристиками шляхом зміни складу.

РОЗРОБКА СКЛАДІВ ХТС ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Смірнов О.С., керівник проф. Реп'ях С.І.
Український державний університет науки і технологій

Високоентропійні сплави характеризуються складною багатокомпонентною структурою. У роботі досліджено особливості їх формування при литті.

Показано, що швидкість охолодження визначає фазовий склад та дисперсність структури.

Отримані результати дозволяють керувати властивостями сплавів шляхом оптимізації умов лиття.

Показано, що технологічні властивості РСС формуються внаслідок складної взаємодії компонентів, що визначає кінетику структуроутворення та формування просторової силікатної сітки. Оптимізація складу дозволяє досягти необхідного балансу між текучістю, швидкістю твердіння та кінцевою міцністю.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення складів рідких самотвердіючих сумішей, підвищення якості виливків та зниження технологічних дефектів у ливарному виробництві.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ВОДНИХ ПРОТИПРИГАРНИХ ПОКРИТТІВ НА ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Погорілий Д.А., керівник доц. Усенко Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Протипригарні покриття є важливим елементом технології лиття, що забезпечує захист форм і стрижнів від взаємодії з розплавом металу та запобігає утворенню дефектів типу пригару. Водні покриття набувають широкого застосування завдяки їх екологічній безпечності та зручності використання.

У роботі досліджено вплив складу водних протипригарних покриттів на їх технологічні властивості. Розглянуто роль вогнетривких наповнювачів, зв'язуючих компонентів і дисперсійного середовища у формуванні структури покриття та його поведінки під час нанесення і сушіння.

Встановлено, що тип і дисперсність наповнювача визначають реологічні властивості покриття, його адгезію до поверхні форми та здатність формувати рівномірний захисний шар. Збільшення вмісту твердої фази підвищує захисні властивості, але може погіршувати технологічність нанесення.

Показано, що оптимізація складу водних покриттів дозволяє досягти балансу між стабільністю суспензії, зручністю нанесення та ефективністю захисту від пригару. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення складів екологічно безпечних протипригарних матеріалів.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕКР НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛИВАРНИХ ПГС

Попов Д.Р., керівник доц. Усенко Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Піщано-глинисті суміші (ПГС) є основним формувальним матеріалом у ливарному виробництві, властивості яких можуть бути покращені шляхом введення функціональних добавок. Однією з таких добавок є ЕКР, який впливає на структуру суміші та характер взаємодії її компонентів.

У роботі проведено аналіз впливу ЕКР на технологічні властивості ПГС, зокрема формувальну здатність, пластичність, ущільнюваність і газопроникність. Розглянуто його роль у зміні міжзеренного контакту та перерозподілі зв'язуючих компонентів.

Встановлено, що введення ЕКР сприяє покращенню структурної однорідності суміші та підвищенню її міцності за рахунок інтенсифікації контактної взаємодії між частинками. Водночас надмірний вміст добавки може призводити до ущільнення структури та зниження газопроникності.

Показано, що оптимізація вмісту ЕКР дозволяє ефективно керувати технологічними властивостями ПГС і підвищити якість форм та виливків.

РОЗРОБКА ТА НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ В ЛИВАРНИХ КОВШАХ, СПРЯМОВАНОЇ НА ОТРИМАННЯ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ЯКОСТІ

Баркар Р.Р., керівник доц. Усенко Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні вимоги до якості сталевих виливків обумовлюють необхідність удосконалення процесів позапічної обробки розплаву, зокрема в ливарних ковшах. Саме на цьому етапі формується чистота металу, його газонасиченість, рівень неметалевих включень та однорідність хімічного складу, що безпосередньо визначає експлуатаційні властивості готових виробів.

У роботі проведено розробку та наукове обґрунтування технології обробки розплаву в ливарних ковшах із використанням комплексного впливу рафінуючих добавок, газової продувки та температурного контролю. Розглянуто механізми видалення неметалевих включень, дегазації та вирівнювання хімічного складу металу.

Показано, що інтенсифікація масопереносу в розплаві за рахунок продувки інертними газами сприяє підвищенню ефективності видалення включень і газів, а також покращенню гомогенізації металу. Використання рафінуючих добавок

забезпечує модифікацію та коагуляцію включень, що полегшує їх видалення з розплаву.

Встановлено, що оптимізація температурного режиму обробки дозволяє забезпечити необхідну плинність металу при одночасному зниженні інтенсивності окислювальних процесів і втрат легуючих елементів. Сукупний вплив зазначених факторів забезпечує формування більш чистого та структурно однорідного металу.

Показано, що запропонована технологія обробки розплаву дозволяє знизити рівень дефектності сталевих виливків, зменшити пористість і кількість неметалевих включень, а також підвищити їх механічні властивості.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологічних процесів сталеливарного виробництва та підвищення якості відповідальних литих деталей.

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ЧАВУННИХ КОКІЛІВ ПІДВИЩЕНОЇ СТІЙКОСТІ З ЛИТИМ НАПІВКРУГЛИМ ПРОФІЛЕМ КАЛІБРУ ДЛЯ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ НА ОСНОВІ НАУКОВОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

Шемет В.Ю., керівник доц. Усенко Р.В.
Український державний університет науки і технологій

Чавунні кокілі широко застосовуються у виробництві прокатних валків, де вони працюють в умовах інтенсивних теплових і механічних навантажень. Їх довговічність та експлуатаційна надійність визначаються конструкцією, яка повинна забезпечувати рівномірний тепловідвід, мінімізацію термічних напружень і стабільність геометрії калібру.

У роботі проведено оптимізацію конструкції чавунних кокілів із литим напівкруглим профілем калібру на основі аналізу теплових та напружено-деформованих станів у процесі експлуатації. Розглянуто вплив геометричних параметрів профілю, товщини стінок і конструктивних елементів на розподіл температур та формування термічних напружень.

Показано, що напівкруглий профіль калібру сприяє більш рівномірному розподілу теплових потоків і зниженню концентрації напружень у зонах максимального теплового впливу. Це забезпечує підвищення стійкості кокілів до термічної втоми та утворення тріщин.

Встановлено, що оптимізація конструкції, зокрема співвідношення товщини стінок і радіусів кривизни профілю, дозволяє зменшити температурні градієнти та підвищити ресурс роботи кокілів. Важливим фактором є також вибір матеріалу з урахуванням його теплопровідності та здатності до релаксації напружень.

Показано, що науково обґрунтована оптимізація конструкції чавунних кокілів дозволяє підвищити їх експлуатаційну стійкість, зменшити частоту виходу з ладу та забезпечити стабільність параметрів прокатного процесу.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та модернізації кокілів для підвищення ефективності виробництва прокатних валків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ РІДКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЧАС СПІКАННЯ ПІНОПОЛІСТИРОЛОВИХ МОДЕЛЕЙ

Артеменко В.О., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Пінополістиролові моделі широко застосовуються у технології лиття за газифікованими моделями завдяки простоті виготовлення та можливості отримання

складних геометричних форм. Якість моделей визначається умовами спікання гранул, серед яких важливу роль відіграє температура рідкого середовища, що забезпечує теплопередачу та активацію процесів зварювання частинок.

У роботі досліджено вплив температури рідкого середовища на тривалість спікання та структурні характеристики пінополістиролових моделей. Розглянуто механізми теплопереносу, розм'якшення полімеру та дифузійного зварювання гранул у процесі формування суцільної структури.

Встановлено, що підвищення температури середовища інтенсифікує процеси теплопередачі та прискорює досягнення температури розм'якшення полістиролу, що призводить до скорочення часу спікання. Водночас надмірне підвищення температури викликає перегрів і деформацію структури моделей, що негативно впливає на точність геометрії.

Показано, що процес спікання визначається балансом між швидкістю нагріву гранул та стабільністю їх форми, а також залежить від розміру частинок і умов теплообміну. Оптимальний температурний режим забезпечує рівномірне з'єднання гранул, формування однорідної структури та мінімізацію внутрішніх дефектів.

Встановлено, що раціональний вибір температури рідкого середовища дозволяє зменшити час виготовлення моделей, підвищити їх міцність і забезпечити стабільність геометричних параметрів.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технології виготовлення пінополістиролових моделей і підвищення якості виливків при застосуванні газифікованих форм.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВУ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ Й ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛУ

Захарченко І.І., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Електрошлаковий переплав (ЕШП) є одним із найбільш ефективних методів вторинної металургії, що забезпечує отримання високоякісних сталей із підвищеною чистотою та однорідністю структури. Процес базується на плавленні електрода в шарі електропровідного шлаку, який виконує функції рафінування та теплового регулювання.

У роботі досліджено закономірності електрошлакового переплаву легованих сталей та їх вплив на формування структури і властивостей металу. Розглянуто процеси рафінування, включаючи видалення неметалевих включень, десульфурацію та дегазацію, а також умови кристалізації металу у водоохолоджуваному кристалізаторі.

Показано, що проходження металу через шлакову ванну сприяє очищенню від неметалевих включень за рахунок їх розчинення та коагуляції у шлаку. Одночасно забезпечується стабілізація температурного режиму, що створює умови для спрямованої кристалізації та формування щільної структури без усадкових дефектів.

Встановлено, що швидкість переплаву, склад шлаку та теплові умови процесу визначають морфологію кристалічної структури, ступінь ліквації та розподіл легуючих елементів. Оптимізація цих параметрів дозволяє отримати дрібнозернисту та однорідну структуру металу.

Показано, що застосування ЕШП сприяє підвищенню механічних властивостей сталей, зокрема міцності, пластичності та втомної довговічності, за рахунок зниження кількості дефектів і підвищення чистоти металу.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технології електрошлакового переплаву та підвищення якості легованих сталей, що застосовуються у відповідальних конструкціях.

ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Al–Ni–Cr–Fe–Cu

Корочанський С.С., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Високоентропійні сплави (ВЕС) є новим класом матеріалів, що характеризуються багатокомпонентним складом і формуванням твердих розчинів заміщення замість традиційних складних фаз. Особливістю системи Al–Ni–Cr–Fe–Cu є поєднання елементів із різною хімічною спорідненістю, що визначає складні механізми фазоутворення.

У роботі досліджено особливості одержання та закономірності структурно-фазового формування ВЕС системи Al–Ni–Cr–Fe–Cu при литті. Розглянуто вплив хімічного складу та умов кристалізації на формування фазової структури та розподіл компонентів.

Показано, що при кристалізації сплавів відбувається утворення багатофазної структури, яка включає тверді розчини з кубічною об’ємноцентрованою (BCC) та гранецентрованою (FCC) ґратками, а також можливе виділення інтерметалідних фаз. Наявність міді сприяє сегрегаційним процесам і формуванню окремих фазових областей.

Встановлено, що швидкість охолодження суттєво впливає на дисперсність структури та ступінь ліквації. Інтенсифікація охолодження сприяє подрібненню зерна та більш рівномірному розподілу елементів у структурі.

Показано, що формування фазового складу визначається конкуренцією між ентропійним стабілізуючим фактором і ентальпійними ефектами взаємодії компонентів, що обумовлює складну морфологію структури.

Отримані результати можуть бути використані для керування структурою та властивостями високоентропійних сплавів шляхом оптимізації складу та умов лиття, що відкриває перспективи їх застосування у відповідальних конструкціях.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛИВАРНОЇ БРОНЗИ

Котловський О.І., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Ливарні бронзи широко застосовуються в машинобудуванні завдяки поєднанню високої міцності, зносостійкості та корозійної стійкості. Їх експлуатаційні властивості значною мірою визначаються особливостями структуроутворення, що відбувається під час кристалізації та подальшого охолодження сплаву.

У роботі досліджено механізми формування структури ливарних бронз та їх вплив на фізико-механічні властивості. Розглянуто процеси зародження та росту кристалів, формування дендритної структури, а також розвиток міждендритної сегрегації та вторинних фаз.

Показано, що структуроутворення бронз визначається умовами кристалізації, зокрема швидкістю охолодження, температурними градієнтами та хімічним складом сплаву. Формування пересиченої α-твердої розчину та виділення вторинних фаз обумовлює зміцнення матеріалу, але може призводити до зниження пластичності.

Встановлено, що морфологія та об'ємна частка вторинних фаз істотно впливають на механічні властивості бронз. Дрібнодисперсна структура сприяє підвищенню міцності та зносостійкості, тоді як крупні виділення та виражена сегрегація можуть знижувати однорідність і сприяти утворенню дефектів.

Показано, що керування процесами кристалізації та структуроутворення дозволяє цілеспрямовано формувати комплекс властивостей ливарних бронз. Оптимізація складу та умов охолодження забезпечує підвищення їх експлуатаційної надійності.

Отримані результати можуть бути використані для розробки ефективних технологій лиття бронз із заданими механічними та корозійними властивостями.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ

Лісовець О.О., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Стержневі суміші є важливим елементом ливарного виробництва, проте їх використання супроводжується утворенням значної кількості відпрацьованих матеріалів. Повторне використання таких сумішей є актуальним завданням, спрямованим на зниження витрат і мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище.

У роботі досліджено ресурсний потенціал повторного використання стрижневих сумішей із урахуванням змін їх технологічних і фізико-механічних властивостей після експлуатації. Розглянуто процеси деградації зв'язуючих компонентів, зміни поверхні зерен наповнювача та вплив залишкових продуктів термічного розкладання.

Встановлено, що повторне використання сумішей без регенерації призводить до зниження міцності та погіршення газопроникності внаслідок накопичення залишків зв'язуючого та дрібнодисперсних частинок. Разом з тим застосування механічної або термічної регенерації дозволяє частково відновити властивості сумішей.

Показано, що ефективність повторного використання визначається ступенем очищення зерен піску, збереженням їх гранулометричного складу та стабільністю міжзеренного контакту. Оптимізація процесів регенерації дозволяє досягти прийнятного рівня технологічних властивостей при зниженні витрат первинних матеріалів.

Встановлено, що раціональне поєднання свіжих і регенерованих компонентів забезпечує стабільність властивостей стрижневих сумішей та дозволяє підвищити ефективність їх використання.

Отримані результати можуть бути використані для впровадження ресурсозберігаючих технологій у ливарному виробництві та підвищення його екологічної безпеки.

АНАЛІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САПР

Макеєв А.Б. , керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Сучасне ливарне виробництво потребує високої точності, скорочення термінів підготовки виробництва та мінімізації дефектів виливків. Одним із ефективних інструментів досягнення цих цілей є використання систем автоматизованого проектування (САПР), що дозволяють здійснювати комплексне моделювання процесу лиття.

У роботі проведено аналіз виготовлення ливарних форм із застосуванням САПР. Розглянуто можливості комп'ютерного моделювання геометрії виливка, ливниково-живильної системи та процесів заповнення форми і кристалізації металу. Особливу увагу приділено використанню числових методів для прогнозування дефектів.

Показано, що застосування САПР дозволяє визначити оптимальні конструктивні параметри форми ще на стадії проектування, зокрема розташування ливників, живильників і каналів подачі металу. Це сприяє зменшенню усадкових дефектів, газової пористості та нерівномірності структури.

Встановлено, що використання цифрових моделей забезпечує можливість аналізу теплових і гідродинамічних процесів, що дозволяє оптимізувати умови кристалізації та підвищити якість виливків. Водночас ефективність застосування САПР залежить від точності вихідних даних і адекватності математичних моделей.

Показано, що впровадження систем автоматизованого проектування дозволяє скоротити тривалість підготовки виробництва, знизити матеріальні витрати та підвищити конкурентоспроможність продукції.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технології виготовлення ливарних форм і підвищення ефективності виробничих процесів.

АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ГАРЯЧЕЛАМКОСТІ В МІДНИХ СПЛАВАХ

Маневич Д.О., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Гарячеламкість є одним із найбільш небезпечних дефектів литих виробів із мідних сплавів, що проявляється у вигляді тріщин, які формуються в інтервалі кристалізації при одночасній дії температурних деформацій і внутрішніх напружень. Її виникнення обумовлюється поєднанням структурних, термодинамічних та кінетичних факторів.

У роботі проаналізовано основні аспекти формування гарячеламкості в багатокомпонентних мідних сплавах. Розглянуто вплив ширини інтервалу кристалізації, об'ємної частки рідкої фази, морфології дендритної структури та характеру міждендритного живлення на стійкість металу до утворення тріщин.

Показано, що у критичному температурному інтервалі, коли формується твердий каркас дендритів при збереженні тонких прошарків рідкої фази, знижується здатність сплаву до релаксації усадкових деформацій. У цих умовах виникають локальні напруження, які перевищують міцність міждендритних зв'язків, що призводить до зародження та розвитку гарячих тріщин.

Встановлено, що підвищення ширини інтервалу кристалізації, наявність низькоплавких евтектик та сегрегаційних зон підвищують схильність сплавів до гарячеламкості. Водночас подрібнення зерна, оптимізація хімічного складу та покращення умов живлення відливка сприяють зниженню дефектності.

Показано, що керування процесами структуроутворення та тепловими умовами кристалізації дозволяє ефективно зменшити ризик виникнення гарячих тріщин у мідних сплавах. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації складів і технологій лиття з метою підвищення якості виливків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБНИХ ПРОТЕЗІВ МЕТОДОМ ОЧНОГО ЛИТТЯ

Маркотенко І.С., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Метод точного лиття (інвестиційного лиття) широко застосовується у стоматології для виготовлення незнімних зубних протезів завдяки високій точності відтворення геометрії, можливості отримання складних форм і забезпеченню якісної поверхні виробів. Вимоги до таких виробів включають високу біосумісність, механічну міцність і точність посадки.

У роботі досліджено технологічні та структурні аспекти виготовлення зубних протезів методом точного лиття. Розглянуто вплив складу модельних матеріалів, параметрів виплавлення, характеристик інвестиційної маси та режимів заливання на якість відливок.

Показано, що точність геометрії протезів значною мірою визначається стабільністю розмірів воскових моделей і термічним розширенням інвестиційної форми. Контроль температурних режимів випалювання форми та заливання металу забезпечує рівномірне заповнення порожнини та зменшення дефектів.

Встановлено, що мікроструктура металу, сформована в процесі кристалізації, визначає механічні властивості протезів, їх зносостійкість і довговічність. Використання оптимальних режимів лиття дозволяє знизити пористість і покращити якість поверхні виробів.

Показано, що вдосконалення технологічних параметрів точного лиття забезпечує підвищення точності, надійності та експлуатаційних характеристик зубних протезів. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації стоматологічних технологій і підвищення якості медичних виробів.

ВПЛИВ ОБРОБКИ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ НА ЇХ МІЦНІСТЬ

Міронов О.С., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Оболонкові форми широко застосовуються у ливарному виробництві завдяки високій точності, гладкості поверхні та стабільності геометричних параметрів. Їх міцність є одним із ключових факторів, що визначає здатність витримувати механічні та термічні навантаження під час транспортування, складання та заливання розплаву.

У роботі досліджено вплив різних видів обробки оболонкових форм на їх фізико-механічні властивості. Розглянуто особливості термічної обробки, режими полімеризації смоляного зв’язуючого, а також вплив додаткового прогріву та сушіння на формування структури оболонки.

Встановлено, що термічна обробка сприяє завершенню процесів полімеризації зв’язуючого та формуванню більш жорсткого міжзеренного каркасу, що забезпечує підвищення міцності форм. Оптимізація температури та часу витримки дозволяє досягти рівномірного розподілу напружень і мінімізувати ризик утворення тріщин.

Показано, що надмірна термічна обробка може призводити до крихкості оболонок внаслідок деградації полімерного зв’язуючого та виникнення внутрішніх напружень. Водночас недостатня обробка не забезпечує необхідного рівня міцності, що негативно впливає на експлуатаційні характеристики форм.

Встановлено, що раціональний вибір режимів обробки дозволяє підвищити міцність оболонкових форм, забезпечити їх стабільність під час лиття та знизити ймовірність виникнення дефектів у виливках.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технології виготовлення оболонкових форм і підвищення ефективності ливарного виробництва.

ВПЛИВ 3D-ДРУКУ МОДЕЛЕЙ НА ЯКІСТЬ ВИЛИВКІВ

Салов В.С., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Використання адитивних технологій, зокрема 3D-друку, у ливарному виробництві є перспективним напрямом, що дозволяє значно спростити та прискорити процес виготовлення моделей складної геометрії. Застосування таких технологій забезпечує високу точність відтворення конструкції та розширює можливості проектування ливарних виробів.

У роботі досліджено вплив параметрів 3D-друку моделей на якість отриманих виливків. Розглянуто вплив типу матеріалу, товщини шару, орієнтації моделі під час друку та режимів побудови на точність геометрії, шорсткість поверхні та стабільність розмірів моделей.

Встановлено, що якість поверхні та точність 3D-друкованих моделей безпосередньо визначають стан поверхні форми та, відповідно, якість поверхні виливків. Зменшення товщини шару та оптимізація параметрів друку сприяють зниженню шорсткості та підвищенню точності відтворення деталей.

Показано, що використання адитивних моделей дозволяє зменшити кількість технологічних операцій, скоротити час підготовки виробництва та підвищити гнучкість технологічного процесу. Водночас особливості структури друкованих матеріалів можуть впливати на процеси газоутворення та взаємодії з формувальними матеріалами.

Встановлено, що оптимізація параметрів 3D-друку моделей дозволяє покращити якість виливків, знизити рівень дефектності та підвищити ефективність ливарного виробництва.

Отримані результати можуть бути використані для впровадження адитивних технологій у практику виготовлення ливарної оснастки та моделей.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СТАЛЕЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Філоненко Д.О. , керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Сталеливарне виробництво є однією з ключових галузей металургії, що забезпечує виготовлення відповідальних деталей для машинобудування, енергетики та інших сфер промисловості. Сучасні вимоги до якості продукції та ефективності виробництва зумовлюють необхідність впровадження інноваційних технологій лиття сталі.

У роботі проведено аналіз сучасних технологій сталеливарного виробництва, зокрема лиття у піщані форми, кокільне лиття, лиття за виплавлюваними моделями, а також безперервне лиття сталі. Розглянуто їх технологічні особливості, переваги та обмеження з точки зору якості виливків, економічної ефективності та екологічних аспектів.

Показано, що традиційні методи лиття забезпечують універсальність і можливість виготовлення складних виробів, однак супроводжуються підвищеною дефектністю та значними витратами на обробку. Водночас сучасні технології, такі як безперервне лиття та застосування вакуумування, дозволяють суттєво підвищити якість металу за рахунок зниження пористості, газонасиченості та неметалевих включень.

Встановлено, що ефективність технологій значною мірою визначається можливістю керування процесами кристалізації, тепломасообміну та

структуроутворення. Використання комп'ютерного моделювання та автоматизованих систем управління дозволяє оптимізувати параметри лиття та зменшити ризик виникнення дефектів.

Показано, що подальший розвиток сталеливарного виробництва пов'язаний із впровадженням енергоефективних та екологічно безпечних технологій, а також інтеграцією цифрових рішень у виробничі процеси.

Отримані результати можуть бути використані для вибору оптимальних технологій лиття та підвищення конкурентоспроможності продукції металургійної галузі.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЛИТТЯ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВПЛИВОМ

Шаповал Д.П. , керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій

Підвищення якості литих виробів безпосередньо пов'язане з можливістю керування процесами кристалізації та формування структури металу. Одним із ефективних напрямів є застосування електричних та електромагнітних методів впливу на розплав, що дозволяє змінювати умови тепломасообміну та гідродинаміки в зоні тверднення.

У роботі проведено аналіз сучасних технологій лиття з електромагнітним впливом, зокрема електромагнітного перемішування, електромагнітної обробки під час кристалізації, а також використання магнітогідродинамічних ефектів для керування потоками розплаву. Розглянуто фізичні основи цих процесів, пов'язані з виникненням об'ємних сил Лоренца в провідному середовищі.

Показано, що електромагнітний вплив сприяє інтенсифікації перемішування розплаву, вирівнюванню температурного поля та зменшенню концентраційної неоднорідності. Це забезпечує більш стабільний фронт кристалізації, подрібнення зерна та формування рівномірної структури металу.

Встановлено, що застосування електромагнітних технологій дозволяє знизити схильність до утворення дефектів, таких як газова пористість, ліквація та усадкові раковини. Ефективність цих методів визначається параметрами електромагнітного поля, електропровідністю розплаву та умовами тепловідведення.

Разом з тим надмірний вплив може призводити до турбулізації потоків і нестабільності процесу тверднення, що потребує оптимізації режимів обробки.

Показано, що використання електромагнітного впливу відкриває широкі можливості для керування структурою металів і підвищення якості литих виробів. Отримані результати можуть бути використані для впровадження інноваційних технологій у ливарному виробництві.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТАЛОФОСФАТНИХ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ХТС

Ахметов М.І. , керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Ливарне виробництво є важливою складовою сучасної промисловості, що потребує вдосконалення матеріалів та технологій. Особливу увагу приділяють формувальним сумішам, оскільки їхні властивості визначають якість виливків.

У роботі розглянуто основні фактори, що впливають на технологічні та фізико-механічні характеристики сумішей. Проаналізовано вплив складу, типу зв'язуючих компонентів та умов обробки на їхню міцність, термостійкість і експлуатаційні властивості.

Встановлено, що оптимізація складу сумішей дозволяє підвищити їхню ефективність, зменшити кількість дефектів у виливках та покращити екологічні показники виробництва. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення технологій виготовлення форм і стрижнів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ НА ОСНОВІ СМОЛ НА ВЛАСТИВОСТІ ХТС

Клочко П.П. ,керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Холоднотвердіючі суміші (ХТС) є одним із найбільш поширених типів формувальних матеріалів у сучасному ливарному виробництві завдяки високій точності відтворення геометрії виливків та стабільності технологічних властивостей. Значний вплив на їх характеристики має тип зв'язуючого, серед яких важливе місце займають смоляні системи.

Зв'язуючі на основі синтетичних смол (фуранових, фенолоформальдегідних тощо) забезпечують формування міцної структурної сітки за рахунок полімеризаційних процесів. Однак їх застосування пов'язане як з покращенням фізико-механічних характеристик сумішей, так і з рядом технологічних та екологічних обмежень.

У роботі проаналізовано вплив типу смоли, її концентрації та умов твердіння на технологічні властивості ХТС, зокрема текучість, живучість, час твердіння та формувальну здатність. Досліджено зміни фізико-механічних показників, таких як міцність при стиску, газопроникність і термостійкість.

Встановлено, що використання смоляних зв'язуючих сприяє значному підвищенню міцності форм і стрижнів, що забезпечує зменшення деформацій і руйнування під час заливання металу. Разом з тим підвищення вмісту смоли призводить до зниження газопроникності та ускладнення вибивання форм, що може спричиняти утворення газових дефектів у виливках.

Показано, що оптимізація складу ХТС із використанням смоляних зв'язуючих дозволяє досягти балансу між міцністю, газопроникністю та вибивністю, що є визначальним для забезпечення високої якості виливків. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологічних процесів у ливарному виробництві та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СКЛАДУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РСС

Коваленко М.О. , керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Рідкі самотвердіючі суміші (РСС) широко застосовуються у ливарному виробництві завдяки високій текучості, здатності до самоущільнення та забезпеченню високої якості поверхні виливків. Одним із визначальних факторів, що формують їх технологічні властивості, є склад суміші, зокрема співвідношення зв'язуючого, наповнювача та активаторів твердіння.

У роботі проведено аналіз впливу складу РСС на їх основні технологічні характеристики, такі як текучість, живучість, швидкість твердіння та формувальна здатність. Розглянуто роль концентрації рідкого скла, вмісту води, типу отверджувача та дисперсності піску у формуванні реологічних властивостей сумішей.

Встановлено, що підвищення вмісту зв'язуючого сприяє зростанню міцності після твердіння, однак супроводжується збільшенням в'язкості суміші та зниженням її текучості. Зменшення водовмісту призводить до прискорення процесів твердіння, але

може погіршувати формувальну здатність і рівномірність ущільнення. Важливу роль відіграє також гранулометричний склад наповнювача, який визначає структуру порового простору та газопроникність сумішей.

Показано, що технологічні властивості РСС формуються внаслідок складної взаємодії компонентів, що визначає кінетику структуроутворення та формування просторової силікатної сітки. Оптимізація складу дозволяє досягти необхідного балансу між текучістю, швидкістю твердіння та кінцевою міцністю.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення складів рідких самотвердіючих сумішей, підвищення якості виливків та зниження технологічних дефектів у ливарному виробництві.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДИСПЕРСНОГО ПІРОВУГЛЕЦЮ НА ВЛАСТИВОСТІ ЛИВАРНИХ СУМІШЕЙ

Коврига Д.А. , керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Ливарні формувальні суміші є складними багатокомпонентними системами, властивості яких визначаються не лише типом зв’язуючого та наповнювача, але й наявністю функціональних добавок. Однією з таких добавок є дисперсний піровуглець, який використовується для покращення якості поверхні виливків та зниження схильності до пригару.

Піровуглець утворюється внаслідок термічного розкладання органічних компонентів і має високорозвинену поверхню та значну адсорбційну здатність. Його введення в склад формувальних сумішей впливає на процеси тепломасообміну, газоутворення та взаємодію між формою і розплавом металу.

У роботі проведено аналіз впливу дисперсного піровуглецю на технологічні та фізико-механічні властивості ливарних сумішей. Розглянуто зміни газопроникності, міцності, термостійкості та протипригарних властивостей при варіюванні вмісту та дисперсності піровуглецю.

Встановлено, що введення піровуглецю сприяє формуванню на поверхні форми захисного вуглецевого шару, який зменшує хімічну взаємодію розплаву з формувальним матеріалом і запобігає утворенню пригару. Крім того, піровуглець покращує розподіл газів у поровому просторі, що позитивно впливає на газопроникність суміші.

Разом з тим надмірний вміст дисперсного піровуглецю може призводити до зниження міцності сумішей через порушення контактів між зернами наповнювача та збільшення пористості структури. Це обумовлює необхідність оптимізації його концентрації.

Показано, що раціональний підбір вмісту та дисперсності піровуглецю дозволяє покращити якість поверхні виливків, знизити дефектність та підвищити ефективність ливарного виробництва.

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАРГАНЦЕВМІСНОГО МАТЕРІАЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ХТС

Кононенко Є.В., керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Холоднотвердіючі суміші (ХТС) широко застосовуються у ливарному виробництві завдяки високій точності формоутворення та стабільності властивостей. Важливим

напрямом їх удосконалення є введення функціональних добавок, здатних модифікувати структуру суміші та впливати на її технологічні та експлуатаційні характеристики.

Одним із перспективних підходів є використання марганцевмісних матеріалів, які можуть виступати як активні мінеральні добавки, що впливають на процеси твердіння та формування міжзеренного зв'язку. Наявність сполук марганцю здатна змінювати кінетику хімічних реакцій у системі, а також впливати на термостійкість і газоутворення.

У роботі проведено аналіз впливу дисперсного марганцевмісного матеріалу на технологічні властивості ХТС, зокрема текучість, живучість, швидкість твердіння та формувальну здатність. Досліджено зміни фізико-механічних характеристик, таких як міцність при стиску, термостійкість і газопроникність сумішей.

Встановлено, що введення марганцевмісної добавки сприяє підвищенню міцності сумішей за рахунок інтенсифікації процесів структуроутворення та формування більш розвиненої контактної сітки між зернами наповнювача. Одночасно відзначається покращення термостійкості сумішей та зниження схильності до утворення пригару за рахунок утворення захисних оксидних фаз.

Разом з тим надмірний вміст марганцевмісного матеріалу може призводити до підвищення в'язкості суміші, зниження її текучості та ускладнення формоутворення, що потребує оптимізації його концентрації та дисперсності.

Показано, що раціональне використання марганцевмісних добавок дозволяє покращити комплекс технологічних і фізико-механічних властивостей ХТС, підвищити якість виливків та знизити рівень дефектності в ливарному виробництві.

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ХТС

Кучерявий С.В. , керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Холоднотвердіючі суміші (ХТС) широко використовуються у ливарному виробництві, проте їх застосування супроводжується накопиченням значної кількості відпрацьованих формувальних матеріалів. Ефективна регенерація таких сумішей є важливим завданням з точки зору економії ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У роботі проведено аналітичне дослідження існуючих методів регенерації ХТС, включаючи механічні, термічні та комбіновані способи. Розглянуто особливості руйнування зв'язуючого шару на поверхні зерен піску, а також вплив типу зв'язуючого (органічного або неорганічного) на ефективність процесу регенерації.

Показано, що механічна регенерація забезпечує часткове очищення зерен за рахунок абразивного впливу, однак не дозволяє повністю видалити залишки зв'язуючого. Термічні методи забезпечують більш глибоке очищення за рахунок вигоряння органічних компонентів, але супроводжуються значними енергетичними витратами та можливим погіршенням властивостей піску. Комбіновані методи дозволяють досягти більш високої ефективності за рахунок поєднання механічного та термічного впливу.

Встановлено, що ефективність регенерації визначається не лише способом обробки, але й структурним станом відпрацьованої суміші, ступенем зв'язаності міжзеренного каркасу та типом деградації зв'язуючого. При цьому важливим критерієм є збереження гранулометричного складу піску та його поверхневих властивостей.

Показано, що оптимізація методів регенерації дозволяє забезпечити повторне використання формувальних матеріалів без суттєвого погіршення їхніх технологічних

характеристик. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності ливарного виробництва та зниження екологічного навантаження.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЦИРКОНОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ВЛАСТИВОСТІ СУМІШЕЙ

Матвієнко М.О. , керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Ливарні формувальні суміші є складними дисперсними системами, властивості яких визначаються як складом компонентів, так і їх фізико-хімічними характеристиками. Одним із ефективних шляхів покращення якості виливків є використання цирконовмісних матеріалів як функціональних добавок або спеціальних наповнювачів.

Циркон ($ZrSiO_4$) характеризується високою вогнетривкістю, низьким коефіцієнтом термічного розширення та високою хімічною інертністю до розплавів металів. Завдяки цим властивостям його застосування дозволяє зменшити термічні деформації форм, підвищити стійкість до пригару та покращити якість поверхні виливків.

У роботі проведено дослідження впливу цирконовмісних матеріалів на технологічні та фізико-механічні властивості формувальних сумішей. Проаналізовано зміни текучості, газопроникності, міцності та термостійкості при введенні цирконових добавок різної дисперсності та концентрації.

Встановлено, що використання цирконовмісних матеріалів сприяє підвищенню термостійкості сумішей і зменшенню ймовірності утворення дефектів типу пригару та проникнення металу в поровий простір форми. Це обумовлено формуванням стабільного теплоізоляційного шару та зниженням інтенсивності теплових і хімічних взаємодій на межі «форма–розплав».

Разом з тим надмірний вміст цирконових матеріалів може призводити до зниження газопроникності та підвищення щільності суміші, що ускладнює відведення газів під час заливання. Це потребує оптимізації їхнього вмісту з урахуванням умов лиття.

Показано, що раціональне використання цирконовмісних матеріалів дозволяє значно підвищити якість виливків, покращити експлуатаційні характеристики форм і знизити рівень дефектності в ливарному виробництві.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИПРИГАРНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СТАЛЕВОГО ЛИТВА

Петін М.О., керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Пригар є одним із найбільш поширених дефектів сталевого литва, що виникає внаслідок фізико-хімічної взаємодії розплавленого металу з формувальним матеріалом. Його утворення призводить до погіршення якості поверхні виливків, збільшення обсягів механічної обробки та зниження економічної ефективності виробництва. Одним із ефективних способів запобігання цьому дефекту є використання протипригарних покриттів.

Протипригарні покриття формують на поверхні форми або стрижня бар’єрний шар, який зменшує змочування формувального матеріалу розплавом, обмежує дифузію компонентів і знижує інтенсивність теплового впливу. До їх складу входять вогнетривкі наповнювачі (графіт, циркон, шамот), зв’язуючі компоненти та рідинна основа (водна або спиртова).

У роботі проведено дослідження впливу складу протипригарних покриттів на їх технологічні та експлуатаційні властивості. Проаналізовано вплив типу наповнювача, товщини шару та способу нанесення на адгезію покриття, його термостійкість і ефективність захисту від пригару.

Встановлено, що застосування покриттів на основі високовогнетривких матеріалів сприяє формуванню стабільного теплоізоляційного шару, який зменшує глибину проникнення металу в пори форми та запобігає утворенню хімічного пригару. Водночас рівномірність нанесення та оптимальна товщина шару є критичними факторами, що визначають ефективність покриття.

Показано, що використання протипригарних покриттів дозволяє значно покращити якість поверхні сталевих виливків, знизити дефектність та підвищити ефективність ливарного виробництва. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації складів покриттів і технологій їх застосування в промислових умовах.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАР НА ВЛАСТИВОСТІ ПГС

Сидорчук О.В., керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Піщано-глинисті суміші (ПГС) є одним із найпоширеніших формувальних матеріалів у ливарному виробництві завдяки простоті складу, доступності компонентів і задовільним технологічним властивостям. Важливу роль у формуванні їх структури та експлуатаційних характеристик відіграє взаємодія між водою, глинистими частинками та поверхнею зерен піску, яка може бути модифікована введенням поверхнево-активних речовин (ПАР).

ПАР здатні змінювати міжфазну енергію на межі «вода – тверда фаза», що впливає на змочуваність зерен піску, диспергування глинистих частинок і формування структурних зв’язків у суміші. Це дозволяє цілеспрямовано регулювати реологічні та механічні властивості ПГС.

У роботі проведено дослідження впливу ПАР на технологічні властивості піщано-глинистих сумішей, зокрема формувальну здатність, пластичність, текучість і ущільнюваність. Також проаналізовано зміни фізико-механічних характеристик, таких як міцність у сирому стані та газопроникність.

Встановлено, що введення ПАР сприяє покращенню змочування поверхні піску та більш рівномірному розподілу глинистих частинок, що призводить до підвищення однорідності структури суміші. Це забезпечує зростання міцності у сирому стані при одночасному покращенні формувальної здатності.

Разом з тим надмірна кількість ПАР може призводити до надлишкового зв’язування води, зниження газопроникності та підвищення схильності до утворення газових дефектів у виливках. Це обумовлює необхідність оптимізації їхнього вмісту.

Показано, що раціональне використання ПАР дозволяє ефективно керувати структурою та властивостями ПГС, підвищити якість форм і знизити рівень дефектності литих виробів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІТЧИЗНЯНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА ПБС

Симоненко Р.О., керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Піщано-бентонітові суміші (ПБС) є базовими формувальними матеріалами у ливарному виробництві, властивості яких значною мірою визначаються характеристиками наповнювача. Використання вітчизняних матеріалів є актуальним завданням у контексті зниження собівартості продукції та підвищення ресурсної незалежності виробництва.

Основними параметрами наповнювачів, що впливають на властивості ПБС, є гранулометричний склад, форма та шорсткість зерен, мінералогічний склад і наявність домішок. Ці фактори визначають умови формування контактів між зернами, розподіл бентоніту та води, а також структуру порового простору суміші.

У роботі проведено дослідження впливу вітчизняних наповнювачів різного походження на технологічні та фізико-механічні властивості ПБС. Проаналізовано зміни формувальної здатності, пластичності, ущільнюваності, міцності у сирому стані та газопроникності.

Встановлено, що використання наповнювачів із оптимальним гранулометричним складом і округлою формою зерен сприяє покращенню ущільнюваності та формувальної здатності сумішей. Водночас наявність дрібнодисперсних фракцій підвищує міцність за рахунок збільшення контактної поверхні, але може призводити до зниження газопроникності.

Показано, що мінералогічний склад наповнювачів істотно впливає на ефективність взаємодії з бентонітом, що визначає стабільність структури ПБС і їх здатність до багаторазового використання. Оптимізація складу наповнювачів дозволяє досягти балансу між міцністю, газопроникністю та технологічністю сумішей.

Отримані результати можуть бути використані для обґрунтованого вибору вітчизняних наповнювачів, підвищення ефективності ливарного виробництва та зниження його економічних і екологічних витрат.

МЕТОДИ ЛИТТЯ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВПЛИВОМ

Чумак М.В., керівник доц. Осипенко І.О.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні вимоги до якості литих виробів обумовлюють необхідність удосконалення технологій лиття, спрямованих на керування процесами кристалізації та формування структури металу. Одним із перспективних напрямів є використання електромагнітного впливу на розплав, що дозволяє цілеспрямовано змінювати його гідродинамічний та тепловий стан.

Електромагнітні методи лиття базуються на взаємодії електричного струму та магнітного поля, що призводить до виникнення об’ємних сил (сил Лоренца) у рідкому металі. Це забезпечує електромагнітне перемішування розплаву, вирівнювання температурного поля та зменшення ліквацийних процесів.

У роботі проаналізовано основні методи лиття з використанням електромагнітного впливу, зокрема електромагнітне перемішування, електромагнітну обробку під час кристалізації та використання магнітогідродинамічних ефектів для керування потоком розплаву у формі. Розглянуто вплив цих методів на структуру, пористість і механічні властивості виливків.

Встановлено, що електромагнітний вплив сприяє подрібненню зерна, формуванню більш рівномірної структури та зниженню дефектності за рахунок зменшення газової

пористості та усадкових дефектів. Це обумовлено інтенсифікацією тепломасообміну та стабілізацією фронту кристалізації.

Разом з тим ефективність електромагнітних методів залежить від параметрів поля (індукції, частоти), електропровідності розплаву та геометрії виливка. Невідповідність цих параметрів може призводити до турбулізації потоку та появи додаткових дефектів.

Показано, що раціональне використання електромагнітного впливу дозволяє значно підвищити якість виливків, покращити їх механічні властивості та знизити витрати на подальшу обробку. Отримані результати можуть бути використані для впровадження інноваційних технологій у ливарному виробництві.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ВИНИКНЕННЯ ПРИГАРУ НА СТАЛЬНИХ ВИЛИВКАХ

Задорожний В.М., керівник доц. Доценко Ю.В.
Український державний університет науки і технологій

Пригар на виливках є одним з найпоширеніших дефектів, що значно збільшує трудомісткість обрубних й очисних робіт.

Протягом багатьох років ливарники вивчають механізм утворення пригару й розробляють методи боротьби з ним. Однак дотепер ще не знайдені способи повного усунення пригару у всіх випадках практики. Таке положення порозумівається надзвичайною складністю процесів, що відбуваються на поверхні розділу метал-форма й, що приводять до утворення пригару.

Пригаром звичайно називають неметалічну кірку, міцно утримувану на поверхні виливка яка складається із зерен формувального матеріалу й цементуючої речовини.

Поділ пригару на різні види, є умовним, і в реальних виливках можна виявити одночасне існування всіх або, принаймні, двох видів пригарів. Отже, пригар на виливках завжди буває комбінованим. В умовах форми заливаємої металом, що, у більшому або меншому ступені покритий окислами, що різко міняють характер проникнення металу в пори формувальної суміші. Встановлено, що розплав, що проникає у пори форми, покритий плівкою окислів заліза. Отже, механічному пригару супроводжує й сприяє хімічний пригар.

Однак не всякий пригар викликає необхідність боротьби з ним. Часто кірка пригару, яка утворилася легко відокремлюється від виливки при наступному охолодженні. Це так званий пригар, який легко відділити. Іноді боротьба із пригаром зводиться не до попередження утворення пригару, а до одержання пригару, який легко відділити замість того, який важко відділити.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ МОДИФІКУВАННЯ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Al-Si ПРЕПАРАТАМИ ЯКІ МІСТЯТЬ СІРКУ ТА СТРОНЦІЙ

Русанов Д.О., керівник доц. Доценко Ю.В.
Український державний університет науки і технологій

Найважливішими технічними операціями при виробництві якісного алюмінієвого лиття є рафінування і модифікування. В даний час на перше місце вийшли комплексні переплави, які дозволяють сполучати очищення розплаву від газів, неметалічних включень і одержання заданої структури металу. Зокрема, слід зазначити позитивну дію препаратів, що містять сірку на структурні складові, фізико-механічні і технологічні властивості силумінів.

Сірка та сполучення, що її містять введені в розплав, перетерплюють термічну дисоціацію, перехід у газоподібний стан з утворенням великої кількості високодисперсних пухирців рафінуючих газів (у т.ч. газоподібної сірки). Рафінування розплаву протікає як за рахунок адсорбційно-флотаційних процесів при спливанні пухирців рафінуючого газу, так і за рахунок хімічного зв'язування водню, що знаходиться в розплаві. Розрахунки показують, що обробка 500 кг алюмінієвого розплаву добавкою 0,05 % сірки викликає утворення газоподібного продукту, обсяг якого в 1,5...2,0 рази перевищує обсяг аргону, що продувається через розплав тієї ж маси протягом 7...10 хв. Таким чином, сірка і її з'єднання є ефективними рафінуючими присадками в алюмінієвих сплавах.

Загальновизнаним є і дія сірки, що модифікує, на включення первинного кремнію в заевтектичних силумінах. По ефективності модифікування даних сплавів сірка уступає тільки добавкам фосфору.

Дослідженнями встановлена можливість зміни пластинчастої форми включень залізовмісних фаз в алюмінієвих сплавах на рівноосну під дією сірки при дотриманні масового відношення Mn:Fe>0,5. Це відкриває перспективи більш широкого використання вторинних силумінів для виливків відповідального призначення, оскільки по своїм властивостям у даному випадку вони не уступають первинним аналогам.

Тому вивчення механізму впливу сірки і препаратів на її основі на механічні, ливарні властивості, а також на структуроутворення сплавів системи Al-Si є актуальною задачею.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Al-Si

Федюков І.С., керівник доц. Доценко Ю.В.
Український державний університет науки і технологій

При плавці алюмінієвих сплавів особливо шкідлива взаємодія розплаву з парами води, тому що вона сприяє одночасному забрудненню їх оксидами і воднем. Для запобігання цього вживають заходи по видаленню вологи з футеровки плавильних печей і різних разливальних пристроїв, покривних, що рафінують і модифікують флюсів, фарбують плавильно - разливальний інструмент; очищають і сушать шихтові матеріали. Однак як би ретельно не проводилася плавка на повітрі, алюмінієві розплави завжди виявляються забрудненими оксидами, нітридами, воднем, включеннями шлаку і флюсу.

Неметалічні включення присутні в алюмінієвих розплавах як у виді нерівномірно розподілених по об’єму макроскопічних великих часток і плін, так і у виді тонкодисперсних суспензій, розподілених по об’єму відносно рівномірно.

Великі неметалічні включення і плівки з локальним характером розподілу найбільш шкідливі, тому що в місцях їхнього перебування послабляється перетин виливка, утворюються несплошності, що приводять до появи течі, корозії, знижуються пластичні властивості сплавів. Ці включення, будучи концентраторами напруг, сприяють розтріскуванню виливків. У злитках великі включення і плівки є очагами утворення розшарувань при пластичній деформації. Тонкодисперсні неметалічні включення впливають на структуру виливків і полегшують утворення газових міхурів при охолодженні газонасичених розплавів.

Наявність у виливках розчинених газів - причина утворення газової шпаристості. Гранично припустимий вміст водню в алюмінієвих сплавах 0,1-0,3 $см^3$/100 г. Шпаристість сплавів небезпечна тим, що при обробці злитків тиском вона сприяє

розвиткові розшарувань у зонах плину металу. Розшарування різко знижують пластичність виробів і тому зовсім неприпустимі в навантажених деталях. Тому процес рафінування є дуже актуальним.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПІЩАНО-БЕНТОНІТОВИХ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Шкіптань М.Г., керівник доц. Доценко Ю.В.
Український державний університет науки і технологій

На сьогоднішній день одним з ефективних і розповсюджених способів виробництва чавунних виливків є лиття в сирі піщано-бентонітові форми.

Останнім часом на українському ринку формувальних матеріалів намітилася тенденція до використання досить якісних, але і порівняно дорогих імпортних матеріалів типу компаундов для сирих піщано-бентонітових сумішей: Antrapur, Priocarbon, Policarbon (Німеччина) - компаунди на основі європейських - бентонітів з високою питомою міцністю й противопригарними матеріалами, що містять вуглець та забезпечують формувальній суміші достатню міцність і пластичність, високу якість поверхні чавунних виливків.

З аналізу літературних даних можна зробити висновок, що вітчизняні виробники, маючи величезну сировинну базу формувальних матеріалів на території України, не можуть запропонувати більш конкурентоздатних матеріалів. Тому на сьогоднішній день гостро встає задача ефективного використання і підвищення якості українських бентонітових глин, які б не уступали по своїм властивостям закордонним аналогам, розробка на їхній основі спеціалізованих продуктів - компаундів, які б дозволили спростити технологічні процеси роботи з піщано - бентонітовими сумішами (ПБС) і забезпечити високу якість виливків. Отже тема даної роботи є актуальною.

ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ НА ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ

Зіненко Є.І. , керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технології

Виконане дослідження щодо впливу молібдену, ніобію і титану на структуру і властивості валкових чавунів. Прокатні валки, що застосовуються у чистових клітях сортопрокатних станів нелеговані відбілені у багатьох випадках не задовольняють умови роботи через недостатньої глибини і твердості робочого шару. Збільшення глибини відбілу у робочому шарі обмежується відносно низькою вихідною відбілюваємостю чавуну і відносно невеликими діаметрами валків, у результаті чого перехідна зона розповсюджується до центру валка, знижуючи його експлуатаційну міцність. Крім того, збільшення відбілювання чавуну збільшує його схильність до тріщиноутворення; Встановлена кореляційна залежність твердості робочого шару валків від хімічного складу чавуну, яка показує, що підвищення твердості сприяє збільшенню вмісту у чавуні вуглецю, хрому і нікелю і зниження вмісту кремнію. За цією залежністю розглянута номограма, яка дозволяє за результатами хімічного аналізу оцінювати твердість валків, а також виробляти відповідну коректировку хімічного складу чавуну з метою отримання валків з необхідною твердістю робочого шару.

Підвищення твердості робочого шару вище 470 НВ призводить до зниження міцністних властивостей валків і вони частіше виходять з ладу за причиною поперечних поламок або викришування калібрів. Крім того, виробництво валків з підвищеною твердістю пов’язано із значним збільшенням ливарного браку за

тріщинами. Підвищена схильність цих валків щодо тріщиноутворення є наслідком великої транс кристалічності їх будови і низької міцності. З метою розуміння можливостей підвищення міцності чавуну і зниження транскристалічності розглянуто вплив на структуру і властивості хромонікелевого валкового чавуну карбідоутворюючих елементів – молібдену, ніобію, титану. Встановлено, що присадки ніобію у вигляді чистого металу і феросплаву, а також молібдену сприяє збільшеню відбілювання чавуну, при цьому ніобій, особливо присаджений у вигляді чистого металу, діє більш інтенсивно, ніж молібден. Вміст титану до 0.08% сприяє зменьшеню відбілювання чавуну. При вмісті більш 0.15% титан збільшує відбілювання чавуну. Вплив ніобію і титану на структуру у багатьох випадках аналогічне.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЛИТВА

Коваль В.Й. , керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технології

Виготовлення будь-якого металевого зубного протеза або апарату є складним процесом, у ході якого матеріал піддається різним механічним, термічним та хімічним впливам. У зв'язку з цим у металі відбуваються складні структурні перетворення і змінюються його фізико-хімічні властивості. Знання механізму та сутності зазначених процесів дає можливість керувати ними, регулювати та використовувати, у бажаному напрямку. Змінюючи режим технологічного процесу, можна з одного сплаву одержувати вироби з різними властивостями. У свою чергу зміна властивостей сплавів призводить до необхідності зміни прийомів роботи з ними, наприклад, при штампуванні, литті, поліруванні і т.д. Розглянуті найбільш часто зустрічаються помилки на різних етапах лиття, такі як: підбір діаметру літників і розташування об'єкта лиття в монеті, не відлиті ділянки лиття, металеві та неметалеві включення, злам об'єкта лиття, пористі об'єкти лиття та дефекти на поверхні об'єктів лиття, питання негативного впливу стоматологічних матеріалів ортопедичних конструкцій, у тому числі сплавів металів на стан ротової порожнини та організму пацієнта в цілому, що в даний час стало особливо актуально в клінічній практиці.

МОДИФІКУВАННЯ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ

Лубневський В.О. , керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технології

Одним з шляхів підвищення якості валків, зниження їх собівартості є застосування для виготовлення розплавів в сучасних плавильних агрегатах, а саме, в дугових і індукційних електропечей. Виплавка чавуну в електропечі дає можливість отримати його з заданим хімічним складом, необхідною температурою перегріву і з більш дешевих шихтових матеріалів. Великі можливості отримання високих службових властивостей валків є в використанні високохромістих чавунів, в додатковому легуванні рідкоземельними елементами та використання внутрішньофрменного модифікування. У виробництві виливків з сірого чавуну застосовуються, головним чином, графітізуючі модифікатори для подрібнення графіту, усунення відбіла транскристалічності, а іноді і частково сфероідизіруючі для утворення графіту сприятливої форми. Тому модифікування СЧ доцільно тільки при низькому вмісті вуглецю, кремнію та інших графітизуючіх елементів, або при підвищеній концентрації елементів, що перешкоджають графитизации, а також при високій термочасовій обробці рідкого чавуну, швидкому охолодженні, застосуванні в шихті великої кількості

стали і передільного чавуну. В умовах високого ΔТ і, отже при виробництві чавунів високих марок.

ВНУТРІШНЬОФОРМЕННЕ МОДИФІКУВАННЯ МАСИВНИХ ВИЛИВКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Багас І.О. , керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технології

Виконано аналіз процесів при модифікуванні валкового чавуну і наслідки впливу модифікування на прикладі чавунних прокатних валків. Дослідження експлуатаційної стійкості валков показало, що технологія виробництва чавунних прокатних валків потребує коректировки для підвищення міцності їх серцевинної зони, що дозволяє підвищити їх надійність при роботі на прокатних станах. Для підвищення якості литих валків необхідно застосовувати внутрішньоформене модифікування для підвищення міцності їх сердцьовини і шійок. Літературний огляд з питання графітизуючого внутрішньоформенного модифікування чавунних виливок та його впливу на структуру и властивості виливок на прикладі прокатних валків, показує, що робота за цим питанням потребує додаткової уваги та може стати новим ощадливим способом впливу на структуру і властивості виливків для металургійного обладнання.

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВОГО ЧАВУНУ

Войцеховський К.О., керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технології

В умовах внутрішньоформенного модифікування, коли до модифікуючої суміші застосовується не тільки ряд вимог, обумовлених чисто хімічної природою компонентів, але і висуваються вимоги технологічного характеру: мінімальна температура плавлення і при цьому висока температура кипіння, низька теплоємність модифікуючої суміші, стійкість до окислення до початку модифікування, найбільший інтерес представляють Al, Ca, Si, Cгр. У разі внутрішньоформенного модифікування масивних виливків, багато в чому вирішальним стає фактор швидкості засвоєння модифікатора, що особливо важливо в разі, коли потрібно отримати строго певне співвідношення не модифікованого і модифікованого шару в бочці прокатного валка. Модифікатори на основі алюмінію є легкоплавкими і мають високу швидкість ліквації в розплаві, що робить можливим їх широке застосування.

МОДИФІКОВАНІ ЧАВУНИ ДЛЯ ВИЛИВКІВ

Петраш І.В., керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Зазвичай такі дрібні виливки як тіла, що мелють, виготовляють із середньо- або високолегованих залізовуглецевих сплавів. Для тіл, що мелють, застосовували нелегований модифікований залізовуглецевий сплав. Плавку проводили в індукційній печі. Як модифікатор використовували комплексний модифікатор наступного складу, мас.%: рідкісноземельні метали 40,5; кремній 38,6; алюміній 5,8, залізо - решта. Модифікування проводили у розливних ківшах. Заливання кокільних ливарних форм проводили за температури розплаву 1280…1300°С. Показано доцільність застосування для модифікування дрібних чавунних виливків комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних металів.

Досліджували вплив модифікування, температури виливків при вибиванні з форм та швидкості охолодження після вибивання на властивості виливків. Оптимальним, у якому комплексний показник якості мав максимальне значення (0,828…0,837), був такий режим виготовлення виливків: а) модифікування розплавів комплексним модифікатором з рідкісноземельними металами; б) вибивання з форм виливків за температури 650…800°С; в) охолодження виливків після вибивання на повітрі. Комплексний показник якості виливків, виготовлених за такою технологією, підвищується на 58...60% порівняно з виливками серійного виробництва.

КОМП'ЮТЕРНІ АНІМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛИТТЯ ВИЛИВКІВ ДЛЯ СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЛИТВА

Мацерук І. М., керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Метою работи було виконання розробки анімаційних комп’ютерних моделей заливання форм та твердіння виливків з використанням програми GIF Animator.

Основним завданням цієї програми є створення ярких анімірованих моделей динамічних процесів, які можуть демонструватися за допомогою сучасної комп’ютерної та мультімедійної техніки, з метою оптимізації технології при моделюванні процесів складання та заливання форм при виготовленні виливків. За цього, суттєво скорочується період проектування дослідних процесів заливання та твердіння виливків.

Вивчено методичні особливості процедури та техніка анімаційного моделювання в GIF Animator. Обрано два виливка та розроблено до них технології ливарної форми.

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВОГО ЧАВУНУ ПІСЛЯ ВНУТРІШНЬОФОРМЕННОГО МОДИФІКУВАННЯ ТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Мудрак В.С., керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Чинна нині нормативно-технічна документація виготовлення прокатних валків не регламентує застосування конкретних режимів термічного оброблення. Дослідження проводили на зразках, вирізаних із робочого шару та нижньої шийки валків при їх механічній обробці. З режимів теплової обробки, що сприяють зміцненню чавунів, досліджували зміцнюючу низькотемпературну обробку, яка включала нагрівання зразків від валків зі швидкістю 300 град/год до 660°С, 710°С і 760°С і витримку при цих температурах протягом 4,6 та 8 год. Теплове оброблення проводили на спеціальній установці, що включає муфельну піч та систему автоматики.

Досліджено вплив зміцнюючої низькотемпературної теплової обробки на структуру чавунів робочого шару та шийок валків виконання ЛШ-58. Показано значну зміну мікроструктури матриці дослідних чавунів: збільшувалася сфероїдизація перлітного цементиту, з'являлися невеликі графітні включення і підвищувалася кількість фериту в структурі чавунів. Для умов вальцеливарного виробництва обрано раціональний режим зміцнюючої термічної обробки валків з

високоміцних чавунів з кулястим або вермикулярним графітом – нагрівання до 710°С з витримкою протягом 6…8 год, охолодження з піччю, що призводило до збільшення міцності чавуну робочого шару у 1,5...2 рази.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОТРИМУВАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЛИТВА З ВИКОРИСТАННЯМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА 3D-ДРУКУ

Панченко Л.В., керівник проф. Меняйло О.В.
Український державний університет науки і технологій

Використання 3D-моделювання та 3D-друку є одним із найбільш перспективних напрямків у сфері виготовлення ювелірних виробів. Ці технології дозволяють створювати складні та унікальні форми, які раніше були недоступні для традиційних методів виробництва.

3D-моделювання в ювелірній сфері дозволяє досить швидко та точно створювати моделі виробів з урахуванням усіх деталей та особливостей. Для цього використовуються спеціальні програми, які дозволяють створювати моделі будь-якої складності, починаючи від простих кольє та закінчуючи унікальними прикрасами з нестандартними формами та елементами.

Після створення моделі вона передається на 3D-принтер, який відтворює виріб за заданою моделлю. Важливо, що 3D-друк не обмежує матеріали, які можна використовувати для виготовлення ювелірних виробів. За допомогою цієї технології можна працювати з багатьма матеріалами, включаючи золото, срібло, платину, титан, а також різні полімери та смоли.

Використання 3D-моделювання та 3D-друку дозволяє значно скоротити час на виготовлення ювелірних виробів та знизити витрати на виробництво. Крім того, ці технології дозволяють створювати більш точні та деталізовані вироби, що, у свою чергу, підвищує якість їх виконання.

Загалом використання 3D-моделювання та 3D-друку є важливим кроком у розвитку ювелірної індустрії, що дозволяє створювати більш складні та унікальні ювелірні вироби, які задовольняють вимогам найвибагливіших клієнтів.

МЕХАНІЧНА ОБРОБКА

ПІДСЕКЦІЯ «ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»

ВПЛИВ ТИПУ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ

Квак Б.І., керівники доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток матеріалознавства пов’язаний із пошуком нових матеріалів, здатних забезпечувати високі експлуатаційні характеристики в умовах значних механічних і температурних навантажень. Одним із перспективних напрямів є дослідження високоентропійних сплавів (ВЕС), які характеризуються багатокомпонентним складом і формуванням твердих розчинів на основі декількох основних елементів (Jien-Wei Yeh, 2004; Brian Cantor, 2004).

Однією з ключових особливостей ВЕС є формування відносно простих кристалічних структур, переважно з гранецентрованою (FCC) або об’ємноцентрованою

(BCC) кристалічною ґраткою (D.B.Miracle, 2017). Тип сформованої структури значною мірою визначає механічні властивості сплаву та його поведінку при навантаженні.

Сплави з FCC-структурою (наприклад, системи типу CrMnFeCoNi) характеризуються високою пластичністю, тріщиностійкістю та здатністю до значних деформацій без руйнування, що підтверджується експериментальними дослідженнями (B.Gludovatz та ін., 2014). Це зумовлено великою кількістю систем ковзання та відносно низьким опором руху дислокацій. У той же час сплави з BCC-структурою мають вищу міцність і твердість, але поступаються за пластичністю, що пов'язано з особливостями механізмів пластичної деформації (E.J.Pickering, 2016).

Важливу роль у формуванні типу кристалічної ґратки відіграє хімічний склад сплаву. Зокрема, введення алюмінію до складу багатокомпонентних систем ($Al_xCrFeCoNi$) сприяє переходу від FCC- до BCC-структури, що супроводжується підвищенням міцності та зниженням пластичності (O.N.Senkov та ін., 2010). Таким чином, варіювання концентрацій окремих елементів дозволяє цілеспрямовано керувати структурою та властивостями високоентропійних сплавів. Окрім однофазних FCC та BCC структур, у сучасних BEC часто формуються багатофазні системи, які забезпечують покращений баланс міцності та пластичності

Отже, встановлення залежностей між типом кристалічної структури та механічними властивостями є важливим етапом у розробці нових високоентропійних сплавів із заданими характеристиками, що відкриває широкі можливості для їх практичного застосування.

ВИСОКОЕНТРОПІЙНІ СПЛАВИ (BEC) ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ КЛАС МАТЕРІАЛІВ

Ревякін Д.О., Зятіна В.І., керівники доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток матеріалознавства характеризується переходом від традиційних підходів до створення сплавів до нових концепцій, заснованих на багатокомпонентних системах. Одним із таких підходів є використання високоентропійних сплавів (HEAs — high-entropy alloys), які сформувалися як окремий клас матеріалів на початку XXI століття (2004–2010 рр.).

Особливістю цих сплавів є наявність кількох основних елементів у близьких концентраціях, що зумовлює підвищення ентропії змішування (яка визначає ступінь невпорядкованості розподілу атомів у кристалічній ґратці) та формування стабільних твердих розчинів. Високі значення ентропії не лише сприяють стабілізації твердих розчинів, а й запобігають утворенню крихких інтерметалідних фаз.

Загалом для цього типу сплавів характерні так звані «чотири основні ефекти»: значних ґраткових спотворень, уповільненої дифузії, «коктейль-ефекту» (синергетичного впливу поєднання кількох елементів на властивості матеріалу) та ефекту високої ентропії, які в сукупності визначають їх унікальні структурні та експлуатаційні властивості. Такі характеристики дають змогу отримувати матеріали з унікальним поєднанням фізико-механічних властивостей, зокрема високою міцністю, зносостійкістю та жаростійкістю.

Основи концепції високоентропійних сплавів були сформульовані у роботах учених Jien-Wei Yeh та Brian Cantor, опублікованих у 2004 році. Подальший розвиток теорії та узагальнення експериментальних результатів створили можливість для публікації низки оглядових праць у 2014–2017 рр., у яких систематизовано основні підходи до опису структури та властивостей таких матеріалів.

В Україні розвитком цього напрямку займаються такі наукові центри, як Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національний університет «Львівська політехніка» та ін.

У зв'язку з широкими можливостями застосування високоентропійні сплави розглядаються як перспективні матеріали для авіаційної техніки, енергетики та машинобудування.

ОСНОВНІ ЕФЕКТИ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Ниткін Ю.В., керівники доц. Кузьміна О.М., доц. Бобух О.С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні тенденції розвитку матеріалознавства пов'язані з переходом до створення багатокомпонентних систем із заданими властивостями. Одним із найбільш перспективних напрямів є дослідження високоентропійних сплавів (ВЕС), які формуються на основі декількох основних елементів у близьких концентраціях (Jien-Wei Yeh, 2004; Brian Cantor, 2004).

Унікальні властивості високоентропійних сплавів пояснюються дією комплексу фізичних механізмів, відомих як «основні ефекти», що визначають особливості їх структури та поведінки. До таких ефектів належать ефект високої ентропії, значні ґраткові спотворення, уповільнена дифузія та «коктейль-ефект» (D.B. Miracle, 2017; E.J. Pickering, 2016).

Ефект високої ентропії полягає у підвищенні ентропії змішування, що сприяє стабілізації твердих розчинів та зменшує ймовірність утворення складних інтерметалідних фаз. Значні ґраткові спотворення виникають унаслідок різниці атомних радіусів компонентів і призводять до підвищення опору руху дислокацій, що забезпечує зміцнення матеріалу.

Ефект уповільненої дифузії проявляється у зниженні швидкості атомної міграції в багатокомпонентних системах, що сприяє підвищенню термічної стабільності та жаростійкості сплавів. «Коктейль-ефект» відображає синергетичну взаємодію елементів, у результаті якої формуються властивості, що не можуть бути отримані простим сумуванням характеристик окремих компонентів.

Сукупна дія зазначених ефектів забезпечує формування унікального комплексу механічних і експлуатаційних властивостей високоентропійних сплавів, зокрема високої міцності, зносостійкості та стійкості до впливу високих температур. При цьому внесок кожного з ефектів у формування властивостей може суттєво відрізнятися залежно від хімічного складу та фазового стану сплаву

Таким чином, розуміння природи основних ефектів є ключовим для цілеспрямованого проєктування високоентропійних сплавів із заданими властивостями та розширення сфер їх практичного застосування.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАГОТОВКИ НА МОЖЛИВУ ВТРАТУ СТІЙКОСТІ ЗАГОТОВКИ ПІД ЧАС ПРОФІЛЮВАННЯ ТРУБ

Польща О.С., керівник доц. Бояркін В.В.
Український державний університет науки і технологій

Профільні труби з простим поперечним перерізом, у тому числі квадратним, широко використовуються в машинобудуванні. Застосування труб зі сталей, легованих манганом та бором, знижує витрати металу, умови складання машин і механізмів та ін.

Одним зі способів виробництва тонкостінних труб з таких сталей є їх отримання в лінії трубоелектрозварювального агрегату (ТЕЗА) з використанням для отримання квадратного профілю з звареної трубної заготовки однієї неприводної чотирьохвалкової кліті проштовхуванням за рахунок сил підпору, що виникають у калібрах клітей формувального стану ТЕЗА.

Формозміна таким способом дозволяє економити ресурси за рахунок матеріалу на бандажі валків та енергії на приводні калюбрувальні кліті використання, але має свої обмеження. Для проштовхування товстостінної трубної заготовки сили підпору може не вистачати і міцність неприводної кліті повинна бути достатньою. Тонкостінна заготовка може втратити стійкість при первинному контакті з калібром та вимушеному захопленні. На можливість захвату з подальшим переходом до сталого процесу впливають тонкостінність заготовки, діаметр робочої частини бандажів, а також швидкість труби в лінії ТЕЗА.

Для визначення максимальної величини тонкостінності трубної заготовки, яка ще може бути деформована проштовхуванням в одній кліті без втрати стійкості, була застосована комп'ютерна модель процесу, створена в середовищі QForm UK.

Моделювалось отримання квадратної труби з розмірами 16×16 мм із заготовки з зовнішнім діаметром 20 мм зі співвідношенням радіуса закруглення в кутах профіля до товщини стінки, який дорівнював 1,5. Розрахунки проводились по чверті поперечного перерізу заготовки.

Для розрахунків були використані реологічні характеристики сталі 19MnB4 з бібліотеки програмного пакету QForm UK. Значення сили тертя між заготовкою та бандажем при прокатці розраховувались по моделі Леванова, також був заданий коефіцієнт Леванова зі значенням 1,25 і фактор тертя 0,5, який відповідає умовам прокатки без змащення.

Товщина стінки трубної заготовки при моделюванні змінювалась від 0,1 до 0,5 мм з кроком 0,1 мм. Швидкість профілювання – 40 м/с. Початкова температура заготовки, робочого інструменту та навколишнього середовища – 20 ºС. Геометричні розміри калібру при профілюванні проштовхуванням через неприводну кліть визначались за методиками, наведеними в роботах В.М. Пінчука.

Результати моделювання процесу показали, що втрата стійкости виникає при товщині стінки 0,3 мм, тобто співвідношенні зовнішнього діаметра трубної заготовки до товщини стінки 67, тобто виробництво особотонкостінних труб може бути обмеженим. Водночас вплив робочого діаметру бандажів потребує подальших досліджень.

РОЗВИТОК МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Григоренко В.В., Литвиненко С.В., Огінський О.Й., керівник доц. Ремез О.А.
Українського державного університету науки і технологій

Момент прокатки є ключовим енергосиловим параметром, що визначає роботу стана та відповідність привода технологічним вимогам, проте його точне визначення залишається складним завданням і потребує експериментального підтвердження. Сформувалися два підходи: за об'ємними переміщеннями металу та за контактною взаємодією. Обидва є теоретично обґрунтованими, проте мають обмеження через наявність важковизначуваних параметрів.

Особливо це стосується методів другої групи, де розрахунки залежать від тертя, випередження та нейтрального кута. Неоднозначність цих величин і відсутність єдиного розуміння їхньої природи знижують точність результатів, що особливо

проявляється при прокатці в калібрах. Як наслідок, застосування таких методів є обмеженим, а їхній розвиток сповільнився.

Це зумовило зростання інтересу до методів першої групи, що ґрунтуються на об'ємних характеристиках. Раніше їхній розвиток стримувався відсутністю чіткого визначення зміщеного об'єму, проте сучасні дослідження впроваджують нові параметри — одиничний об'єм, зміщений об'єм та одиничну роботу, що дозволяє повніше враховувати особливості осередку деформації.

Зберігаючи структуру формули «Фінка», розрахунки переводяться з лінійних на об'ємні параметри, пов'язані з геометрією деформації. Це дає можливість визначати роботу та момент прокатки через баланс зовнішніх і внутрішніх сил без використання важковизначуваних коефіцієнтів, підвищуючи точність методу.

Експериментальна перевірка на стані 200 ДМетІ УДУНТ підтвердила ефективність підходу: порівняння розрахункових і дослідних даних показало хорошу збіжність, при цьому розбіжність не перевищує ~13%. Це свідчить про практичну придатність та підвищену точність запропонованого методу.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ШАРІВ КОМПОЗИТУ В ПРОЦЕСІ ПРЕСУВАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ТРУБ

Ляшко Р. В., керівники проф. Фролов Я. В., доц. Бобух О. С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток авіакосмічної, автомобільної та нафтогазової промисловості вимагає впровадження легких і міцних конструкційних матеріалів. Біметалеві труби, що поєднують у собі властивості різних металів (наприклад, корозійну стійкість алюмінію та низьку густину магнію), дозволяють створювати високоефективні трубопровідні системи зі зниженою матеріаломісткістю. Однак складність процесів сумісної пластичної деформації часто призводить до виникнення технологічних дефектів, найбільш критичним з яких є розшарування компонентів.

Об'єктом розробки є процес пресування біметалевих алюмінієво-магнієвих труб за схемою «оболонка–сердечник». Метою роботи є проведення комплексного аналізу процесу пресування для визначення параметрів, що мають найбільший вплив на якість міжшарового з'єднання, та розробка рекомендацій щодо запобігання розшаруванню. У роботі розглядається матеріальна пара, що складається із зовнішнього шару – алюмінієвого сплаву AA6060 (система Al-Mg-Si) та внутрішнього шару – магнієвого сплаву AZ31 (система Mg-Al-Zn). Вибір цих сплавів обумовлений їхньою високою технологічністю: алюміній забезпечує захист від корозії та стабільність геометрії, а магній – суттєве зменшення загальної маси виробу.

Основним методом дослідження обрано математичне моделювання з використанням спеціалізованого програмного забезпечення QForm UK. Це дозволяє точно прогнозувати розподіл напружень, деформацій та температурних полів у зоні контакту шарів, а також ідентифікувати потенційні проблемні зони ще на етапі проєктування технологічного процесу.

Результати моделювання дозволяють оптимізувати геометрію інструмента та режими деформації для забезпечення суцільного міжшарового контакту та підвищення експлуатаційної надійності трубної продукції.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ СИСТЕМИ «АЛЮМІНІЙ – ТИТАНОВА СІТКА – АЛЮМІНІЙ»

Льовушкін Д. Є., Бондаренко Д. О., керівники проф. Фролов Я. В., доц. Бобух О. С.
Український державний університет науки і технологій

Дана робота присвячена актуальній проблемі створення легковагових шаруватих композитів, які поєднують високу питому міцність та енергоємність. В умовах сучасного авіабудування та транспортного машинобудування використання традиційних сплавів часто є недостатнім, тому розробка матеріалів типу «метал–сітка–метал» відкриває нові можливості для створення захисних та несучих конструкцій. Використання титанової сітки (кірігамі-структури) як армувального елемента дозволяє не лише знизити масу виробу, а підвищити надійність матеріалу в екстремальних умовах експлуатації.

Об’єктом дослідження є технологічний процес формування тришарових та п’ятишарових композитів методом прокатного зварювання. Основна увага приділена встановленню взаємозв’язку між ступенем деформації, режимами термічної обробки та підсумковими механічними властивостями. В роботі використано алюмінієвий сплав серії 1050 та титанову просічно-витяжну сітку. Дослідження базувалося на комплексному підході, що включав експериментальне прокатування (гаряче та холодне), металографічний аналіз зони контакту та фізико-механічні випробування на розтяг і вигин.

Результати досліджень продемонстрували, що ключовим фактором формування міцного з’єднання є «заклепувальний ефект», при якому пластичний алюміній під тиском заповнює комірки титанової сітки. Це створює надійне механічне зачеплення шарів навіть за умов обмеженої дифузії. Встановлено, що п’ятишарові структури мають перевагу у рівномірності розподілу внутрішніх напружень.

У підсумку, розроблена технологія дозволяє отримувати композити з покращеними показниками жорсткості та здатності поглинати енергію удару порівняно з монолітним алюмінієм. Отримані дані мають практичне значення для промислового виробництва багатошарових листів та панелей.

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ ЖАРОМІЦНИХ ТРУБ ДЛЯ АВІАЦІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Приходько І. М. керівники проф. Медведєв М. І., проф. Фролов Я. В.
Український державний університет науки і технологій

Робота присвячена вирішенню актуальної проблеми авіаційної промисловості України – створенню технології виробництва жароміцних труб із нікелевих та титанових сплавів при одночасному ресурсозбереженні. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення технологічної незалежності держави у виготовленні критичних компонентів авіатехніки. В основу пропонованого підходу покладено використання порожнистих зливків електронно-променевого переплаву замість суцільних заготовок, що дозволяє суттєво скоротити витрати дороговартісного металу та енергії.

Метою є удосконалення параметрів прямого гарячого пресування труб, які б гарантували отримання регламентованої структури металу згідно з жорсткими авіаційними стандартами, зокрема ASTM B338. Для реалізації цієї мети було застосовано комплексне математичне моделювання у програмному комплексі QForm UK на основі методу скінченних елементів.

Особливу увагу приділено підвищенню експлуатаційного ресурсу деформуючого інструменту. В межах етапу було апробовано використання матриць зі сталей класу РАПЕ (з регульованим аустенітним перетворенням), які здатні зміцнюватися безпосередньо в процесі роботи під дією деформації та температури. Це дозволило збільшити стійкість інструменту в 3–5 разів порівняно зі стандартними штамповими сталями.

РОЗРОБКА ПРЕСОВИХ МАТРИЦЬ ПІДВИЩЕНОЇ СТІЙКОСТІ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ ТРУБ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Губа Р. В., керівник доц. Коноводов Д.В.
Український державний університет науки і технологій

Виготовлення труб пресуванням (екструзією) вважається одним із найбільш універсальних та ефективних методів, особливо коли йдеться про складні сплави або високі вимоги до якості виробів. Головними перевагами процесу пресування є високий коефіцієнт використання металу та точність отриманих труб. На відміну від механічної обробки, пресування дозволяє отримувати готову форму за один цикл. Відходи при цьому складаються лише з «прес-залишку», який становить 10–15 % і підлягає переплавці. Сучасні преси дозволяють отримувати труби з допуском по стінці до ±5 %, що мінімізує потребу в подальшому калібруванні. Під час пресування метал перебуває в стані всебічного нерівномірного стиснення, що дозволяє деформувати навіть малопластичні сплави титану без утворення тріщин. Високий ступінь деформації за один прохід забезпечує отримання дрібнозернистої структури, що значно підвищує міцність та в'язкість готової труби. Основною проблемою при пресуванні титанових сплавів є стійкість робочого інструменту (матриць). Титан має високу хімічну активність і схильний до «приварювання» до сталевої матриці, що викликає її адгезійний знос. Через високий опір деформації титанових сплавів матриця зазнає великих механічних навантажень, що може призвести до її пластичної деформації, а саме – до зміни розмірів калібруючого пояска. Вищевказані чинники впливають на стійкість робочого інструменту і, відповідно, на якість пресованих труб.

Одним із можливих варіантів підвищення стійкості матриць є їх виготовлення зі сталей з регульованим аустенітним перетворенням під час експлуатації (сталі з РАПЕ). Стійкість матриць, які виготовлені зі сталі з РАПЕ, підвищується до 5–10 разів порівняно з інструментом з традиційних штампових сталей. Матриці з цих сталей можна зміцнювати шляхом попереднього обтиску при температурі подальшої експлуатації. При цьому треба враховувати зміну розмірів матриці в процесі деформації, що здійснюється шляхом виготовлення матриці з припуском на обтиск. Під час розрахунку величини припуску змінні розміри матриці пов’язують із заданим ступенем деформації. Такий підхід дозволяє підвищити точність та якість труб.

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Нутовцев Є.О., Степаненко Д.С., керівники: доц. Соловйова І.А., проф. Балакін В.Ф., ст. викл. Николаєнко Ю.М.
Український державний університет науки і технологій

Трубне виробництво є однією з ключових підгалузей чорної металургії. В умовах сучасного розвитку галузі особливого значення набуває підвищення ефективності технологічного проєктування виробництва труб, зокрема за рахунок впровадження цифрових інструментів, автоматизації розрахунків і інтеграції технологічних даних.

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для вибору найбільш ефективної та економічно доцільної технології виробництва холоднодеформованих труб на основі комплексного аналізу технологічних і виробничих параметрів.

У роботі використано комплексний підхід, що включає:

– аналіз існуючих технологій виробництва труб (від заготовки до готової продукції);

– дослідження характеристик основного обладнання (стани холодної прокатки типу ХПТ, KPW) та допоміжного устаткування;

– оцінку продуктивності обладнання та часу його завантаження;

– застосування сучасних методик розрахунку навантаження та оптимізації роботи виробничих ділянок;

– використання цифрових інструментів моделювання та планування на базі MS Project та MS Excel.

У результаті виконання роботи розроблено програмний комплекс, який дозволяє:

– виконати розрахунки технологічних маршрутів виробництва холоднодеформованих труб;

– виконувати розрахунки навантаження обладнання та оцінку його ефективності;

– оптимізувати розподіл виробничих ресурсів;

– інтегрувати технологічні розрахунки з організацією виробничого процесу.

Створений програмний продукт функціонує як електронний довідник з технологічного проєктування ділянок холодної прокатки труб на станах ХПТ. Він об’єднує питання технології, калібрування інструменту, розрахунку маршрутів, а також виробничі інструкції та організацію роботи обладнання.

Важливою складовою роботи є впровадження елементів цифровізації, що дозволяє розглядати розроблений підхід як основу для подальшого створення цифрового двійника технологічного процесу.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання розробленого електронного довідника як інструменту для інженерів-технологів та працівників виробництва, а також у навчальному процесі для підготовки фахівців у галузі трубного виробництва.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНОК ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

Веденєєв О.С. Копилов О.С., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.
Український державний університет науки і технологій

Трубне виробництво забезпечує потреби багатьох галузей промисловості. Особливістю таких процесів є багатостадійність деформації, складність формоутворення та необхідність точного узгодження параметрів інструменту й обладнання. У зв'язку з цим зростає роль цифрових інструментів, які дозволяють підвищити точність розрахунків і ефективність прийняття інженерних рішень.

Метою роботи є підвищення ефективності технологічного проєктування виробництва холоднодеформованих труб шляхом впровадження програмних засобів для розрахунків калібрування профілю та оптимізації процесів.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати технологію виробництва холоднодеформованих труб;
- дослідити існуючі методики калібрування;
- розробити програмний інструмент для розрахунку калібрування;
- забезпечити підвищення точності та ефективності технологічного проєктування.

Калібрування профілю є одним із визначальних етапів технологічного проєктування процесу холодної прокатки труб. Воно полягає у визначенні форми та розмірів послідовного ряду перехідних перерізів труби — від вихідної заготовки до готового профілю.

Основним завданням калібрування є забезпечення раціонального формоутворення металу на кожному етапі деформації.

У роботі виконано аналіз найбільш відомих методик розрахунку калібрування, що застосовуються у сучасному виробництві труб. Встановлено, що кожна з методик має свої переваги та обмеження, що обумовлює доцільність їх комплексного використання.

З урахуванням цього розроблено комп'ютерну програму для розрахунку калібрування прокатного інструменту, яка реалізує декілька методик у межах єдиного програмного середовища. Програмний комплекс створено з використанням VBA у середовищі MS Excel**.**

Розроблена програма включає:

- модулі розрахунку калібрування за різними методиками;
- інтерфейс введення вихідних даних;
- систему вибору методики розрахунку;
- автоматизоване отримання результатів.

Застосування програмного підходу дозволяє не лише підвищити точність розрахунків, але й суттєво скоротити час технологічного проєктування. Крім того, забезпечується можливість порівняльного аналізу різних варіантів калібрування та вибору оптимального рішення.

Паралельно в роботі використано програмні засоби MS Project для планування виробничих процесів та узгодження технологічних параметрів із завантаженням обладнання. Такий підхід дозволяє інтегрувати технологічні та організаційні аспекти виробництва в єдину систему.

Практичне значення результатів полягає у можливості їх застосування у виробничих умовах для підвищення ефективності роботи трубних підприємств, а також у навчальному процесі.

ЦИФРОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОПРАВОЧНОГО ВОЛОЧІННЯ НЕРЖАВІЮЧИХ ТРУБ

Поплінський О.О, Дробик Н.М., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.
Український державний університет науки і технологій

У сучасних умовах розвитку промисловості актуальним є підвищення ефективності технологічного проєктування за рахунок впровадження цифрових інструментів, які дозволяють автоматизувати розрахунки, систематизувати знання та підвищити обґрунтованість інженерних рішень.

У роботі розглянуто питання технологічного проєктування процесів оправочного волочіння труб. Проведено аналіз сучасних способів волочіння, типів обладнання та інструменту. Запропоновано створення електронного довідника, що об’єднує розрахункові методики, технологічні інструкції та графічні матеріали в єдиному цифровому середовищі. Розроблено програмне забезпечення для автоматизації розрахунків параметрів процесу та вибору обладнання.

Метою роботи є розробка електронного довідника з технологічного проєктування ділянки оправочного волочіння труб із використанням сучасних програмних засобів.

У роботі виконано аналіз сучасних способів оправочного волочіння труб, а також досліджено конструктивні особливості волочильних станів і застосовуваного інструменту. Встановлено основні фактори, що впливають на процес деформації, зокрема параметри заготовки, характеристики інструменту та режими роботи обладнання.

На основі розроблених математичних моделей здійснено технологічні розрахунки маршрутів оправочного волочіння, що дозволило визначити допустимі ступені деформації та забезпечити стабільність процесу.

З використанням обраних методик створено програмне забезпечення для технологічного проєктування процесів оправочного волочіння. Розроблена програма забезпечує:

- розрахунок розмірів вихідної заготовки та готового виробу;
- визначення параметрів волочильного інструменту;
- розрахунок напруженого стану металу після волочіння;
- визначення необхідного тягового зусилля волочильного стана.

На основі отриманих розрахункових даних та довідкової інформації щодо характеристик волочильних станів реалізовано функцію вибору оптимального обладнання для здійснення процесу.

Крім того, у роботі розроблено тривимірні моделі волочильного інструменту та обладнання, що дозволяє візуалізувати процес і підвищити якість проєктування.

Особливістю роботи є створення електронного довідника, в якому об’єднано:

- програмні модулі розрахунків;
- технологічні інструкції;
- теоретичні матеріали;
- креслення та 3D-моделі;
- технологічну схему виробництва.

Як програмне середовище використано MS Excel та MS Project, що дозволило інтегрувати всі складові у єдиний технологічний цикл виробництва — від заготовки до готової продукції з урахуванням розрахунків і документації.

Такий підхід відповідає сучасним тенденціям цифровізації виробництва та створює передумови для подальшого впровадження систем підтримки прийняття рішень і цифрових моделей виробничих процесів.

Розроблений підхід може бути рекомендований для впровадження у проєктні організації та виробничі підприємства.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЄКТНОГО ПІДХОДУ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЯНКИ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОКАТАНИХ ТИТАНОВИХ ТРУБ

Щербініна В.С., Євтушенко Т.В. керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.
Український державний університет науки і технологій

У металургійній галузі, зокрема при виробництві холоднокатаних титанових труб, технологічні процеси характеризуються складністю, багатостадійністю та високими вимогами до точності параметрів. Це зумовлює необхідність застосування сучасних цифрових інструментів для узгодження технологічних, організаційних та ресурсних аспектів виробництва.

У роботі розглянуто застосування проєктного підходу до технологічного проєктування виробництва холоднокатаних титанових труб. Запропоновано використання сучасних інформаційних технологій управління проєктами для організації виробничих процесів.

Метою роботи є підвищення ефективності технологічного проєктування ділянки виробництва холоднокатаних титанових труб шляхом застосування проєктного підходу та сучасних інформаційних технологій.

Як інструмент реалізації обрано програмне середовище MS Project, що дозволяє моделювати технологічний процес як сукупність взаємопов'язаних операцій із визначенням ресурсів, тривалості та послідовності виконання.

У рамках роботи запропоновано розглядати технологічний процес виробництва труб як проєкт, що складається з комплексу взаємопов'язаних операцій. Кожна операція описується як окрема задача з визначеними параметрами: тривалістю виконання, необхідними ресурсами (обладнанням і персоналом), а також технологічними вимогами.

У проєкті враховано:

- послідовність технологічних операцій;
- тривалість виконання кожної операції;
- завантаження обладнання;
- використання трудових ресурсів.

Проведено аналіз термінів виконання виробничого замовлення та розподілу ресурсів, що дозволило оцінити ефективність організації процесу.

Додатково виконано технологічні розрахунки маршрутів прокатки титанових труб, а також визначено енергосилові параметри процесів деформації.

Особливістю розробленого підходу є інтеграція технологічної та довідкової інформації у структуру проєкту. Кожна задача містить посилання на відповідні документи: розрахунки, режими виконання операцій, характеристики обладнання та технологічні вимоги.

Таким чином, створений проєкт виконує функцію електронного технологічного довідника, який може бути використаний як інженерно-технічним персоналом виробництва, так і проєктувальниками технологічних ділянок.

Розроблений підхід забезпечує:

– підвищення прозорості технологічного процесу;
– оптимізацію використання ресурсів;
– скорочення термінів виконання виробничих завдань.

Отримані результати можуть бути рекомендовані для впровадження на підприємствах металургійної галузі, а також у проєктних організаціях і навчальному процесі.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ

Тутевич Т.О., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.
Український державний університет науки і технологій

Забезпечення високої якості поверхні холоднодеформованих труб залишається одним із ключових завдань сучасного трубного виробництва. Якість поверхні є критичною вимогою нормативно-технічної документації та впливає на довговічність експлуатації труб у відповідних галузях.

На сучасних станах ХПТ застосовуються технологічні мастила рослинного походження. Проте їх використання супроводжується низкою недоліків, зокрема підвищеним коефіцієнтом тертя, що негативно впливає як на якість поверхні труб, так і на стабільність роботи прокатного обладнання.

Перехід до сучасних мастильних матеріалів із зниженим коефіцієнтом тертя забезпечує комплексний технологічний ефект:

1. Підвищення ресурсу інструменту: зниження коефіцієнта тертя зменшує руйнівну дію деформації на робочі поверхні інструменту, що підвищує зносостійкість валків та зменшує витрати на їх ремонт або виготовлення.
2. Збільшення ступеня обтиснення: зменшення тертя дозволяє збільшити обтиснення по діаметру трубної заготовки. Це дає змогу обробляти більші заготовки за один прохід, що підвищує ефективність прокатки.
3. Оптимізація технологічного процесу: завдяки збільшенню обтиснення за прохід можна скоротити кількість проходів, що підвищує годинну продуктивність стана та забезпечує значний економічний ефект.
4. Виробництво труб більшої довжини: підвищення коефіцієнта витяжки і ступеня обтиснення дозволяє виготовляти труби більшої довжини з однієї заготовки, що додатково підвищує ефективність роботи обладнання.

Для обґрунтування заміни технологічного мастила розроблено програмний модуль у середовищі MS Excel, який дозволяє визначати коефіцієнт тертя та оцінювати його вплив на процес прокатки труб. Такий підхід забезпечує перехід до цифрово орієнтованого прийняття технологічних рішень.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ НА СТАНІ ТПА 350

Ткачова О.Ю., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток трубного виробництва орієнтований на підвищення енергоефективності, точності геометричних параметрів і раціонального використання металу. Одним із ключових напрямів є зменшення технологічних втрат і забезпечення стабільної якості продукції.

Трубопрокатний агрегат ТПА-350 є типовим представником високопродуктивних установок для виробництва безшовних труб широкого сортаменту. Технологічний

процес включає декілька стадій пластичної деформації: прошивку, прокатку на автоматичному стані, розкатку та подальше калібрування або редукування.
Разом із тим, класична технологічна схема має низку обмежень:

– ускладнені умови заповнення осередку деформації внаслідок сумісної дії осьового опору конусної оправки та осьових складових нормальних сил у зоні контакту металу з калібром, а також дотичних сил тертя, що забезпечують захоплення металу робочими валками;

– значна нерівномірність деформації по периметру труби через відсутність замкнутого кільцевого профілю, сформованого поверхнями калібрів валків і оправки;

– поєднання обтиснення по стінці із зменшенням зовнішнього діаметра, що разом із складними умовами захоплення обмежує деформаційну здатність процесу поздовжньої прокатки труб у калібрах на нерухомій оправці;

– порівняно низька точність геометричних параметрів труб, обумовлена відсутністю замкнутого зовнішнього контуру деформації та значною нерівномірністю напружено-деформованого стану металу у контактних зонах;

– підвищена поздовжня різностінність труб, що виникає внаслідок нерівномірності теплового режиму металу у багатопрохідній технологічній схемі прокатки.

Подальше вдосконалення процесу пов’язане з модернізацією обладнання, інтенсифікацією режимів прокатки та впровадженням цифрових технологій, зокрема комп’ютерного моделювання, систем моніторингу та інтелектуального керування виробництвом.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕПРЕСОВАНИХ ТРУБ ІЗ ВАЖКОДЕФОРМОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Никитенко О.О., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні технології виробництва труб орієнтовані на забезпечення високої точності, якості поверхні та необхідних механічних властивостей продукції. Особливої актуальності набуває обробка важкодеформованих сталей і сплавів.

Одним із найбільш ефективних методів є гаряче пресування на високопотужних трубопресових установках. Даний процес характеризується сприятливим напружено-деформованим станом металу, що забезпечує підвищену пластичність і дозволяє обробляти складні матеріали.

Серед ключових переваг технології:

– можливість отримання труб малого діаметра з тонкою стінкою;
– підвищені механічні властивості продукції;
– ефективне формування структури металу.

Водночас основними дефектами залишаються різностінність і погіршення якості поверхні.

Для дослідження технологічних параметрів процесу виконано розрахунок основних параметрів пресування із застосуванням програмного середовища MS Excel, а також розроблено тривимірні моделі інструменту для пресування з використанням CAD-системи Autodesk Inventor, що дозволяє виконувати інженерний аналіз конструкції технологічного оснащення.

Сучасні напрями розвитку технології гарячого пресування труб передбачають використання чисельного моделювання процесів пластичної деформації, застосування CAD/CAE-систем для проектування інструменту, а також інтеграцію трубопресових

установок у цифрові виробничі системи Industry 4.0, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та стабільності якості трубної продукції.

ОЦІНКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ТРУБ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ДЕФОРМАЦІЇ НА СТАНІ ТПА 30-102

Курдіновський С.О., Люцко М.С., керівники: проф. Балакін В.Ф., ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.
Український державний університет науки і технологій

Виробництво труб на сучасних трубопрокатних агрегатах із безперервним станом базується на застосуванні технологічних схем із прокаткою чорнових труб одного або двох базових діаметрів. Такий підхід забезпечує використання заготовок і гільз постійного діаметра, що сприяє стабілізації технологічного процесу та підтриманню високої продуктивності, зокрема при виготовленні труб малих діаметрів.

За результатами проведених досліджень встановлено, що розподіл товщини стінки гільзи вздовж її твірної є нерівномірним. При цьому максимальні значення різностінності, як правило, спостерігаються на кінцевих ділянках гільзи, тоді як у середній частині цей показник є суттєво нижчим і не перевищує 8-12%. Характерною особливістю є спіральний характер розподілу різностінності, що переважно зумовлений ексцентриситетом вихідної заготовки.

Встановлено, що формування різностінності гільзи визначається сукупністю технологічних факторів, зокрема:

– якістю підготовки торців заготовки та рівнем її овальності;
– точністю центрування заготовки перед прошивкою;
– однорідністю температурного поля при нагріві;
– відповідністю калібрування інструменту заданим параметрам (зокрема кутам подачі);
– величиною обтиснення в осередку деформації;
– ступенем зносу технологічного інструменту.

Зростання овальності гільзи в зоні деформації призводить до інтенсифікації різностінності внаслідок збільшення зазору між оправкою та внутрішньою поверхнею гільзи, а також можливого зміщення оправки. Додатковим фактором є недостатня жорсткість стержня оправки, що особливо проявляється на стадії прошивки заднього кінця гільзи.

Подальша деформація гільз у станах поздовжньої прокатки на оправці супроводжується, як правило, збільшенням різностінності чорнових труб. Це обумовлено появою нових складових нерівномірності деформації та трансформацією початкових дефектів гільзи. Основним дефектом на цьому етапі є поперечна різностінність, мінімальні значення якої фіксуються в середній частині труби і, як правило, не перевищують 18%.

Найбільш поширеною формою поперечної різностінності є симетрична, що формується під впливом таких факторів:

– неточності встановлення зазорів між валками;
– невідповідності параметрів технологічного інструменту заданим розмірам труб;
– перекосу валків у площині, перпендикулярній осі прокатки;
– осьового зміщення рівчаків валків;
– зміни зазору в системі «валки–оправка» внаслідок пружних деформацій кліті;
– зносу валків і виникнення зон неповного обтиснення.

Хоча процес редукування значною мірою визначає точність труб за зовнішнім діаметром і суттєво впливає на товщину стінки, якість труб після безперервного стана є критично важливим фактором формування кінцевих властивостей продукції.

Нерівномірність діаметра вздовж довжини труби може призводити до зниження ступеня деформації у початкових клітях редукційного стана та підвищує ризик переповнення калібрів металом.

Сучасні тенденції розвитку трубопрокатного виробництва передбачають застосування чисельного моделювання процесів пластичної деформації, систем цифрового моніторингу технологічних параметрів та інтелектуальних систем керування прокатними агрегатами, що дозволяє підвищити точність геометричних параметрів труб і знизити втрати металу в процесі виробництва.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАРЯЧОЇ ПІЛІГРИМОВОЇ ПРОКАТКИ БЕЗШОВНИХ ТРУБ

Малацай Р.С., Селезньова А.М., керівники: проф. В.Ф. Балакін, ст. викл. Ю.М. Николаєнко, доц. І.А. Соловйова
Український державний університет науки і технологій

Пілігримова прокатка є одним із традиційних і технологічно відпрацьованих методів виробництва безшовних труб, що тривалий час займає важливе місце у трубопрокатному виробництві. Водночас сучасні вимоги до якості продукції та ефективності виробництва актуалізують необхідність критичного переосмислення можливостей даної технології. Основними обмеженнями пілігримової прокатки залишаються підвищений витратний коефіцієнт металу, зумовлений наявністю затравочного кінця та пілігримової головки, недостатня однорідність вихідного металу, схильність до різнотовщинності труб, а також порівняно низька продуктивність і поступання техніко-економічних показників сучасним альтернативним технологіям.

У роботі виконано аналітичне дослідження технологічного процесу виробництва труб на трубопрокатних агрегатах із пілігримовим станом, що дозволило систематизувати ключові фактори, які визначають якість продукції та ефективність виробництва, а також обґрунтувати напрями подальшої модернізації процесу.

До пріоритетних напрямів розвитку гарячої пілігримової прокатки доцільно віднести:

– використання безперервнолитих заготовок круглого перерізу як вихідного матеріалу, що забезпечує підвищення якості металу та зниження питомих витрат;

– перехід до енергоефективних технологічних схем із безпосередньою прошивкою гільз на сучасних косовалкових прошивних станах замість багатостадійних традиційних процесів;

– впровадження гнучких виробничих стратегій, зокрема виготовлення труб малими серіями, що відповідає сучасним вимогам ринку;

– модернізацію стана-елонгатора з метою розширення технологічних можливостей, зокрема прокатки труб великого діаметра (до 500 мм).

У рамках дослідження розроблено програмне забезпечення для розрахунку технологічних параметрів процесу пілігримової прокатки, а також сформовано проєкт організації виробництва пакета труб із використанням середовища MS Project. Це дозволило реалізувати елементи цифрового планування виробництва, виконати оцінку тривалості технологічних операцій і проаналізувати економічну ефективність процесу.

Сучасний етап розвитку трубопрокатного виробництва характеризується активною інтеграцією цифрових технологій, зокрема застосуванням чисельного моделювання процесів пластичної деформації (FEM-аналіз), використанням CAD/CAE-систем для проєктування калібрування валків та створенням цифрових двійників трубопрокатних агрегатів у рамках концепції Industry 4.0. Це відкриває нові можливості для підвищення точності прогнозування параметрів прокатки та оптимізації технологічних режимів.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕКАТАНИХ ТРУБ НА ТРУБОПРОКАТНИХ УСТАНОВКАХ ІЗ ТРИВАЛКОВИМ РОЗКАТНИМ СТАНОМ

Малацай Р.Ю. , керівники: ст. викл. Ю.М. Николаєнко, доц. І.А. Соловйова
Український державний університет науки і технологій

Трубопрокатні агрегати з тривалковим розкатним станом належать до високоефективних технологічних рішень у виробництві гарячекатаних безшовних труб підвищеної точності. Порівняно з традиційними агрегатами, оснащеними автоматичними станами, тривалкові системи забезпечують більш рівномірний розподіл пластичної деформації по периметру заготовки, що сприяє підвищенню стабільності геометричних параметрів і зниженню відхилень за товщиною стінки.

Аналіз результатів промислової експлуатації свідчить, що точність труб за товщиною стінки, отриманих на агрегатах із тривалковими розкатними станами, у 2,0-2,5 рази перевищує відповідні показники для труб, виготовлених на автоматичних трубопрокатних установках. Найбільша ефективність застосування таких агрегатів досягається при виробництві товстостінних труб із відношенням зовнішнього діаметра до товщини стінки в межах 11,5-12,0.

У роботі виконано комплексний аналіз якості гарячекатаних підшипникових труб, виготовлених за традиційною технологічною схемою. Встановлено, що втрати металу під час механічної обробки, зумовлені овальністю труб, можуть становити 3,7-15,1 кг на одиницю продукції, що суттєво знижує економічну ефективність виробництва.

На основі проведеного технологічного аналізу розроблено проєкт організації виробництва пакета труб із використанням тривалкового розкатного стану. Застосування програмного середовища MS Project дозволило реалізувати елементи цифрового моделювання виробничого процесу, оцінити його часові параметри, структуру витрат та виконати оптимізацію економічних показників.

У рамках дослідження виконано комплекс інженерно-технологічних розрахунків, зокрема:

- розроблено таблицю прокатки труб;
– виконано калібрування профілю валків розкатного стана;
– проведено розрахунок валка прошивного стана на міцність;
– визначено енергосилові параметри процесу прокатки;
– оцінено годинну продуктивність тривалкового розкатного стана.

Сучасні тенденції розвитку трубопрокатного виробництва передбачають інтеграцію технологічних процесів у цифрові виробничі системи Industry 4.0, застосування чисельного моделювання процесів пластичної деформації металу (зокрема, методом скінченних елементів – FEM) та впровадженням цифрових двійників трубопрокатних агрегатів. Це забезпечує підвищення точності прогнозування параметрів прокатки та ефективності керування виробничими системами.

МАШИНОБУДУВАННЯ

ПІДСЕКЦІЯ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛАСТИЧНОГО КАРТКОВОГО СИТА

Ваганов С.В., керівник доц. Кононов Д.О.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянута робота вібраційного грохоту з еластичними ситом карткового типу. Згідно проведеного аналізу можна зробити висновки про те, мають місце наступні тенденції розвитку просіваючих поверхонь грохотів:

а) поступова заміна металевих листових і дротяних сит грохотів полімерними та синтетичними ситами різних конструкцій;

б) розробка та подальше впровадження нових видів конструкцій просіваючих поверхонь з еластомерів, що мають можливість здійснювати інтенсифікацію процесів просівання шляхом інтенсивного неоднорідного впливу на оброблювану середу.

Розглянуто віброактивное сито, розробки кафедри галузевого машинобудування ННІ ДМетІ УДУНТ. Дане сито набирається з карткових елементів, виготовлених з гуми 2959. Додаткове коливання карткових елементів дозволить підвищити ефективність просівання, а використання гуми підвищить термін служби самого сита.

Розроблена модель карткового елемента сита для динамічного аналізу за допомогою методу скінченних елементів.

Гума моделювалася нелінійним гіпереластичним матеріалом Neoprene Rubber. Для опису його властивостей використовувалася моделль матеріалу Неогука (Neo-Hookean).

За допомогою пакета Prepomax проведений динамічний розрахунок? Р з використанням методів явної та неявної динаміки гумового елемента поверхні, що просіює та визначено його кінематичні характеристики точок (переміщення, швидкість та прискорення).

Отримано траєкторії руху точок еластичного елементу при різних кутах вібрації.

Отримано наступні залежності амплітуди коливань точок: при сталому руці грохоту від частоти вібратора; від модуля пружності еластичного елемента.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА З ЕЛАСТИЧНИМИ СИТАМИ

Солодухін М.Г., керівник доц. Кононов Д.О.
Український державний університет науки і технологій

В металургійній галузі промисловості актуальною є проблеми розділення по заданій крупності - грохоченні вихідної металургійної сировини, зокрема коксу.

Це забезпечує якісну роботу технологічного обладнання доменних печей і подання в них доменного коксу регламентованої крупності.

У зв'язку з цим, постійно ведуться дослідження і триває розробка нових способів грохочення і модернізація пристроїв для покращення роботи вібраційних грохотів.

Мета наукової роботи: експериментальне дослідження технологічних показників роботи вібраційного грохота з еластичними ситами.

В роботі приведено опис лабораторного вібраційного грохота з еластичним ситом, який використовується при досліджені.

Проведено експериментальне дослідження технологічних показників роботи процесу грохочення вібраційного грохоту та побудовані залежності технологічних показників від параметрів роботи вібраційного грохота.

Показано, що найбільша ефективність грохочення спостерігається при частотах коливань в межах 22-27 Гц. При цих частотах, показники ефективність процесу грохочення змінюються в межах 78-90 %.

Зміна величини питомого навантаження від 10 т/(год $м^2$) до 16 т/(год $м^2$) викликає поступове зниження ефективності грохочення Ер від 90% до 65%.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА

Убийккін А.М., керівник доц. Кононов Д.О.
Український державний університет науки і технологій

Об'єкт дослідження: вібротранспортуючі машини з інерційним віброзбудником.

Метою роботи є дослідження перехідних процесів живильника з інерційним приводом.

Для забезпечення стабільної роботи живильника (сталість амплітуди коливання при зміні будь-яких параметрів системи) з інерційним приводом використовується зарезонансне налаштування.

Частоти вільних коливань вібраційних машин на віброізолюючих опорах повинні бути в кілька разів нижче частоти вимушених коливань (робочої частоти машини). Тому в вібраційних машинах з дебалансним віброзбудником в процесі пуску і зупинки машини часто виникають інтенсивні коливання при приблизному збігу частоти обертання валу дебаланса з зазначеними частотами вільних коливань, тобото при проходженні через резонанс. Амплітуди коливань при проходженні зони резонансу можуть у багато разів перевищувати амплітуди в робочому режимі; відповідно зростають і сили, які сприймаються внброізоляторами і передаються через віброізолятори на несучі конструкції.

Зроблено огляд робіт по дослідженню перехідних процесів.

Розроблено математичну модель ВТМ, складені диференціальні рівняння руху з урахуванням характеристик асинхронного електродвигуна. Для вирішення системи диференціальних розроблена програма в додатку Simulink програмного продукту MatLab. Моделі дозволяють розраховувати різні параметри роботи в залежності від параметрів вібромашини (кути вібрації і нахилу до горизонту, маса і радіус обертання дебалансів і т.п.).

Отримані залежності підтверджують збільшення амплітуди коливання лотка живильника при пусту та зупинці живильника, що необхідно враховувати для розрахунку параметрів роботи систем з вібраційними машинами.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГОЛОВНОЇ ЛІНІЇ АВТОМАТСТАНА ТПА 350

Розсоха Д.В., керівник доц. Кононов Д.О.
Український державний університет науки і технологій

Об'єкт дослідження: автоматичний стан (автоматстан) трубопрокатного агрегату 350, що застосовується для виробництва безшовних труб діаметром до 325 мм, в умови трубопрокатного цеху №2 ПАТ «Інтерпайп - Нікотьюб»

Мета роботи: вивчення процесу прокатки труб на трубопрокатному агрегаті 350 та дослідження динамічних процесів головної лінії автоматстана.

Предмет досліджень: роботоспроможність механізмів ділянки розділення прокату.

Аварії на автоматстані (поломки валу двигуна та валу шестерні редуктора) пояснюються великими динамічними навантаженнями, що викликають втомні руйнування.

Розроблено математичну модель головної лінії автоматстана, що враховує зазори в елементах приводу, а також електромагнітний момент в синхронному електродвигуні.

Визначено технологічні та динамічні навантаження, що виникають при прокатці труб великого діаметру. Для чисельного рішення системи диференціальних рівнянь розроблено спеціальну програму в додатку Simulink програмного пакету Matlab.

Пружність ланок відчутно спотворює форму кривої електромагнітного моменту. Отже, при дослідженні перехідних процесів електродвигуна необхідно враховувати пружність ланок.

Коефіцієнти динамічності, отримані без урахування перехідних процесів синхронного двигуна, виходять менше фактичних на 17-20%, що говорить про те, що при дослідженні перехідних процесів в ланках головної лінії стана не можна нехтувати перехідними процесами двигуна.

Збільшенням жорсткості c_{12} коефіцієнт k_{12} збільшується, а k_{23} практично залишається постійним. Зі збільшенням жорсткості c_{23} – k_{23} збільшується, а k_{12} зменшується.

Значний вплив на динамічні навантаження здійснюють зазори в ланках лінії приводу. Збільшення зазору Δ_{233} пружною зв'язку c_{23} від 0 до 0,15 рад призводить до збільшення коефіцієнта динамічності k_{23} з 1,85 до 3,36.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ВАНТАЖНОГО АВТОТРАНСПОРТУ

Невшупа С.Г., керівник доц. Мельянцов П.Т.
Український державний університет науки і технологій

Забезпечення надійної експлуатації автомобільного парку та зниження витрат на його технічне обслуговування значною мірою залежить від ефективності роботи ремонтно-обслуговуючих підрозділів. Проте в сучасних умовах такі підрозділи не повною мірою відповідають встановленим вимогам. Основними причинами є недостатній рівень якості ремонтних робіт і їх висока вартість. Крім того, технічний рівень виробництва практично не зазнає розвитку, а питання вдосконалення організації та технології технічного обслуговування і поточного ремонту залишаються актуальними.

Підтримання працездатності автомобільного парку сьогодні можливе завдяки впровадженню сучасних підходів до організації та технології ремонтних процесів. Це вимагає комплексного вирішення ряду завдань, зокрема: визначення оптимальних обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт, розрахунку необхідної кількості обладнання, розробки та впровадження додаткових засобів технічного оснащення, а також удосконалення планувальних рішень виробничих підрозділів.

Особливу увагу слід приділити технологічному перепланування основних виробничих дільниць (агрегатно-механічних відділень, зон ремонту двигунів тощо), яке доцільно здійснювати на основі аналізу та побудови графіків вантажопотоків. Такий підхід дозволяє знизити трудомісткість ремонтних робіт на 8–12% та покращити ключові показники організації ремонту, зокрема скоротити тривалість перебування автомобілів у ремонті та оптимізувати фронт робіт.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО ЗГИНУ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ГІДРАВЛІЧНИХ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Невшупа І.С., керівник доц. Мельянцов П. Т.
Український державний університет науки і технологій

В умовах експлуатації частка відмов рукавів і арматури в гідравлічних системах може досягати 20–30%, що зумовлено дією пульсуючого тиску, згинальних і крутильних навантажень, а також руйнуванням у зонах з'єднання з арматурою.

Для дослідження впливу складного навантаження розроблено експериментальний стенд, який забезпечує відтворення циклічних навантажень із одночасною дією пульсуючого тиску та динамічного згину. Оцінювання ресурсу здійснювалося за кількістю циклів до втрати працездатності (виникнення витоків, тріщин або руйнування).

Експериментально встановлено, що при сумісній дії пульсуючого тиску і динамічного згину ресурс рукавів зменшується на 35–60% залежно від їх конструкції. При цьому, визначено, що рукави оплетеної конструкції характеризуються вищою стійкістю до динамічного згину порівняно зі спіральними (навивальними), для яких спостерігається більш інтенсивне зниження довговічності.

Встановлено, що традиційні підходи до оцінювання ресурсу, засновані переважно на міцнісних характеристиках матеріалів, не враховують повною мірою впливу складного напружено-деформованого стану. Для підвищення точності прогнозування довговічності необхідно враховувати конструктивні особливості рукавів, зокрема спосіб армування та закріплення в арматурі.

Запропонована методика випробувань може бути використана для прискореної оцінки ресурсу гідравлічних рукавів при розробці нових конструкцій і після проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧОЇ РІДИНИ ЯК ФАКТОР ЗНИЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

Батюхов М.С., керівник доц. Мельянцов П.Т.
Український державний університет науки і технологій

Експлуатаційна надійність гідравлічних трансмісій мобільних машин значною мірою визначається технічним станом робочої рідини. Незважаючи на вдосконалення конструкції та технології виготовлення гідроагрегатів, значна частка відмов (до 47%) обумовлена експлуатаційними факторами, серед яких ключову роль відіграє забруднення робочої рідини.

Основними джерелами забруднення робочої рідини є продукти зношування деталей, технологічні залишки після виготовлення та ремонту, а також зовнішні домішки, що потрапляють у систему під час експлуатації. Наявність механічних частинок, особливо з високою твердістю, призводить до інтенсивного зношування прецизійних спряжень гідроагрегатів. Додатково негативний вплив чинить наявність повітря в рідині, що спричиняє перегрів і зниження коефіцієнта корисної дії гідроприводу.

Експериментальні дослідження, виконані на основі аналізу 25 проб робочої рідини з різним напрацюванням агрегатів гідравлічних трансмісій будівельних, дорожніх та інших мобільних машин, показали, що вміст механічних домішок становить 0,006–0,102% за масою, що значно перевищує допустимі значення. При цьому, встановлено відсутність однозначної залежності між рівнем забруднення та напрацюванням, що свідчить про визначальний вплив умов експлуатації.

Отримані результати підтверджують необхідність посилення контролю чистоти робочої рідини, дотримання регламентів її заміни та вдосконалення умов транспортування і зберігання з метою підвищення надійності та довговічності гідравлічних трансмісій.

ГРАДІЄНТНЕ ТЕКСТУРУВАННЯ ТОРЦЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ

Шевченко С. А., керівник ст. викл. Лосіков О.М.
Український державний університет науки і технологій

У сучасному машинобудуванні та експлуатації мобільної техніки однією з ключових задач є підвищення надійності гідравлічних систем. Основною причиною втрати працездатності шестеренних насосів типу НШ-У є інтенсивне зношування їх прецизійних спряжень. Зокрема, через знос пари «торцева поверхня шестерні – підшипникова обойма» відбувається до 50% внутрішніх витоків робочої рідини. Тому пошук нових ресурсозберігаючих рішень, які дозволяють підвищити герметичність та зносостійкість цих вузлів у період обкатки та експлуатації, є важливим завданням сучасного ремонтного виробництва.

Суть запропонованої комплексної технології полягає в наступному. Спочатку зношені торцеві поверхні відновлюються методом електроіскрового легування (ЕІО). Далі на спеціальному обладнанні застосовується вібраційне фінішне оброблення (із частотою вібрації 50 Гц та обертанням заготовки 5 об/хв), після чого поверхня модифікується фторорганічним епіламом СФК-05. Головною науково-технічною відмінністю методу є перехід від традиційної гладкої обробки до створення керованого регулярного мікрорельєфу — градієнтного текстурування поверхні.

Використання такого комбінованого підходу створює низку технічних переваг.

По-перше, на поверхні формується чітко розрахована кількість мікрозаглиблень (600 лунок на один оберт), що створює ефект «гідродинамічного лабіринту». Концентричні ряди лунок перетинають вектор радіального витоку оливи під прямим кутом, утворюючи зони мікророзширення та формуючи потужний гідравлічний опір.

По-друге, крок цих мікрозаглиблень є просторово змінною величиною: від 146 мкм на внутрішньому радіусі шестерні до 324 мкм на її периферії. Таке зміщення щільності лунок у зони максимального експлуатаційного тиску формує надійний «гідравлічний замок», який перешкоджає втратам тиску.

По-третє, мікрокишені спрацьовують як акумулюючі мікрорезервуари для наномодифікатора СФК-05. Під експлуатаційним навантаженням вони діють як локальні мікро-нагнітачі. Це призводить до мікроскопічного відриву (розвантаження) торця шестерні від обойми і повністю нівелює прямий металевий контакт, замінюючи сухе тертя на напівридинне.

З ширшої трибологічної точки зору, робота прецизійних спряжень гідронасосів відбувається у складних умовах граничного тертя, де традиційні мастильні матеріали часто не здатні утворити стійку розділювальну плівку. Запропонована наномодифікація поверхні на фоні регулярного мікрорельєфу кардинально змінює фізико-хімічні властивості контакту. Це призводить до зниження поверхневої енергії металу та формування хемосорбційного бар'єра, який ефективно протистоїть адгезійному схоплюванню (макрозадирам) та абразивному зношуванню навіть в умовах масляного голодування або пікових температур.

Як наслідок, таке комплексне покращення трибологічних характеристик безпосередньо впливає на загальну надійність насосів. Мінімізація пускових зносів та стабілізація температурного режиму в зоні тертя дозволяють суттєво знизити

ймовірність раптових та поступових відмов. Це не лише подовжує міжремонтний ресурс агрегату, але й забезпечує стабільність його робочих параметрів протягом усього життєвого циклу, знижуючи загальні експлуатаційні витрати.

Таким чином, запропонований спосіб градієнтного текстурування дозволяє одночасно підвищити несучу здатність мастильного шару та стабільність роботи агрегату. Стендові випробування довели, що процес припрацювання скорочується до 40 годин, а фінальний об'ємний ККД відновлених насосів стабілізується на рівні 0,871 (що на 5,7% вище за показники базової технології). Це створює передумови для суттєвого підвищення довговічності деталей і вузлів, що особливо важливо для галузей із підвищеними вимогами до надійності гідроприводів, таких як металургійна, гірничодобувна, машинобудівна, енергетична, нафтогазова, будівельна, транспортна, а також сфера спеціальної та військової техніки.

ПЕРСПЕКТИВНІ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТНИХ ПРОЦЕСАХ МАШИНОБУДУВАННЯ

Слобода В.А., керівник ст. викл. Сидоренко В.К.
Український державний університет науки і технологій

Відновлення деталей – це технологічний процес відновлення їх працездатності і технічного ресурсу шляхом повернення геометричних параметрів і механічних властивостей, що змінилися за час експлуатації, та доведення їх до нормативних значень. Відновлення деталей є основним джерелом ефективності ремонтного виробництва машинобудування. Деталі втрачають свою працездатність в результаті зношування, механічних і корозійних пошкоджень, а також внаслідок втоми металу. Проте більшість з них має залишковий ресурс і може бути використано повторно в результаті проведення порівняно невеликого обсягу робіт по їх відновленню. Витрати на відновлення деталей в умовах сучасних ремонтних підрозділів машинобудівних підприємств складають залежно від конструктивне-технологічних особливостей деталей і характеру їх дефектів 10…50% від вартості нових деталей.. Відновлення деталей дозволяє зменшити потреби у виробництві запасних частин і скоротити витрати на їх придбання, які складають 40…60 % від собівартості капітального ремонту агрегатів. Таким чином, при відновленні деталей досягається значна економія сировинних, енергетичних і трудових ресурсів. На даний час основні сучасні ресурсозберігаючі технології, які використовуються в машинобудівній галузі, наступні:

- наплавлення та напилення матеріалів;
- лазерні технології (LMD та Cladding);
- електрофізичні та електрохімічні методи;
- використання полімерних композитів.

При цьому необхідно враховувати що відновлення деталей це не просто спосіб зекономити на закупівлі нових запасних частин, а стратегічний напрям у сучасному машинобудуванні, що дозволяє значно знизити енерговитрати (на 70-80%) та витрати матеріалів.

ULTRASONIC COLINEAR AND VIBROACOUSTIC MODULATION WAVE MIXING USING SHEAR WAVES FOR STRUCTURAL DAMAGE DETECTION

B. Dudariev., supervisor: dr. inż. R. Radecki and prof. dr hab. inż. W.J. Staszewski
AGH University of Krakow, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, Department of Robotics and Mechatronics, Krakow, Poland

The presented paper is an experimental study of Vibro‑Acoustic Modulation (VAM)[1], and colinear ultrasonic wave mixing [2] using Shear-Horizontal waves (SH) [3] as nonlinear ultrasonic techniques for detecting and localizing damage in metallic structures. The work uses a setup of copper beams containing various crack depths excited by paired piezoelectric actuators: a high‑frequency (HF) ultrasonic carrier and a low‑frequency (LF) excitation tone. Signals are generated digitally and amplified; in‑plane wave motion perpendicular to the beam length to observe modulation effects.

The experiment compares modulation signatures at multiple HF/LF combinations along a sample's length: before, and after a crack at a specific location.

Signal processing focuses on modulation sidebands. For VAM, the expected sideband location is at HF ± n·LF, where n is a sideband modulation harmonic. In collinear mixing, the modulations at HF ± LF are examined. Metrics that are compared are defined by modulation and sidebands amplitude between samples, sideband orders obtained, and a comparison of the damage index.

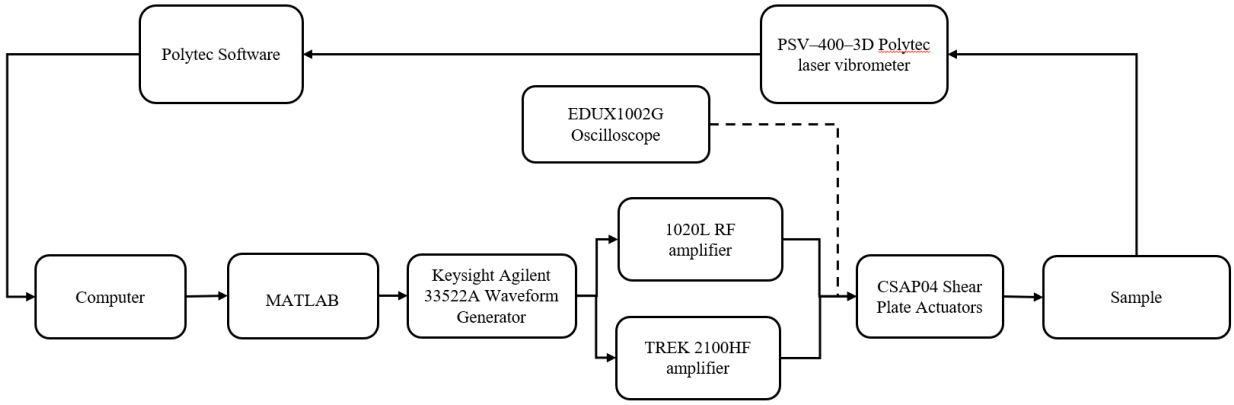


Figure 1. Scheme of experimental setup

From existing literature and theory [4], it is anticipated that both methods will generate modulation sidebands when nonlinear contact or stiffness changes are present, and that these sidebands will provide localization of damage (increased modulation amplitude near the crack). The paper aims to experimentally expand and verify the behaviour of SH waves in non‑destructive structural health monitoring using nonlinear ultrasonic indicators.

References:

[1] Osika, M., Ziaja-Sujdak, A., Radecki, R., Staszewski, W.J. (2023). In: Rizzo, P., Milazzo, A. (eds) European Workshop on Structural Health Monitoring. EWSHM 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 253. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07254-3_20

[2] K. Van Den Abeele, P. A. Johnson, A. Sutin, Nonlinear elastic wave spectroscopy (NEWS) techniques to discern material damage, part I: Nonlinear wave modulation spectroscopy (NWMS), Journal of Nondestructive Evaluation 12 (2000) 17–30.

[3] Joseph L. Rose, Ultrasonic guided waves in solid media, Cambridge University Press, 2014

[4] R Radecki, W Trybulec, M Osika, WJ Staszewski,Nonlinear crack-wave modulations in shear horizontal wave propagation for fatigue crack detection,Journal of Sound and Vibration 595, 118758

РОЗРОБКА МІНІ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД З РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ ПРЯМА ЛОПАТА

Василенко Є.І., керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Актуальність роботи пояснюється необхідністю використання міні екскаваторів для виконання невеликих за обсягами земляних і маніпуляційних робіт у прихованому режимі роботи від вірогідного ураження у районах, наближених до зони бойових дій.

Мета роботи – розробка самохідного гідравлічного багатофункціонального міні екскаватора для енергоефективного будівництва фортифікаційних споруд в зоні, наближеній до району бойових дій та в умовах захищеності від можливого ураження.

Інноваційні технології в будівельній сфері постійно розвиваються, і одним із найефективніших пристроїв, який зарекомендував себе на ринку, є міні екскаватор. Ця компактна машина виявилась незамінною як для великих будівельних компаній, так і для приватних замовників у мирний час, так і для її ефективного застосування при облаштування оборонних споруд під час ведення бойових дій в умовах захищеності від можливого ураження як з землі, так і з повітря.

Міні екскаватор - це невелика будівельна машина, яка призначена для виконання різних земляних робіт. Вона оснащена гусеничною чи колісною базою, яка забезпечує її стабільність та маневреність на будь-якому ґрунті. Основною особливістю міні екскаватора є його компактні розміри, завдяки чому він здатен працювати в обмежених просторових умовах, наприклад, на будівельних майданчиках з обмеженим доступом, може бути зручно замаскованим та малопомітним при виконанні земляних та маніпуляційних робіт поблизу зони ведення бойових дій.

Міні екскаватор складається з трьох основних компонентів: верхньої платформи, нижньої платформи і робочого обладнання. Верхня платформа містить кабіну оператора, керування та двигун. Нижня платформа, яка зазвичай забезпечена гусеничними ланцюгами чи колесами, забезпечує рух машини.

Робоче обладнання, до складу якого входять стріла, рукоять та основний робочий орган – ковш (який може бути змінним в залежності від завдання) з відповідними гідромеханізмами їх керування, може бути налаштоване на різні режими роботи, зокрема, зворотна та пряма лопата.

Принцип дії міні екскаватора полягає в застосуванні гідравлічних систем. Гідравлічні циліндри передають потужний тиск гідравлічної рідини, що дозволяє міні екскаватору здійснювати точні та продуктивні рухи.

З точки зору компактності він краще відповідає реальним умовам. Він легко переміщається через вузькі проїзди, між будівлями та спорудами. У поєднанні з добре спроектованими ковшами та навісним обладнанням він швидко адаптується до багатьох завдань без заміни машин, що економить час і бюджет.

Загальні риси, яких відрізняють міні-екскаватори від інших машин, це: компактні розміри, які дозволяють отримати доступ до тісних або закритих просторів; менша робоча маса та висока прохідність у складних умовах; поворот на 360n градусів для гнучкого позиціонування; сильний гідравлічний відгук для точних рухів.

Основні структурні компоненти, важливі для користувачів полягають у наступному. Незважаючи на менші розміри, міні екскаватори мають ту ж логіку роботи, що й більші машини. Збалансована конструкція підвищує безпеку та продовжує термін служби, особливо коли машина працює щодня.

РОЗРОБКА МІНІ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД З РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ ЗВОРОТНА ЛОПАТА

Москалюк В.С., керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Міні екскаватор - це гусенична або колісна будівельна машина з робочим ковшем, яка використовується для виконання різних завдань в будівництві та земельних роботах. Вони оснащені потужними гідравлічними системами, які керують рухами ковша і рухом машини. Міні екскаватори є компактними, але надзвичайно потужними машинами, що можуть точно та ефективно виконувати будівельні завдання.

Міні екскаватори, на відміну від своїх великих побратимів, відрізняються підвищеними показниками прохідності і маневреності. Крім того, вони набагато менше за габаритами, а тиск на опорну поверхню - дуже маленьке. Це дозволяє використовувати подібну техніку там, куди звичайна техніка не має доступу.

Основні переваги. Перш за все, така техніка здатна виконати якийсь обсяг робіт відразу на декількох об'єктах, які знаходяться один від одного далеко. Все тому, що міні-екскаватор можна транспортувати на звичайних великовантажних автомобілях. Тому багато будівельників не замовляють повноцінну техніку, а вибирають такий бюджетний варіант. Міні екскаватори здатні зробити більшість робіт дуже швидко і з хорошою ефективністю. Якщо застосовувати техніку разом з відбійними молотками, то можна руйнувати старі будинки, а для вантажних робіт досить прикріпити спеціальний ківш. Специфікація зменшених екскаваторів проводиться по місткості ковша і масі машини. Найменші можуть важити менше тони. А найбільші зразки можуть досягати маси в десять тисяч кілограм. Ще не так давно міні екскаватори вважалися лише іграшками в світі важкої техніки, але поступово вони заслужили повагу професійних будівельників і конструкторів, підкоривши їх простотою управління, малими розмірами, низькою ціною і високою якістю виконуваних робіт. Вони можуть допомогти у великій кількості робіт, починаючи від ландшафтного дизайну і закінчуючи побутовими потребами.

Міні екскаватор складається з трьох основних компонентів: верхньої платформи, нижньої платформи і робочого обладнання. Верхня платформа містить кабіну оператора, керування та двигун. Нижня платформа, яка зазвичай забезпечена гусеничними ланцюгами чи колесами, забезпечує рух машини. Робоче обладнання включає гідрокеровані стріл, рукоять та ковш, замість якого може бути встановлений інший робочий орган в залежності від завдання.

Міні екскаватори мають широкий спектр застосування в будівництві, а саме: 1) земляні роботи (копання траншей, планувальні роботи, видалення ґрунту, тощо); 2) фундаментні роботи (копання ям для фундаментів, встановлення підпорних конструкцій та виконання будівельних робіт); 3) ландшафтний дизайн (створення озерець, ставків, пагорбів та ін.); 4) споруди та ремонт(розбирання старих конструкцій та будівель, а також виконання ремонтних робіт); 5) дренажні роботи (встановлення дренажних систем та каналізаційних труб).

Використання міні екскаваторів має численні переваги: 1) компактність (легко маневрують в обмежених просторах); 2) ефективність і продуктивність (мають потужні гідравлічні системи, які забезпечують високу продуктивність та точність робіт); 3) економія часу і грошей; 4) підвищення безпеки (оператори міні екскаваторів працюють з відмінною видимістю з кабіни та мають керований рух машини); 5) універсальність (можуть виконувати широкий спектр завдань, скорочуючи номенклатуру машин).

РОЗРОБКА ОПОРНО-ХОДОВОГО ПРИСТРОЮ МІНІ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД З РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ ПРЯМА/ЗВОРОТНА ЛОПАТА

Федоренко О.В. керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Міні екскаватор - це невелика будівельна машина масою, зазвичай, до 5…6 т, призначена для виконання різних високоточних земляних робіт, демонтажу та облаштування ділянок в умовах обмеженого простору.

Він оснащений гусеничною чи колісною базою, яка забезпечує його стабільність та маневреність на будь-якому ґрунті.

Основною особливістю міні екскаватора є його компактні розміри, завдяки чому він здатен працювати в обмежених просторових умовах, наприклад, на будівельних майданчиках з обмеженим доступом. Завдяки гусеничному чи колісному ходу, маневреності та змінному навісному обладнанню, міні-екскаватори використовуються для копання траншей, котлованів під фундаменти, септики, планування території, садівництва та комунальних робіт.

Міні екскаватор складається з трьох основних компонентів: верхньої платформи, нижньої платформи і робочого обладнання. Верхня платформа містить кабіну оператора, керування та двигун. Нижня платформа, яка зазвичай забезпечена гусеничними ланцюгами чи колесами, забезпечує рух машини. Робоче обладнання включає стрілу, рукоять та змінний робочий орган з відповідними гідромеханізмами їх керування. Змінний робочий орган, основним з яких є ковш, може мінятися залежно від завдання.

Принцип дії міні екскаватора полягає в застосуванні його робочого обладнання і робочого органа для виконання різнопланових невеликих за обсягом земляних і маніпуляційних робіт і передбачає застосування при цьому гідравлічної системи керування. Оператор керує рухами стріли, рукояті і ковша, використовуючи рукоятки у кабіні. Гідравлічні циліндри передають потужний тиск гідравлічної рідини, що дозволяє екскаватору здійснювати точні та продуктивні рухи. Завдяки цьому простому, але досконалому механізму, міні екскаватор здатний виконувати різноманітні завдання, такі як копання, підйом вантажів, демонтаж споруд та багато інших, особливо в мовах обмеженого простору та прихованості виконання робіт

Актуальність роботи – обумовлена сучасною стратегією раціонального використання міні екскаваторів і, зокрема, їх раціонального використання у зоні наближеній до району бойових дій. Роль опорно-ходового пристрою важко переоцінити, оскільки саме він дає можливість міні екскаватору ефективно пересуватися і виконувати поставлені перед ним завдання.

Мета – розробка самохідного гідравлічного багатофункціонального міні екскаватора для енергоефективного будівництва фортифікаційних споруд в зоні, наближеній до району бойових дій та в умовах захищеності від можливого ураження.

Основними задачами, що вирішуються у роботі є: технічне обгрунтування проєкту міні екскаватора, силовий та конструктивний розрахунок опорно-ходового пристрою, розробка технології застосування міні екскаватора та їх співставна оцінка; критичні зауваження щодо значимих недоліків роботи гідромеханізмів робочого обладнання; авторські пропозиції з поліпшення роботи міні екскаватора стосовно виконання поставленої мети; виконання теоретичних розрахунків абсолютних і відносних показників роботи гідромеханізмів міні екскаватора та їх співставна оцінка; напрацювання рекомендацій стосовно практичного використання результатів досліджень і продовження науково-дослідних робіт на перспективу.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ЕКСКАВАТОРА ТА РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ШВИДКОЇ ЗМІНИ РОБОЧОГО ОРГАНУ

Новіков С.І., керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Універсальні одноковшеві екскаватори є базовим інструментом сучасного будівництва та відновлювальних робіт завдяки поєднанню високої продуктивності, стійкості та широкої номенклатури змінного обладнання. Технологічний цикл машини охоплює розробку ґрунту, переміщення розробленої маси та її розвантаження у транспортний засіб чи у відвал. Вирішальною особливістю є те, що в процесі роботи переміщується передусім робочий орган – сталевий ковш, сполучений із рукояттю та стрілою, тоді як корпус машини слугує стійкою опорою. Така кінематика дає змогу виконувати роботи як вище, так і нижче рівня стоянки, зберігаючи необхідну точність планування навіть у стіснених умовах.

Широка варіативність ходової частини й робочого обладнання визначає універсальність сучасних екскаваторів: гусеничні виконання забезпечують підвищену опорну здатність і стійкість на слабких основах, колісні – мобільність на дорогах загального користування та оперативні переїзди між об’єктами. Сукупність конструктивних рішень – компоновка стріли та рукояті, система важелів ковша, параметри гідроприводу та тип ходової – безпосередньо впливає на продуктивність, енергоємність циклу й запас стійкості проти перекидання.

У цій роботі прийнято класифікацію одноковшевих гідравлічних екскаваторів за розмірними групами; фокус зроблено на четвертій групі, як збалансованій за співвідношенням маневровість – зусилля. До цієї групи віднесено машини з робочою масою близько 20…25 т та місткістю ковша ≈1,0 м³. Саме ці величини слугуватимуть вихідними для подальших розрахунків кінематики і силових навантажень.

При виконанні різнопланових невеликих за обсягом земляних робіт одноковшевими гідравлічними екскаваторами актуальним є задача мінімізації витрат часу на переналагодження робочого устаткування, зокрема пов'язаного зі зміною робочого органа, оскільки всі сучасні одноковшеві гідравлічні універсальні екскаватори забезпечуються комплектом змінних робочих органів. У даній кваліфікаційній роботі розроблена конструкція робочого обладнання одноківшевого гідравлічного універсального екскаватора із пристроєм швидкої зміни робочого органу.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності і розширення експлуатаційних можливостей шляхом модернізації базової моделі універсального екскаватора Volvo EC210D без виходу за межі класу (≈1,0 м³) і без погіршення надійності за рахунок запровадження різних варіантів рішень, які можуть застосовуватись окремо або разом.

Особлива увага при цьому приділена розробці технологічних схем практичного застосування пристрою швидкої зміни робочого органу, а також визначення стійкості екскаватора у найбільш невигідних умовах, у результаті чого запропоновані рекомендації стосовно маси противаги.

В роботі велика увага приділена розрахунку енергоємності приводів робочого обладнання та машини в цілому. На основі аналізу отриманих результатів та їх співставлення з натурною машиною-прототипом зроблені висновки та надані рекомендації стосовно вибору силової і насосної установки.

У перспективі ж можлива доробка даної конструкції з метою використання гідроприводу для автоматичного приєднання робочих органів.

ПРОЄКТ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ

Троцюк В.С., керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Наземний роботизовані комплекси (НРК) — це дистанційно керовані платформи, що замінюють людей на небезпечних ділянках. Вони перевозять до 300 кг+ вантажів, евакуюють поранених, встановлюють міни та проводять інженерну розвідку ґрунтів на відстані, мають високу прохідність, повний привід і керуються на відстані понад 20 км.

Актуальність розвитку НРК підкріплюється наступними міркуваннями.

Які зараз актуальні задачі перед розробниками НРК та скільки часу залишилось до справжніх автономних бойових наземних дронів?

Наземні роботизовані комплекси у 95% випадках виконують логістичні завдання, що має критичне значення для будь-якого підрозділу на передовій. Бо без підвезення припасів, боєприпасів, евакуації поранених, вести бойові дії просто неможливо. Але це не означає, що бойовими дронами ніхто не займається і в цьому немає перспективи.

Першим перспективним напрямом розвитку НРК наразі є сфера його управління. Сам зв’язок між роботизованою платформою та оператором має бути цифровим, завадозахищеним, резервованим та не залежати від рельєфу місцевості, тобто бути або супутниковим, або побудованим на основі широкої mesh-мережі.

Водночас використання оптоволокна на наземних НРК на постійній основі немає сенсу. Зокрема, через вартість самої "оптики", так і того, що наземна роботизована платформа скоріше її просто порве коли буде їхати зворотним маршрутом. Що звісно не виключає, що для окремих спеціальних умов та місій це може мати сенс.

Але наступний рівень - це перехід на моделі машинного зору, візуальної навігації та іншого принципу керування НРК. Справа в тому, що вагомою проблемою керування будь-якої наземної роботизованої платформи є затримка сигналу, так званий пінг. При затримці у 150 мілісекунд оператор скоріше зупинить НРК й буде очікувати його зменшення до 60-80 мілісекунд.

Другою проблемою є мала оглядовість оператора НРК, який має вузьке поле зору через камери. Окрім цього на це також впливає, наприклад, висока трава, чи відсутність видимих орієнтирів, помножена на відсутність супутникової навігації. Але є рішення, яке може одночасно розв’язати ці дві проблеми.

Потрібно спробувати перетворити управління НРК в щось схоже на комп'ютерну гру, коли можна взяти 3D-модель, як самого НРК, так і місцевості навколо нього, і оператор буде вільний в тому, щоб вибрати ракурс, тобто бачити у режимі "вид від третьої особи", що значно краще дає розуміння, де він знаходиться.

База даних логістики - ще один взагалі "невидимий" напрям розвитку логістики - це дуже прості питання: що, куди, коли та кому везти. І від відповіді на них й залежить вся ефективність будь-якої логістики. Насправді це дуже серйозні питання. Системні. І навіть для великих логістичних компаній це було і є все ще нетривіальною задачею. І тут питання в тому, щоб об'єднати цей досвід. І навіть якщо сконцентруватися на вузькій лінійці логістичних засобів та аналізі інформації щодо їх використання, організовувати систему запитів, куди й кому вести, і скільки, і яким чином, яку логістику ми можемо поєднувати, то наш фронт виграв б від цього дуже сильно, - підкреслив керівник підрозділу роботизованих комплексів 2-го корпусу Нацгвардії України "Хартія".

Скільки часу залишилось до бойових дроїдів? Ще п’ять років тому фрази про бойовий штучний інтелект та двобої дронів можливо було зустріти лише у фантастиці. Але тепер це звичні речі, а тому до появи наземних автономних бойових НРК, умовних дроїдів, залишилось доволі мало часу. За прогнозами експертів слід очікувати, що до появи таких засобів залишилось три роки.

Це випливає з аналізу виробничих потужностей, питання самих модулів платформ, як вони працюють, систем машинного обзору і сенсорів, і можливості їх використання. Питання відповідальності, масштабованості і створення систем.

Ці інструменти можуть з'явитися через півтора року. А от зібрати їх, запакувати їх в нормальний вигляд для того, щоб це можна було постачати підрозділам, а потім щоб ці підрозділи мали і розуміли, як цим розпоряджатись, і були системи управління - це ще на 1,5 року. А от насичення ними військ - це початок 2030-х років.

Таким чином актуальність теми на сучасному етапі розвитку військової справи характеризується переходом до безконтактних методів ведення бойових дій та широким впровадженням роботизованих систем. В умовах повномасштабної агресії проти України, використання НРК стало критично важливим фактором збереження життя особового складу ЗСУ.

Більшість існуючих рішень на полі бою є вузькоспеціалізованими (або тільки камікадзе, або тільки розвідка). Проте реалії фронту вимагають створення багатофункціональних платформ, здатних швидко адаптуватися під поточну задачу: від логістики та евакуації поранених до вогневого ураження противника. Саме тому розробка та обґрунтування тактики застосування таких комплексів є одним із пріоритетних завдань оборонно-промислового комплексу України.

Мета проєкту – забезпечення логістики та евакуації при мінімізації ризиків для особового складу шляхом створення та застосування наземного роботизованого комплексу з модульною архітектурою та розробки рекомендацій щодо її тактичного використання для підвищення бойової ефективності підрозділів, зокрема, для виконання бойових, логістичних та інженерних завдань без безпосередньої участі людини на лінії вогню та підвищення ефективності операцій завдяки автономності, універсальності та здатності діяти в умовах, небезпечних для людей та захищеності від можливого ураження.

Об’єкт дослідження — процес дистанційного та автономного керування наземними технічними засобами в зоні бойових дій.

Предмет дослідження — конструктивні параметри багатофункціональної роботизованої платформи та методи її ефективного тактичного застосування у складі підрозділів ЗСУ.

Основними задачами досліджень є: технічне обгрунтування створення наземного роботизованого комплексу, його силовий і конструктивний розрахунок, технологія застосування; технологічні заходи розробки та виготовлення базових деталей; загальні висновки та рекомендації щодо перспективного продовження розробки базової моделі наземного роботизованого комплексу.

ПРО ОБЛАДНАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ

Москалюк В.С., керівник доц. Богомаз В.М.
Український державний університет науки і технологій

В умовах збройної агресії російської федерації проти України велика кількість об’єктів транспортної та критичної інфраструктури зазнали значних руйнувань. Підрозділи Державної спеціальної служби транспорту залучені до виконання завдань, пов’язаних з: будівництвом військових інженерно-технічних і фортифікаційних споруд;

відновленням об’єктів транспортної інфраструктури; розмінуванням; охороною та обороною визначених об’єктів. Для виконання перелічених завдань залучається велика кількість автомобільної техніки та засобів інженерного озброєння (далі - ЗІО). В процесі виконання завдань техніка зазнає пошкоджень від різних видів ураження та потребує відновлення для подальшого використання за призначенням.

Одним з основних заходів відновлення пошкоджених зразків техніки є технічна розвідка, яка включає комплекс заходів із збору, аналізу та узагальнення даних щодо встановлення (виявлення) місцезнаходження пошкоджених зразків ЗІО, оцінювання їх технічного стану, можливості відновлення та обсягу ремонтно-відновлювальних робіт, шляхів евакуації, маршрутів руху та районів розгортання ремонтно-відновлювальних органів, місцевих ресурсів і трофеїв.

Для проведення технічної розвідки підрозділи технічного забезпечення комплектуються відповідними машинами для проведення основних заходів технічної розвідки з необхідним для цього обладнанням. Внаслідок досвіду застосування відповідних підрозділів розроблено орієнтовна комплектація таких машин.

Машина технічної розвідки обладнується на базі повнопривідного пікапу з кількістю місць на менше п’яти для забезпечення перевезення групи технічної розвідки. Отже, спеціалізований автомобіль для проведення технічної розвідки запропоновано укомплектувати наступним обладнанням та інструментами:

- стріловим вантажопідйомним обладнанням для підняття вантажів вагою до 500кг;
- генератором дизельним потужністю не менше 5 кВт;
- зварювальним напівавтоматом;
- компресором поршньовим;
- домкратами пневматичними та гідравлічними;
- пуско-зарядним пристроєм 12/24В;
- обладнанням для буксирування;
- наборами електричного та пневматичного інструменту;
- наборами слюсарних інструментів та ключів.

Для швидкого прийняття рішення щодо відновлення пошкодженої техніки необхідне проведення якісної технічної розвідки, яка має бути своєчасною. Якісне обладнання відповідної машини, за досвідом застосування таких підрозділів, є запорукою якісної та швидкої технічної розвідки пошкодженої техніки тимчасовими підрозділами технічного забезпечення.

ПРО ДООБЛАДНАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ НЕВИБУХОВИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ

Троцюк В.С., керівник доц. Богомаз В.М.
Український державний університет науки і технологій

До основних завдань підрозділів Державної спеціальної служби транспорту відносять: встановлення загороджень на об’єктах єдиної транспортної системи України з метою забезпечення діяльності Збройних Сил України та інших військових формувань; капітальне будівництво, реконструкція об’єктів і споруд загальновійськового та спеціального призначення, у тому числі військових інженерно-технічних та фортифікаційних споруд.

Сьогодні підрозділи зазначеної служби активно залучаються до виконання завдань з інженерного облаштування рубежів оборони, зокрема, з влаштуванням невибухових загороджень.

Невибухові загородження є важливою складовою системи інженерних загороджень, що влаштовуються для затримки просування противника, створення умов для його ефективного ураження вогнем та сковування маневру.

До протитанкових невибухових загороджень відносять рови, ескарпи, надовби, металеві (залізобетонні) їжаки, тетраедри. Для швидкого закриття проходів або облаштування загороджень на дорогах і блокпостах використовуються важкі залізобетонні піраміди (тетраедрів) та металеві їжаки, для розвантаження та точного позиціонування яких використовуються різні вантажопідйомні машини.

На сьогодні в підрозділах служби, які задіяні для влаштування невибухових загороджень, є велика кількість транспортних засобів (вантажних автомобілів) старого зразку. При перевезенні залізобетонних тетраедрів на місце встановлення на звичайних вантажних бортових автомобілях виникає проблема їх швидкого розвантаження, що в умовах дії ворожих БПЛА є суттєвим, оскільки дає можливість збереження життя особового складу. Адже використання додаткової техніки (кранів, навантажувачів) для виконання подібних операцій створює додаткове скупчення особового складу та техніки, що створює додаткову небезпеку.

Для удосконалення роботи команд по влаштуванню загороджень та підвищення безпеки запропоновано встановити кранове маніпуляторне обладнання на конкретні наявні вантажні автомобілі для виконання таких завдань при безпосередній близькості до лінії бойового зіткнення.

Для цього проведена оцінка наявного базового автомобіля (перевірка вантажопідйомності шасі, міцності рами, довжини бази, наявності місця під установку), розроблено варіанти посилення рами шляхом встановлення підсилюючих балок та підрамників, запропоновано конструкцію існуючого маніпуляторного обладнання з необхідними технічними характеристиками, розроблені пропозиції щодо підключення гідравлічного приводу та електроустаткування для відповідного обладнання, проведено розрахунок на стійкість отриманої конструкції вантажного автомобіля з дообладнанням.

Отже, дообладнання існуючих вантажних автомобілів крановим маніпуляторним обладнанням дозволяє значно пришвидшити процес створення підрозділами ДССТ стійких невибухових загороджень (особливо тетраедрів), що є критично важливим для якісного фортифікаційного обладнання позицій та стримування важкої техніки противника.

МЕТОДОЛОГІЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНОГО РЕСУРСУ НАВАНТАЖЕНИХ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ

Брильов Р. А., керівник доц. Плітченко С.О.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток машинобудування та транспортної галузі висуває жорсткі вимоги до надійності механічних систем, де ключовим фактором обмеження довговічності залишається інтенсивність зношування контактних пар. Проблема керування триботехнічними характеристиками спряжень вимагає комплексного підходу, що інтегрує матеріалознавчі, конструктивні та експлуатаційні стратегії. В основі мінімізації дисипативних втрат лежить концепція активного впливу на зону контакту, що дозволяє не лише знизити коефіцієнт тертя, а й програмувати характер руйнування поверхонь. Перехід від пасивного спостереження за зносом до керованого регулювання ресурсних показників є актуальним завданням для підвищення енергоефективності технічних систем у широкому діапазоні навантажувально-швидкісних режимів.

Фундаментальним інструментом керування інтенсивністю зношування є селективний підбір матеріалів трибосистеми за критерієм їхньої фізико-хімічної несумісності. Використання пар тертя з відмінною електронною структурою та низькою взаємною розчинністю компонентів дозволяє суттєво обмежити процеси адгезійного схоплювання та мікрозварювання в зонах фактичного контакту. Це особливо важливо для запобігання глибинному вириванню матеріалу в умовах граничного змащування. Оптимізація мікроструктури робочих поверхонь, зокрема шляхом введення легуючих елементів або створення гетерогенних фазових складів, забезпечує формування стійких вторинних структур, які виконують роль природного захисного бар'єру.

Конструктивний аспект регулювання трибологічного ресурсу базується на управлінні топографією та геометрією поверхонь. Формування регулярного мікрорельєфу або текстурування поверхонь дозволяє створювати гідродинамічні «мастильні кишені», які забезпечують стабільне утримання змащувального матеріалу та ефективне відведення продуктів зносу з робочої зони. Рівномірний розподіл питомих тисків досягається через оптимізацію конформності поверхонь, що мінімізує ризик виникнення зон локальних перенапружень. Важливим елементом стратегії є також локалізація зношування у легкозамінних проміжних елементах, таких як антифрикційні втулки або вкладиші. Це дозволяє зосередити деструктивні процеси в компонентах із самозмащувальними властивостями, зберігаючи цілісність високовартісних структурних деталей механізму.

Динамічна стабільність вузла тертя досягається шляхом впровадження демпфуючих механізмів та систем компенсації перекосів, що запобігає руйнуванню мастильної плівки під дією ударних навантажень. Технологічний вплив на зносостійкість доповнюється методами поверхневого зміцнення, такими як лазерне гартування, хіміко-термічна обробка або наплавлення функціональних покриттів із високою мікротвердістю. Синтез цих підходів дозволяє сформувати градієнтну структуру матеріалу, де поєднуються тверда робоча поверхня та пластична основа, що здатна поглинати механічну енергію без крихкого руйнування. Таким чином, інтегрована система керування триботехнічними процесами забезпечує перехід до прогнозованої експлуатації машин, мінімізуючи витрати на ремонт і підвищуючи загальну живучість складних технічних комплексів.

РОЗРОБКА І МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМПЛЕКТУ МАШИН ДЛЯ КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Сорока Є.О., керівник доц. Главацький К.Ц.
Український державний університет науки і технологій

Актуальність роботи полягає у розробці технологічних схем енергоефективного використання комплекту машин для комунального господарства у складі портального сміттєвоза-контейнеровоза та вилкового автонавантажувача.

Сміттєвоз – вид комунальної спецтехніки, який використовується для завантаження, ущільнення, транспортування та вивантаження відходів. Конструкційно це кузов-контейнер на автомобільному шасі з різними типами завантаження.

Сміттєвози - це незамінна техніка для забезпечення чистоти і порядку, нормального функціонування комунальних служб. Опишемо існуючі типи сміттєвозів, основні переваги кожного типу і їх область застосування.

Призначення сміттєвозів:

- збір і вивезення сміття з контейнерів, баків, відходозбірників чи інших спеціально призначених місць для збору відходів;

- транспортування побутових відходів на відстань від пунктів збору до об'єктів обробки, сміттєпереробних заводів або місць утилізації;

- сортування сміття - деякі машини обладнані системами для сортування відходів, щоб відокремити різні види сміття, що полегшує їх подальшу переробку або вторинне використання;

- вивіз вантажу (у т. ч. великі вантажі, включаючи будівельне сміття, гілки, меблі та інші великі об'ємні відходи);

- прибирання об'єктів громадської інфраструктури: на вулицях, парках, автостоянках та інших місцях громадського користування;

- сміттєвози для побутового сектору збирають та вивозять сміття, обслуговують житлові райони та інші місця проживання, де вивозять побутові відходи від домогосподарств;

- вивіз сміттєвих контейнерів (у т. ч. зі спеціальних контейнерів, які розташовані в різних районах міста чи промислових зон).

Основні переваги сміттєвозів з портальним механізованим завантаженням:

- підходять для перевезення великого і негабаритного сміття;

- завдяки компактності мають підвищену маневреність;

- надійні в експлуатації, прості в обслуговуванні і ремонті;

- виключається випадкове розкидання сміття при навантаженні чи розвантаженні.

У сучасному міському комунальному господарстві широко застосовуються автонавантажувачі типу Балканкар та львівський навантажувач АП1030 Лев з приводом від ДВЗ та електроприводом.

Головні переваги болгарських навантажувачів, виробництва Балканкар (Balkancar): надійність та стабільність роботи, висока продуктивність, легкість навантаження та вивантаження, зручне робоче місце водія, просте обслуговування та мінімальні експлуатаційні витрати. Високі експлуатаційні показники електронавантажувачів Балканкар у поєднанні із сучасним дизайном дозволяють вважати, що ця марка може стати гідним придбанням для будь-якого підприємства.

На львівських навантажувачах питання ремонтопридатності вирішені комплексно, а саме:

- застосований один з самих доступних двигунів, дизель Д-242 виробництва ММЗ, який встановлений на тракторах МТЗ Білорус, а також трансмісія, у складі якої коробка передач ГАЗ-52/53;

- конструкція автонавантажувача – механічна, без застосування складних гідродинамічних і інших передач;

- високонадійний ведучий міст через карданну передачу з механізмом заднього ходу, КПП і зчепленням МТЗ забезпечує машину відмінними динамічними характеристиками і найбільшою стійкістю за різних умов.

Дизельний львівський навантажувач АП-41030 ЛЕВ має наступні переваги:

- відмінні експлуатаційні дані;

- хороша стійкість, забезпечена широкою колією ведучих коліс і базою;

- низький центр мас сприяє стійкості навіть на слизькій і нерівній поверхні;

- гідроциліндри підйому стріли з полімерними ущільненнями гарантують тривалу безремонтну експлуатацію (не менше 90000 циклів);

- зворотний кут нахилу в 30 забезпечує захоплення вантажу прямо з рівня підлоги чи грунту;

- безперешкодний підйом каретки без зміни висоти вантажопідйомника дозволяє переміщення вантажу в межах габариту машини.

У частині практичного сумісного застосування портального контейнеровоза та автонавантажувача розроблені фотограми їх практичного застосування.

Виконаний розрахунок та дослідження стійкості портального контейнеровоза і автонавантажувача з детальним описом покрокової технології їх застосування.

За принципом знімання і установки кузовів розрізняються конструкції, пристосовані для вертикального підйому, скачування і комбіновані.

Стандартизовані параметри облаштувань двох типів для зняття кузовів:

1. Облаштування вертикального підйому типу УВП, що складається з силового агрегату і підйомного надрамника, встановленого на рамі автомобіля. Застосовується при перевезеннях з механізованим вантаженням і розвантаженням зйомних кузовів, обладнаних чотирма відкидними стійками. Номінальна вантажопідйомність пристроїв: 3 т (УВП-3,0), 4,5 т (УВП-4,5) і 6,5 т (УВП-6,5).

2. Облаштування похилого зняття типу УНС, що складається з силового агрегату і похилої рами з механізмом зняття кузовів, що встановлюються на рамі автомобіля або напівпричепа. Застосовується воно при перевезеннях з механізованим вантаженням-розвантаженням знімних кузовів і великих контейнерів. Номінальна вантажопідйомність пристроїв: 8 т (УНС-8,0), 12 т (УНС-12, о) і 20 т (УНС-20,0). Система знімання і установки кузова робиться за принципом «нахил - скочування». Кут нахилу рами залежить від типу пристрою.

Для нормальної експлуатації електронавантажувачів важлива стійкість їх від дії зовнішніх сил:

- подовжня при піднятому на граничну висоту номінальному вантажі та нахиленої вперед рамі вантажопідйомника;
- подовжня при гальмуванні навантажувача, що рухається з максимальною швидкістю та номінальним вантажем по похилій поверхні;
- бічна при піднятому на максимальну висоту номінальному вантажі та розташуванні навантажувача на ухилі в поперечному напрямку;
- бічна при русі навантажувача на повороті.

Також досліджені характерні несправності автонавантажувача та портального контейнеровоза і запропоновані технологічні зміни характерних вузлів, де найчастіше виникають несправності і поломки.

ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕХНІЧНА МЕХАНІКА»

ВПЛИВ СХЕМ ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ НА ПОЗДОВЖНЮ НАВАНТАЖЕНІСТЬ

Коновал О.О. керівник доц. Урсуляк Л. В.
Український державний університет науки і технологій

На безпеку руху поїздів насамперед впливає рівень поздовжніх сил, який може досягати небезпечних значень, особливо коли зазори в міжвагонних з'єднаннях істотно впливають на перехідний процес. У вантажних поїздах небезпечна ситуація, з позиції поздовжніх сил, може виникнути як в довгоскладових поїздах так і в поїздах нормальної довжини, але сформовані з вагонів різних типів, призначених для перевезення рідких і сухих вантажів. У таких поїздах коливання рідкого вантажу призводить впливають на поздовжні сили міжвагонних з'єднаннях.

В науково-дослідній галузевій лабораторії динаміки та міцності рухомого складу ДІІТу розроблено програмний комплекс, який дозволяє моделювати рухи поїздів сформованих з різних типів вагонів (напіввагони та цистерни).

Таблиця вихідних даних у згаданому комплексі дозволяє задати тип вагона, який вказується в натурному листі поїзда, його довжину, вагу тари, кількість осей, вид натискання на гальмівну колодку (одностороннє або двостороннє), тип підшипників (кочення або ковзання), жорсткість конструкції вагона, а також тип рухомого вантажу та рівень недоливу

У роботі розглянуто вплив схем формування поїздів, складених з напіввагонів і вагонів-цистерн масою 80 тонн кожен, при найбільш небезпечному режимі управління - екстреному гальмуванні на рівень найбільших поздовжніх сил. Моделювалося гальмування на горизонтальній ділянці колії з початковою швидкістю руху 20 км/год. Передбачалося, що поїзди складені із 72 екіпажів і одного локомотиву, який розташований у голові. Для визначення найбільший поздовжніх сил передбачалося, що до початку гальмування поїзди були повністю розтягнуті.

Розглянуто такі схеми формування:

1- один локомотив ВЛ-80т і 36 вагонів-цистерн + 36 напіввагонів;

2- один локомотив ВЛ-80т і 36 напіввагонів + 36 вагонів-цистерн;

3- один локомотив ВЛ-80т і 54 піввагони + 18 вагонів-цистерн;

4- один локомотив ВЛ-80т і 72 піввагони.

При математичному моделюванні передбачалося, що в цистерни залита рідина щільністю ρ=0,81 т/м3 з рівнем вільної поверхні рідини, віддаленої на 0,75 м від верхньої внутрішньої поверхні котла цистерни.

Результати моделювання гальмування розглянутих поїздів показали, що найбільший рівень стискаючих зусиль виникає в поїзді, складеному тільки з напіввагонів (схема 4). При зменшенні числа напіввагонів рівень найбільших поздовжніх сил зменшується (схема 3), При рівній кількості напіввагонів та вагонів-цистерн (схема формування 1 і 2) найменше значення поздовжніх сил отримано для випадку, коли цистерни розташовані в другій половині складу (схема 2).

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ ЧАСТИН ВАНТАЖНОГО ЛОКОМОТИВА

Десятов В.О., Нікітіч О.О., керівник доц. Недужа Л.О.
Український державний університет науки і технологій

Для забезпечення перевезень перед залізничним транспортом поставлені основні завдання, серед яких: оновлення парку рухомого складу, підвищення рівня безпеки руху, використання енергозберігаючих технологій тощо. Ці та інші завдання і вимоги обумовлюють основний напрямок з удосконалення конструкцій локомотивів й особливо їх ходових частин, які (в основному) впливають на динамічні якості. Від правильно прийнятих технічних рішень залежать експлуатаційні та економічні показники одиниць тягового рухомого складу.

Тому, розглянуто екіпажну частину електровоза, який рухається по реальним нерівностях інерційної колії у вертикальному та горизонтальному напрямках. Обрано розрахункову схему та розроблено математичну модель його просторових коливань. Отримані результати теоретичних досліджень щодо визначення динамічних показників вантажного електровоза засвідчили про вдалий вибір розрахункової схеми. Проведені в подальшому динамічні ходові випробування показали, що дані розрахунків досить добре відповідають результатам випробувань.

Таким чином, зроблені технічні рішення конструкції ходових частин підтвердили про вдалий вибір конструктивної схеми екіпажної частини вантажного локомотива.

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ РОЗТАШУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В ПАЛАЦІ КУЛЬТУРІ УДУНТ.

Інкін Д.І., керівник доц. Кострица С.А.
Український державний університет науки і технологій

Світлове обладнання в Палацах культури (ПК) — це не просто «ліхтарі», а ключовий інструмент, який перетворює звичайну сцену на художній простір. Професійно обладнана світлом зала ПК дозволяє створити атмосферу та емоційний фон, реалізувати жанрову універсальність від урочистих зборів до молодіжних вечорів, дозволяє здійснювати психологічний вплив на глядача.

Трикутна ферма (або "трилайт") - це одна з найбільш популярних металоконструкцій для підвісу світлового, звукового та декоративного обладнання. Завдяки своїй формі вона поєднує компактність при транспортуванні і високу жорсткість на згин та кручення. Геометрична форма перерізу ферми у вигляді трикутника рівномірно розподіляє навантаження по трьох несучих трубах, що збільшує вантажопідйомність у порівнянні з плоскими конструкціями.

В даній роботі розглядається трикутна сталева ферма з розмірами перерізу 230х230х230 мм (рівнобічний трикутник), яка складається з трьох поздовжніх елементів (труба 18х1.8 мм) довжиною 2250 мм, розкосів (проволока діаметром 6 мм), торцевих трикутників (кутики 15х20х2 мм). Довжина панелі ферми 500 мм. Орієнтація ферми – вершина зверху. Матеріал – сталь ст.3. Експлуатаційне навантаження: власна вага ферми масою 7 кг плюс вага 4-х освітлювальних приладів масою по 10 кг.

У якості методу оцінки міцності та жорсткості конструкції обрано метод скінчених елементів (МСЕ), який є основним інструментом інженерного аналізу завдяки наявності пакетів комп'ютерних програм, що реалізують не тільки обчислювальний процес МСЕ, а й мають зручний інтерфейс для введення вихідних даних, контролю процесу обчислень і обробки результатів розрахунку. В даній роботі, для проведення розрахунків застосовано програмний комплекс Structure CAD (SCAD), який використовується в навчальному процесі університету.

Суть методу скінчених елементів полягає в тому, що конструкція, розбивається на деяке число малих, але кінцевих за розмірами елементів. Останні носять назву скінчених елементів (СЕ), а сам процес розбивки - дискретизацією. З'єднання скінчених елементів здійснюються у вузлових точках. Для побудови скінчено-елементної моделі ферми використано стержньові СЕ.

Розрахунки проведено за першим та другим граничними станами.

В Україні проектування та експлуатація подібних конструкцій регулюються будівельними нормами (ДБН) та правилами охорони праці під час роботи на висоті (НПАОП).

Аналіз результатів проведених розрахунків показав, що максимальні еквівалентні (за 4-ю теорією міцності) напруження в конструктивних елементах ферми складають з урахуванням двократних запасу міцності та коефіцієнту динаміки (пов'язаний з прискоренням ферми під час підйому лебідками) складають 105 МПа та не перевищують границю текучості сталі ст.3 – 245МПа.

Згідно з НПАОП 0.00-1.01-07 (Правила безпечної експлуатації вантажопідіймальних пристроїв): «якщо обладнання висить над головами людей, рекомендується використовувати коефіцієнт запасу 10:1». Загальна маса конструкції, що досліджується складає 47 кг. При підвішуванні на двох тросах мінімальне

допустиме навантаження на один трос 47:2*10=235 кг. Сталевий трос 4 мм (DIN 3055) витримує близько 500 кг, що перекриває норму із достатнім запасом.

КОМПОЗИТНИЙ МАТЕРІАЛ ІЗ АРМОВАНОГО ВОЛОКНОМ ПОЛІМЕРУ, ЯКИЙ САМОВІДНОВЛЮЄТЬСЯ

Литвин О.С., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Дослідники створили композитний матеріал, що самовідновлюється, який перевершує за міцністю ті, які сьогодні використовуються в авіаційних крилах і лопатках турбін. Матеріал може лагодити себе сам понад тисячу разів, що дозволить продовжити термін служби конструкцій з кількох десятиліть до сотень років. Таким чином, можна суттєво знизити витрати на заміну пошкоджених деталей та скоротити обсяги промислових відходів.

Армовані волокном полімерні композити – матеріали із шарів скловолокна, вуглецевого волокна або інших волокон, розміщених у полімерній основі, – вже давно використовуються в авіації, вітроенергетиці та автомобілебудуванні. Вони міцні і дуже легкі. Однак вони мають вразливе місце: згодом такі матеріали починають поступово розшаровуватися, і тріщини між шарами поступово руйнують конструкцію.

Композит, що самовідновлюється, зовні схожий на звичайний, але містить два ключові доповнення. По-перше, за допомогою 3D-друку на волокнисту основу наноситься термопластичний полімерний шар-латка, який сам по собі робить матеріал у 2-4 рази більш стійким до розшарування. По-друге, у матеріал вбудовані тонкі вуглецеві нагрівальні елементи, які при подачі електричного струму розплавляють полімерний агент. Розплав заповнює тріщини і скріплює поверхні, що розшарувалися, відновлюючи міцність конструкції. Випробування показали вражаючі результати: новий матеріал витримав тисячу циклів пошкодження та відновлення за 40 днів. За розрахунками при щоквартальній активації матеріал може прослужити 125 років. При відновленні щорічно термін служби матеріалу може досягти п'яти століть.

БІОРОЗКЛАДНИЙ ПЛАСТИК, ЗДАТНИЙ ЗАМІНИТИ ТРАДИЦІЙНІ НАФТОХІМІЧНІ МАТЕРІАЛИ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Буша О.І., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Вчені розробили міцний пластик із бамбука, який поєднує високу міцність, термостійкість, можливість переробки та повне розкладання у природних умовах менш ніж за два місяці.

На відміну від більшості бамбукових пластиків, які фактично є композитами з епоксидними або синтетичними смолами, нова розробка повністю вільна від викопних полімерів і не залишає пластикових залишків у навколишньому середовищі.

За своїми характеристиками бамбуковий пластик перевершує багато поширених матеріалів. Його міцність на розтяг досягає 110 МПа – приблизно вдвічі вище, ніж у полімолочної кислоти та ударостійкого полістиролу. Модуль пружності при згинанні становить 6,4 ГПа, що вказує на високу жорсткість, а після переробки матеріал зберігає до 90% первинної міцності. Він стабільний при температурах до 100° С в експлуатації і має термостійкість понад 180° С, витримує морози до -30° С і високу вологість без деформацій.

Ключ до цих властивостей – молекулярна інженерія целюлози. Дослідники використовують екологічно безпечні розчинники, щоб «розпустити» структуру

бамбука до окремих ланцюгів целюлози, а потім за допомогою етанолу знову зібрати їх у щільну, однорідну сітку з посиленими водневими зв'язками. В результаті виходить не композит, а цілісний матеріал із рівномірною структурою та передбачуваними властивостями – рідкість для біопластиків.

З технологічної точки зору матеріал сумісний з існуючою промисловою інфраструктурою: його можна переробляти методом лиття під тиском, компресійного формування та механічної обробки. Це є критично важливим для масштабування – підприємствам не потрібно повністю змінювати обладнання. За експлуатаційними характеристиками він конкурує з багатьма конструкційними полімерами, що відкриває шлях до застосування в автомобілебудуванні, електроніці, корпусах побутової техніки та інфраструктурних елементах.

БІОМАТЕРІАЛ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Когтєв М.С., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Вчені створили біоматеріал, який не тільки зберігає водостійкість, а й посилює механічні властивості при намоканні. Технологія дозволяє створювати водостійкі вироби з біополімерів без захисних покриттів та хімічної модифікації. Розробка заснована на хітозані – похідному хітину, одного з найпоширеніших природних полімерів, який одержують у тому числі з відходів панцирів креветок. Дослідники включили до структури хітозану іони нікелю, створивши матеріал, здатний використовувати воду як структурний компонент.

Традиційно матеріали, особливо пластики, розроблялися так щоб максимально ізолюватися від довкілля. Водостійкість досягалася за рахунок хімічної інертності. Однак саме ця стійкість робить пластмаси важкорозкладними та сприяє їх накопиченню в екосистемах. Біоматеріали розглядаються як альтернатива, але їх слабким місцем тривалий час залишалася вразливість до вологи: при контакті з водою більшість таких полімерів втрачають міцність. Інженерні рішення вимагали додаткової хімічної модифікації чи захисних покриттів, що знижувало екологічні переваги. Наразі запропоновано інший підхід - не захищати матеріал від води, а задіяти її у формуванні структури.

У ході експериментів дослідники переробили хітозан, модифікований нікелем, на тонкі плівки. При зануренні у воду їхня міцність збільшилася до 50% порівняно з вихідним станом. Іони нікелю та молекули води забезпечують постійну мікроперебудову структури: зв'язки розриваються та відновлюються, дозволяючи матеріалу перерозподіляти напруження. Такий принцип нагадує поведінку природних біологічних тканин. Важливо, що при цьому хімічна природа хітозану не змінюється. За оцінкою вчених, матеріал залишається біологічно сумісним і може інтегруватися в природні екологічні цикли.

ПОЛІМЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ, ЯКА ПІДВИЩУЄ ЕФЕКТИВНІСТЬ АТМОСФЕРНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДИ

Козаметов А.А., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Новий матеріал дозволить отримувати питну воду з повітря навіть у посушливих регіонах. Вчені розробили новий полімерний матеріал, здатний витягувати вологу з повітря та перетворювати її на питну воду. Технологія може підвищити ефективність

атмосферних генераторів води та розширити їх застосування у регіонах з низькою вологістю.

Актуальність розробки обумовлена зростанням глобального водного дефіциту. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я та ЮНІСЕФ, майже два мільярди людей у світі не мають доступу до безпечної питної води. В цих умовах пошук альтернативних джерел водопостачання сприймається як одне з ключових напрямів стійкого розвитку.

Технологія атмосферної генерації води заснована на вилученні вологи з повітря за допомогою сорбентів – матеріалів, здатних поглинати воду. Проте існуючі рішення демонструють високе енергоспоживання при вологості нижче 50%, що обмежує їхнє застосування саме у найбільш посушливих регіонах.

Розроблений матеріал є комбінацією еластомеру і водопоглинаючого полімеру. Структура матеріалу містить мікроскопічні «центри притягання» води, що дозволяє ефективно захоплювати молекули вологи з повітря. Після насичення матеріал нагрівається, вивільняючи накопичену воду, яка конденсується і збирається в резервуарі. Такий підхід дозволяє знизити енерговитрати порівняно із традиційними системами охолодження та конденсації.

Під час випробувань матеріал продемонстрував стабільність та здатність витримувати багаторазові цикли роботи без деградації властивостей. Також відзначається його низька собівартість за рахунок використання доступної сировини та спрощеного виробничого процесу.

НОВИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ З НЕГАТИВНИМ ВУГЛЕЦЕВИМ СЛІДОМ

Ліновецький М.В., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Дослідники розробили новий будівельний матеріал, який у процесі виробництва видаляє з атмосфери більше вуглекислого газу, ніж виділяє. Розробка отримала назву enzymatic structural material (ESM) – «ензимний конструкційний матеріал». Він поєднує міцність, довговічність та можливість повної переробки з значно нижчими енерговитратами в порівнянні з традиційними будівельними матеріалами.

В основі технології лежить використання ферменту, здатного перетворювати вуглекислий газ на тверді мінеральні частинки. Ці частинки потім зв'язуються між собою і твердіють у м'яких умовах, що дозволяє формувати конструкційні елементи протягом кількох годин.

Для порівняння, традиційний бетон виробляється за високих температур і може набирати проектну міцність протягом тижнів. Новий матеріал формується значно швидше та залишає менший вуглецевий слід. Виробництво бетону – найпоширенішого будівельного матеріалу у світі – відповідає приблизно за 8% глобальних викидів CO_2. При цьому випуск одного кубічного метра ESM, згідно з розрахунками вчених, супроводжується викидами понад 6 кг вуглекислого газу у порівнянні з аналогічним обсягом звичайного бетону близько 330 кг CO_2.

Розробники відзначають, що ESM поєднує швидке твердіння з механічними характеристиками, що настроюються, і можливістю повторної переробки. Це робить матеріал придатним для практичного застосування – від покрівельних перекриттів та стінових панелей до модульних будівельних систем. Можливість ремонту конструкцій із ESM потенційно знижує довгострокові витрати експлуатації та зменшує обсяги будівельних відходів.

ГНУЧКИЙ КОМПОЗИТ ЗДАТНИЙ ДО САМОВІДНОВЛЕННЯ ТА ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Саган С. М., керівник доц. Каряченко Н.В.
Український державний університет науки і технологій

Вчені представили новий гнучкий композит здатний до самовідновлення та повторного використання, що може скоротити обсяг електронних відходів. В основі розробки – гнучкий полімерний композит, в який вбудовані мікроскопічні краплі рідкого металу. При цьому матеріал не тільки розтягується, але й здатний до самовідновлення та переробки – що не притаманне більшості сучасних електронних компонентів.

У традиційних електронних платах струм проходить металевими доріжками, закріпленими на жорсткій основі зі склотканини та епоксидної смоли. Дослідники замінили цей класичний пристрій на м'який композит: у полімері розподілено краплі рідкого металу на основі галію. Схеми утворюються в матеріалі шляхом легкого надрізання малюнка на поверхні - таким чином сусідні краплі з'єднуються і забезпечують провідність, тоді як решта залишається ізолюючою.

Особливу увагу вчені приділили можливості повторного використання матеріалів. Полімерна матриця може бути зруйнована за допомогою простої хімічної обробки, після чого звільняється рідкий метал для повторного використання. У випробуваннях вдалося отримати 94% металу зі зразків.

Крім того, композит демонструє властивості самовідновлення: матеріал можна розрізати на частини, змінити його конфігурацію та знову з'єднати під дією тепла та тиску – схема в новому розташуванні продовжить функціонувати.

Це відкриває шлях до електроніки, що проектується не просто на термін експлуатації, але з урахуванням можливості ремонту, переналаштування та повторної переробки.

РОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ, ПРИ ЯКІЙ НАСТАЄ ПРОБУКСОВКА КОЛІС МОТОВОЗА НА РЕЙКАХ

Шевцов С.О., керівник ст. викл. Федоров Є.Ф.
Український державний університет науки і технологій

Розрахунок складних статично невизначених систем за точними методами, до яких належать метод сил, метод переміщень, змішаний метод - завдання трудомістке і складне. Тому зрозумілим було прагнення знайти простіші способи розрахунку, які усунули б основну математичну трудність - розв’язування громіздких систем рівнянь, а точність розрахунку була б задовільною для практики, близької до точних розрахунків.

Наближені методи широко використовують на стадії варіантного проектування, що дає змогу швидко порівняти різні планувальні і конструктивні варіанти споруди.

Здебільшого для визначення зусиль в елементах споруди від випадкових навантажень, що рідко виникають, наближені методи можна використовувати як самостійні і достатньо точні.

Наближені методи потрібні для швидкого прийняття рішень в аварійних ситуаціях, коли потрібно діяти швидко і ефективно. За допомогою наближених методів можна деякою мірою оцінювати результати розрахунку, отримані з використанням програмних комплексів.

Отже, призначення наближених методів різноманітне і знати їх інженеру-будівельнику необхідно.

Треба зазначити, що наближені методи виникли як результат аналізу роботи конструкції і результатів точних розрахунків, тому знаючи ці методи, збагачуються інженерні знання, які дають змогу орієнтуватися в роботі конструкцій, і потрібні вони не тільки тим, хто проектує і будує, але і тим, хто стежить за експлуатацією будівельних конструкцій.

Спрощені, наближені способи розрахунку можна отримати за рахунок спрощення схеми конструкції.

Спрощення розрахункової схеми завжди має певні межі, які не можна не враховувати.

Необхідно відзначити такі способи спрощення розрахункової схеми, як:

- нехтування впливом навантажень, розташованих далеко від стержня, зусилля в якому визначається;
- уніфікація прольотів, висот, жорсткостей окремих елементів системи, якщо різниця цих величин невелика;
- нехтування переміщенням вузлів у випадку, коли вони малі;
- спрощення вузлових з'єднань і опорних закріплень;
- спрощення навантажень.

Допустимі спрощення виявили під час аналізу багатьох результатів розрахунку за точними методами. Широкого узагальнення, однак, отримати неможливо, і ми розглянемо рекомендації для окремих типів рам.

РОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ, ПРИ ЯКІЙ НАСТАЄ ПРОБУКСОВКА КОЛІС МОТОВОЗА НА РЕЙКАХ

Гончар С.О., керівник ас. Болотов О.О.
Український державний університет науки і технологій

Раніше ми розглядали завдання, що були пов'язані з вигином прямого бруса. Звернемося тепер до вигину кривого бруса, вважаючи, що зовнішні сили прикладені в площині його кривизни.

Прийнято розрізняти брус малої і великої кривизни. Основною ознакою для такого поділу є відношення висоти перетину h в площині кривизни до радіусу кривизни осі бруса ρ_0. Якщо це відношення істотно менше одиниці ($\frac{h}{\rho_0} < 0,2$), вважається, що брус має малу кривизну. Для бруса великої кривизни відношення $\frac{h}{\rho_0}$ порівнянно з одиницею. Таким чином, вказаний поділ є умовним і не має чіткої межі.

Розрахункові формули, виведені раніше для прямого бруса, застосовні також і до бруса малої кривизни. Вочевидь зміну зазнає тільки формула, яка визначає кривизну навантаженого бруса. Замість неї для бруса малої кривизни маємо

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{M}{E \cdot J_z}$$

де $\frac{1}{\rho_0}$ - кривизна ненавантаженого бруса. Таким чином, завдання, що пов'язані з розрахунком бруса малої кривизни на міцність, не містять в собі специфічних особливостей.

Перейдемо тепер до бруса великої кривизни.

До схеми такого бруса зводиться, наприклад, завдання розрахунку на міцність гака підйомника або ланок металевого ланцюга.

Припустимо, що є ділянка бруса великої кривизни постійного перетину, навантаженого по кінцях моментами *M*.

Так само як і для прямого бруса, можна показати, що множина точок, що утворюють до вигину поперечний переріз бруса, після вигину також утворює плоский переріз, але повернутий в просторі. Іншими словами, поперечні перерізи бруса великої кривизни при чистому вигині залишаються плоскими.

Деформації і напруги для бруса великої кривизни визначаються за формулами

$$\varepsilon = \frac{y}{r_0 + y} \cdot r_0 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right), \ \sigma = E \cdot \frac{y}{r_0 + y} \cdot r_0 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right)$$

У цих формулах наочно проявляється основна особливість бруса великої кривизни:

розміри поперечного перерізу порівнянні з радіусом ρ_0, тому величина *y*, що стоїть в знаменнику, має суттєве значення, і напруги по висоті перетину розподіляються нелінійно.

Будемо вважати для простоти, що перетин бруса симетричним відносно площини кривизни. Тоді вісь *y* в перетині є віссю симетрії, і момент елементарних сил $\sigma \cdot dA$ щодо цієї осі дорівнює нулю.

З огляду на вищесказане і після ряду перетворень отримаємо

$$\sigma = \frac{M}{A \cdot e} \cdot \frac{y}{r_0 + y}$$

Напруги, як бачимо, змінюються по висоті перетину нелінійно. Епюра напружень є гіперболою, одна з асимптот якої збігається з віссю кривизни. Залежно від форми перетину найбільші напруги можуть мати місце як у верхній, так і в нижній точці перетину.

Для того, щоб скористатися цією формулою, необхідно визначити r_0:

$$r_0 = \frac{A}{\int\limits_A \frac{dA}{u}}.$$

Інтеграл, що стоїть в знаменнику, являє собою геометричну характеристику перетину, таку ж, як, наприклад, статичний момент або момент інерції.

Для прямокутника маємо:

$$\int\limits_A \frac{dA}{u} = b \cdot \int\limits_{\rho_0 - h/2}^{\rho_0 + h/2} \frac{du}{u} = b \cdot \ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}$$

$$r_0 = \frac{b \cdot h}{b \cdot \ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}} = \frac{h}{\ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}}$$

Зсув нейтральної лінії щодо центра ваги:

$$e = \frac{\rho_0 \cdot h}{\ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}}.$$

Таким чином отримано формули для розрахунку напружень у брусі великої кривизни.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМРІВ ЛАНОК ПРОСТОРОВОГО ЧОТРИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ВАЛКІВ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ

Вівтоненко О.О., керівник доц. Сьомічев А.В.
Український державний університет науки і технологій

При прокатці труб на станах холодної пільгерної прокатки осьові обмежують можливість отримувати тонкостінні труби. Швидкість обертання валків при використанні шестірні та рейки залежить від швидкості робочої кліті. Використання окремого приводу для валків дозволить регулювати швидкість валків по довжині ходу робочої кліті.

Проведено структурний аналіз просторового чотириланкового механізму приводу валків. Встановлено, що просторового чотириланкового механізм працездатний. Застосування цього приводу дозволяє змінювати швидкість обертання валків незалежно від швидкості обертання вала привода робочої кліті. Розраховано необхідний закон зміни кутової швидкості валків. просторового чотириланкового механізм дозволить зменшити осьові сили та розширити сортамент труб станів холодної пільгерної прокатки.

ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

ПРОЕКТУВАННЯ МЕТОДОМ КАРКАСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL

Шаповалов О.Р., керівник ст. викл. Вишневський І.В.
Український державний університет науки і технологій

Концепція каркасного моделювання є однією з реалізацій методології проектування зверху вниз і розроблена для централізованого управління змінами складних складань при варіації зовнішніх параметрів проекту.

Каркасна технологія передбачає наявність у кожного компонента складання єдиного загального для всіх джерела даних про геометрію, орієнтацію та незалежні параметри. Цим джерелом є каркас.

З точки зору Autodesk Inventor, каркас є звичайним файлом деталі, проте концептуально ця деталь відіграє у складанні особливу роль. Компоненти складання створюються як похідні деталі від каркаса.

Побудовані таким чином компоненти мають «від народження» загальну з каркасом систему координат, що дозволяє легко зафіксувати їх положення у складанні щодо її головних осей.

Зміни геометрії каркаса, з якого отримані всі деталі складання, автоматично знаходять відображення в геометрії похідних від каркаса деталей і, відповідно, усього складання після її оновлення. Таким чином, забезпечується асоціативний зв'язок компонентів складання з опорною геометрією у вигляді каркаса.

ВИКОРИСТАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛАСТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

Лісогор М.Я., керівник доц. Негруб С.Л.
Український державний університет науки і технологій

Дослідження присвячене розгляду особливостей конструкції еластичного полімер-абразивного інструмента та можливості цього використання для обробки поверхонь гільзи, у тому числі складнопрофільних. Конструкція еластичного полімер-абразивного інструмента надає широке коло технологічних можливостей. Незважаючи на те, що існує багато прогресивних методів шліфування, що забезпечують достатню точність та шорсткість поверхні, але з швидкими розвитком машинобудування, що вимагає інноваційних методів шліфування, які забезпечують різні форми та стани мікрорельєфу поверхонь, з'явився новий метод шліфування, який відповідає цим вимогам. Складність цього дослідження пов'язана з великою кількістю початкових умов, які треба задати для визначення стану поверхні. Крім того дане дослідження базується тільки на практичних знаннях, які ще треба проаналізувати й дати конкретні підсумки. Але й на даному етапі вже можливо сказати, що однією із проблем є підбор оптимальних режимів для кожної з поверхонь.

Дослідження розглядало:

а) отримання шорсткості поверхні Ra1.6 на внутрішньому діаметрі 12мм.

б) досягнення матового мікрорельєфу поверхні для забезпечення шару мастило на поверхні тертя.

в) виявлення найважливіших факторів, які впливають на шорсткість поверхні.

д) підбір інструменту з оптимальною конструкцією серед наявного еластичного інструменту.

е) вплив режимів різання на експлуатацію інструмента та параметри якості поверхні.

В подальшому тема може розвинутись до промислових масштабів та створення нових конструкцій інструменту.

ВПЛИВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Сало Я.А., керівник доц. Негруб С.Л.
Український державний університет науки і технологій

З великого обсягу промислових викидів, які потрапляють у навколишнє середовище, на машинобудування припадає лише незначна його частина - 1-2%. Однак на машинобудівних підприємствах є основні та забезпечувальні технологічні процеси і виробництва з досить високим рівнем забруднення навколишнього середовища.

До них відносяться:

- Заводське енергетичне виробництво та процеси, пов'язані зі спалюванням палива;
- Ливарне виробництво;
- Металообробка;
- Зварювальне виробництво;
- Гальванічне виробництво;
- Лакофарбове виробництво.

За рівнем забруднення навколишнього середовища райони гальванічних і фарбувальних цехів порівняні з такими найбільшими джерелами екологічної небезпеки,

як хімічна промисловість; ливарне виробництво порівняне з металургією; території заводських котелень - з районами ТЕС, які відносяться до числа основних забруднювачів. Гальванічне виробництво - один з найбільш великих джерел утворення стічних вод у машинобудуванні. Основними забруднювачами стічних вод гальванічних виробництв є іони важких металів, неорганічних кислот і лугів, ціаніди, поверхнево-активні речовини. Забруднювачі, які утворюються в процесі знежирення поверхонь, визначаються типами використовуваних розчинників, в якості яких найбільш широко застосовуються розчини лугів, хлорорганічні розчинники і фреони. Основними забруднювачами фарбувальних виробництв машинобудівних підприємств є лакофарбові матеріали та їх складові: синтетичні смоли, органічні розчинники, пластифікатори, каталізатори і ініціатори плівкоутворення, неорганічних пігментів.

Найбільш екологічно небезпечні забруднювачі при металообробці - індустріальні масла, металевий пил. Механічна обробка металів на верстатах супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів масел і емульсій, які викидаються через вентиляційні установки в атмосферу. Пил, що утворюється в процесі абразивної обробки складається з 30-40% матеріалу абразивного круга і на 60-70% - оброблюваного матеріалу. Пил, що виділяється при роботі загострюють верстатів інструментального цеху, містить дисперсні частинки неправильної форми

Значне виділення пилу спостерігається при механічній обробці склопластиків, графіту та інших неметалевих матеріалів. Так, при обробці текстоліту, склотканини, карболіту і органічного скла пил виділяється (г/ч на одиницю обладнання) в значній кількості. При механічній обробці полімерних матеріалів одночасно з пилоутворенням можуть виділятися пари різних хімічних речовин і з'єднань (фенол, формальдегід, стирол та ін.), Які входять до складу оброблюваних матеріалів.

Висновок: Машинобудування є показником рівня промислового розвитку країни. Основними виробничими процесами в машинобудуванні є виготовлення заготовки і механічна обробка, при яких іде великий викид хімічних і фізичних речовин. Для запобігання цьому потрібно використовувати сучасне обладнання та створювати технологічні процеси обробки деталей з використанням сучасного інструменту, підходів та обов’язкового урахування впливу цих методів на екологію навколишнього середовища.

ВИБІР МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛІВ У ДРІБНОСЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Казимиров М.О., керівник доц. Бондаренко С.В.
Український державний університет науки і технологій

У сучасному машинобудуванні одним із ключових резервів підвищення ефективності виробництва є раціональний вибір способу отримання заготовок. Особливо це актуально для деталей типу «вал», які характеризуються значною матеріаломісткістю та потребують суттєвих витрат на механічну обробку в умовах дрібносерійного виробництва.

Метою роботи є підвищення ефективності виготовлення деталі типу «вал» шляхом оптимізації вибору заготовки з урахуванням технологічних та економічних критеріїв.

У роботі проведено порівняльний аналіз можливих способів отримання заготовки, зокрема використання прокату та штампування. Встановлено, що застосування штампованої заготовки дозволяє суттєво зменшити припуски на механічну обробку та підвищити коефіцієнт використання матеріалу майже у 2 рази. Це, у свою чергу, сприяє зниженню обсягу різальних робіт і скороченню кількості відходів. Проведено розрахунок припусків на механічну обробку та визначено їх вплив на трудомісткість

виготовлення деталі. Отримані результати підтверджують доцільність застосування прогресивного способу отримання заготовки для умов дрібносерійного виробництва.

Таким чином, запропоновані рішення дозволяють підвищити ефективність використання матеріалу, зменшити трудомісткість обробки та забезпечити економічну доцільність удосконалення технологічного процесу виготовлення валів.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ НА ПРИКЛАДІ ВАЛУ ТРУБОВІДРІЗНОГО ВЕРСТАТУ CRI-DAN

Штундер О.О., керівник доц. Бондаренко С.В.
Український державний університет науки і технологій

У сучасному машинобудуванні підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей є важливим завданням, особливо в умовах дрібносерійного виробництва. Однією з поширених груп деталей у машинобудуванні є деталі типу «вал», які широко застосовуються у різних механізмах та вузлах машин. Раціональна організація технологічного процесу їх виготовлення дозволяє зменшити матеріаломісткість, підвищити точність обробки та знизити собівартість продукції.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі типу «вал» з урахуванням умов дрібносерійного виробництва, а також підвищення економічної ефективності виробництва шляхом оптимального вибору заготовки, обладнання та режимів обробки.

У роботі проведено аналіз конструкції деталі та умов її виготовлення, обґрунтовано вибір способу отримання заготовки та розроблено раціональний маршрут механічної обробки. Запропоновано використання штампованої заготовки, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу та зменшити кількість відходів у виробництві. У рамках вдосконалення технологічного процесу виконано розрахунок припусків на механічну обробку, визначено режими різання та проведено нормування технологічного процесу.

Для реалізації розробленої технології обґрунтовано застосування сучасного металорізального обладнання, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням, що забезпечує підвищення точності обробки та продуктивності виробництва.

Виконана техніко-економічна оцінка показала доцільність впровадження запропонованих змін у технологічному процесі, а використання штампованої заготовки дозволило суттєво підвищити коефіцієнт використання матеріалу та знизити витрати на отримання готових деталей. У цілому результати роботи свідчать про доцільність перегляду застарілих технологічних процесів із урахуванням сучасного рівня розвитку техніки та технологій.

ТЕХНОЛОГІЯ НАКАТКИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ

Костюков В.В., керівник ст. викл. Бончук С.В.
Український державний університет науки і технологій

У сучасному машинобудуванні дуже важливо покращувати якість поверхневого шару деталей, підвищувати їхню зносостійкість і довговічність, а також робити процес виготовлення більш технологічним. Один із перспективних методів – накатка, що дозволяє створювати рельєф на поверхні без видалення матеріалу. Це прискорює виробництво та знижує вплив на довкілля.

Технологія накатки – це процес пластичної деформації верхнього шару металу за допомогою спеціальних роликів або плашок, які вдавлюються в поверхню деталі. На

відміну від традиційної механічної обробки, як різання чи шліфування, при накочуванні не утворюється стружка. Це значний плюс, оскільки заощаджує матеріали та знижує шкоду для екології (рис. 1).

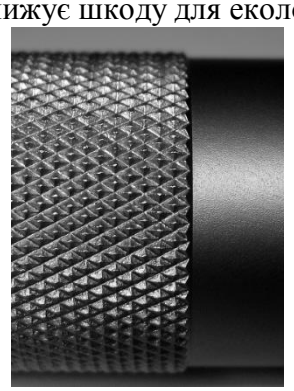


Рисунок 1 – Технологія накатування

Особливо актуальним є вивчення цього методу через необхідність скорочувати споживання матеріалів, енергії та зменшувати шкідливий вплив на навколишнє середовище, одночасно покращуючи експлуатаційні характеристики деталей. Сучасне виробництво потребує як точності так й оптимізації технологічних процесів з урахуванням сталого розвитку.

У межах випускної роботи розглядалась технологія накатки на прикладі валу електродвигуна. Ця деталь має складну конструкцію з різними діаметрами, посадковими поверхнями та зонами з прямим та сітчастим рифленням. Такі поверхні важливі для зручності монтажу, надійності з'єднань та підвищення роботи деталі (рис. 2).

У конструкції валу накатка застосовувалася для створення рифлених ділянок, що покращують зчеплення з іншими частинами. Традиційні методи, наприклад, фрезерування або нарізання різьблення, тут були б менш економічними, оскільки призводять до втрати матеріалу та збільшення часу виготовлення.

Процес накатки виконується на токарному верстаті за допомогою роликів, які притискаються до деталі, що обертається. Це викликає пластичну деформацію матеріалу та формує потрібний профіль рифлення. При цьому поверхня зміцнюється завдяки ущільненню структури металу, що підвищує жорсткість та зносостійкість.

Рисунок 2 – Вал електродвигуна з рифленням

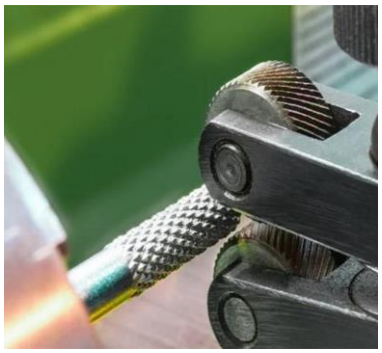


Рисунок 3 – Процес накатування

Технологія накатки має кілька важливих переваг. По-перше, відсутність стружки дозволяє менше витрачати матеріалу. По-друге, процес йде швидше, порівняно з різанням. По-третє, необхідність у великій кількості охолоджуючих рідин відпадає, що знижує витрати та зменшує навантаження на екологію.

Крім того, накочування покращує механічні властивості поверхні. За рахунок наклепу матеріал стає міцнішим. Це особливо важливо для деталей, що працюють під навантаженнями та в умовах тертя.

Для даного валу технологію застосували як для створення прямого так і сітчастого рифлення. Сітчасте рифлення в даному випадку забезпечує найкраще зчеплення за рахунок більшої площі контакту, пряме – використовують там, де треба спрямоване тертя.

Важливо зазначити, що використання накатки полегшує виробництво. Немає додаткових операцій, що скорочує трудовитрати. Це особливо корисно для дрібносерійного виробництва, де потрібно знайти баланс між якістю та економією.

З погляду екології, ця технологія набагато безпечніша за традиційні методи. Відсутність стружки знижує відходи, а зменшення застосування рідин, що охолоджують, знижує ризик забруднення. Також знижуються енерговитрати, оскільки процес не потребує різання матеріалу, що відповідає сучасним тенденціям енергозбереження.

У результаті виканння роботи дослідження показало, що накочування – це ефективний і зручний спосіб формування поверхневого шару на деталях типу валу. Воно не лише покращує характеристики виробу, а й оптимізує процес виробництва. Розглянутий приклад валу електродвигуна підтверджує практичну доцільність методу та можливість його широкого застосування.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ШЛІЦЬОВИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ

Найденко К.І., керівник ст. викл. Бончук С.В.
Український державний університет науки і технологій

Забезпечення точності та надійності роботи машин значною мірою залежить від якості з’єднань деталей, зокрема тих, що передають крутний момент. Одним із поширених типів з’єднань є шліцьові, які дозволяють точно центрувати деталі, рівномірно розподіляти навантаження і мають високу зносостійкість. Тому важливо правильно вибрати спосіб формування шліцьових поверхонь валів з урахуванням точності, продуктивності та економічної доцільності.

Шліцьові поверхні можна отримати різними способами. Найпоширеніші – це механічна обробка різанням, наприклад, фрезерування, протягування, стругання, а також методи пластичної деформації. Кожен метод має свої особливості, переваги і обмеження, тому важливо порівняти їх і вибрати найбільш підходящий.

Фрезерування шліців дисковими або черв’ячними фрезами — найтрадиційніший спосіб. Цей метод дає високу точність профілю і часто використовується при серійному або дрібносерійному виробництві. Але при цьому утворюється багато стружки, робота трудомістка, а інструмент швидко зношується.

Протягування – ще один ефективний спосіб, який застосовують переважно для масового виробництва. Він дозволяє швидко і точно обробляти деталі, проте вимагає дорогого спеціального обладнання і інструменту.

Стругання шліців використовують рідше, в основному для одиничного виробництва або великих деталей. Цей метод має низьку продуктивність і обробка займає багато часу.

Як альтернативу різальним способам розглядають пластичну деформацію, що не передбачає зняття матеріалу. Але її застосування обмежене конструкцією деталей і вимогами до точності.

У випускній роботі розглядається шліцьовий вал зі ступінчастою конструкцією, що має посадкові поверхні й зону шліцьового з'єднання. За кресленням шліцьова частина складається з прямобічних шліців із зовнішнім діаметром Ø48e8, внутрішнім по впадинах Ø40k6, шістьма шліцами, кутовим кроком 60° та довжиною близько 80 мм. Ширина шліца орієнтовно 8–10 мм із допуском H12. Ці параметри забезпечують надійну передачу крутного моменту і стабільну роботу з'єднання.

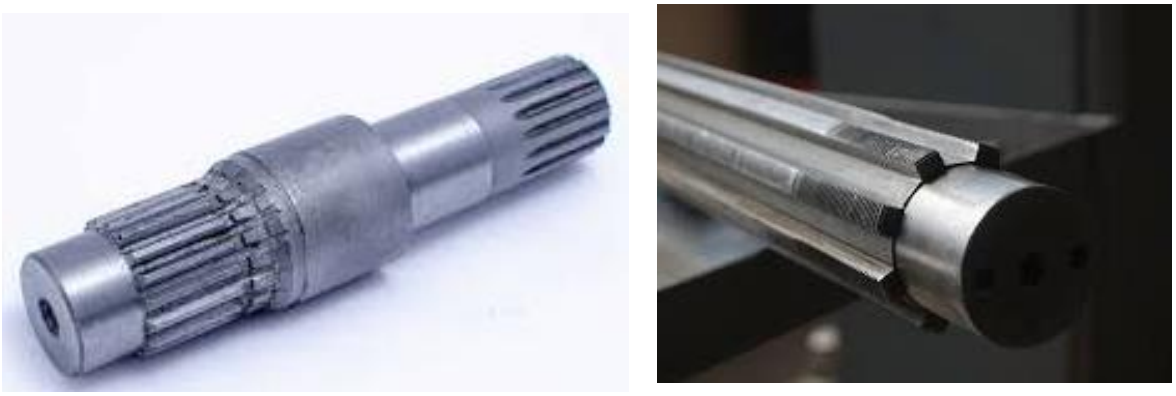


Рисунок 1 – Шліцьовий вал

Для виготовлення цього валу найбільш доцільно застосовувати фрезерування черв'ячною шліцьовою фрезою за методом обкатки. Обробку проводять на горизонтально-фрезерних або спеціалізованих шліцефрезерних верстатах. Інструмент – черв'ячна фреза з швидкорізальної сталі або твердого сплаву, профіль якої відповідає формі впадини шліца. Для підвищення ресурсу фрези та поліпшення якості поверхні використовують охолоджувальну рідину (рис. 2).

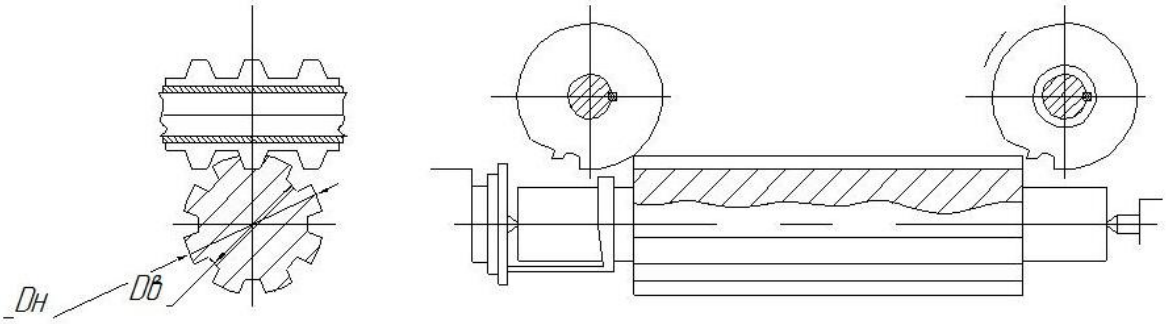


Рисунок 2 – Схема фрезерування шліців на валу черв'ячною фрезою

Вибір цього методу обумовлений кількома причинами. По-перше, він дозволяє досягти потрібної точності, що критично для надійності з'єднання. По-друге, не потрібно виготовляти дорогий спеціальний інструмент, як при протягуванні, що робить метод економічно вигідним для дрібносерійного виробництва. По-третє, фрезерування дозволяє обробляти складні ступінчасті деталі без зміни баз. Крім того, цей метод забезпечує прийнятну шорсткість і стабільність геометрії.

Порівняння методів формування шліцьових поверхонь показало, що фрезерування є найбільш універсальним і широко застосовуваним способом. Воно забезпечує хорошу якість і прийнятні витрати. Для масового виробництва краще підходить протягування, а для підвищення ефективності можна поєднувати кілька технологій. Правильний вибір способу обробки шліцьових поверхонь допомагає покращити експлуатаційні властивості деталей, зменшити їхню собівартість і зробити виробничий процес більш стабільним.

АНАЛІЗ І ВИБІР МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ У МАШИНОБУДУВАННІ

Шевлюков Д.М., керівник ст. викл. Бончук С.В.
Український державний університет науки і технологій

Забезпечення високої якості деталей є однією з головних задач сучасного виробництва, що впливає на надійність, довговічність і безпеку експлуатації виробів. Це особливо важливо для деталей зі складною формою, внутрішніми каналами, отворами і переходами. До таких деталей належить розглянута деталь «гільза», яка має ступінчасті діаметри, внутрішні порожнини та зони концентрації напружень (рис. 1).

Відповідно до вимог креслення, поверхні гільзи повинні мати підвищену твердість – не менше 56 одиниць за шкалою Роквела (HRC $\geq$ 56). Це досягається спеціальною термообробкою, що включає загартування та подальшу холодну обробку. Остання допомагає перетворити залишковий аустеніт у мартенсит, що підвищує твердість, зносостійкість і стабільність розмірів. Але такі процеси можуть викликати внутрішні напруження і підвищують ризик появи мікротріщин, тому необхідно використовувати методи неруйнівного контролю.

Під час виготовлення можливо появлення різних дефектів – тріщин на поверхні та всередині, пір, раковин і порушень геометрії. Найбільше вони виникають після термообробки і холодної обробки, коли структура металу зазнає значних змін.

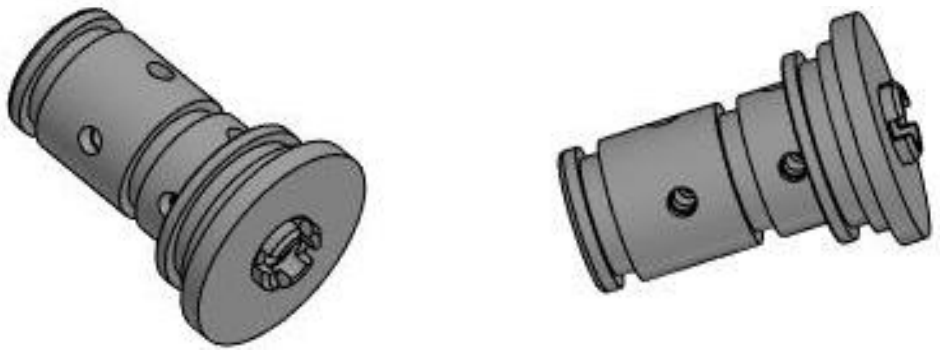


Рисунок 1 – 3Д модель деталі «гільза»

Потреба в неруйнівному контролі гільзи згідно з вимогами креслення обумовлена кількома факторами. По-перше, внутрішні канали та отвори можуть приховувати дефекти, такі як пори, раковини і тріщини. По-друге, переходи діаметрів і канавки створюють зони концентрації напружень, де можуть з’являтися усталостні тріщини. По-третє, деталь працює під механічним навантаженням, тому потрібна висока надійність і відсутність дефектів. Крім того, креслення вимагає виключення тріщин, точність геометрії і заданої твердості.

Для контролю якості застосовують комплекс методів: візуально-вимірювальний, магнітнопорошковий, ультразвуковий і за потреби капілярний.

Візуально-вимірювальний контроль – базовий і проводиться на всіх етапах виробництва. Він включає перевірку розмірів, шорсткості, стану поверхні і наявності дефектів обробки, наприклад, задирок, заусенців і тріщин. Особливо уважно оглядають краї отворів, канавок і переходів.

Магнітнопорошковий метод використовується для пошуку поверхневих і підповерхневих тріщин у ферромагнітних матеріалах. Деталь намагнічують, потім наносять магнітний порошок або суспензію. У місцях дефектів порошок збирається,

утворюючи видно візерунок тріщини. Цей метод добре підходить для зон отворів, канавок і переходів діаметрів.

Рисунок 2 – Магнітнопорошковий метод вимірювання

Ультразвуковий контроль дозволяє виявити внутрішні дефекти – пори, раковини, тріщини. Він базується на проходженні ультразвукових хвиль через матеріал і аналізі відбитих сигналів. Таким чином перевіряють весь об’єм, включно з важкодоступними місцями.

Капілярний метод застосовують для пошуку дрібних поверхневих тріщин, коли є підвищені вимоги до якості поверхні. Принцип полягає в проникненні рідини в дефекти з наступним виявленням.

Процес контролю проводять у кілька етапів. Спочатку очищають поверхню, готують деталь. Потім виконують візуально-вимірювальний контроль. Далі роблять магнітнопорошковий контроль із намагнічуванням у різних напрямках. Після цього перевіряють ультразвуком внутрішню структуру. За потреби додають капілярний метод.

Використання такого комплексного підходу допомагає підвищити надійність деталей, вчасно виявити дефекти і уникнути поломок під час експлуатації. Особливо важливо комбінувати магнітнопорошковий і ультразвуковий методи, оскільки вони доповнюють один одного, охоплюючи поверхню і внутрішній об’єм.

Отже, застосування комплексного контролю гарантує відповідність деталей вимогам креслення, зокрема за твердістю і якістю поверхні. Аналіз показав, що найкращим підходом для деталей цього типу є спільне використання візуального, магнітнопорошкового та ультразвукового контролю, особливо після термообробки і холодної обробки. Такий підхід дозволяє вчасно знаходити дефекти, знижувати кількість браку і забезпечувати відповідність продукції вимогам експлуатації.

КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

Романенко С.В., керівник ст. викл. Карабут В.М.
Українського державного університету науки і технологій

Процес розробки конструкторської документації складається з наступних етапів: аналізу деталі і її технологічності; створення необхідних видів, розрізів та перерізів, проставлення розмірів та шорсткості, призначення матеріалу та технічних вимог, а також оформлення конструкторської документації.

На процес розробки конструкторської документації витрачається багато часу.

Для зменшення часу на процес розробки конструкторської документації використовуємо комп'ютерну програму Autodesk Inventor Professional.

У ознайомчої версії комп'ютерної програми Autodesk Inventor Professional змодельований процес розробки конструкторської документації у діалоговому режимі, який складається з наступних етапів: створення тривимірних моделей деталей та подальшого напівавтоматичного створення їх робочих креслень, що містять усі необхідні види, розрізи та перерізи, проставлення розмірів та шорсткості, призначення матеріалу та технічних вимог, а також оформлення конструкторської документації та виведенням її на друк.

Програма Autodesk Inventor Professional призначена для автоматизації процесу розробки конструкторської документації та виведенням її на друк.

Використання програми Autodesk Inventor Professional дозволяє значно зменшити час на процес розробки конструкторської документації.

РЕЖИМИ РІЗАННЯ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ЗАЛІЗНИЧНОГО КОЛЕСА ЧАШКОВИМ РІЗЦЕМ

Ланцов В.А., керівник доц. Погребняк Р.П.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

При обробці залізничних коліс застосування чашкових різців обумовлено необхідністю забезпечити необхідний радіус жолобника в місці сполучення поверхні катання й гребеня, тому радіус жолобника визначає діаметр інструмента, однак потужність різання чашковими різцями дещо вища. Існують й переваги над різцями з прямою кромкою: висота мікронерівностей, а відповідно і шорсткість поверхні нижче; середня товщина стружки й відповідно її усадка менші; довжина контакту різця з деталлю більше, що покращує тепловідведення.

Режими різання обробки фасонного профілю залізничного колеса навіть при постійній глибині й швидкості обходу контуру не залишаються постійними й відрізняються від режимів різання при прямолінійному точінні. При різанні чашковим різцем криволінійної ділянки профілю колеса не глибина різання визначає силу різання, а довжина криволінійного контакту різця з деталлю або кут контакту між ними.

Подача на криволінійній опуклій радіусній ділянці теж не буде дорівнювати подачі на прямолінійній. Швидкостіь різання також зростає за рахунок збільшення діаметру обробки.

Список використаних джерел.

1. Pogrebnyak, R. Load and shaping precision of a complex railroad-wheel surface [Текст] / R. Pogrebnyak // Russian engineering research. Allerton Press, Inc., New York. – 2012. Т.32. – №4. – pp.407-411. doi:10.3103/S1068798X12040211.

2. Погребняк, Р.П. Пружна нелінійна динаміка руху супорта карусельного верстата для обробки суцільнокатаних залізничних коліс [Текст] / Р.П. Погребняк // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – № 4 (70). – с.98–105. doi.org/10.15802/stp2017/1096063.

3. Погребняк, Р.П. Динамічні властивості пружної системи приводу важкого карусельного верстата для обробки залізничних коліс [Текст] / Р.П. Погребняк // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. – 2017. – №27 – с.146-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ

ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

ВИРОБНИЦТВО ТА РАЦІОНАЛЬНА МАРКИ СТАЛІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Гончар Є.Г., керівник проф. Узлов К.І.
Український державний університет науки та технологій

За результатами аналізу будови вантажного вагону залізниць України встановлено, що одним із варіантів виготовлення хребтової балки є використання конструкції, що складається із двох двотаврових балок за ДСТУ 8768:2018 з литими елементами поглинального апарату між ними. За даними дослідження сортаменту двотаврів сталевих гарячекатаних (ДСТУ 8768:2018), для виробництва основних несучих елементів вагонів рухомого складу, була призначена двотаврова балка №19 за ДСТУ 7555:2014. Були вивчені геометричні параметри щодо об'єкту аналізу. Вони склали (мм): висота h=190; ширина полиці b=75; товщина стінки s=9; товщина полиці t=9; радіуси округлення R=15 та r=4,5. Проаналізовані граничні відхили розмірів за точністю прокатування, зокрема від основних розмірів h; b; s; t, а також прогин полиці Δ, прогин стінки f та відхил від симетричності δ.

За загальними технічними умовами ДСТУ 8391:2015 до профілів сталевих гарячекатаних для вагонобудування, матеріалом для виготовлення хребтової балки встановлена основна марка сталі 09Г2Д та альтернативна їй сталь 10ХНД.

Низьколегована гарячекатана сталь марки 09Г2Д в двотавровому профілі № 19 забезпечує клас міцності матеріалу 295 за ДСТУ 8541:2015, тобто: $\sigma_в \geq 430 Н/мм^2$; $\sigma_т \geq 290 Н/мм^2$; $\delta_5 \geq 21\%$; $KCU_{(-40°C)} \geq 29 Дж/см^2$. Такі механічні характеристики сталі забезпечуються ферито-перлітною її структурою. Допустима напруга для матеріалу класу міцності 295 становить $280 Н/мм^2$. При цьому несуча здатність профілю двотаврового № 19 складає 86.8т.

Сталь 10ХНД за ДСТУ 8541:2015 має більш широке застосування, ніж сталь 09Г2Д через свої преференційні механічних властивості. Основна перевага - це більш високий клас міцності – 345, тобто: $\sigma_в \geq 480 Н/мм^2$; $\sigma_т \geq 345 Н/мм^2$; $\delta_5 \geq 21\%$. Такий клас міцності сталі забезпечується легуванням сталі нікелем та хромом. Вплив нікелю на сталь характеризується збільшенням пластичних і міцностних властивостей сталі, подрібненням зерна. Нікель не погіршує зварюваність сталі. Хром збільшує міцність, в'язкість, текучість і ковкість металу, крім того, він зменшує ліквацийні явища, чим забезпечує однорідність структури і, нарешті, хром знижує критичні точки при охолодженні. Мікроструктура такої сталі – бейнітна.

Аналіз діаграм фазових перетворень при безперервному охолодженні аустеніту свідчить про те, що термічне зміцнення сталі 10ХНД за режимами ДСТУ 8541:2015 є додатковим важелем підвищення класу міцності матеріалу дослідження. Це питання буде розглянуто в рамках виконання кваліфікаційної роботи наступного освітньо-професійного рівня.

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ Х12МФ ДЛЯ ШТАМПІВ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Береснєв К.О., керівник проф. Миронова Т.М.
Український державний університет науки та технологій

Велика кількість складних і особливо складних деталей для машинобудування виготовляють шляхом холодного штампування. Наприклад: кузова автомобілів, кухонні раковини, поздовжні балки, поперечні рами й багато інших деталей. Для їхнього успішного виробництва необхідна безперебійна робота пресів. На відміну від штампів гарячого деформування інструмент для холодного деформування працюють при більш високих питомих тисках і менших температурах розігріву. Однак при високій інтенсивності штампування температура розігріву може досягати 200°С, а при деформації високоміцних матеріалів 400-500 °С за рахунок виділення тепла в процесі деформування.

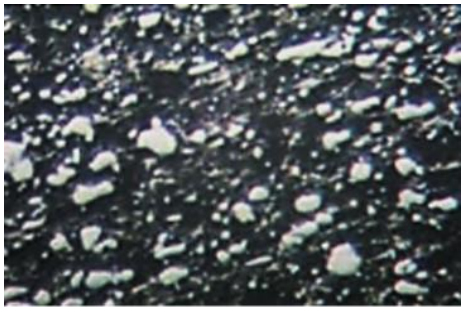
Сталі, що можуть бути використані для штампів холодного деформування, повинні поєднувати високі характеристики міцності й опору пластичній деформації з підвищеною ударною в'язкістю та твердістю (не менше 58 HRC).

В роботі встановлено, що для складових штампів, що працюють при високих питомих навантаження (пуансони видавлювання й висадження, матриці для пресування порошків високої щільності, а також накатного інструмента, пневматичного зубила для важкооброблюваних сплавів, що працюють у найбільш важких умовах експлуатації) найбільш економічною, з експлуатаційними властивостями високого рівня є сталь Х6Ф4М, а для штампів, що працюють при підвищеному опору зношування Х12МФ, яка має оптимальні показники механічних властивостей, і її застосування для штампів холодного деформування є найбільш виправданим. Термічна обробка штампів із цієї сталі полягає у високотемпературному гартуванні- від 1050°С та відпуску при температурі 300…400°С. Високотемпературне нагрівання при гартуванні необхідне для розчинення вторинних карбідів хрому і отримання високолегованого аустеніту.

В результаті гартування в структурі штампових сталей, тому числі і в сталі Х12МФ, крім мартенситу обов'язково присутній залишковий аустеніт. Його кількість залежить від ступеню легованості при нагріванні під гартування. Зі збільшенням легованості твердого розчину частка залишкового аустеніту зростає. Присутність залишкового аустеніту знижує твердість на 0,5 – 2,0 HRC, границю плинності – приблизно на 50 МПа на кожний відсоток аустеніту. Після гартування обов'язково робиться відпуск, в процесі якого відбувається виділення із твердих розчинів дисперсійних карбідів і перетворення залишкового аустеніту в мартенсит. У результаті відпущення твердість підвищується до HRC 60 - 63 (одночасно підвищується й межа міцності).

Високотемпературну термомеханічну обробку сталі (ВТМО) проводили наступним чином: заготовку нагрівали до 1070°С з подальшою деформацією і охолодженням в маслі. Далі сталь відпускали при температури 180°С впродовж 150хв. Як показали металографічні дослідження після ВТМО сталь ХІ2МФ мас мартенситну структуру (рис.1) з великою кількістю карбідів типу M_7C_3, що гарантує про високу твердість [1].

а



б

Рисунок 1 - Структура зразка зі сталі Х12МФ після застосування ВТМО а- ×63;б -× 360

Застосування термомеханічної оброки дозволяє покращити механічні властивості сталі Х12МФ. Дана обробка дозволяє збільшити міцність до 1285,0 МПа при відносному подовженні 15,6% і ударній в'язкості 17,4 кгс/см^2. Підвищення міцності пояснюється тим, що в результаті високотемпературного деформування утворюється аустенітне зерно меншого розміру. При подальшому загартуванні з такого аустеніту утворюється дрібно голчатий мартенсит. Формування такої структури позитивно позначається не тільки на підвищенні міцності, але одночасно і на пластичних властивостях, і на в'язкості сталі. Можна констатувати, шо при ВТМО утворюється більш дрібнодисперсна, однорідна структура, ніж при звичайній термообробці.

Посилання

1. Effect Of Mechanical-thermal Treatment on the Reduction of Carbide Heterogeneity" /A.D. Khvan and other /*Forging and stamping production*, 2008, No. 8, pp. 29–30.

ВИБІР МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА БЕЗШОВНИХ ТРУБ ДЛЯ НАФТОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Роговий О.В., керівник проф. Погребна Н.Е.
Український державний університет науки та технологій

При виробництві бурильних труб для нафтодобувної промисловості з потовщеними кінцями застосовують індукційне підігрівання потовщених кінців перед нагрівом усієї труби під загартування, а також перед відпуском, двостороннє спрейерное охолодження кінців труби. Причому передній кінець охолоджується таким, що рухається разом з трубою внутрішнім спрейером, а задній - заливкою води в середину похилими струменями зовнішнього спрейера.

Для визначення можливості здійснення ВТМО найбільше значення мають температурно-деформаційні і швидкісні умови на завершальних стадіях виготовлення безшовних труб.

Отримання ефекту ВТМО конструкційної сталі необхідно, щоб деформація перед загартуванням складала 25-30%, а температура деформації була дещо вищою за точку A_{c3}. З урахуванням цього найбільш сприятливі умови за величиною обтискань створюються на установках, де деформація завершується на редукційному стані.

Застосування ВТМО на ділянці калібрувального стану по температурно-деформаційним умовам доцільно для установок з безперервним станом і в деякій мірі для агрегатів з автоматичним станом. Інші типи установок в цьому відношенні мало перспективні із-за дуже невеликих обтискань в процесі калібрування.

Внаслідок високих швидкостей плющення найбільші технологічні труднощі для реалізації загартування слід чекати на установках з безперервним станом і з пресами; тут

максимальні швидкості виходу готової труби в 3-10 разів вищі, ніж на трубопрокатних установках іншого типу.

Ефективність ВТМО зумовлюється значною потребою в зміцнених трубах. Труби для нафтопромислів в основному роблять на установках з автоматичним станом і на пилігримових. Отже, і за умовами ведення процесу, і по сортаменту зміцнюваних труб найбільш доцільна оцінка можливості реалізації процесу ВТМО стосовно цих типів термомеханічного зміцнення.

Одним з раціональних варіантів схеми ВТМО для установок з автоматичним станом може явитися загартування, відпуску, тепле калібрування і правка труби. Така схема характеризується мінімальними змінами в технологічному потоці, що склався, оскільки додаються тільки охолоджувальні пристрої за прокатним станом і відпускна піч перед калібрувальним станом.

У ході проведення літературного пошуку було встановлено, що для безшовних труб для нафтодобувної промисловості доцільно обирати марганцеву сталь, як 45Г2, яка має ферито-перлітну структуру. Використання термічної обробки – загартування і відпуск дозволяють отримати структуру мартенситу та сорбіт відпуску, а також покращуються механічні властивості – міцність і в'язкість сталі. Вивчення ізотермічної і термокінетичної діаграми дозволило у повному обсязі розглянути поліморфні перетворення. Використанням ефекту ВТМО можливо отримати високі показники міцності і в’язкості у 1,5 – 2 рази.

SELECTION OF AN OPTIMAL STEEL GRADE AND HEAT TREATMENT CONDITIONS FOR BEARINGS OPERATING AT ELEVATED TEMPERATURES

Domaskina D.Yu., supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Assoc. Prof. Kotova T.V.
Ukrainian State University of Science and Technology

Modern economic conditions in Ukraine impose increased requirements on the quality and reliability of machine-building products, which determine their competitiveness. Rolling bearings play a decisive role in ensuring the efficient operation of machines, and their service life and reliability largely depend on the properties of the materials used. Control of these properties is primarily achieved through alloying of steel, which makes it possible to purposefully form the required structure and performance characteristics.

For bearings operating at elevated temperatures, maintaining hardness and stability of properties is critical. In this regard, both low-alloy steels with enhanced heat resistance and highly alloyed heat-resistant tool steels are used. At the same time, maximum efficiency is achieved not by individual measures, but by their optimal combination, taking into account economic feasibility.

The design, operating conditions of rolling bearings, causes of their failure, and the main performance criteria of heat-resistant rolling bearings have been analyzed, including wear resistance of rolling surfaces, resistance to plastic deformation, durability, dimensional stability, and heat resistance of the bearing material.

Based on a comparative analysis of physical-mechanical and technological properties, as well as an evaluation of relative cost, it has been established that the most rational material for the manufacture of heat-resistant bearings is the heat-resistant bearing steel 8Х5М3ВФБ-Ш.

The alloying principles of steel 8Х5М3ВФБ-Ш have been determined: its high hardness, wear resistance, and heat resistance are achieved through the addition of carbon (0.8–0.9%), chromium (4.5–5.5%), molybdenum (3.0–3.5%), tungsten and vanadium (about 1%), as well as niobium (0.1–0.3%) and tantalum (0.05–0.15%). Carbon participates in the formation of hard refractory carbides; tungsten and molybdenum form $(W,Mo)_6C$ carbides. Tungsten and

molybdenum increase heat resistance and reduce temper brittleness. Vanadium forms VC carbides, enhancing wear resistance. Niobium and tantalum form stable carbides (NbC, TaC), which are practically insoluble in austenite and inhibit grain growth during heating for quenching. Chromium improves hardenability, promotes the formation of a uniform martensitic structure, and affects carbide formation during tempering.

A heat treatment process is proposed for steel 8Х5М3ВФБ-Ш, including preliminary and final stages: spheroidizing annealing with austenitization at 880–900°C followed by isothermal holding at 730–740°C for 3–4 hours; quenching from 1130–1150°C in oil with предварительный heating at 700–750°C; and triple tempering at 550–570°C. This ensures a high level of mechanical properties: ultimate strength σ_β = 2270–2340 MPa, impact toughness KCU ≈ 5 J/cm², hardness 61–63 HRC, and heat resistance up to 500°C.

The evolution of the structure of heat-resistant bearing steel 8Х5М3ВФБ-Ш has been established from the as-cast state, characterized by sorbite-like pearlite and primary carbides, to the final structure formed after heat treatment. The latter consists of tempered martensite, dispersed carbides, and retained austenite in an amount of up to 2%. This structure ensures a high level of mechanical properties and heat resistance of steel 8Х5М3ВФБ-Ш.

ВИКОРИСТАННЯ СТАЛІ 01ЮТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТОНКОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

Нісоловський П.І., керівники доц. Котова Т.В., доц. Аюпова Т.А.
Український державний університет науки та технологій

Автомобілебудування є одним із найбільш крупних споживачів продукції металургійних підприємств. Важливе місце належить тонкому холоднокатаному листу для глибокої та особо складної витяжки. Актуальною проблемою є виробництво ультранизьковуглецевих сталей типу 01ЮТ та тонкого листа з них із підвищеним комплексом механічних властивостей, які використовуються для виготовлення методом холодної штамповки деталей для автомобільній промисловості, а також можуть використовуватись у ракето– та машинобудуванні.

Особливістю ультранизьковуглецевих сталей є введення до їх складу титану та/чи ніобію, які зв`язують вуглець та азот і є елементами впровадження. Завдяки цьому холоднокатана листова сталь набуває витяжних властивостей, що дозволяють штампувати з неї вироби складної форми. Сталь 01ЮТ має обмежений вміст вуглецю і азоту для запобігання ефекту старіння при збереженні високої штампованості та достатньої міцності. Вміст елементів впровадження (вуглець+азот) складає не більше 0,003-0,005%.

Аналіз літературних даних показав, що підвищення вмісту фосфору у складі сталей приводить до підвищення схильності до окрихчування через недостатню міцність границь зерен. Окрихчування та міжзеренне розтріскування відбувається через присутність елементів, які послаблюють границі зерен. Вуглець виділяється у вигляді третинного цементиту по границях зерен. Усунення виділень третинного цементиту, стабілізації структури та зміцнення сталі досягають шляхом подрібненням зерна та зміцненням твердого розчину. Для цього сталі мікролегують сильними карбідоутворюючими елементами (титаном, ніобієм) та называют стабілізованими.

На практиці враховують значний внесок титану і ніобію в зміцнення твердого розчину при виділенні дисперсних карбідів та нітридів. Дисперсійне та зернограничне зміцнення за рахунок подрібнення зерна і субзерна дозволяє змінювати міцність сталі на 50-60%, тому вибір оптимального складу, режимів деформаційно-термічної обробки та післядеформаційного охолодження дозволить зміцнити ультранизьковуглецеву сталь та регулювати її міцність в широких межах. При виробництві ультранизьковуглецевих

сталей використовують легування титаном в кількості не менше 4×(C+N) для запобігання схильності до деформаційного старіння.

В дійсний час підвищуються вимоги до механічних властивостей та якості тонкого листа із низьковуглецевих сталей. В зрівнянні з традиційними сталями нові матеріали характеризуються оптимальним поєднанням високої міцності та доброї формованості. Аналіз літературних джерел показав, що деформація в області температур феритної структури забезпечить для гарячекатаної тонколистової сталі рівень якості, який потребують стандарти. Найбільший позитивний ефект досягається при теплій прокатці в чистовій групі безперервного широкоштабового стану сталей із вмістом вуглецю менше, ніж 0,02%. Тепла прокатка цих сталей, відповідно до публікацій, дозволяє сформувати мікроструктуру, що забезпечує металу найкращу штампованість. Деформація нижче критичної точки Ar_1 дозволяє також сформувати сприятливу для глибокої витяжки текстуру, зменшити кількість поверхневих дефектів, попереджає розтріскування кромок, знижує виробничі витрати та розширює інтервал властивостей металопродукції.

На практиці при деформації тонкого листа при високих температурах відбуваються значні теплові втрати, оскільки швидке охолодження металу не дає можливості забезпечити високу температуру в деформаційній зоні. Для уникнення несприятливих наслідків традиційної технології гарячої прокатки тонкого листа та запобігання закінченню прокатки в двофазній аустеніто–феритній області температур (що приводить до утворення різнозернистої структури) розробляють способи прокатки листової сталі нижче критичної точки Ar_1.

При забезпеченні властивостей гарячекатаного металу на рівні холоднокатаного, можливо використання гарячекатаного прокату замість холоднокатаного. В результаті отримується економія за рахунок зменшення витрат на електроенергію та природний газ. Тому навіть часткове використання споживачем гарячекатаної листової сталі замість холоднокатаної дає значний економічний ефект. Крім того, гарячекатаний лист може бути рентабельним підкатом для станів холодної прокатки. Наприклад, використання гарячекатаного підката товщиною менше, ніж 2 мм, при виробництві холоднокатаного листа тільки за рахунок зниження кількості проходів, підвищує продуктивність реверсивного стану холодної прокатки на 28%, приводить до економії енерговитрат, зниженню витрат прокатних валків, мастило–охолоджуючих засобів та інших показників.

Встановлено, що для виробництва тонколистового прокату для потреб автомобілебудівної та інших галузей промисловості доцільно використовувати ультранизьковуглецеву сталь 01ЮТ за умови розроблення раціональних режимів обробки для забезпечення отримання рівномірної структури та необхідного рівня властивостей і здатності металу до витяжки.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF DEFORMATION TEMPERATURE IN A RADIAL-SHEAR ROLLING MILL ON THE MICROSTRUCTURE EVOLUTION OF COPPER

Utkin N.E., supervisor prof. Naizabekov A.B.
Rudny Industrial University

One of the effective ways to control the properties of copper, as well as other ferrous and non-ferrous metals, is to grind its structure to a nano- or ultrafine-grained level, primarily through severe plastic deformation. One of the promising methods for producing long-length bars with a gradient ultrafine-grained structure is radial-shear rolling [1]. At the same time, it is known from a number of scientific papers, including [2], that one of the main factors

influencing the possibility of obtaining an ultrafine-grained structure in various ferrous and non-ferrous metals and alloys is the deformation temperature of these metals and alloys. To obtain an ultrafine-grained structure, the deformation process must be carried out at a temperature not exceeding the threshold for the onset of recrystallization, since with an increase in the temperature of the onset of deformation, the probability of dynamic collective recrystallization during hot deformation increases, leading to undesirable grain enlargement. Therefore, the choice of the temperature regime is based on the fact that during the hot deformation, the primary recrystallization takes place completely, and the collective recrystallization is suppressed.

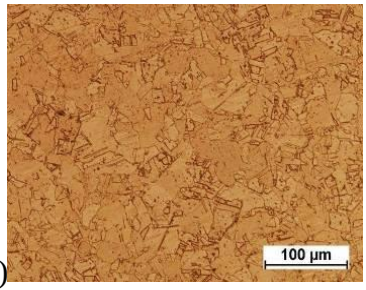
The purpose of these studies is to study the influence of such a technological factor of deformation in a radial-shear rolling mill as the rolling temperature on the microstructure evolution of copper.

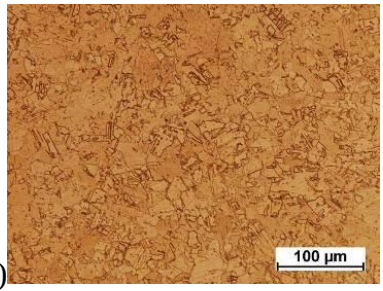
Bars with a diameter of 25 mm and a length of 300 mm made of M1 grade copper were used for the laboratory experiment. The following deformation temperatures of copper rods were selected for the planned studies: 20°C, 100°C and 200°C.

At the first stage, a copper bar with a diameter of 25 mm was deformed at a temperature of 20 ° C on a radial-shear rolling mill SVP-08 (Fig. 1). Rolling was carried out in four passes, up to diameters of 23 mm, 21 mm, 19 mm and 17 mm. In the second and third stages, copper rods with a diameter of 25 mm were heated in a Nabertherm tubular furnace to temperatures of 100 ° C and 200 °C, respectively, with an exposure time of 25 minutes, before being deformed on a radial shear rolling mill SVP-08. After that, the rods were deformed on a radial-shear rolling mill to a diameter of 17 mm, also in four passes, with an absolute reduction in diameter of 2 mm, according to the above scheme.

Figure 1 - Radial-shear rolling mill SVP-08

Metallographic analysis of copper (Fig. 2) after radial-shear rolling showed that at all deformation temperatures, grain refinement occurs after each deformation pass. However, it was also demonstrated that during radial-shear rolling at room temperature, the grain structure of copper rods is more intensively processed. At this temperature, the minimum average grain size after the fourth deformation pass on the radial-shear rolling mill was 6.0 μm, while the minimum grain size was 3.1 μm. The advantage of deforming copper samples on the radial-shear rolling mill at room temperature is primarily due to the absence of dynamic recrystallization processes.

a) 

b) 

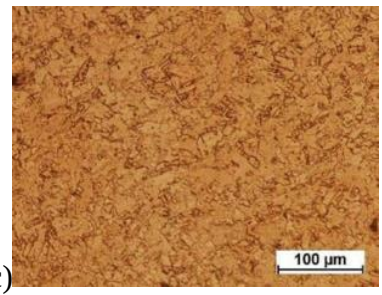
c) 

Figure 2 – Copper microstructures after 4 passes of deformation on a radial-shear rolling mill at temperatures: a) 200ºC, b) 100ºC, c) 20ºC

Conclusion: Based on the results of the metallographic studies, it can be concluded that the deformation temperature has a significant impact on the possibility of obtaining an ultra-fine-grained structure in M1 copper during its deformation on a radial-shear rolling mill.

References

1. Naizabekov A., Lezhnev S., Panin E., Volokitina I., Kasperovich A. Realization of the innovative potential of radial-shear rolling for forming the structure and mechanical properties of AISI-321 austenitic stainless steel// REVISTA Matéria, 2021 v. 26, n.3, articles e13018.

2. Мусабиров И.И., Сафаров И.М., Шарипов И.З., Нагимов М.И., Коледов В.В., Ховайло В.В., Мулюков Р.Р. Влияние температуры деформации осадкой на формирование мелкозернистой структуры литого сплава системы Ni–Mn–Ga// Физика твердого тела. 2017 Т. 59. №. 8. – С. 1547 – 1553.

INFLUENCE OF Cu CATALYST PREPARATION METHOD ON eCO_2RR PERFORMANCE IN THE PRESENCE OF SO_2 IMPURITIES

Dorota Stanek, Patrycja Kolbusz, supervisor: dr Sebastian Jarczewski, dr hab. inż. Krzysztof Mech, prof. AGH.
AGH University of Krakow, Academic Centre for Materials and Nanotechnology, Krakow, Poland

Electrochemical CO_2 reduction reaction (eCO_2RR) has emerged as a promising strategy for converting CO_2 into value-added chemicals and fuels using renewable energy, offering a potential route toward carbon-neutral chemical manufacturing [1,2]. Among the possible products, multicarbon (C_{2+}) compounds are particularly attractive because of their high energy density and industrial relevance. Copper based catalysts are especially important in eCO_2RR, as they are among the few catalytic systems capable of promoting C-C coupling and forming C_{2+} products with appreciable activity and selectivity [2,3].

Practical implementation of eCO_2RR in industrial settings requires moving beyond high-purity CO_2 feeds and understanding catalyst performance under realistic gas compositions. Industrial CO_2 streams, such as flue gas, contain impurities including O_2, NO_x, and SO_x, which may compete for electrons, alter the local reaction environment, poison active sites, and deteriorate catalyst selectivity and stability. In particular, sulfur oxides are especially important because of their strong interaction with catalyst surfaces and their potential to induce irreversible changes in catalyst composition and catalytic behavior, making such studies highly relevant from an industrial perspective [1].

In the present study, copper catalysts deposited on gas diffusion electrodes were prepared by two different PVD methods, thermal evaporation and magnetron sputtering, in order to evaluate whether the synthesis route influences the Faradaic efficiency (FE) of eCO_2RR. The obtained samples were characterized using X-ray diffraction, scanning electron microscopy,

infrared spectroscopy and atomic force microscopy to examine their structural, morphological, and surface properties. Catalytic tests were performed in a flow-cell reactor using CO_2 containing 100 ppm SO_2, enabling direct comparison of catalyst performance under sulfur-containing feed conditions relevant to practical applications. Obtained results showed distinct differences in particular Faradaic efficiencies for layers synthesized with different PVD methods, however, the activity after 240 min dropped to the comparable levels of ca. 0.9% for C_2H_4, when SO_2 containing feed gas was used.

This research was funded by the National Science Centre, Poland, under grant no. 2024/55/D/ST8/02754. This research was partially supported by the programme "Excellence Initiative - Research University" for the AGH University of Krakow.

References:

[1] L.-P. Chi; M.-R. Gao *Progress and Perspective of Direct Utilization of Flue Gas for Electrochemical CO_2 Reduction*. Small 2025, *21*, 11907.

[2] H. Wu; H. Yu; Y.-L. Chow; P. A Webley; J. Zhang *Toward Durable CO_2 Electroreduction with Cu-Based Catalysts via Understanding Their Deactivation Modes*. Advanced Materials 2024, *36*, 2403217.

[3] W. Zhou; X. Li; X. Tu; H. Zhao; Q. Li; Z. Liu; D. Sun; X. Liu; M. Huang; J. Zhu; H. Jiang *Advances in CO_2 Electroreduction to Ethylene over Cu-Based Catalysts in Membrane Electrode Assembly*. Nano Research 2025, *18*, 94907613.

ЦИФРОВА ОБРОБКА ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ МІКРОСТРУКТУР МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Піщенко К.А., керівник доц. Воденнікова О.С.
Запорізький національний університет

Під час роботи з мікро- та макроструктурами металів і сплавів досить часто спостерігається погіршення якості зображень, зумовлене впливом часу, світлового випромінювання, а також дією зовнішніх чинників, зокрема потраплянням вологи, жирових або масляних забруднень та інших агресивних середовищ. Унаслідок цього відбувається зниження контрастності, поява шумів, дефектів і втрата дрібнодисперсних елементів структури, що ускладнює або робить неможливим їх подальший коректний аналіз.

У зв’язку з цим перед матеріалознавцями постає актуальне завдання відновлення та підвищення якості таких зображень із забезпеченням максимальної достовірності відтворення мікроструктурних особливостей. Це зумовлює необхідність застосування сучасних методів цифрової обробки та відновлення зображень, зокрема інструментів штучного інтелекту (наприклад, моделей Gemini 3 та ChatGPT 5.2).

У процесі покращення якості зображень структур металів і сплавів із застосуванням технологій штучного інтелекту важливим є формування чітких, структурованих і послідовних команд (запитів), що забезпечують контрольовану та відтворювану обробку даних. Зокрема, доцільно використовувати конкретизовані інструкції, спрямовані на усунення окремих дефектів і покращення інформативності зображення, наприклад: «видалити подряпини із зображення», «підвищити різкість», «зменшити рівень шуму», «покращити контрастність», «відновити втрачені ділянки структури».

Крім того, ефективність обробки значною мірою залежить від поетапності виконання операцій, де кожен етап спрямований на досягнення конкретного результату без спотворення мікроструктурних особливостей. Важливим аспектом є також

валідація отриманих результатів шляхом їх порівняння з еталонними зразками або вихідними даними, що дозволяє забезпечити наукову достовірність відновлених зображень. Застосування такого підходу сприяє підвищенню якості цифрової обробки та розширює можливості використання штучного інтелекту в матеріалознавчих дослідженнях.

Використання штучного інтелекту для реставрації архівних знімків структур металів і сплавів відкриває нові можливості для матеріалознавства: це не просто «косметичне покращення» зображення, а інструмент відновлення втрачених наукових даних. Зокрема, такі підходи дають змогу відтворювати морфологічні особливості мікроструктур, уточнювати фазовий склад та аналізувати тонкі структурні елементи, які раніше були недоступними для інтерпретації через низьку якість зображень.

Отже, використання технологій штучного інтелекту в обробці та реставрації зображень структур металів і сплавів є дієвим інструментом оптимізації роботи науковців, що дозволяє суттєво скоротити час проведення досліджень і підвищити їх ефективність. Крім того, інтеграція таких технологій в освітній процес надає студентам можливість самостійно обробляти та реставрувати зображення структур, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу, розвитку практичних навичок і підвищенню їх професійних компетентностей.

ADVANCED MN-BASED DOUBLE PEROVSKITE ELECTRODES DECORATED WITH EMPTY CORE-SHELL NANOCATALYSTS FOR SYMMETRICAL SOLID OXIDE CELLS OPERATING AT REDUCED TEMPERATURES

Damian Kaufmann[1], supervisors: Kun Zheng[1,2*], Jakub Lach[1]

[1] Department of Hydrogen Energy, Faculty of Energy and Fuels, AGH University of Krakow, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

[2] AGH Centre of Energy, AGH University of Krakow, ul. Czarnowiejska 36, 30-054 Krakow, Poland

***Corresponding author: zheng@agh.edu.pl**

The Industrial Revolution was a pivotal event for our civilization. It made trading more accessible and cheaper due to improvements in transport. For instance, the invention of steam locomotives and ships, which also made public transport common. Furthermore, the Industrial Revolution provided poorer people with job opportunities in large cities, enabling them to improve their lifestyle and increase their lifespan, causing populations in every country to skyrocket. However, besides the positive influence on the lives of common people and the development of new technologies, it also created problems that we are struggling with to this day, which will worsen without preventive measures. Greenhouse gas (GHG) emissions are considered the most serious environmental and civilizational problem we face. The melting of glaciers, rising sea levels, extreme weather changes, and negative impacts on human health are just a few of the many side effects caused by GHG emissions. To reduce these emissions and their harmful effects, countries worldwide, especially in the European Union, are paying closer attention to renewable energy sources such as solar panels and wind turbines. The advantages of renewable energy include decreased GHG emissions and the inexhaustibility of energy sources, in contrast to traditional energy reserves, which are depleting and heavily dependent on geopolitics. In recent years, hydrogen has gained significant attention and is considered the fuel of the future. The advantages of using hydrogen, such as its high gravimetric energy density (a lower heating value (LHV) of around 120 MJ/kg) and the lack of harmful byproducts during combustion besides water vapor, give it a significant edge over conventional energy sources. Hydrogen plays a crucial role in various industrial sectors. For

example, liquid hydrogen (LH_2) is used as rocket fuel, or as a substrate alongside nitrogen to produce ammonia, which can later be used to manufacture fertilizers. However, low volumetric energy density and storage limitations restrict the use of hydrogen in conventional power generation. Consequently, scientists worldwide are trying to develop solutions that can fully harness the potential of hydrogen. The most promising approach to utilizing hydrogen to its limits is via electrochemical conversion. Symmetrical Solid Oxide Cells (S-SOCs) are an example of electrochemical devices capable of utilizing hydrogen for converting and storing energy, depending on current demand. S-SOCs typically operate at temperatures between 600°C and 1000°C, enabling system efficiencies of up to 90% when integrated into combined heat and power (CHP) systems [1]. Nevertheless, these high operating temperatures can cause issues such as the degradation of electrode materials, stability problems, carbon deposition, or sulfur poisoning (which is common when hydrocarbons are used as fuel). To overcome these challenges, this work proposes a cutting-edge approach to S-SOC material design. It involves the use of the electrospinning technique combined with *in situ* exsolved nanocatalysts such as cobalt or nickel. This approach allows for the creation of materials with high surface area and porosity, which improves gas and ion transport (crucial for S-SOC applications). The presented materials show promise in enhancing the performance, durability, and long-term stability of SOCs [2-3].

Electrode materials $Sm_{0.9}Ba_{0.9}Mn_{1.8-x}Fe_xNi_{0.2}O_{6-\delta}$ (x=0, 0.45,0.9) were synthesized using the EDTA–citrate sol-gel method to obtain powders. Stoichiometric amounts of metal nitrates were dissolved in deionized water, followed by the addition of citric acid and EDTA in a molar ratio of 1:1:1 (total metal ions: citric acid: EDTA) for each solution. The pH was adjusted to 7–8 using ammonia solution, and the mixtures were heated to 230 °C to form gel-like precursors. After water evaporation and partial decomposition of excess nitrates, the obtained materials were calcined at 1000 °C. The calcined powders were then reduced in 5 vol.% H_2/Ar atmosphere at 950 °C to obtain single-phase double perovskites. To assess their stability under fuel electrode conditions and to promote *in situ* nanoparticle exsolution, the materials were subsequently annealed in pure H_2 at 800 °C for 10 h. The electrospun nanofibers were fabricated by electrospinning technique. The solutions were prepared by dissolving stoichiometric amounts of metal salts (Sm, Ba, Mn, Fe, Ni) in *N*,*N*-dimethylformamide (DMF). Polyvinylpyrrolidone (PVP) was added as a fiber-forming polymer. Electrospinning was carried out with a flow rate of 10 μL/min, an applied voltage of 20 kV, and a collecting distance of 15 cm.

Presented results demonstrate that the synthesized materials are decorated by *in situ* exsolved metallic nanoparticles on the reduced sample and oxide nanoparticles on the oxidized nanoparticles. This process enhances the electrochemical performance of the material by improving both catalytic activity and electrical conductivity, while also increasing the electrode's resistance to carbon deposition and agglomeration of nanoparticles. XRD measurements confirm that materials crystallize in *P4/nmm* space group and after reduction are covered by *Fm*-3*m* metallic phase. HT-XRD studies reveal a phase transition from *P4/nmm* to *P4/mmm* occurring around 200°C. TEM analysis indicates that anchored exsolved nanoparticles in perovskite support are beneficial for the stable operation of S-SOCs. Dilatometry and HT-XRDD data demonstrate that the thermal expansion coefficients (TECs) of the materials are comparable of those of commonly used electrolysis, which is essential for proper work of the cell. Laser diffraction analysis shows the presence of both small particles (1 μm) and large aggregates (around 20 μm). Structural stability with well used electrolytes has shown that presented materials do not react with $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$ (GDC20) in oxidizing and reducing atmospheres in S-SOC operating conditions, indicating the materials can be employed with this electrolyte. However, materials mixed with 8 mol% yttria stabilized zirconia (8YSZ) are not stable in both atmospheres which limits their application with this

electrolyte. It was found that increasing Fe doping enhances the material's stability in contact with electrolyte. Long-term stability and I-V curve measurement show that anode supported cell with $Sm_{0.9}Ba_{0.9}Mn_{0.9}Fe_{0.9}Ni_{0.2}O_{6-\delta}$ +30% GDC20 achieves maximum power density over 1000 $mWcm^{-2}$ and stable performance for over 200h without significant degradation. Based on previously mentioned results, synthesized materials possess significant potential as electrode materials for S-SOCs. Fibrous morphology alongside the *in situ* exsolved nanoparticles, may decrease the operating working temperature and increase the long service time which might increase the prospect for the commercialization of S-SOCs technology.

This work is funded by the National Science Centre (NCN) based on the decision number UMO-2025/57/N/ST11/01244.

References:

[1] E. J. Naimaster, A.K. Sleiti, Electrochimica Acta 2020, 362, 137171
[2] J. Lach, M. Gogacz, P. Winiarz, Y. Ling, M. Zhou, K. Zheng, Materials 2025, 18(6), 1272
[3] J. Lach, K. Zheng, C. Radu, M. Kryński, M. Gogacz, Y. Ling, A. Klimkowicz, M. Łapiński, Chemical Engineering Journal 2026, 532, 174527

СТРУКТУРА І ВЛАСТИВОСТІ НЕСТАРІЮЧОЇ СТАЛІ ДЛЯ АВТОЛИСТА

Васил'єв Д., керівник проф. Губенко С.І.
Український державний університет науки і технологій

Близько 80-85% холоднокатаних листів виробляють із низьковуглецевих сталей, з яких більшість складають сталі, призначені для глибокої витяжки [1-4]. Листова сталь для глибокої витяжки застосовується головним чином у автомобільній промисловості – це деталі для кузова автомобілів. Перевага глибокої витяжки і широке застосування деталей, виготовлених цим способом, сприяють попиту, що зростає, на якісний матеріал для глибокої витяжки на світовому ринку. Виробники штампованих виробів безперервно підвищують вимоги до якості листів для глибокої витяжки, зростає частка тонких листів, впроваджується потоковий метод виготовлення штампувань прямо зі смуги.

Мета роботи: розробка оптимального варіанту щодо вибору марки нестаріючої сталі для холоднокатаного листа, що призначений для глибокого витягування.

Методи дослідження – вивчення вимог до хімічного складу, микроструктури і механічних властивостей низьковуглецевих сталей, призначених для глибокої витяжки, а також аналіз процесів, що відбуваються при термічної обробці цих сталей, і на базі цих даних вибрати марку нестаріючої сталі для автолиста.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведено аналіз літературних даних щодо листових низьковуглецевих сталей, призначених для глибокого витягування. Проаналізовано склад і мікроструктура вказаних сталей, які забезпечують необхідний рівень їх пластичності і міцності. Вивчена технологія отримання холоднокатаних смуг, а також фазові і структурні перетворення, які відбуваються під час їх термічної обробки. Вибрана марка нестаріючої сталі для холоднокатаного листа глибокого витягування.

Висновки:

1. Аналіз літератури показав, що для холоднокатаного листа, призначеного для глибокої витяжки, необхідно застосувати нестаріючу сталь.
2. У ролі нестаріючої сталі для автолиста обрана сталь 08Ю, механічні властивості якої задовольняють вимоги ГОСТ 9045 - 93.

3. Сталь 08Ю необхідно піддати термічній обробці - рекристалізаційному відпалу в захисній атмосфері по наступному режиму: 680 °С, 8 год.

Література

1. Дедек Вл. Смугова сталь для глибокої витяжки. Перекл. з чешс. М.: Металургія, 1970. – 208 с.
2. Беняковський М.А., Мазур В.Л., Мелешко В.І. (автори з ІЧМ НАН України). Виробництво автомобільного листа. М.: Металургія, 1979. – 256 с.
3. Саф'ян М.М., Мазур В.Л., Саф'ян А.М., Молчанов А.І.. Технологія процесів прокатки і волочіння. Листопрокатне виробництво. Київ: Вища школа, 1988. – 351 с.
4. Дегнер Майкл, Палковскі Хайнц, Гречников Ф.В. Гаряча і холодна листова прокатка. Перекл. з англ. М.: Інфра-Інженерія, 2023, - 154 с.

ПОВЕДІНКА НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ ПЛАСТИЧНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ СТАЛІ

Головков А., керівник проф. Губенко С.І.
Український державний університет науки і технологій

Технологічні властивості сталей визначаються, в першу чергу, технологічною пластичністю, яка багато в чому залежить від кількості, типу та розподілу неметалевих включень, а також від їх поведінки при гарячій і холодній деформації [1-4].

Метою досліджень було вивчення основних типів неметалевих включень, а також аналіз процесів, що відбуваються при гарячій і холодній прокатці низьковуглецевих листових сталей.

Методи дослідження – Для визначення поведінки неметалевих включень представлені зразки низьковуглецевих сталей після гарячої і холодної прокатки на заводі Запоріжсталь, які досліджували металографічним методом (світловий мікроскоп «Неофот-31).

Результати досліджень та їх обговорення. Проаналізовані основні види неметалевих включень і умови їх утворення в сталях в процесі виплавки. Показані особливості поведінки неметалевих включень за гарячої та холодної деформації сталей, а також їх вплив на утворення дефектів у гарячекатаних та холоднокатаних сталевих смугах. Досліджена поведінка неметалевих включень різних типів за гарячої (в інтервалі температур 1100…880 °С) і холодної прокатки листових сталей 08Ю, 08Т, 08кп, які приведені на слайді.

Висновки:

1) За гарячої прокатки листових сталей в інтервалі температур 1100…880 °С включення корунду, оксидів і шпінелей, какрбонітридів титану пластично не деформуються і розташовуються у вигляді рядків у напрямку прокатки. Частина таких включень крихко руйнується. Силікати ведуть себе як пластична фаза в сталі, іноді вони руйнувалися останніх стадіях деформації за температур нижче 900 °С. Пластичність залізо-манганових сульфідів за гарячої прокатки є різною; вона збільшується із зменшенням вмісту мангану. Двофазні включення силікат – оксид, сульфід – карбинітрид, сульфід - оксид виявляють неоднорідну деформовність в залежності від природи фаз.
2) За холодної прокатки листових сталей усі типи неметалевих включень (корунд, оксиди, шпінелі, карбонітриди), крім залізо-манганових сульфідів, пластично не деформуються і крихко руйнуються.
3) Різна поведінка неметалевих включень, що присутні у листових низьковуглецевих сталях 08Ю, 08Т, 08кп, під час гарячої прокатки призводить до нерівномірного

розподілу напружень і деформацій в об'ємі металевої матриці, а отже, викликає неоднорідність структури і властивостей сталі. У деформованій листовій сталі виникають дефекти, які обумовлені різною пластичністю неметалевих включень і сталевої матриці, що знижують якість і призводять до руйнування за подальшого навантаження.

Література.

1. Кісслінг Р., Ланге Н. Неметалені включення в сталі. Перекл. з англ. М.: Металлургія, 1968. – 124 с.
2. Губенко С.І., Бельченко Г.І. Неметалеві включення і якість сталі. Київ: Техніка, 1980. - 168 с.
3. Губенко С.І., Парусов В.В., Дерев'янченко І.В. Неметалеві включення в сталі. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2005. - 536 с.
4. Губенко С. И., Ошкадеров С. П. Неметаллические включения в стали. Київ: Наукова думка, 2016. - 528 с.

ВИБІР ЧАВУНУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АЛМАЗУ ДИНАМІЧНОГО СИНТЕЗУ

Нікітенко С., керівник проф. Губенко С.І.
Український державний університет науки і технологій

В даний час економічний потенціал найбільш розвинених держав значною мірою зв'язується з використанням ними алмазів. Застосування алмазного інструменту істотно підвищує чистоту обробки деталей, а продуктивність праці зростає при цьому в середньому на 50%.

Метою досліджень було вивчення модифікацій вуглецю і мікроструктури чавунів різного хімічного складу та вибір чавунів для отримання алмазу динамічного синтезу.

Методи дослідження – на базі літературних джерел на аналізу зразків чавунів, що виплавлені у лабораторних умовах, вивчалася мікроструктура чавунів металографічним методом (Neophot-31) та розподіл елементів шляхом мікрорентгеноспектрального аналізу (MS-46 Cameca), що дозволило встановити можливість їх використання у якості середовища для отримання алмазу динамічного синтезу.

Результати досліджень та їх обговорення. Проаналізована класифікація структур вуглецю [1, 2]. Вуглець може існувати у різних структурах. Найвідоміші поліморфні модифікації вуглецю – графіт та алмаз, кожна з яких може перебувати у двох різних решітках. Графіт може існувати у двох кристалічних решітках: гексагональна шарувата та ромбоедрична. Алмаз може існувати у двох кристалічних модифікаціях: власне алмаз – кубічна сингонія та лонсдейліт – гексагональна решітка. Проведений аналіз структурних перебудов вуглецю, вивчені особливості будови і властивості алмазу, наведені способи отримання штучних алмазів. Обрані чавуни з різною формою графіту та типом металевої матриці для отримання алмазу динамічного синтезу.

Висновки:

1. Аналіз класифікації структур вуглецю показали, що можливе існування його стабільних і метастабільних модифікацій. Перетворення на вуглеці можуть протікати різними способами залежно від умов обробки.
2. Існують різні способи одержання синтетичних алмазів, які відрізняються способом реалізації високих тисків і температур. Необхідні розробки таких способів, які максимально наближені до природних умов утворення алмазу. До таких можна

віднести метод використання сірих чавунів, підданих різним механічним впливам (кування, вибухове навантаження, термоциклічна обробка), як середовище для утворення та зростання алмазів.

3. Отримання штучних алмазів у чавунах становить науковий і практичний інтерес. Обрані чавуни з різна формою графіту і металевої матриці для проведення експериментів і досліджень.
4. Використанні чавунів як середовища для отримання алмазу динамічного синтезу є доцільним, оскільки фізико-хімічні умови, які виникають при вибуховому навантаженні з метою проходження поліморфного перетворення графіт → алмаз наближаються до таких, що реалізуються в природних умовах.

Література.

1. Курдюмов А.В., Малоголовець В.Г., Новіков Н.В. та ін. Поліморфні модифікації вуглецю і нітриду бора. Довідник. М.: Металургія,1994. 318 с.
2. Enoki T., Suzuki M., Endo M. Graphite intercalation compounds and applications. Oxford: University Press, 1930. 433 p.

СТРУКТУРА І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС

Грама Б., керівник проф. Губенко С.І.
Український державний університет науки і технологій

Залізничні колеса є основним елементом конструктивного вузла ходової частини локомотива і вагона і таким чином є найбільш відповідальними деталями рухомого складу. Підвищення терміну служби бандажів колісних пар локомотивів і суцільнокатаних коліс вагонів є головною проблемою, вирішення якої дозволить не тільки подовжити пробіги рухомого складу між ремонтами і зменшити кількість відчеплень до ремонту, а також скоротити колісний парк , зменшити потреби у кількості бандажів і коліс на ремонтні потреби [1 - 5].

Метою досліджень було вивчення технології отримання залізничних коліс, а також аналіз структури і властивостей колісних сталей.

Методи дослідження. Необхідно на базі літературних джерел проаналізувати основні стадії виробництва залізничних коліс в умовах ВАТ Інтерпайп (Україна, м. Дніпро). Проаналізовані особливості мікроструктури колісної сталі та механічні властивості при вивченні зразків, які були відібрані від ободу і диску, із застосуванням металографічного методу (Neophot-31), а також за результатами механічних випробувань згідно ГОСТ 1497.

Результати досліджень та їх обговорення. Показані стан та перспективи розвитку виробництва залізничних коліс в Україні. Викладені вимоги до структури та властивостей сталі для залізничних коліс, розглянуті способи та режими термічного зміцнення суцільнокатаних коліс и бандажів. Проаналізовані мікроструктура і властивості колісної сталі, що використовуються для виробництва залізничних коліс для пасажирських вагонів.

Висновки:

1. Проаналізовані технологія виробництва залізничних коліс, а також перспективи її розвитку в Україні. Показано, що для виробництва залізничних коліс доцільно застосовувати електросталь, що підтверджується введенням в експлуатацію на ВАТ«ІНТЕРПАЙП-НТЗ» електросталеплавильного комплексу.

2. Проаналізовані основні вимоги до структури та властивостей для залізничних коліс, а також методи їх термічного зміцнення.

3. Вибрана марка сталі – марка 2 для суцільнокатаних залізничних коліс, яка має

мікроструктуру та володіє механічними властивостями, що відповідають ГОСТ 10791-2011 та забезпечує високу стійкість до контактної втоми і тріщиностійкість за умов високих навантажень.

Література.

1. Узлов І.Г., Гасик М.І., Єсаулов А.Т. та ін. Колісна сталь. Київ: Техніка, 1985. – 168 с.
2. Increase of dynamic stability of trains due to optimal tread of wagons and loco wheels / A. Kozlovsky, M. Staroseletsky, V. Esaulov [et al] // Proceedings of the 13-th International Wheelset Congress (17-21 Sept. 2001). Rome, Italy, 2001. – p. 247-306.
3. Stresses-deformed state of railway wheels of different design / Uy. Taran, V. Esaulov, S. Gubenko, A. Sladkovsky, M. Staroseletsky // Proceedings of the 13-th International Wheelset Congress (17-21 Sept. 2001). Rome, Italy, 2001. – p. 305-311.
4. Єсаулов В.П., Козловський А.І., Єсаулов О.Т., Староселецький М.І. Конструкції залізничних коліс світую Дніпропетровськ: Січ, 1997. – 428 с.
5. Таран Ю.Н., Єсаулов В.П., Губенко С.І. Підвищення зносостійкості залізничних коліс з різним профілем поверхні катання. Металургійна і гірничорудна промисловість, 2000. №2. - С.42-44.

ВПЛИВ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Михановський Є.,керівник проф. Губенко С.І.
Український державний університет науки і технологій

Одним із головних факторів, що знижують якість сталі, є ступінь забрудненості її неметалевими включеннями [1, 2]. Властивості сталі визначаються також природою, формою, розміром та розподілом включень, які залежать від складу сталі, способу виплавки, розливання та розкислення, умов твердіння та подальшої деформації.

Метою роботи було вивчення впливу неметалевих включень на механічні властивості низьковуглецевої сталі при механічних випробуваннях, а також аналіз процесів утворення неметалевих включень.

Методи дослідження. Були представлені зразки сталі 08Ю після гарячої і холодної прокатки на заводі Запоріжсталь. Ідентифікацію неметалевих включень в сталі 08Ю проводили за допомогою мікроскопу «Неофот-31. Досліджували включення після гарячої прокатки за температур 1100 … 900 °С і холодної прокатки зі ступенем деформації 66 %. Забрудненість сталі включеннями визначали методом кількісної металографії на установці «Квантимет». Механичні випробування на розтягнення зразків проводили на установці ПММ-5 згідно ГОСТ 1497, випробування на ударний вигин проводили згідно ГОСТ 9454. Структуру зламів досліджували на растровому електронному мікроскопі JSM-35.

Результати досліджень та їх обговорення. Розглянуто процеси утворення та аналізу неметалевих включень, а також метод позапічної обробки рідких сталей з метою зниження вмісту неметалевих включень. Проаналізовані причини виникнення концентрації напружень поблизу неметалевих включень. Показано, що неметалеві включення надають негативний вплив на механічні властивості низьковуглецевої сталі.

Висновки:

1. У низьковуглецевій сталі 08Ю присутні неметалеві включення, які мають різні склад і структуру, що визначають їх поведінку під час гарячої і холодної прокатки, а також показник вмісту включень після деформаційної обробки.

2. Неметалеві включення є концентраторами напружень в сталі, що істотно впливає на механічні властивості, які визначаються випробуваннями на розтягнення та

динамічний вигин. Саме поблизу неметалевих включень виникають тріщини, а включення присутні в структурі зламів.

3. Вміст неметалевих включень впливає на властивості листової низьковуглецевої сталі 08Ю: межа текучості, межа міцності, відносне подовження та ударна в'язкість погіршуються, з ростом вмісту включень.

4. Нерівномірний розподіл неметалевих включень за довжиною і шириною гарячекатаної та холоднокатаної смуги сприяє неоднорідному розподілу механічних властивостей, що негативно впливає на штампуємість сталі 08Ю.

5. Неметалеві включення є осередками утворення тріщин при статичних і динамічних механічних випробуваннях сталі 08Ю, що доказано аналізом локальної мікроструктури сталі та зламів поблизу включень.

Література.

1. Губенко С.І., Бельченко Г.І. Неметалеві включення і якість сталі. Київ: Техніка, 1980. - 168 с.

2. Губенко С.І., Парусов В.В., Дерев'янченко І.В. Неметалеві включення в сталі. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2005. - 536 с.

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ»

СТАЛІ ДЛЯ ШТАМПІВ ГАРЯЧОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Шпортько Ю. В., керівник проф. Дейнеко Л. М.
Український державний університет науки і технологій

Підвищення оброблюваності важконавантажених металургійних інструментів є актуальною виробничою та науково-дослідною проблемою. Стійкість штампів, яка залежить від матеріалу та процесу термічної обробки, є основним параметром, що визначає якість штампів. Використання нових марок легованих сталей, а також розробка та вдосконалення процесів їх термічного зміцнення забезпечують комплексний підхід до вирішення проблеми покращення властивостей та оброблюваності інструментів, що виготовляються з цих сталей.

Зазвичай штампи гарячого деформування виготовляються литими та кованими, з використанням в основному стали 5ХНМ та 4Х5МФС; обидві марки мають знижену теплостійкість, що обмежує температурний режим експлуатації штампового інструменту з цієї сталі. Сталь 4Х5МФС дещо перевершує сталь 5ХНМ за теплостійкістю, але помітно поступається останньою за тріщиностійкістю та технологічністю при металургійному переділі.

Наявний промисловий досвід експлуатації великогабаритного штампового інструменту дозволив сформулювати загальні вимоги до сталей інструментального класу: висока загартовуваність (HRC 60 - 63 після гартування) і прожарюваність (не менше 49 HRC на глибині 57 мм), підвищена міцність на поверхню ($\sigma_{0,2}$=800 - 900 МПа) у поєднанні з мінімальною схильністю до деформації та короблення у процесі термічної обробки, а також незмінність розмірів у процесі експлуатації. Поряд із зазначеними вище вимогами, сталі повинні містити мінімальну кількість дорогих дефіцитних легуючих елементів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БРОНЕЙ КОНУСНИХ ДРОБАРОК ЗІ СТАЛІ 110Г13Л

Косенко Д.С., керівник доц. Перчун Г.І.
Український державний університет науки і технологій

Збільшення терміну служби швидкозношуваних деталей машин – найважливіша проблема сучасного машинобудування. Особливо важливо забезпечити достатньо тривалий термін служби таких деталей в гірничорудній, вугільній, металургійній, цементній та інших галузях промисловості, пов'язаних з переробкою високоабразивної мінеральної сировини (руди, вугілля, піску та ін.). Броні конусних і щокових дробарок працюють в умовах ударного навантаження, абразивного зношування, контактної втоми і локального наклепу. Тривалість експлуатації деталей машин та інших виробів, їх надійність і довговічність в багатьох випадках забезпечується зносостійкість матеріалів, з яких вони виготовлені.

Розглянуто технологію виготовлення литих броней дробарок із високомарганцевої аустенітної сталі, особливості ливарної технології, дефектоутворення, режими термічної обробки та формування робочого зміцненого шару в умовах ударно-абразивного зношування. Сталь 110Г13Л — це високомарганцева аустенітна зносостійка ливарна сталь (1.0–1.4 % C і 11–15 % Mn), яка широко застосовується для деталей дробильно-подрібнювального обладнання. Її основна перевага — здатність сильно зміцнюватися в роботі: після ударно-абразивного навантаження поверхнева твердість зростає, а серцевина броні залишається в’язкою.

Типова загальна технологічна схема виробництва броней включає: розробку креслення броні; проєктування ливниково-живильної системи; виготовлення модельного оснащення; формування піщано-смоляної або ХТС-форми; плавка сталі; розкислення, коригування вмісту Mn і C; заливання форми; охолодження виливка у формі; вибивання, очищення, обрізання ливників; попередній контроль дефектів; термічна обробка; механічна обробка посадкових поверхонь; контроль твердості, структури, геометрії; маркування та відвантаження. Після заливання виливок не можна охолоджувати занадто швидко або нерівномірно. Для великих броней бажане контрольоване охолодження у формі. Основна небезпека при литті — усадочні раковини, ліквація, гарячі тріщини та карбідна сітка. У технічній літературі зазначено, що небезпека повільного охолодження сталі 110Г13Л полягає в тому, що в інтервалі приблизно 400–800 °C можуть виділятися карбіди по межах зерен, що викликає крихкість. Рекомендований режим термічної обробки для броней конусних дробарок КМД/КСД: завантаження у піч (бажано при 200–400 °C або в холодну піч з повільним нагрівом); нагрів поступовий, без різких перепадів; температура витримки 1050–1100°C, витримка орієнтовно 1 година на 25мм найбільшої товщини, але не менше 3–4 год для масивної броні; охолодження – гартування у воді (температура води до 30–40 °C на початку гартування); обов’язкове перемішування води, затримка перед гартуванням – мінімальна. Орієнтовний режим для великогабаритної броні з максимальною товщиною 80–120 мм: повільний нагрів (50–80°C/год) до 600 °C, витримка 1–2 год для вирівнювання температури, нагрів до температури 1050–1080°C зі швидкістю 80–120 °C/год., витримка 4-6 годин і гартування у воді з інтенсивною циркуляцією. Охолодження у воді здійснюють до температури нижче 100 °C по всьому перерізу. Для дуже масивних броней температуру нагріву під гартування можна наближати до 1080–1100 °C, але перегрів небажаний через ріст зерна аустеніту. Після термічної обробки вихідна твердість ~220 НВ, після роботи твердість зростає до 450–550 НВ, іноді локально - до 600 НВ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ПРУЖИН ДЛЯ ВАГОНОПЕРЕКИДАЧІВ

Терентьєв В.Р., керівник доц. Перчун Г.І.
Український державний університет науки і технологій

Пружини для вагоноперекидачів (механізмів розвантаження вагонів у металургії та на ТЕС) працюють при великих статичних і циклічних навантаженнях. Сталі для пружин виділено в окрему групу конструкційних сталей, тому що для них, на відміну від звичайних конструкційних сталей, найважливішою характеристикою є опір малим пластичним деформаціям, який характеризується умовною межею пружності, тобто напругою, при якій з'являється залишкова деформація 10^{-3}–10^{-4} %. Величина межі пружності визначає граничну напругу, яка не повинна перевищуватися в пружних елементах у процесі експлуатації. Чим вищий опір малим пластичним деформаціям, тим вище втомна міцність (опір циклічним навантаженням), тим вищий опір перебігу релаксаційних процесів і тим вища працездатність пружин.

Вихідною заготовкою для виробництва пружин є круглий сортовий прокат або пруток діаметром 20-120 мм. Типовий маршрут виробництва пружин включає: виплавку сталі в конверторах або електричних печах; позапічну обробку; безперервне лиття заготовки; прокатку на сортових станах, калібрування прутка, навивку пружин і термічну обробку. Типові параметри важко навантажених пружин вагоноперекидачів: діаметр прутка 30-90 мм, зовнішній діаметр пружини 200-600 мм, ресурс роботи 10^6–10^7 циклів. Для пружин вагоноперекидачів майже завжди використовують гарячу навивку, тому що переріз прокату великий. Пруток нагрівають до температури, що забезпечує отримання гомогенного аустеніту, навивають пружину на оправку і формують крок витків пружини. Термічна обробка пружин - це найважливіший етап, який визначає ресурс пружини. Для виробництва важко навантажених пружин обираємо сталь 60С2А (0,58–0,60 % C, 1,6–2,0 % Si, 0,6–0,9 % Mn, S, P ≤ 0,025). Це високоякісна сталь перлітного класу з високим вмістом кремнію, який підвищує межу пружності, збільшує опір релаксації напружень, покращує витривалість при циклічному навантаженні і підвищує прогартовуваність. Зниження вмісту шкідливих домішок сірки і фосфору також підвищує межу витривалості, релаксаційну стійкість і ресурс роботи пружини, тому що втомне руйнування часто починається або від неметалевих включень (MnS), або від сегрегацій на межах зерен. Перехід від звичайної марки сталі 60С2 до 60С2А підвищує на 10-20% втомну довговічність, ударну в'язкість, тріщиностійкість, істотно зменшує схильність до межкристалітного руйнування, брак при волочінні. Нагрів під гартування здійснюють до температури 850-870 °С, охолодження проводять в маслі або в розчині полімерів. Для пружин великих перерізів іноді гартування проводять у воді. Після гартування отримують структуру мартенситу. Далі здійснюють середній відпуск при температурі 420-500 °С для отримання структури трооститу (або троосто-сорбіту) відпуску, яка забезпечує високу межу пружності металу. Для механічного зміцнення поверхні пружин пропонується дробоструминна обробка струменем сталевих кульок з метою формування стискуючих напружень і підвищення втомної міцності. В результаті такої додаткової технологічної операції ресурс пружин може збільшуватись в 5-10 разів. Наступним технологічним кроком обробки пружин є осадження, при якому пружину кілька разів стискають до повного змикання її витків. Це дозволяє зняти залишкову пластичну деформацію, стабілізувати геометрію пружини і зменшити релаксацію навантаження. Після цього пружини проходять шліфування торців для забезпечення паралельності і рівномірного розподілу навантаження, а також зменшення контактних напружень. Контроль якості пружин включає металографічний контроль структури,

механічні випробування, геометричний контроль. Найбільш поширеними дефектами пружин є: тріщини витків (перегрів або неправильний гарт); релаксація навантаження (низький відпуск); нерівномірна жорсткість (порушення навивки).

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ВЛАСТИВОСТІ І СТРУКТУРА СТАЛИ 60С2А ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВОЇ КОРОНКИ

Сенін Д.М., керівники доц. Романова Н.С., ст. викл. Кокашинська Г.В.
Український державний університет науки і технологій

Сталь 60С2А для бурових коронок гартується наскрізь, оскільки повинна витримувати напругу стискування в основному при ударних навантаженнях. А також повинна мати, крім необхідної міцності в умовах статичного, динамічного або циклічного навантажень, досить гарну пластичність, високу межу пружності і витривалості та високу релаксаційну стійкість, а при роботі в агресивних середовищах та корозійну стійкість. Не менш важливими для сталі 60С2А є технологічні властивості: мала схильність до зростання зерна та зневуглецьовування в процесі термічної обробки, глибока прогартовуваність, низька критична швидкість охолодження, мала чутливість до відпускної крихкості. У виробничих умовах ТОВ «Техпоставка» було проведено дослідження щодо впливу різних режимів термічної обробки на твердість сталі 60С2А. Дослідження проводились на зразках, вирізаних із прутків діаметром 30 мм та висотою 20 мм. Максимальна твердість 43,4HRC отримана на зразках при загартуванні в маслі з температури 870^0С. При цьому зразки мали троостомартенситну структуру. Загартування в маслі з наступним відпуском при 400^0С, призводить до зниження твердості до рівня 39HRC з формуванням структури трооститу і мартенситу відпуску. Ізотермічне загартування при 270^0С з охолодженням на повітрі і подальшим відпуском при 400^0С призводить до найнижчого значення твердості 31HRC. Що відповідає структурам перліту та сорбіту відпуску. Ізотермічне загартування з подальшим охолодженням в масло призводить до твердості 39,8HRC зі структурою нижнього бейніту та розпадом залишкового аустеніту на троостосорбіт.

АНАЛІЗ СПЛАВІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КРИШКИ ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА

Денисенко Н.В., керівник доц. Романова Н.С.
Український державний університет науки і технологій

Аксіально-плунжерні насоси є одним з найбільш поширених типів гідромашин. Застосовуються як в якості насосів, так і в якості гідромоторів. Їх встановлюють, наприклад, в гідросистемах багатьох одноківшових екскаваторів, привід деяких бульдозерів, в яких управління побудоване за принципом джойстика, і здійснюється аксіально-плунжерними насосами і гідромоторами.

Виходячи з умов експлуатації НП корпусні деталь виконує роль несучої конструкції плунжерного насоса. Ця деталь повинна мати максимальну питомою міцністю, при цьому мати достатню конструктивної міцністю і жароміцних. З точки зору властивостей матеріалів для деталей цього типу бажано мати високі показники питомої міцності, тобто відношення межі міцності (границі текучості) до маси деталі повинно бути максимально. Особливо важливий цей показник в авіабудуванні, де можуть встановлюється аксіально-плунжерні насоси. Показниками високої питомої міцності володіють алюмінієві і титанові сплави. Економічно доцільно для корпусних використовувати алюмінієві сплави. Серед алюмінієвих сплавів найменшою питомою

щільністю і достатньою для даної деталі міцністю і жароміцних володіють сплави на основі діаграми стану алюміній кремній-мідь.

Корпусні деталь насоса має досить складну фасонну форму, тому найбільш доцільно цю деталь відливати. Ливарні технології дозволяють отримувати складні фасонні деталі з мінімальними допусками під механічну обробку. Алюмінієві сплави на основі силумінів мають дуже хорошими ливарними властивостями і високою рідкотекучістю що дозволяє отримувати якісні фасонні виливки. Для ливарних алюмінієвих сплавів особливо важливі такі характеристики як висока текучість, здатність до заповнення ливарної форми, мала схильність до утворення усадочних і газових пустот, тріщин, раковин. Під рідкотекучістю сплаву мається на увазі здатність металевого розплаву заповнювати порожнину ливарної форми.

Зазначеним вище вимоги умов експлуатації задовольняють алюмінієві сплави наступних марок АК5М2, АК5М, АК5Мч, АК5М7, АК6М2, АК8м, всі ці марки сплавів відносяться до групи сплавів на основі системи алюміній-кремній-мідь.

Ці сплави відрізняються високою жароміцних (робочі температури 250-275°С), але поступаються сплавів А1-Si і Al-Si-Mg по ливарним властивостям, корозійної стійкості та герметичності; не вимагають модифікування і кристалізації під тиском. Сплав АК5м і АК5Мч володіє більш високу жароміцних, ніж сплави АК9пч і А7пч, за рахунок легування структури міддю, а сплаву АК5Мч- титаном (до 0,15%). Сплав АК5М в термічно обробленому стані застосовують для лиття середньо навантажених корпусних деталей, що працюють при підвищених температурах і тисках до 23 МПа, а також при температурах до 250 ° С

ВПЛИВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ РОЛИКІВ СТАНІВ ХПТР ЗІ СТАЛІ 60С2ХФА

Дворніченко К.Д., керівники ст.викл. Карпова Т.П., доц. Кімстач Т.В.
Український державний університет науки і технологій

Ролики стану ХПТР належать до основного прокатного інструменту та забезпечують формоутворення матеріалу, надаючи йому задані геометричні розміри, якість поверхні та необхідні властивості. Вони працюють у складних умовах під дією значних статичних і динамічних навантажень, а також високих питомих тисків і контактних напружень, що зумовлює підвищені вимоги до їх міцності, зносостійкості, витривалості та в’язкості.

До сталей, що застосовуються для виготовлення роликів стану ХПТР, висуваються жорсткі вимоги щодо металургійної чистоти та суцільності, включаючи обмеження вмісту неметалічних включень і розчинених газів (передусім водню), а також відсутність усадкової рихлості та осьової пористості. Такі вимоги обумовлені необхідністю забезпечення надійності роботи в умовах значних контактних навантажень. На підставі аналізу складу та властивостей сталей для роликів станів ХПТР в роботі рекомендовано застосовувати конструкційну ресорно-пружинну сталь 60С2ХФА. Надійна робота роликів станів ХПТР забезпечується комплексом факторів, серед яких важливу роль відіграє термічна обробка, що формує необхідний рівень твердості, міцності та зносостійкості.

Термічна обробка роликів станів ХПТР зі сталі 60С2ХФА включає загартування з температури 870–890 °С з наступним низькотемпературним відпуском при 240–270 °С. В умовах промислового виробництва гартування таких виробів переважно здійснюють у масляних середовищах (індустріальні масла І-12А, І-20А, І-30А, трансформаторне масло або їх суміші). Однак використання масляних гартівних середовищ пов’язане з низкою технологічних і екологічних обмежень, зокрема утворенням шкідливих

продуктів термічного розкладу, підвищеною пожежонебезпекою, необхідністю стабілізації температурного режиму ванни та високою вартістю експлуатації. У зв'язку з цим, сучасній практиці активно розробляються гартівні середовища, що поєднують позитивні властивості масел та води, і здатних замінити їх. З метою підвищення якості інструменту, а також підвищення технологічності процесу термообробки для загартування роликів у роботі запропоновано використовувати середовище на основі моносульфітних лугів, карбоксиметилцелюлози, поліакриламіду «ПК-М».

У результаті загартування з наступним відпуском формується структура, що складається з відпущеного мартенситу, дисперсних карбідів та незначної кількості залишкового аустеніту. Отримані механічні властивості сталі становлять: $\sigma_{0.2}$ = 2200 МПа, σ_v = 2370 МПа, δ_5 = 5,7 %, ψ = 19,5 %, KCU = 30 Дж/см², твердість HRC ≈ 57. Запропонований у роботі режим термічної обробки (загартування з наступним низькотемпературним відпуском) забезпечує отримання необхідного комплексу механічних властивостей, що гарантує надійну роботу роликів стану ХПТР.

THERMALLY EVAPORATED CU-AG BIMETALLIC CATALYSTS FOR ELECTROCHEMICAL REDUCTION OF CO_2

Sidra Muzaffar[1], Sebastian Jarczewski[1], Patrycja Kolbusz[1], Krzysztof Mech[1]
AGH University of Krakow, Academic Centre of Materials and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

The escalating challenge of global warming has accelerated the development of technologies for converting CO_2 into value-added chemicals. Among the possible products, hydrocarbons particularly multi-carbon (C_{2+}) compounds are highly desirable due to their potential as sustainable energy carriers [1, 2]. Copper-based catalysts are especially promising, as they uniquely facilitate C–C bond formation during CO_2 electroreduction[3, 4].
In this work, we investigate thermally evaporated copper based alloy layers as efficient electrocatalysts for CO_2 reduction in a flow reactor system. Incorporating controlled amounts of silver into copper modifies the surface characteristics and tunes the electronic structure, thereby improving both selectivity and stability of the bimetallic catalyst [5]. The catalysts were synthesized via thermal evaporation, enabling precise control over morphology and thickness on gas diffusion electrodes (GDEs), which are critical parameters for high-performance operation.

Our results demonstrate that copper plays a dominant role in the formation of C_{2+} products, while silver significantly enhances the structural integrity and operational stability of the Cu–Ag@GDE system. Electrochemical measurements conducted at current densities ranging from −150 to −190 mA cm^{-2} reveal improved selectivity toward multi-carbon products and enhanced durability upon silver incorporation. Faradaic efficiencies were determined using GC-MS/TCD and charge analysis, while structural and compositional characterization was performed using XRD, WD-XRF, FTIR, SEM, and profilometry techniques.

The copper-rich bimetallic catalyst maintains its electronic structure and exhibits stable CO_2 electroreduction performance over 240 minutes of continuous operation, confirming the synergistic roles of copper and silver in the catalytic process.

References:

1. Suen, N.-T., et al., *Morphology manipulation of copper nanocrystals and product selectivity in the electrocatalytic reduction of carbon dioxide.* ACS Catalysis, 2019. **9**(6): p. 5217-5222.
2. Zhang, S., et al., *CO2 reduction: from homogeneous to heterogeneous electrocatalysis.* Accounts of chemical research, 2020. **53**(1): p. 255-264.

3. Dlamini, G., *CuAg bimetallic nanoparticles for the electrochemical reduction of carbon dioxide*. 2021.
4. Xie, H., et al., *Cu-based nanocatalysts for electrochemical reduction of CO2.* Nano Today, 2018. **21**: p. 41-54.
5. Xu, Y., et al., *Tuning the selectivity of liquid products of CO2RR by Cu–Ag alloying.* ACS applied materials & interfaces, 2022. **14**(9): p. 11567-11574.

ПІДСЕКЦІЯ «ПОКРИТТЯ, КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАХИСТ МЕТАЛІВ»

SECTION: MATERIALS SCIENCE AND HEAT TREATMENT OF METALS

COVALENT PHASE COMPOSITES FABRICATED VIA REACTIVE SINTERING

Precious O. Nwajei., Supervisor: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pędzich., Co-Supervisor: Dr inż. Dawid Kozień
AGH University of Science and Technology in Krakow, Poland.

Ultra-high temperature ceramics (UHTCs) have gained significant attention due to their ability to operate in extreme environments, typically above 2000 °C, where conventional structural materials failed as a result of their high melting points and excellent thermal stability [2]. These materials are used to make components that are highly reliable to perform under high temperatures and in chemically aggressive environments such as aerospace, defense, and energy sectors. Among these materials, boron carbide stands out as a promising material due to its low density, high thermal stability, and extreme hardness ranking as the third hardest material in the world after diamond and cubic boron nitride. However, the densification of boron carbide using conventional techniques remain difficult due to its strong covalent bonding and limited diffusion, which necessitate prolonged exposure to high temperatures to achieve full densification [1]. This study will develop a B_4 C-based ultra-high temperature ceramic systems using ultra-fast sintering (UFS) via Spark Plasma Sintering (SPS) as an alternative to conventional sintering. The powder mixture will be prepared in the laboratory using the appropriate stoichiometry to obtain the desired powder ratio, followed by well-controlled wet and mechanical processing. Furthermore, compaction and ultra-fast Spark Plasma Sintering (SPS) under optimized thermal and pressure conditions will be carried out. Phase formation and microstructural analysis will be conducted using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. Consolidation efficiency will be assessed through density and porosity measurements. The developed materials will undergo further evaluation in terms of mechanical properties, thermal stability, and oxidation resistance under high-temperature conditions. This study will demonstrate the effectiveness of ultra-fast sintering mechanisms in boron carbide-based systems and the development of processing–structure–property relationships under rapid thermal cycles, thereby contributing to the advancement of improved ceramic materials for applications in the energy and aerospace sectors.

REFERENCES:

[1] Biçer, H., 2022. Reactive sintering of boron carbide-based ceramics by SPS. Journal of Materials and Mechatronics (JournalMM), 3(1), 129–136.
[2] Zamora, V., Martínez-Vázquez, F. J., Guiberteau, F., & Ortiz, A. L. 2022. Spark-plasma sintering of boron carbide–silicon carbide composites at 1400 ◦C from B4C+Si: Densification and sintering/reaction mechanisms. Journal of the European Ceramic Society, 42(15), 6876–6888 (p.1).

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СПЕЧЕНИХ ВИРОБІВ З МАГНІТОМ'ЯКИХ МАТЕРІАЛІВ

Шуліка В.М., керівник доц. Ковзік А.М.
Український державний університет науки і технологій

Широкі можливості порошкової металургії дозволяють виготовляти дуже різноманітний спектр виготовлення матеріалів. Заслуговує уваги технологія виготовлення спечених деталей електротехнічного призначення, а саме, магнітом'яких виробів.

В даній роботі розроблено технологію виготовлення деталі осердя електромагніту з порошку заліза електролітичного та ферохрому молотого. Для підвищення ущільнюваності шихти додають 0,3% стеорату цинку. Співвідношення компонентів обирають таким, щоб отримати матеріал складу ЖС4.

Розроблена технологія передбачає наступне.

Змішування виконується в барабанному змішувачі протягом 3-5 годин. Остаточно термін змішування визначають взяттям проби на однорідність суміші. Суміш є підготованою, якщо ступінь неоднорідності не перевищує 1%. Порядок завантаження компонентів у змішувач: порошок феросиліцію, стеарат цинку, порошок заліза.

Пресування порошків виконується на пресах-автоматах. Схема пресування: пресування двобічне, з індивідуальним переміщенням пуансонів, виштовхування заготовки – нижнє. Тиск пресування 550 МПа.

Попереднє спікання виконується в вакуумних печах при глибині вакууму 1,3 мкПа. Температура попереднього спікання 900 С, час спікання – 2 години. Деталі вкладають в 3 ряди з прокладанням технічного паперу між рядами.

Допресовка проводиться на пресах-автоматах механічних. Тиск допресовки 750 МПа.

Кінцеве спікання проводиться в вакуумних печах при глибині вакууму 1,3 мкПа. Температура кінцевого спікання 1150 С, час – 4 години. Деталі викладаються в печі аналогічно попередньому спіканню.

Після виготовлення деталі піддають контролю на якість.

Така технологія дозволяє забезпечити наступні електричні властивості:

- магнітна проникність, кДж/м^3 60-70;
- коерцитивна сила, кА/м 35-60;
- індукція, Тл, при напрузі поля 800 $^{А}/_{м}$ 1,2-1,3;
- електричний опір, мкм Ом/м, не менше 0,7.

АНАЛІЗ ПОКРИТТІВ З ПІДВИЩЕНИМИ АНТИКОРОЗІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Руденко О.І., керівник доц. Голуб І.В.
Український державний університет науки і технологій

Актуальність аналізу покриттів з підвищеними антикорозійними властивостями полягає перш за все, у тому що захисне покриття повинно запобігати корозійним процесам протягом повного циклу контакту металу з навколишнім середовищем. Також захисні покриття повинні бути нетоксичними, пожежобезпечними і недефіцитними, забезпечувати малі їх витрати на одиницю площі, що захищає метал. Технологія приготування та нанесення покриттів повинна бути по можливості простою.

Антикорозійне покриття має бути рівномірними, щільними, з високою адгезією до основи, зі значною корозійною стійкістю, міцністю.

Існує кілька методів нанесення захисних покриттів на металеві поверхні:

- гарячий метод.
- термомеханічний метод.
- напилення.
- гальванічний метод.

Гальванічне цинкування - це ефективний і недорогий, а саме тому поширений спосіб захисту металів від корозії. Проаналізовано недоліки та переваги різних методів нанесення гальванічного покриття.

Для оцінки якості покриття, яке наносилося за двома способами нанесення, проводили аналіз на металевих зразках поверхня яких проходила піскоструминну обробку до ступеня очистки Sa-2.5. Після обробки на поверхні металу зразка наносили цинк на кожну зі сторін зразку. Товщина покриття становила 60 мкм, що відповідає стандартам для даного типу покриття. Для перевірки адгезії покриття використовували метод решітчастого надрізу визначено згідно ISO 2409:2019. Кожен зі зразків пройшов випробування. Отримано модель залежності показників адгезії від обраних факторів (температура та час) та зроблені заключення стосовну впливу факторів на обрані параметри.

В результаті проведеного випробування з використанням нейтрального соляного туману з’ясовано, що зразки з цинковим покриттям в незалежності від способу нанесення володіють високою стійкістю до корозійних умов. Тому в залежності від умов експлуатації виробів треба обирати зручний спосіб нанесення цинкового покриття.

АНАЛІЗ АНТИКОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ВИРОБІВ ЗА РІЗНИХ УМОВ ВИГОТОВЛЕННЯ

Скряга Д.О., керівник доц. Голуб І.В.
Український державний університет науки і технологій

Розвиток адитивних технологій активно стимулює пошук нових матеріалів та методів їх виробництва. Завдяки значному прогресу в області 3D друку, зростає інтерес до вдосконалення порошкових матеріалів. Ринок матеріалів для 3D друку постійно оновлюється. Зокрема, спостерігається зростання інтересу до матеріалів, що мають поліпшені механічні та фізико-хімічні властивості. Поряд з класичними матеріалами, такими як метали та полімери, на ринку з'являються нові матеріали, які можуть значно розширити можливості 3D друку.

У якості матеріала для виробництва виробу складної форми обрано сталь 316L та технології 3D друку - SLM (Selective Laser Melting) селективне лазерне плавлення та літвом. Порівняння механічних властивостей показало, що властивості 3D-друкованого виробу суттєво відрізняються від литого через надшвидке охолодження металу. Такі показники як твердість та тимчасовий опір високій рівень показав виріб зроблений 3D-друком у порівняні з виробом який зроблено літвом. Це повязано з тим що лазер плавить металевий порошок мікроскопічними точками. Метал охолоджується дуже швидко тому це створює умови для отримання більш міцнішого за литво, але менш пластичного виробу. При литві метал остигає повільно, що дозволяє зернам вирости великими. Це забезпечує хорошу в'язкість, але меншу міцність "на розрив".

При аналізі корозійної стійкості з’ясовано, що відмінні результати показують зразки в незалежності від технології отримання. Також треба відмітити що якщо виріб який отримано 3D- друком буде механічно оброблятися та поліруватися то це суттєво підвищить корозійну стійкість, ніж у виробу який отримано за технологією лиття. Основні ключові відмінності це те що литий виріб має однакові властивості в усіх

напрямках (ізотропність). 3D-друкований виріб часто міцніший вздовж шарів і слабший поперек (анізотропність). У литві ми боремося з газовими раковинами в центрі деталі при 3D-друці - з непроварами між шарами та залишковими напруженнями, які можуть призвести до появи мікротріщин

Також з'ясовано, що мікропористість, характерна для адитивного виробництва, є критичним фактором для розвитку пітингової корозії. Для уникнення появи та розвитку пітингової корозії рекомендується:

- додавати до сплаву з якого отримується порошок азот,
-збільшети кількість молібдену до 3,5 %
- максимально знизити кількість марганцю і кремнію.

Але ці припущення потребують проведення додаткового експерименту та аналізу.

На основі проведеного аналізу можно зробити основний висновок що для масового виробництва складних, але не критично навантажених форм треба використовувати технологію лиття, а для високотехнологічних вузлів де потрібна максимальна міцність при малій вазі використовувати 3D-друк з обов'язковою термічною обробкою.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА МЕДИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Лапко В.В., керівник доц. Біла О.В.
Український державний університет науки і технологій

Жодне медичний заклад не може обійтися без медичного обладнання та меблів. І вимоги до них значно вище, ніж до будь-яких інших виробів.

Матеріали, з яких вони виготовлені, повинні бути безпечні, а особливо, це стосується покриття.

Покриття обладнання повинно бути стійким до впливу побутових хімічних речовин, які використовуються для дезінфекції. Важливо, щоб медичні меблі бути без гострих кутів, і зручною для транспортування.

Не перевірене медичне обладнання не можна встановлювати в медустановах.

Тому до питання про те, чим покривати медичне обладнання підходять з особливою ретельністю. І на сьогодні безсумнівний лідер в цій галузі – порошкова фарба.

Щоб забезпечити максимальну запобігти появі корозії на будь-яких металевих виробах, потрібно використовувати порошкову фарбу. Через це покриття виходить атмосферостійким, воно практично несприйнятливі до впливу різного роду хімікатів.

Крім того, порошкова фарба – це повністю екологічний лакофарбовий матеріал. У його складі немає шкідливих речовин і ніякі токсичні речовини не виділяються під час нанесення фарби або експлуатації покриття. Також, таке покриття пожежобезпечний.

Ця фарба не є небезпечною для навколишнього середовища і людей, які з нею контактують. Експлуатаційні характеристики порошкового покриття набагато краще, ніж рідкого, адже покриття менш пористе і більш стійке до ударів, і іншим впливам.

На медичне обладнання треба наносити антибактеріальне покриття (біле RAL 9016) містить іони срібла, які знищують бактерії та запобігають появі плісняви та грибків.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПОРОШКОВОЇ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ

Шуракова О.В., керівник доц. Головачов А.М.
Український державний університет науки і технологій

Порошкові корозійностійкі сталі є перспективними матеріалами, які поєднують високу міцність, зносостійкість і стійкість до корозійного впливу агресивних середовищ. Їх застосування дозволяє отримувати вироби складної форми з мінімальними втратами матеріалу, знижувати витрати на механічну обробку та забезпечувати високий рівень однорідності структури. Крім того, технологія порошкової металургії дає можливість цілеспрямовано регулювати склад і властивості матеріалу.

Технологічний процес виробництва порошкової корозійностійкої сталі включає кілька основних етапів. На першому етапі здійснюється змішування вихідних компонентів: порошку корозійностійкої сталі, розпиленого порошку заліза та порошку графіту марки ГК-1. Змішування проводять протягом 2 годин для забезпечення рівномірного розподілу компонентів у шихті.

Далі отриману суміш піддають формуванню у прес-формі під тиском 700 МПа, внаслідок чого утворюються пресовки заданої форми. Наступним етапом є спікання при температурі 1150 °С, під час якого відбувається з’єднання частинок і формування міцної структури матеріалу. Для підвищення щільності та експлуатаційних властивостей проводять інфільтрацію міддю, яка заповнює поровий простір.

Завершальним етапом є механічна обробка, що забезпечує досягнення необхідних розмірів і якості поверхні виробу. У результаті отримують готовий виріб із заданими фізико-механічними та корозійними властивостями.

JUSTIFICATION FOR THE SELECTION OF STEEL GRADE AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THREAD-CUTTING DIES FOR HARD MATERIALS

Zabichuk O.V., supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Nosko O.A.
Ukrainian State University of Science and Technology

According to **ДСТУ 2233:2021**, a threading tool is a cutting tool used to produce threads by removing material. It is applied for manufacturing both internal and external threads of various profiles on cylindrical and conical surfaces.

The main groups of threading tools include:

– thread cutting tools and chasers;

– taps, dies, and threading heads;

– thread milling cutters (the first two groups are the most widely used).

The quality and efficiency of threading operations are largely determined by the correct selection of tool material and heat treatment conditions. A rational steel composition must ensure the required properties with minimal alloying and economic efficiency.

The aim of this work is to select an optimal steel grade and technological process for manufacturing dies intended for machining hard metals.

The study considers the types, design, and operating conditions of dies, as well as wear mechanisms, causes of failure, and key material requirements, including high wear resistance, hardness, heat resistance, and mechanical strength. The chemical composition of steels used for round dies and the mechanical properties of conventional and high heat-resistant high-speed steels were analyzed.

Based on a comparative analysis of mechanical and technological properties, as well as cost evaluation, it was determined that the most effective material for manufacturing dies for machining hard metals is high-speed steel P6M5K5.

The alloying principles of P6M5K5 steel were analyzed. Its chemical composition is designed to ensure maximum wear resistance and heat resistance. Alloying elements such as tungsten, chromium, vanadium, and molybdenum form special carbides of types M_6C, MC, and $M_{23}C_7$, while cobalt significantly enhances heat resistance. Tungsten and molybdenum form M_6C carbides, chromium forms $M_{23}C_7$, and vanadium forms MC carbides. During austenitization, part of these elements dissolves in the solid solution, forming alloyed martensite after quenching, which resists softening at elevated temperatures. Undissolved carbides contribute to improved wear resistance.

Cobalt plays a key role by increasing heat resistance, secondary hardness, and thermal conductivity. It stabilizes the solid solution against softening during heating, slows carbide spheroidization during tempering, and promotes the formation of small amounts of intermetallic phases such as $(Co,Fe)_3W_2$. However, it also reduces strength and toughness to some extent.

The isothermal transformation diagram of supercooled austenite for P6M5K5 steel was analyzed. A clear separation of pearlitic and bainitic transformation regions was observed due to the presence of carbide-forming elements. An area of increased austenite stability exists between these regions. The martensite start temperature (Ms) for this steel is approximately 180°C.

A heat treatment process for P6M5K5 steel is proposed, consisting of:

– preliminary treatment (spheroidizing annealing at 840–860°C for 2–3 hours, followed by holding at 720–750°C for 4 hours);

– final treatment (quenching from 1220–1240°C with holding time 12–14 s/mm, cooling in oil to 600°C followed by air cooling, and triple tempering at 540–560°C).

This treatment ensures high mechanical and operational properties, including hardness above 65–66 HRC and heat resistance of 58 HRC at 630°C.

The evolution of the steel structure was studied from the cast state, characterized by carbide eutectics and sorbite-like pearlite, to the final state after quenching and triple tempering, which consists of tempered martensite, finely dispersed uniformly distributed carbides, and 1–2% retained austenite.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL STEEL GRADE AND MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR MACHINE TAPS INTENDED FOR MACHINING HARD METALS

Borysevich V.V., supervisor Assoc. Prof. Aiupova T.A., Nosko O.A.
Ukrainian State University of Science and Technology

The cutting tool plays a crucial role in mechanical engineering, ensuring high productivity through high-speed machining. Threading tools are of particular importance, as threaded joints are among the most widespread. Taps are widely used for cutting internal threads. Increasing requirements for quality and productivity necessitate the continuous improvement of tools and technologies. A decisive factor is the correct selection of material, which must provide the required performance properties at minimal cost.

The aim of this work is to substantiate the choice of material for manufacturing a machine tap intended for machining hard metals, as well as to study the formation of its structure and properties.

The study considers types, design features, operating conditions of taps, as well as failure modes and their causes. The main requirements for tap materials are formulated: high

heat resistance, wear resistance, hardness, and strength. The chemical composition and mechanical properties of high-speed steels used for manufacturing machine taps are analyzed. Based on a comparative analysis of chemical composition, mechanical and technological properties, and cost evaluation, it was determined that high-speed steel Р6М5Ф3 is optimal for producing machine taps used in machining structural steels at conventional cutting speeds.

The chemical composition of Р6М5Ф3 steel is designed to ensure maximum heat resistance. The carbon content (0.95–1.05%) contributes to the formation of hard and refractory carbides of the M_6C type (W_6C, Mo_6C), achieved by alloying with tungsten (5.5–6.5%) and molybdenum (4.8–5.3%), as well as MC-type carbides (VC) formed due to vanadium (2.2–2.6%). In addition, W, Mo, V, and Cr (≈4%) dissolve into austenite during austenitization, forming alloyed martensite after quenching and significantly increasing heat resistance. Chromium (3.8–4.4%) improves hardenability and promotes a uniform martensitic structure, also influencing carbide formation during tempering.

A heat treatment process is proposed for Р6М5Ф3 steel, consisting of preliminary and final stages. The preliminary treatment (spheroidizing annealing at 840–860°C with holding for 2 hours and additional holding at 720–730°C for 4 hours) is used to soften the steel before machining. The final treatment ensures the required hardness and heat resistance and includes quenching from 1210–1230°C with preheating at 800–850°C, cooling in oil to 540–600°C followed by air cooling, and triple tempering at 540–560°C for 1 hour. This provides high mechanical and эксплуатаційні properties, including hardness of 63–66 HRC, heat resistance up to 58 HRC at 620°C, and bending strength of 3500–4000 MPa.

The evolution of the structure of Р6М5Ф3 steel during tap manufacturing is analyzed, from the cast state characterized by sorbite-like pearlite and carbide eutectics to the final structure after quenching and triple tempering. The final structure consists of tempered martensite, finely dispersed uniformly distributed carbides, and 1–2% retained austenite. The morphology of special carbides M_6C, MC, and metastable M_2C in the cast state is also considered.

ЕНЕРГЕТИКА

АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ ПІД ЧАС РОБОТИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Селезньов А. Д., керівник проф. Біляєва В. В., доц. Усенко А. Ю.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні підприємства теплоенергетичного комплексу стикаються із важливим завданням забезпечення надійної та безпечної експлуатації обладнання, що включає не лише оптимізацію теплових процесів, а й аналіз наслідків аварійних ситуацій. Робота теплоенергетичних установок супроводжується значними тепловиділеннями, які у разі аварій можуть створювати області підвищених температур у виробничих приміщеннях. Крім того, аварії у виробничих приміщеннях супроводжуються викидом нагрітих газів. Наслідком таких аварій можуть бути вибухи, утворення вогненних куль (струменів), що призводить до термічного ураження людей, руйнування обладнання, комунікацій. У зв'язку з цим однією з важливих завдань є прогнозування процесу поширення областей з підвищеними температурами у виробничих приміщеннях після аварії з метою оцінки масштабів можливих наслідків аварій. Інженерні методики прогнозу рівня теплового забруднення повітряного середовища у виробничих приміщеннях, що використовуються на практиці, ґрунтуються, як правило, на аналітичному розв’язку одновимірного рівняння перенесення домішки або на вживанні балансового

співвідношення для приміщення (нульмірна модель). Сфера застосування таких методик сильно обмежена, оскільки вони не дозволяють врахувати місце аварійного витоку в приміщенні, вплив положення припливно-витяжних отворів вентиляції, наявність обладнання в приміщенні на процес поширення зони теплового забруднення у приміщенні.

В зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка теоретичних методів прогнозування теплового забруднення у виробничих приміщеннях з теплоенергетичним обладнанням, що дозволяють врахувати ті істотні чинники, які впливають на даний процес. Вживання таких методів на практиці дозволить істотно підвищити якість прогнозів і може служити науковим обґрунтуванням для ухвалення інженерних рішень, направлених на мінімізацію збитку і наслідків аварій у виробничих приміщеннях. Аналіз теплових процесів за таких умов вимагає застосування чисельних методів моделювання, які дозволяють прогнозувати параметри повітряного середовища та зони критичних температур.

Метою даної роботи є дослідження теплового стану повітряного середовища виробничого приміщення після аварії на теплоенергетичному обладнанні та розробка чисельної математичної моделі для прогнозування областей підвищених температур. Така модель забезпечить можливість більш точного аналізу теплових процесів в аварійних умовах та розробки рекомендацій щодо мінімізації їх наслідків.

Актуальність дослідження визначається необхідністю підвищення рівня безпеки експлуатації теплоенергетичного обладнання, мінімізації ризиків для здоров'я співробітників та запобігання пошкодженням інфраструктури. Результати дослідження знайдуть застосування під час проектування систем аварійного моніторингу та управління, а також розробки заходів щодо модернізації теплоенергетичних об'єктів.

ОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ САМОНАГРІВАННЯ НАСИПУ ПАЛИВА В СХОВИЩІ

Шмалько В. В., керівник проф. Біляєва В. В., доц. Усенко А. Ю.
Український державний університет науки і технологій

Енергетичний сектор є однією з ключових складових економіки, що забезпечує функціонування промисловості, транспорту та житлово-комунального господарства. Значна частина енергоресурсів представлена твердими паливами, такими як вугілля, біопаливо та інші дисперсні горючі матеріали, які широко використовуються на підприємствах різних галузей. Ефективність їх використання значною мірою залежить не лише від якості палива, але й від умов його зберігання у спеціалізованих сховищах.

Під час зберігання насипів твердого палива виникає низка складних фізичних і фізико-хімічних процесів, які можуть призводити до погіршення його властивостей, втрат маси та зниження теплотворної здатності. Однією з найбільш небезпечних проблем є самонагрівання паливної маси, що у певних умовах може переходити у самозаймання та спричиняти пожежі.

Самонагрівання дисперсних паливних матеріалів є складним багатофакторним процесом, який зумовлений взаємодією теплових, хімічних і масообмінних явищ. Основною причиною цього явища є повільні екзотермічні окиснювальні реакції, що відбуваються на поверхні частинок палива при контакті з киснем повітря. За умов обмеженого тепловідведення та недостатньої вентиляції виділене тепло накопичується у товщі насипу, що призводить до підвищення температури.

Важливу роль у розвитку процесів самонагрівання відіграють фізичні властивості паливного насипу, зокрема його пористість, гранулометричний склад, теплопровідність та вологість. Нерівномірний розподіл частинок за розмірами і щільністю, а також

наявність дрібнодисперсних фракцій сприяють локальному накопиченню тепла. Процеси тепло- і масопереносу в насипі створюють умови для формування осередків підвищеної температури, які можуть розвиватися з часом.

Хімічною основою самонагрівання є реакції окиснення органічної частини палива, інтенсивність яких суттєво залежить від температури та доступу кисню. З підвищенням температури швидкість цих реакцій зростає, що обумовлює самоприскорювальний характер процесу. У результаті цього може відбуватися перехід від повільного самонагрівання до стадії активного термічного розкладу та займання.

Разом із тим не кожне підвищення температури у паливному насипі свідчить про розвиток небезпечних процесів. Температурні зміни можуть бути викликані зовнішніми умовами, зокрема коливаннями температури навколишнього середовища або режимами вентиляції сховища. Для достовірної оцінки стану насипу необхідний систематичний контроль температурного поля та газового складу, що дозволяє своєчасно виявляти небезпечні тенденції.

У зв'язку з цим прогнозування процесів самонагрівання паливних насипів є важливою науково-технічною задачею. Сучасні підходи до її розв'язання базуються на використанні методів математичного та чисельного моделювання, які дають змогу враховувати геометрію сховища, властивості палива та умови тепло- і масообміну. Це дозволяє підвищити точність прогнозування температурних режимів та своєчасно запобігати виникненню аварійних ситуацій.

Метою даної роботи є розробка чисельної моделі процесу самонагрівання насипу палива у сховищі з урахуванням його геометричних характеристик та основних теплофізичних параметрів, що сприятиме підвищенню безпеки зберігання та ефективності використання паливних ресурсів.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА В ПРОМИСЛОВИХ КОТЕЛЬНЯХ: МОДЕЛЮВАННЯ, АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ

Задорожний Р.І. , керівник доц. Каракаш Є.О., доц. Форись С.М.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні промислові підприємства характеризуються значним споживанням паливно-енергетичних ресурсів, що зумовлює актуальність підвищення ефективності їх використання. Котельні установки є одними з ключових елементів енергетичної інфраструктури підприємства, тому вдосконалення їх роботи безпосередньо впливає на загальний рівень енергоефективності.

Енергоефективне використання палива в котельнях визначається низкою факторів, серед яких основними є якість палива, режим подачі повітря, організація процесу горіння та технічний стан обладнання. Недосконаліть процесу спалювання призводить до збільшення втрат тепла з відхідними газами, хімічної неповноти згоряння та механічних втрат палива.

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності є оптимізація співвідношення «паливо–повітря», що забезпечує повніше згоряння палива та мінімізацію викидів шкідливих речовин. Використання сучасних систем автоматичного регулювання дозволяє підтримувати оптимальні параметри процесу горіння в режимі реального часу.

Важливу роль відіграє також використання теплоутилізаційних установок, таких як економайзери та повітропідігрівачі, які забезпечують повернення частини теплової енергії відхідних газів у технологічний процес. Це сприяє зниженню витрат палива та підвищенню коефіцієнта корисної дії котельної установки.

Крім того, перспективним напрямом є впровадження альтернативних видів палива та комбінованих систем спалювання, що дозволяє підвищити гнучкість енергетичних систем підприємства та зменшити залежність від традиційних енергоресурсів.

Розробка наукових основ енергоефективного використання палива в котельних установках базується на комплексному підході, що включає оптимізацію процесів горіння, модернізацію обладнання та впровадження систем автоматизації. Реалізація запропонованих заходів дозволяє суттєво підвищити ефективність використання палива, зменшити експлуатаційні витрати та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Для обґрунтування запропонованих підходів було проведено математичне моделювання процесу спалювання палива в котельній установці промислового підприємства. Модель базується на рівняннях теплового балансу, кінетики горіння та теплообміну між продуктами згоряння і теплообмінними поверхнями.

Результати моделювання показали, що оптимізація коефіцієнта надлишку повітря в межах 1,15–1,25 забезпечує найбільш повне згоряння палива при мінімальних теплових втратах. При цьому зниження температури відхідних газів на 20–30 °С за рахунок використання економайзера дозволяє підвищити ККД котла на 3–5 %.

Також встановлено, що: збільшення вологості палива на 10 % призводить до зниження ККД на 2–3 %; нераціональний розподіл повітря в топці спричиняє локальні зони неповного згоряння; інтенсифікація теплообміну підвищує ефективність використання теплової енергії до 7 % . Порівняльний аналіз базового та оптимізованого режимів роботи котельної установки показав, що впровадження систем автоматичного регулювання процесу горіння дозволяє: знизити витрати палива на 8–12 %; зменшити викиди CO та NO_x; стабілізувати тепловий режим роботи обладнання .

Отримані результати підтверджують, що застосування математичного моделювання є ефективним інструментом для підвищення енергоефективності котельних установок та обґрунтування інженерних рішень.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ШАХТНИХ ПЕЧАХ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Форісь Ю.М., керівник проф. Федоров С.С.
Український державний університет науки і технологій

Шахтні вапняно-випалювальні печі є широко застосовуваними агрегатами у виробництві вапна, а їх ефективність значною мірою визначається умовами газодинаміки та особливостями процесу горіння палива в шарі матеріалу. У роботі виконано математичне моделювання процесів горіння твердого палива в пористому шарі вапняку з урахуванням фільтраційного руху газів, теплопереносу та хімічних реакцій. Модель дозволяє визначити температурні профілі по висоті печі, розподіл концентрацій газових компонентів та локальні зони неповного згоряння.

Результати моделювання показали, що газодинамічний режим суттєво залежить від співвідношення подачі палива та повітря. При недостатньому коефіцієнті надлишку повітря виникають зони неповного згоряння, що призводить до зниження температури випалу та погіршення якості вапна. Надлишок повітря, навпаки, спричиняє підвищення швидкості газового потоку та збільшення втрат теплоти з відхідними газами.

Встановлено, що оптимізація режимів подачі палива, зокрема впровадження ступінчастого або рівномірно-дозованого живлення, забезпечує стабілізацію фронту горіння та формування рівномірного температурного поля. Це дозволяє знизити

температурні коливання у зоні випалу на 80–120 °C та підвищити ефективність тепловикористання.

Згідно з результатами дослідження, раціональне керування режимами подачі палива та повітря дозволяє зменшити питомі витрати палива на 10–15 % за рахунок підвищення повноти згоряння та зниження теплових втрат. Крім того, оптимізація газодинамічних умов сприяє зменшенню концентрації оксиду вуглецю у відхідних газах, що свідчить про покращення екологічних показників процесу.

Окремо встановлено вплив газодинамічних режимів на якість вапна. Нерівномірність температурного поля призводить до формування продукту з різним ступенем випалу (недопал, нормальний випал, перепал), що негативно впливає на його реакційну здатність. При оптимізованих режимах частка якісного вапна зростає на 12–18 %, а структура матеріалу стає більш однорідною. Проведене дослідження підтверджує, що газодинамічні режими є визначальним фактором ефективності роботи шахтних вапняно-випалювальних печей. Математичне моделювання процесів горіння в шарі вапняку дозволило визначити оптимальні параметри подачі палива та повітря.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці математичної моделі процесів горіння твердого палива в пористому шарі вапняку з урахуванням взаємодії газодинамічних, теплових та хімічних факторів. Вперше встановлено кількісні залежності між режимами подачі палива і повітря та параметрами температурного поля і повнотою згоряння в умовах шахтних печей. Обґрунтовано вплив структури шару та фільтраційного руху газів на стабілізацію фронту горіння, що дозволило визначити оптимальні газодинамічні режими, які забезпечують підвищення енергоефективності процесу випалу.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх використання для модернізації існуючих шахтних вапняно-випалювальних печей та розробки систем автоматичного керування процесом випалу. Запропоновані режими подачі палива і повітря дозволяють знизити витрати палива на 10–15 %, підвищити якість вапна та забезпечити більш стабільну роботу обладнання. Результати дослідження можуть бути застосовані при проєктуванні нових печей, оптимізації технологічних процесів та впровадженні енергоощадних технологій у промисловості.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОКАЛОРІЙНОГО ПАЛИВА В ПАРОВИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТАХ

Максимчук С.А., керівник доц. Форись С.М.
Український державний університет науки і технологій

У сучасних умовах дефіциту традиційних енергоресурсів та зростання екологічних вимог актуальним є використання низькокалорійних палив у парових котельних агрегатах. До таких палив відносяться біомаса, низькосортне (буре) вугілля, а також паливо з відходів.

Низькокалорійні палива характеризуються зниженою теплотою згоряння, високою вологістю та зольністю, що суттєво впливає на процес горіння та теплову ефективність котла. Основною проблемою їх використання є зниження температури в топці, що призводить до неповного згоряння та збільшення втрат теплоти з відхідними газами.

Біомаса **(деревні відходи, пелети, агровідходи)** є найбільш поширеним альтернативним паливом. Вона характеризується низькою теплотою згоряння, проте має високу реакційну здатність та низький вміст сірки. При оптимальних умовах спалювання ККД котлів може досягати 85–95 % . Водночас підвищена вологість біомаси значно знижує ефективність процесу горіння та збільшує витрати палива.

Переваги: відновлюваність і екологічність; низькі викиди SO_2 та NO_x; стабільна вартість палива. **Недоліки:** висока вологість; складність транспортування і зберігання; необхідність модифікації систем подачі палива.

Низькосортне вугілля (низькосортне **буре, високозольне)** має нижчу теплоту згоряння порівняно з кам'яним, а також високий вміст золи і вологи. Це призводить до зниження температури горіння та підвищення втрат тепла. Однак такі палива забезпечують стабільність процесу горіння і добре адаптовані до традиційних котлів. **Переваги:** доступність і технологічна сумісність; стабільність теплового режиму; простота використання. **Недоліки:** високі викиди шкідливих речовин; зниження ККД через зольність; значні втрати з механічним недопалом.

Паливо з відходів (RDF, тверді побутові відходи) RDF-паливо формується з перероблених побутових відходів і характеризується нестабільним складом та теплотою згоряння. Його використання потребує спеціалізованих котлів, зокрема з циркулюючим киплячим шаром. Водночас застосування такого палива дозволяє вирішити проблему утилізації відходів. **Переваги:** утилізація відходів; зниження витрат на паливо; екологічний ефект (зменшення полігонів). **Недоліки:** нестабільність складу; складність контролю процесу горіння; підвищені вимоги до очищення газів.

При спільному спалюванні (co-firing) біомаси та вугілля можливо частково компенсувати ці недоліки, підвищуючи стабільність процесу та зменшуючи втрати енергії . Також встановлено, що оптимізація складу паливної суміші дозволяє зменшити втрати потужності до 60 % при низькій калорійності палива.

Для підвищення ефективності роботи котлів при використанні низькокалорійного палива доцільно: оптимізувати співвідношення «паливо–повітря»; застосовувати попереднє сушіння палива; використовувати технології киплячого шару; впроваджувати автоматизовані системи керування процесом горіння; застосовувати комбіноване спалювання різних видів палива.

Особливу роль відіграє модернізація топкових пристроїв, зокрема використання колосникових та псевдозріджених шарів, які забезпечують ефективне спалювання низькокалорійних палив. Використання низькокалорійного палива в парових котлах є перспективним напрямом підвищення енергоефективності та екологічності енергетичних систем. Встановлено, що різні види палива мають суттєві відмінності у впливі на ККД котла.

Комплексна оптимізація процесів горіння, вибір відповідного палива та модернізація обладнання дозволяють підвищити ККД котлів на 10–20 % та знизити витрати палива.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНОГО МЕТАНУ В ГАЗОПОРШНЕВИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ

Щур М.С., керівник доц. Форись С.М.
Український державний університет науки і технологій

У роботі досліджено ефективність використання газо-повітряних сумішей шахтного метану в когенераційних установках різних типів. Проведено порівняльний аналіз газопоршневих, газотурбінних та мікротурбінних установок. Представлено результати математичного моделювання робочих процесів та визначено вплив параметрів суміші на енергоефективність систем. Встановлено оптимальні режими роботи, що забезпечують підвищення ККД та зниження втрат енергії.

Утилізація шахтного метану як вторинного енергетичного ресурсу є перспективним напрямом підвищення енергоефективності промислових підприємств. Особливістю такого палива є низька концентрація метану (25–60 %), що потребує спеціальних підходів до організації процесу горіння та вибору типу енергетичної установки.

Когенераційні установки забезпечують одночасне виробництво теплової та електричної енергії, що дозволяє досягати загального ККД понад 85–90 %, що значно перевищує показники роздільного виробництва енергії .

У роботі проведено аналіз трьох основних типів когенераційних систем. **Газопоршневі установки (ГПУ) є** найбільш адаптованими до роботи на низькокалорійних газах, включаючи шахтний метан. Вони характеризуються високим електричним ККД (35–45 %) та широким діапазоном регулювання навантаження.

Загальний ККД у когенераційному режимі досягає 85–90 %. **Переваги:** висока гнучкість роботи; можливість використання газів змінного складу; швидкий запуск і регулювання потужності . **Недоліки:**підвищені вимоги до очищення газу; знос двигуна при нестабільному складі палива.

Газотурбінні установки (ГТУ) характеризуються високою надійністю та можливістю роботи на великих потужностях. Однак ефективність при низькокалорійних газах знижується через обмеження по температурі горіння. **Переваги:** висока надійність; компактність; ефективність при стабільному складі газу. **Недоліки:** чутливість до низької калорійності газу; нижчий ККД при роботі на шахтному метані.

Мікротурбінні установки перспективні для малих потужностей та автономних систем. **Переваги:** низькі експлуатаційні витрати; компактність; низький рівень викидів. **Недоліки:** низький електричний ККД (25–30 %); обмежене застосування при змінному складі палива.

Для оцінки ефективності використання шахтного метану розроблено математичну модель когенераційної установки, що включає: рівняння теплового балансу; залежність ККД від складу газо-повітряної суміші; моделювання процесу горіння з урахуванням надлишку повітря.

Результати моделювання показали: зниження концентрації метану в суміші з 50 % до 30 % призводить до зменшення електричного ККД газопоршневої установки на 8–12 %; оптимальний коефіцієнт надлишку повітря становить 1,1–1,3, що забезпечує стабільне горіння та мінімальні втрати; використання утилізації теплоти відхідних газів дозволяє підвищити загальний ККД системи до 90 %.

Порівняльний аналіз показав, що газопоршневі установки є найбільш ефективними для роботи на шахтному метані, оскільки забезпечують стабільність процесу при змінному складі газу. При цьому економія палива у порівнянні з роздільною схемою енергопостачання становить 5–10 %, що узгоджується з експериментальними дослідженнями .

Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні та модернізації енергетичних систем шахт та промислових підприємств.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Золотько А.С., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

У роботі досліджено гідравлічні режими системи водяного опалення житлової будівлі та розроблено підходи до підвищення її гідравлічної стійкості. Проведено

математичне моделювання розподілу теплоносія у стояках та приладах опалення, виконано порівняльний аналіз базового та оптимізованого режимів. Визначено вплив балансування системи, регулювання витрат та застосування автоматичних клапанів на ефективність роботи. Запропоновано рекомендації щодо вдосконалення режимів опалення.

Системи водяного опалення житлових будівель часто працюють у нестаціонарних режимах, що супроводжується нерівномірним розподілом теплоносія, гідравлічними розбалансуваннями та зниженням енергоефективності. Основною причиною цього є зміна гідравлічного опору елементів системи при часткових навантаженнях і відсутність належного регулювання.

Гідравлічна стійкість системи визначається її здатністю забезпечувати стабільний розподіл витрат теплоносія при зміні зовнішніх і внутрішніх умов. Для її оцінки використовується відношення перепаду тиску в системі до змін витрати, а також показники нерівномірності розподілу потоків.

У роботі розроблено математичну модель гідравлічного режиму системи опалення, яка базується на рівняннях збереження маси та енергії, а також рівняннях гідравлічного опору трубопроводів. Моделювання виконано для типової двотрубної системи опалення багатоповерхової житлової будівлі. Досліджувались два режими: базовий (без балансування); оптимізований (з використанням балансувальних клапанів та автоматичного регулювання).

Результати показали, що у базовому режимі спостерігається значна нерівномірність розподілу теплоносія: перевитрати у нижніх стояках досягають 25–30 %, тоді як у верхніх поверхах виникає дефіцит тепла.

Після впровадження балансування та регулювання отримано такі результати: зниження нерівномірності витрат до 5–10 %; стабілізація перепадів тиску в системі; зменшення гідравлічних коливань при зміні навантаження; підвищення теплового комфорту в приміщеннях.

Крім того, встановлено, що використання автоматичних регуляторів перепаду тиску дозволяє підтримувати сталий режим роботи навіть при зміні витрати теплоносія до 40 %.

Отримані результати підтверджують, що оптимізація гідравлічних режимів суттєво впливає на ефективність роботи системи опалення.

Рекомендації щодо вдосконалення. На основі дослідження запропоновано такі заходи: впровадження гідравлічного балансування систем; застосування автоматичних балансувальних клапанів; використання регуляторів перепаду тиску; оптимізація діаметрів трубопроводів; впровадження погодозалежного регулювання.

Наукова новизна роботи полягає у: удосконаленні математичної моделі гідравлічного режиму з урахуванням змінних навантажень; встановленні кількісної залежності між балансуванням системи та її гідравлічною стійкістю; визначенні оптимальних параметрів регулювання, що забезпечують мінімальні втрати енергії; обґрунтуванні ефективності використання автоматичних регуляторів у багатоповерхових системах опалення.

У результаті дослідження встановлено, що гідравлічна стійкість системи опалення є ключовим фактором її енергоефективності. Математичне моделювання показало, що впровадження балансування та автоматичного регулювання дозволяє: підвищити гідравлічну стійкість системи; знизити втрати енергії на 10–15 %; забезпечити рівномірний розподіл теплоносія; підвищити комфорт у приміщеннях.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГЕНЕРАТИВНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ НА ОСНОВІ КОМПАКТНИХ НАСАДОК

Білий Р.В., керівник проф. Біляєва В.В.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності систем теплопостачання шляхом використання регенеративних систем опалення з компактними насадками. Проведено математичне моделювання процесів теплообміну та акумулювання теплоти в насадках, виконано порівняння з традиційними системами. Встановлено переваги застосування регенеративних теплообмінників, визначено оптимальні режими роботи та розроблено рекомендації щодо їх впровадження.

Сучасні системи теплопостачання потребують впровадження енергоефективних технологій, спрямованих на зменшення втрат теплоти та підвищення коефіцієнта корисного використання енергії. Одним із перспективних напрямів є застосування регенеративних систем опалення, в яких теплота відхідних газів або повітря накопичується у теплоакумулюючих елементах — насадках — та повторно використовується у циклі нагрівання.

Компактні насадки (керамічні, металеві, пористі структури) характеризуються високою питомою поверхнею теплообміну та значною теплоємністю, що дозволяє ефективно реалізувати процеси регенерації теплоти. У таких системах відбувається чергування фаз нагрівання та охолодження теплоносія, що забезпечує акумулювання та передачу енергії з мінімальними втратами.

Для оцінки ефективності системи розроблено математичну модель процесу теплообміну в регенеративній насадці, яка базується на рівняннях теплопереносу та акумулювання енергії. Модель враховує нестаціонарний характер процесів, зміну температурного поля у насадці та інтенсивність теплообміну між газовим потоком і твердою фазою. Результати моделювання показали, що використання компактних насадок дозволяє: підвищити коефіцієнт використання теплоти на 15–25 %; знизити температуру відхідних газів на 30–60 °C; забезпечити рівномірний температурний режим у системі опалення.

Встановлено, що оптимальна висота насадки та швидкість руху теплоносія визначаються умовою максимального теплообміну при мінімальних гідравлічних втратах. Зокрема, збільшення питомої поверхні насадки на 20 % підвищує ефективність теплообміну на 10–12 %.

Також визначено, що використання пористих керамічних насадок забезпечує більш стабільний тепловий режим порівняно з металевими структурами завдяки вищій теплоємності. Отримані результати свідчать про суттєві переваги регенеративних систем у порівнянні з традиційними схемами теплопостачання.

На основі дослідження рекомендовано: використовувати керамічні або комбіновані насадки з високою теплоємністю; оптимізувати швидкість теплоносія для забезпечення ефективного теплообміну; застосовувати автоматизовані системи керування режимами регенерації; впроваджувати регенеративні теплообмінники у системах з високою температурою відхідних газів.

Наукова новизна роботи полягає у: розробці математичної моделі теплообміну в компактних регенеративних насадках з урахуванням нестаціонарних режимів; встановленні залежності ефективності теплообміну від геометричних параметрів насадки; обґрунтуванні оптимальних режимів роботи системи теплопостачання; доведенні доцільності використання компактних насадок для підвищення ККД системи.

Використання регенеративних систем опалення на основі компактних насадок є ефективним напрямом підвищення енергоефективності систем теплопостачання.

РОЗВИТОК УЯВЛЕНЬ ПРО БУДОВУ ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ТА ЕНЕРГООЩАДЛИВОГО ВИКОРИСТАННЯ

Коренєв О.В., керівник проф. Сорокін Є.Л.
Український державний університет науки і технологій

Вугілля є складною природною органо-мінеральною системою, структура якої формується в процесі геологічного перетворення рослинної маси. Сучасні уявлення розглядають вугілля як ієрархічну структуру, що складається з ароматичних ядер, аліфатичних зв'язків та мінеральних включень. Така будова визначає реакційну здатність палива, швидкість його термічного розкладу та ефективність згоряння.

Важливим аспектом є ступінь метаморфізму вугілля (буре, кам'яне, антрацит), який визначає співвідношення летких речовин, вуглецю та золи. Вугілля з високим вмістом летких компонентів характеризується кращою займистістю та більш повним згорянням, тоді як антрацити мають вищу теплоту згоряння, але потребують більш інтенсивних умов для стабільного горіння.

У роботі використано математичну модель процесів піролізу та горіння вугілля, що враховує кінетику виділення летких речовин, теплообмін та дифузійні процеси в пористій структурі частинок. Основою є рівняння теплового балансу:

Моделювання проведено для трьох типів вугілля: бурого, кам'яного та антрациту. Отримані результати показали суттєві відмінності у процесах горіння та енергетичній ефективності.

Буре вугілля: характеризується високим вмістом вологи та летких речовин. Забезпечує швидке займання, але має низьку теплоту згоряння та значні теплові втрати. ККД процесу становить 65–75 %.

Кам'яне вугілля: має оптимальне співвідношення летких речовин і вуглецю. Забезпечує стабільне горіння та високий рівень тепловиділення. ККД досягає 80–88 %.

Антрацит: характеризується високим вмістом вуглецю та низькою реакційною здатністю. Потребує високих температур для займання, але забезпечує максимальну теплоту згоряння. ККД становить 78–85 % через труднощі повного згоряння.

Встановлено, що структура вугілля суттєво впливає на швидкість піролізу та повноту згоряння. Зокрема, збільшення пористості частинок на 15–20 % підвищує ефективність горіння на 8–10 % за рахунок покращення доступу кисню.

Порівняльний аналіз показав, що максимальна ефективність досягається при використанні кам'яного вугілля або при комбінуванні різних типів палива.

На основі дослідження встановлено такі напрямки підвищення ефективності: попередня підготовка палива (подрібнення, сушіння); оптимізація розміру частинок; використання змішаного палива; інтенсифікація процесів горіння; застосування сучасних технологій спалювання (киплячий шар, газифікація).

Наукова новизна роботи полягає у: розвитку уявлень про вплив мікроструктури вугілля на енергетичні характеристики процесу горіння; встановленні кількісних залежностей між пористістю, вмістом летких речовин і ККД; удосконаленні математичної моделі горіння з урахуванням структурних параметрів палива; обґрунтуванні ефективності комбінованого використання різних типів вугілля.

Дослідження показало, що структура вугілля є ключовим фактором, який визначає ефективність його енергетичного використання. Математичне моделювання дозволило встановити оптимальні характеристики палива та режими його використання.

Встановлено, що: кам’яне вугілля забезпечує найкраще співвідношення ефективності та стабільності; оптимізація структури палива дозволяє підвищити ККД на 8–10 %; комбіноване використання різних типів вугілля є перспективним напрямом.

Отримані результати можуть бути використані при розробці енергоефективних технологій спалювання вугілля.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОПОРШНЕВИХ АГРЕГАТІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЙНО-АКУСТИЧНОГО ГОРІННЯ

Похилько А.С., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Пульсаційно-акустичне спалювання палива є ефективним методом інтенсифікації процесів змішування та горіння. На відміну від стаціонарних режимів, у даному випадку відбувається періодична модуляція швидкості реакцій, що призводить до суттєвого підвищення повноти згоряння.

Модель базується на рівняннях енергетичного балансу та кінетики горіння з урахуванням акустичних коливань. Додатково враховано зміну турбулентної в’язкості та коефіцієнтів масообміну під впливом пульсацій.

Моделювання показало наявність **резонансної області**, у якій ефективність горіння різко зростає. При частотах:**< 50 Гц** – вплив пульсацій незначний (система поводиться як стаціонарна); **80–120 Гц** – досягається максимум ефективності; **> 150 Гц** – ефект зменшується через інерційність процесів.

Це пояснюється узгодженням часу турбулентного змішування з періодом акустичних коливань. У резонансній зоні інтенсивність змішування зростає до 20–25 %.

Збільшення амплітуди пульсацій призводить до: зростання турбулентності; покращення проникнення кисню в реакційну зону; зменшення зон локального недопалу.

Однак встановлено, що при амплітуді понад 20 % виникає **нестабільність процесу** (флуктуації тиску та ризик детонаційних явищ). Таким чином, оптимальний діапазон становить **10–20 %.**

Результати впливу коефіцієнта надлишку повітря показали, що у пульсаційному режимі оптимальне значення α зменшується на 5–7 % порівняно зі звичайним режимом, що свідчить про більш ефективне використання кисню.

Порівняльний аналіз енергетичної ефективності показав: зростання ККД пояснюється:інтенсифікацією теплообміну; скороченням часу змішування; зменшенням зон неповного згоряння.

Моделювання температурного поля показало: у звичайному режимі – наявність «холодних зон»; у пульсаційному – більш рівномірний розподіл температури. Градієнт температур зменшується на 15–20 %, що позитивно впливає на: довговічність камери згоряння; стабільність процесу; рівномірність теплового навантаження.

Встановлено, що пульсаційний режим: розширює діапазон стабільного горіння на 10–15 %; зменшує чутливість до зміни складу палива; покращує запуск та роботу на малих навантаженнях.

За результатами аналізу визначено: частота: 80–120 Гц, амплітуда: 10–20 %, коефіцієнт надлишку повітря: 1,05–1,2. Саме ці параметри забезпечують максимум енергоефективності при стабільній роботі.

Таким чином , встановлено резонансний характер впливу акустичних коливань на процес горіння; визначено критичні параметри пульсацій, що забезпечують максимум ККД; доведено зменшення втрат теплоти за рахунок інтенсифікації

масообміну; удосконалено модель горіння з урахуванням акустично-турбулентної взаємодії.

Поглиблений аналіз результатів моделювання показав, що пульсаційно-акустичне спалювання: підвищує ККД на 5–8 %; знижує витрати палива на 8–12 %; забезпечує більш рівномірний температурний режим; підвищує стабільність роботи агрегату.

Технологія є перспективною для впровадження в сучасних газопоршневих енергетичних установках.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНИХ АГРЕГАТІВ КИПЛЯЧОГО ШАРУ НА ОСНОВІ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ

Бейгул А.С., керівник доц. Форись С.М., проф. Нікольський В.Є.
Український державний університет науки і технологій

У статті розглянуто сучасний стан розвитку електротермічних агрегатів киплячого шару та перспективи їх удосконалення на основі використання бінарних сумішей частинок. Проаналізовано основні проблеми тепломасообміну, гідродинаміки та енергоефективності. Узагальнено результати математичного моделювання процесів у киплячому шарі та визначено ключові напрями подальших досліджень. Обґрунтовано практичну цінність впровадження таких систем.

Технології киплячого шару широко застосовуються в енергетиці, хімічній та металургійній промисловості завдяки високій інтенсивності тепло- та масообміну. Основною перевагою таких систем є рівномірний температурний розподіл і ефективний контакт між газовою та твердою фазами .

Попри значні переваги, електротермічні системи киплячого шару мають ряд суттєвих недоліків. Гідродинамічна нестабільність при використанні бінарних сумішей (частинки різної щільності та розміру) виникають: сегрегація частинок; нерівномірність псевдозрідження; локальні канали газу. Це призводить до зниження ефективності теплообміну та нерівномірності температурного поля.

Хоча киплячий шар характеризується високими коефіцієнтами теплообміну, у бінарних системах спостерігається обмеження теплопередачі: погіршення теплопровідності через неоднорідність структури; вплив пористості та контакту частинок; залежність від режиму псевдозрідження. Відомо, що низька теплопровідність пористих матеріалів є одним із ключових обмежень ефективності таких систем .

Основні джерела втрат: гідравлічний опір шару; нерівномірність електричного нагріву; втрати з відхідними газами. У деяких конфігураціях електротермічний нагрів потребує додаткових витрат енергії (до ~10 %), що пов’язано з особливостями конструкції та розподілу тепла . Інтенсивний рух частинок викликає: ерозію теплообмінних поверхонь; руйнування частинок; підвищені експлуатаційні витрати. Ця проблема є характерною для всіх систем киплячого шару .

Результати моделювання показують: використання бінарних сумішей дозволяє підвищити коефіцієнт теплообміну на 10–25 %; оптимальне співвідношення частинок забезпечує рівномірний розподіл температури; інтенсифікація перемішування зменшує температурні градієнти до ≤5–10 К. Також встановлено, що багатоступеневі системи киплячого шару можуть досягати дуже високої теплової ефективності (до 99 %) при оптимальній конфігурації .Таким чином, бінарні суміші забезпечують підвищення ефективності, але потребують оптимізації режимів.

Аналіз сучасних робіт дозволяє визначити ключові напрями розвитку: оптимізація складу бінарних сумішей (підбір фракцій і щільності частинок; використання функціональних матеріалів (каталізатори, сорбенти); розвиток

електротермічних методів нагріву (індукційний, плазмовий, джоулів нагрів; об'ємний нагрів шару; моделювання багатофазних систем (CFD + DEM моделі; машинне навчання для оптимізації режимів); інтенсифікація теплообміну.

Розробка електротермічних агрегатів киплячого шару на основі бінарних сумішей має значний прикладний потенціал: підвищення енергоефективності технологічних процесів на 15–25 %; зниження витрат палива та електроенергії; можливість використання відновлюваних джерел енергії; зменшення викидів шкідливих речовин; створення компактних і високоефективних реакторів. Такі системи можуть бути застосовані в: енергетиці; металургії; хімічній промисловості; технологіях термохімічного перетворення.

СУЧАСНИЙ СТАН І НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Суденко А.О., керівник доц. Форись С.М.
Український державний університет науки і технологій

У статті проведено аналіз сучасних геотермальних систем теплопостачання та новітніх технологій їх реалізації. Узагальнено результати наукових досліджень у сфері геотермальної енергетики, визначено основні недоліки існуючих рішень та окреслено перспективні напрями розвитку. Обґрунтовано наукову та практичну цінність впровадження геотермальних теплових установок у системах енергозабезпечення будівель.

Геотермальна енергія є одним із найперспективніших відновлюваних джерел енергії, що базується на використанні тепла земної кори. Вона характеризується стабільністю, незалежністю від погодних умов та високою екологічною ефективністю .

Сучасні геотермальні системи, зокрема теплові насоси ґрунт–вода, широко застосовуються для опалення та охолодження будівель і мають високий коефіцієнт перетворення енергії (COP ≈ 3–6) . Водночас їх широке впровадження стримується рядом технічних та економічних факторів.

Аналіз сучасних досліджень показує, що геотермальні системи розвиваються у кількох основних напрямах: к**ласичні геотермальні установки** (глибинні свердловини, парові станції); г**еотермальні теплові насоси (GSHP)** для будівель; г**ібридні системи** (поєднання геотермії з сонячною енергією або водними джерелами).

У роботах українських і зарубіжних авторів відзначається, що геотермальні системи мають високий потенціал для теплопостачання та можуть використовувати природні акумулятори тепла у ґрунті та водоносних горизонтах .

Сучасні дослідження також демонструють ефективність комбінованих систем, що використовують декілька джерел тепла, що дозволяє підвищити їх продуктивність та зменшити недоліки окремих технологій .

Незважаючи на значні переваги, геотермальні системи мають ряд обмежень: Висока вартість впровадження. Основні витрати пов'язані з бурінням свердловин, що може становити понад 50 % загальної вартості системи .Географічні обмеження: ефективність геотермальних систем залежить від геологічних умов, що обмежує їх застосування в окремих регіонах . Зниження продуктивності джерела при тривалому використанні можливе локальне охолодження ґрунту або виснаження ресурсу, що потребує регенерації тепла. Технічні проблеми експлуатації: утворення відкладень (інкрустація); корозія обладнання; необхідність обслуговування свердловин . Низька термодинамічна якість ресурсу. Геотермальна енергія має відносно низьку температуру, що потребує використання теплових насосів .

Аналіз сучасних наукових робіт дозволяє виділити такі перспективні напрями: Розвиток замкнених геотермальних систем (системи закритого циклу дозволяють уникнути втрат теплоносія та зменшити залежність від геологічних умов. Гібридні системи теплопостачання. Поєднання геотермії з: сонячною енергією; тепловими акумуляторами; системами рекуперації. Це дозволяє підвищити ефективність і стабільність роботи систем.

Сезонне акумулювання тепла дозволяє використання ґрунту як акумулятора енергії дозволяє компенсувати сезонні коливання теплового навантаження. Інтелектуальні системи керування застосування автоматизованих алгоритмів оптимізації режимів роботи дозволяє зменшити енергоспоживання та підвищити комфорт. Удосконалення теплообмінників нові матеріали та конструкції теплообмінників дозволяють підвищити ефективність теплопередачі.

Наукова новизна полягає у: комплексному підході до розробки геотермальних систем з урахуванням гідротермічних процесів; удосконаленні моделей теплообміну в ґрунті; визначенні оптимальних режимів роботи теплових насосів; обґрунтуванні використання гібридних систем для підвищення ефективності.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ТЕПЛОТИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

Радченко О.В., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

У статті виконано огляд сучасних технологій утилізації низькопотенційної теплоти в системах кондиціювання повітря. Проведено аналіз літературних джерел щодо методів рекуперації енергії, визначено основні недоліки існуючих систем та окреслено перспективні напрями досліджень. Обґрунтовано наукову новизну та практичну цінність впровадження енергоефективних схем утилізації теплоти.

Системи кондиціювання повітря (HVAC) є одним із найбільших споживачів енергії в будівлях. Значна частина енергії втрачається у вигляді низькопотенційної теплоти (≤100 °C), яка зазвичай відводиться у навколишнє середовище .

Згідно з дослідженнями, до 20–50 % спожитої енергії може втрачатися у вигляді тепла, що створює значний потенціал для її утилізації . Використання цієї теплоти дозволяє суттєво підвищити енергоефективність систем кондиціювання.

Сучасні дослідження виділяють декілька основних напрямів утилізації теплоти в HVAC-системах: рекуперативні теплообмінники (пластинчасті теплообмінники; роторні теплообмінники; теплові труби) . Ці пристрої дозволяють повертати тепло від витяжного повітря до припливного, підвищуючи ефективність системи. Системи вентиляції з рекуперацією (HRV/ERV). Такі системи здатні повертати 60–95 % теплоти витяжного повітря, що значно знижує витрати енергії . Теплові насоси та утилізація теплоти конденсатора

Попри значний прогрес, сучасні системи мають ряд обмежень: низька термодинамічна ефективність. Низькопотенційна теплота має обмежений ексергетичний потенціал, що знижує ефективність її використання (ККД перетворення часто не перевищує 5–20 %) . Високі капітальні витрати. Системи утилізації потребують: додаткових теплообмінників; насосів; систем керування. Це збільшує початкову вартість системи. Складність інтеграції. Існуючі HVAC-системи не завжди адаптовані до: впровадження рекуператорів; роботи з нестабільними тепловими потоками. Нерівномірність теплових потоків. Низькопотенційна теплота має змінний

характер, що ускладнює її ефективне використання . Гідравлічні та аеродинамічні втрати.

Аналіз сучасних публікацій дозволяє визначити ключові напрями розвитку: інтеграція теплових насосів нового покоління. Підвищення ефективності використання низькопотенційної теплоти за рахунок: високоефективних компресорів; нових холодоагентів. Використання фазозмінних матеріалів (PCM) дозволяє: накопичувати теплоту; зменшувати пікові навантаження. Гібридні системи дозволяють поєднувати: рекуперації; теплових насосів; сонячної енергії. Використання ексергетичних критеріїв дозволяє: оцінити реальну ефективність систем; визначити джерела втрат енергії.

Наукова новизна досліджень полягає у: розробці комплексних схем утилізації низькопотенційної теплоти; удосконаленні моделей теплообміну та енергетичного аналізу; застосуванні ексергетичних методів оцінки ефективності; інтеграції різних технологій у єдину систему.

Проведений аналіз показав, що утилізація низькопотенційної теплоти є ефективним напрямом підвищення енергоефективності систем кондиціювання.

Встановлено, що: сучасні технології дозволяють повертати до 60–95 % теплоти; основними недоліками є низька ексергетична ефективність та складність інтеграції; перспективи розвитку пов’язані з гібридними системами та інтелектуальним керуванням.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на оптимізацію схем утилізації та підвищення ефективності використання низькопотенційної теплоти.

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Алексєєнко А.О., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянуто питання енергозбереження в системах теплопостачання житлових будівель. Проведено аналіз основних джерел теплових втрат, визначено потенціал підвищення енергоефективності та розглянуто сучасні технічні рішення щодо зменшення споживання теплової енергії. Обґрунтовано доцільність впровадження енергоощадних заходів у житловому секторі.

Системи теплопостачання житлових будівель є одними з найбільших споживачів енергії, що обумовлює актуальність підвищення їх енергоефективності. В умовах постійного зростання вартості енергоресурсів та необхідності зменшення негативного впливу на довкілля питання раціонального використання теплової енергії набуває особливого значення. Значна частина житлового фонду України була збудована без урахування сучасних вимог до теплоізоляції, що призводить до значних теплових втрат та перевитрат енергії.

Основними джерелами втрат теплової енергії в житлових будівлях є огороджувальні конструкції, через які може втрачатися до 40–60 % теплоти, системи вентиляції, інфільтрація повітря та недосконаліть інженерних систем. Особливо критичними є втрати через неутеплені стіни, покрівлі, підвали та застарілі віконні конструкції. Крім того, нерівномірний розподіл теплоносія в системах опалення призводить до локального перегріву одних приміщень і недостатнього опалення інших, що знижує загальну ефективність системи.

Аналіз показує, що потенціал енергозбереження у житлових будівлях є значним. Найбільший ефект досягається за рахунок комплексної термомодернізації будівель, яка включає утеплення огороджувальних конструкцій, заміну вікон та підвищення герметичності. Такі заходи дозволяють знизити теплові втрати на 30–50 %. Додаткове

зниження споживання енергії можливе за рахунок модернізації систем опалення, зокрема балансування системи, встановлення терморегуляторів та заміни застарілого обладнання. Впровадження автоматизованих систем керування дозволяє адаптувати роботу системи до змін зовнішніх умов, що забезпечує додаткову економію енергії.

Важливим напрямом підвищення енергоефективності є використання сучасних технологій, зокрема теплових насосів, сонячних колекторів та систем утилізації теплоти. Такі рішення дозволяють не лише зменшити споживання традиційних енергоресурсів, але й підвищити енергетичну незалежність будівель. Комплексне застосування зазначених заходів дозволяє знизити загальне споживання теплової енергії до 40–60 %.

Порівняльний аналіз показує, що найбільш ефективним є поєднання кількох заходів одночасно, оскільки окремі рішення дають обмежений ефект. Наприклад, утеплення без модернізації системи опалення не дозволяє повністю реалізувати потенціал енергозбереження, а автоматизація без усунення теплових втрат має обмежений вплив.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує, що системи теплопостачання житлових будівель мають значний резерв підвищення енергоефективності. Основними напрямами є зменшення теплових втрат, оптимізація роботи систем опалення та впровадження сучасних технологій. Реалізація цих заходів дозволяє не лише знизити витрати енергії, але й підвищити комфорт проживання та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Отримані результати можуть бути використані при модернізації житлового фонду та розробці програм енергозбереження.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ LED-ТЕХНОЛОГІЙ

Ігнатенко М.О., керівник. доц. Форись С.М.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності систем освітлення адміністративних будівель шляхом використання світлодіодних (LED) технологій. Проведено аналіз існуючих систем освітлення, визначено основні джерела енергетичних втрат та обґрунтовано доцільність переходу на LED-освітлення. Розглянуто переваги сучасних систем керування освітленням та оцінено потенціал економії електроенергії.

Системи освітлення є важливою складовою енергоспоживання адміністративних будівель і можуть становити до 20–40 % загального споживання електроенергії. У більшості будівель досі використовуються застарілі джерела світла, такі як лампи розжарювання або люмінесцентні лампи, які характеризуються низькою світловою віддачею та значними втратами енергії. У зв’язку з цим актуальним є питання переходу на сучасні енергоефективні технології освітлення.

Світлодіодні джерела світла (LED) мають значні переваги порівняно з традиційними. Вони характеризуються високою світловою ефективністю, яка може досягати 100–150 лм/Вт, тривалим терміном служби та низьким рівнем тепловиділення. Завдяки цьому використання LED-технологій дозволяє значно зменшити споживання електроенергії та витрати на обслуговування систем освітлення.

Аналіз показує, що основними причинами неефективного використання електроенергії в системах освітлення є застосування застарілих світильників, відсутність автоматичного керування та нерівномірний розподіл світлового потоку. Часто освітлення працює незалежно від наявності людей у приміщенні або рівня природного освітлення, що призводить до перевитрат електроенергії.

Впровадження LED-освітлення дозволяє знизити енергоспоживання на 30–60 % у порівнянні з традиційними системами. Додатковий ефект досягається завдяки використанню систем автоматичного керування, які включають датчики руху, освітленості та програмовані контролери. Такі системи забезпечують адаптивне регулювання освітлення залежно від умов експлуатації, що дозволяє ще більше знизити витрати електроенергії.

Важливим аспектом є також покращення якості освітлення. LED-світильники забезпечують рівномірний розподіл світла, високу передачу кольору та відсутність мерехтіння, що позитивно впливає на комфорт і працездатність людей. Це особливо важливо для адміністративних будівель, де значна частина часу проводиться в умовах штучного освітлення.

Порівняльний аналіз показує, що заміна традиційних джерел світла на LED дозволяє скоротити витрати електроенергії до 50 %, а при використанні систем автоматизації — до 60–70 %. Крім того, значно зменшуються витрати на обслуговування завдяки більшому ресурсу роботи світлодіодних ламп.

Таким чином, підвищення енергоефективності систем освітлення адміністративних будівель на основі LED-технологій є ефективним напрямом енергозбереження. Впровадження сучасних світлодіодних рішень та систем керування дозволяє суттєво знизити енергоспоживання, покращити умови праці та зменшити експлуатаційні витрати. Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих будівель та проєктуванні нових енергоефективних об’єктів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ

Козлов В.А., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні будівлі характеризуються значним рівнем енергоспоживання, що пов’язано з роботою систем опалення, вентиляції, кондиціювання, освітлення та іншого інженерного обладнання. У більшості випадків ці системи працюють за заздалегідь заданими режимами без урахування змін зовнішніх умов і реальних потреб користувачів, що призводить до нераціонального використання енергетичних ресурсів. У зв’язку з цим актуальним є впровадження автоматизованих систем керування, які дозволяють оптимізувати роботу інженерних систем будівлі.

Автоматизовані системи керування будівлями (BMS) забезпечують централізований контроль і регулювання параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість, освітленість і якість повітря. Вони базуються на використанні датчиків, контролерів та програмного забезпечення, що дозволяє здійснювати безперервний моніторинг і адаптацію режимів роботи обладнання. Це дає можливість враховувати зміну погодних умов, режим присутності людей та інші фактори, що впливають на енергоспоживання.

Однією з основних переваг автоматизованих систем є можливість оптимізації роботи систем опалення та кондиціювання. Наприклад, система може автоматично знижувати температуру в приміщеннях у нічний час або за відсутності людей, що дозволяє зменшити витрати енергії без втрати комфорту. Аналогічно, системи вентиляції можуть працювати в залежності від рівня вуглекислого газу або вологості, що забезпечує ефективне використання енергії.

Значний ефект досягається також у системах освітлення. Використання датчиків руху та освітленості дозволяє автоматично вмикати або вимикати освітлення, а також регулювати його інтенсивність залежно від природного освітлення. Це особливо

актуально для адміністративних будівель, де освітлення часто працює навіть за відсутності людей.

Аналіз показує, що впровадження автоматизованих систем керування дозволяє знизити енергоспоживання будівель на 20–40 % залежно від рівня автоматизації та типу будівлі. Найбільший ефект досягається при комплексному управлінні всіма інженерними системами. Крім того, автоматизація дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, підвищити надійність обладнання та продовжити термін його служби.

Важливим аспектом є можливість інтеграції автоматизованих систем із сучасними енергоефективними технологіями, такими як відновлювані джерела енергії та системи накопичення енергії. Це дозволяє створювати інтелектуальні енергетичні системи будівель, які здатні самостійно оптимізувати споживання енергії та зменшувати залежність від зовнішніх джерел.

Разом з тим, впровадження автоматизованих систем керування має певні обмеження, серед яких можна виділити високу вартість обладнання, складність налаштування та необхідність кваліфікованого обслуговування. Однак ці недоліки компенсуються економією енергії та зниженням експлуатаційних витрат у довгостроковій перспективі.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує, що автоматизовані системи керування є ефективним інструментом підвищення енергоефективності будівель. Їх впровадження дозволяє оптимізувати роботу інженерних систем, знизити енергоспоживання та покращити умови перебування людей. Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих будівель та проєктуванні нових енергоефективних об’єктів.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Магала В.О., керівник доц. Губинський С.М.
Український державний університет науки і технологій

Промислові підприємства є одними з найбільших споживачів енергетичних ресурсів, що обумовлює необхідність підвищення ефективності їх використання. В умовах зростання вартості енергоносіїв та посилення екологічних вимог питання енергетичного менеджменту набуває особливого значення. Ефективне управління енергоспоживанням дозволяє не лише знизити витрати на енергоресурси, але й підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Енергетичний менеджмент передбачає системний підхід до управління енергетичними потоками на підприємстві, що включає аналіз, планування, контроль і оптимізацію використання енергії. Одним із ключових інструментів є впровадження систем енергетичного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 50001, який забезпечує постійне вдосконалення енергоефективності та дозволяє встановлювати чіткі цілі і показники ефективності.

Важливим етапом є проведення енергетичного аудиту, який дозволяє визначити основні джерела втрат енергії та потенційні резерви її економії. Аналіз показує, що значна частина втрат пов’язана з неефективною роботою обладнання, застарілими технологіями та відсутністю систем контролю. Впровадження енергомоніторингу дозволяє отримувати достовірну інформацію про споживання енергії в режимі реального часу та оперативно реагувати на відхилення.

Одним із найбільш ефективних методів є модернізація технологічного обладнання. Заміна застарілих електродвигунів на енергоефективні, використання частотних перетворювачів, впровадження сучасних систем автоматизації дозволяють

суттєво знизити енергоспоживання. Крім того, важливу роль відіграє оптимізація технологічних процесів, що передбачає раціональне використання ресурсів та зменшення втрат енергії.

Суттєвий ефект досягається за рахунок утилізації вторинних енергоресурсів. Використання теплоти відхідних газів, впровадження систем рекуперації та когенераційних установок дозволяє підвищити загальний коефіцієнт використання енергії. Також перспективним є застосування відновлюваних джерел енергії, що сприяє зниженню залежності від традиційних енергоресурсів.

Важливим фактором підвищення ефективності енергетичного менеджменту є підготовка персоналу та формування енергозберігаючої культури на підприємстві. Навчання працівників, впровадження мотиваційних програм та підвищення рівня обізнаності щодо питань енергозбереження дозволяють досягти додаткової економії енергії без значних інвестицій.

Аналіз показує, що комплексне впровадження заходів енергетичного менеджменту дозволяє знизити споживання енергії на 10–30 % залежно від специфіки підприємства. Найбільший ефект досягається при поєднанні організаційних та технічних заходів. При цьому термін окупності інвестицій у енергоефективні технології зазвичай становить від одного до кількох років.

Таким чином, ефективний енергетичний менеджмент є важливим інструментом підвищення енергоефективності промислових підприємств. Його впровадження дозволяє зменшити витрати енергії, підвищити ефективність виробництва та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Отримані результати можуть бути використані при розробці стратегій енергозбереження та впровадженні сучасних систем управління енергоспоживанням.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНИХ ДОМОГОСПОДАРСТВ

Маковицький Б.О., керівник проф. Габрінець В.О.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянуто перспективи використання сонячної енергетики для забезпечення енергопотреб приватних домогосподарств. Проаналізовано основні типи сонячних енергетичних систем, їх переваги та недоліки, а також оцінено потенціал впровадження в умовах сучасного енергетичного ринку. Обґрунтовано доцільність використання сонячної енергії як альтернативного джерела електро- та теплопостачання

Сучасний розвиток енергетики характеризується поступовим переходом до використання відновлюваних джерел енергії, серед яких особливе місце займає сонячна енергетика. Зростання цін на традиційні енергоресурси, а також необхідність зменшення викидів парникових газів стимулюють розвиток альтернативних джерел енергії. У цьому контексті використання сонячної енергії для енергозабезпечення приватних домогосподарств є одним із найбільш перспективних напрямів.

Сонячна енергетика базується на перетворенні енергії сонячного випромінювання в електричну або теплову енергію. Найбільш поширеними є фотоелектричні панелі, які генерують електроенергію, та сонячні колектори, що використовуються для нагрівання води. Такі системи можуть працювати як автономно, так і в поєднанні з централізованими мережами, що забезпечує гнучкість їх застосування.

Основною перевагою сонячної енергетики є її екологічність та невичерпність ресурсу. Використання сонячних установок дозволяє значно знизити споживання традиційних енергоресурсів, а також скоротити витрати на електроенергію. За оцінками, встановлення фотоелектричної системи може забезпечити до 50–80 % потреб домогосподарства в електроенергії залежно від умов експлуатації.

Разом з тим, існують певні обмеження, які стримують широке впровадження сонячної енергетики. Основними з них є висока початкова вартість обладнання, залежність від погодних умов та необхідність використання систем накопичення енергії. У періоди низької сонячної активності ефективність роботи систем знижується, що потребує додаткових джерел енергії або акумуляторів.

Важливим напрямом розвитку є вдосконалення технологій сонячних панелей, підвищення їх коефіцієнта корисної дії та зниження вартості. Сучасні фотоелектричні модулі характеризуються високою ефективністю та тривалим терміном експлуатації, що робить їх економічно доцільними в довгостроковій перспективі. Крім того, розвиток систем накопичення енергії дозволяє підвищити автономність домогосподарств.

Перспективним є також використання гібридних систем, які поєднують сонячну енергетику з іншими джерелами, такими як теплові насоси або мережеве електропостачання. Це дозволяє забезпечити стабільність енергозабезпечення та підвищити ефективність використання ресурсів.

Аналіз показує, що впровадження сонячних енергетичних систем у приватних домогосподарствах дозволяє знизити витрати на енергію, підвищити енергетичну незалежність та зменшити негативний вплив на довкілля. Економічна ефективність таких систем залежить від вартості обладнання, тарифів на електроенергію та умов експлуатації, але в більшості випадків термін окупності становить від 5 до 10 років.

Таким чином, сонячна енергетика має значний потенціал для забезпечення енергетичних потреб приватних домогосподарств. Її розвиток сприяє підвищенню енергоефективності, зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та покращенню екологічної ситуації. Отримані результати можуть бути використані при плануванні енергомодернізації житлових будинків та впровадженні сучасних енергоефективних технологій.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЛИХ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Мішустін Д.О. , керівник проф. Федоров С.С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток енергетики характеризується зростанням інтересу до використання відновлюваних джерел енергії, серед яких важливе місце займає вітроенергетика. У той час як великі вітроелектростанції широко застосовуються у відкритих просторах, питання використання малих вітроенергетичних установок у міських умовах залишається дискусійним. Міське середовище характеризується складною аеродинамічною структурою потоків повітря, що значно впливає на ефективність роботи вітротурбін.

Основною особливістю вітрового режиму в умовах міської забудови є турбулентність потоку, спричинена наявністю будівель, споруд та інших перешкод. Повітряні потоки в місті є нерівномірними, мають змінний напрямок і швидкість, що знижує стабільність роботи вітроустановок. У результаті цього фактична продуктивність установок часто є значно нижчою порівняно з номінальними характеристиками, зазначеними виробниками.

Ефективність малих вітроенергетичних установок визначається швидкістю вітру, висотою встановлення, типом турбіни та умовами навколишнього середовища. Відомо, що потужність вітрової установки пропорційна кубу швидкості вітру, тому навіть незначне зниження швидкості призводить до суттєвого падіння виробітку електроенергії. У міських умовах середня швидкість вітру зазвичай є нижчою, ніж на відкритих територіях, що обмежує ефективність використання таких установок.

Разом з тим, існують певні можливості підвищення ефективності малих вітроустановок у міському середовищі. Одним із підходів є встановлення турбін на дахах будівель або на підвищених конструкціях, де швидкість вітру є більшою. Крім того, застосування вертикально-осьових вітротурбін дозволяє краще працювати в умовах змінного напрямку вітру та підвищеної турбулентності.

Аналіз показує, що ефективність малих вітроенергетичних установок у міських умовах значною мірою залежить від правильного вибору місця встановлення та типу обладнання. У деяких випадках такі установки можуть забезпечити до 10–20 % потреб будівлі в електроенергії, однак у більшості випадків їх ефективність є обмеженою.

Суттєвими перевагами малих вітроустановок є можливість локального виробництва електроенергії, зменшення навантаження на електромережу та підвищення енергетичної незалежності. Однак серед недоліків слід відзначити нестабільність генерації, шум, вібрації та необхідність технічного обслуговування. Крім того, у міських умовах можуть виникати обмеження, пов’язані з архітектурними вимогами та безпекою.

Перспективним напрямом є використання гібридних енергетичних систем, що поєднують вітрову та сонячну енергетику. Такі системи дозволяють компенсувати нестабільність вітрового ресурсу та підвищити загальну ефективність енергозабезпечення будівель. Інтеграція малих вітроустановок із системами накопичення енергії також сприяє більш раціональному використанню виробленої електроенергії.

Таким чином, проведений аналіз показує, що використання малих вітроенергетичних установок у міських умовах має обмежену ефективність, однак за певних умов може бути доцільним. Найбільший ефект досягається при комплексному підході, який включає правильний вибір місця встановлення, використання сучасних технологій та інтеграцію з іншими джерелами енергії. Отримані результати можуть бути використані при плануванні систем енергозабезпечення будівель та впровадженні відновлюваних джерел енергії в міському середовищі.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ

Садовий П.І., керівник проф. Нікольский В.Є
Український державний університет науки і технологій

Сучасні енергетичні системи характеризуються зростаючою часткою відновлюваних джерел енергії, що створює додаткові виклики для забезпечення стабільності та надійності енергопостачання. Нестабільність генерації сонячної та вітрової енергії, а також нерівномірність споживання електроенергії потребують використання ефективних засобів балансування енергосистем. Одним із найбільш перспективних рішень є впровадження систем накопичення енергії, які дозволяють зберігати надлишкову енергію та використовувати її в періоди підвищеного попиту.

Системи накопичення енергії можуть бути реалізовані у різних формах, серед яких найбільш поширеними є електрохімічні акумулятори, гідроакумулюючі станції, системи на основі стисненого повітря та теплові акумулятори. Кожен із цих типів має

свої переваги та обмеження, що визначають сферу їх застосування. Найбільш широко в сучасних умовах використовуються літій-іонні акумулятори, які характеризуються високою енергоємністю, швидкою реакцією та можливістю багаторазового використання.

Однією з основних функцій систем накопичення енергії є забезпечення резервного живлення у разі перебоїв у мережі. У разі аварій або пікових навантажень накопичувачі можуть оперативно компенсувати дефіцит енергії, що дозволяє уникнути відключень споживачів. Це особливо важливо для критично важливих об'єктів, таких як лікарні, дата-центри та промислові підприємства.

Крім того, системи накопичення енергії дозволяють вирівнювати графік навантаження, накопичуючи енергію в періоди низького споживання та віддаючи її в години пікового попиту. Це сприяє більш ефективному використанню генеруючих потужностей і зменшенню навантаження на електромережу. У поєднанні з відновлюваними джерелами енергії накопичувачі забезпечують більш стабільну генерацію, компенсуючи коливання виробітку.

Аналіз показує, що впровадження систем накопичення енергії дозволяє значно підвищити надійність енергопостачання та знизити ризик аварійних ситуацій. Крім того, вони сприяють підвищенню енергоефективності та зменшенню витрат на електроенергію за рахунок оптимізації режимів споживання. У деяких випадках використання накопичувачів дозволяє зменшити пікові навантаження на 20–30 %, що є важливим фактором для стабільної роботи енергосистеми.

Разом з тим, існують певні обмеження щодо впровадження таких систем. Основними з них є висока вартість обладнання, обмежений термін служби акумуляторів та необхідність їх утилізації. Також важливим є питання безпеки, оскільки деякі типи акумуляторів можуть бути чутливими до умов експлуатації.

Перспективним напрямом розвитку є вдосконалення технологій накопичення енергії, зокрема підвищення їх енергоємності, зниження вартості та збільшення терміну служби. Важливу роль відіграє також розвиток інтелектуальних систем керування, які дозволяють оптимізувати роботу накопичувачів у складі енергетичних систем.

Таким чином, системи накопичення енергії є важливим елементом сучасної енергетики, який забезпечує підвищення надійності та ефективності енергопостачання. Їх впровадження дозволяє вирішити проблему нестабільності генерації, оптимізувати використання енергетичних ресурсів та забезпечити стабільну роботу енергосистем. Отримані результати можуть бути використані при розробці сучасних енергетичних систем та впровадженні інноваційних технологій у сфері енергетики.

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ УКРАЇНИ

Самарський П.А., керівник доц. Усенко А.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Сучасний розвиток енергетики характеризується активним впровадженням відновлюваних джерел енергії, серед яких сонячна енергетика займає провідне місце. Для України питання використання сонячної енергії є особливо актуальним у зв'язку з необхідністю підвищення енергетичної незалежності та зменшення залежності від імпортних енергоресурсів. Кліматичні умови країни загалом сприятливі для розвитку сонячної генерації, що обумовлює значний потенціал її використання.

Енергетичний потенціал сонячної генерації визначається рівнем сонячної радіації, тривалістю сонячного сяйва та географічним розташуванням території. На території України середньорічна сумарна сонячна радіація становить приблизно 1000–

1400 кВт·год/м², причому найбільш сприятливими є південні та південно-східні регіони. У північних областях цей показник є дещо нижчим, однак також достатнім для ефективного використання фотоелектричних систем.

Важливим фактором, що впливає на ефективність сонячних установок, є сезонність. У літній період виробіток електроенергії є максимальним, тоді як у зимовий період він значно знижується через зменшення тривалості світлового дня та інтенсивності сонячного випромінювання. Незважаючи на це, сучасні технології дозволяють ефективно використовувати сонячну енергію протягом усього року.

Оцінка ефективності фотоелектричних систем показує, що при правильному виборі обладнання та умов встановлення сонячні електростанції можуть забезпечити значну частину потреб у електроенергії. Для приватних домогосподарств цей показник може становити 50–80 %, тоді як для промислових об'єктів — залежно від масштабів споживання. Важливу роль відіграє орієнтація панелей, кут їх нахилу та відсутність затінення.

Перспективним напрямом є розвиток малих сонячних електростанцій, встановлених на дахах будівель. Такі системи дозволяють зменшити навантаження на централізовані електромережі та забезпечити часткову енергетичну незалежність споживачів. Крім того, розвиток систем накопичення енергії дозволяє компенсувати нерівномірність генерації та підвищити ефективність використання сонячної енергії.

Разом з тим, існують певні обмеження щодо широкого впровадження сонячної енергетики. Основними з них є залежність від погодних умов, необхідність значних початкових інвестицій та потреба в додаткових системах накопичення енергії. Однак з розвитком технологій та зниженням вартості обладнання ці обмеження поступово зменшуються.

Аналіз показує, що Україна має значний потенціал для розвитку сонячної енергетики, який може бути ефективно використаний у різних секторах економіки. Впровадження сонячних електростанцій дозволяє знизити споживання традиційних енергоресурсів, зменшити викиди парникових газів та підвищити енергетичну безпеку країни.

Таким чином, оцінка енергетичного потенціалу сонячної генерації в Україні свідчить про доцільність її подальшого розвитку. Використання сонячної енергії є ефективним шляхом підвищення енергоефективності та забезпечення сталого розвитку енергетики. Отримані результати можуть бути використані при плануванні енергетичної політики та впровадженні сучасних технологій у сфері відновлюваної енергетики.

РЕЗЕРВУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Бех Я.П., керівник доц. Сердюк Т.М.
Український державний університет науки і технологій

Завдяки розробці нових технологій вартість сонячних панелей та перетворювачів швидко знижується. Відновлювана електроенергія в деяких країнах дає електроенергію за тими ж або нижчими цінами, що і традиційні викопні типи палива. Сонячна енергія може стати однією з головних, бо це чисте, невичерпне джерело енергії, і найближчим часом очікується дефіцит палива традиційної енергетики.

Залізничний транспорт має унікальні конкурентні переваги у використанні нових і відновлюваних джерел енергії, що проявляються у двох ключових аспектах:

Електроенергія, що використовується для руху поїздів, сприяє диверсифікації джерел виробництва електроенергії. Окрім традиційних вугільних і гідроенергетичних

ресурсів, залізниця може активно використовувати енергію з альтернативних джерел, таких як біомаса, вітер, сонце, морські припливи, геотермальні ресурси, водень тощо.

Залізнична інфраструктура включає велику кількість станцій, що споживають значні обсяги енергії. Це дозволяє ефективно застосовувати електричну та теплову енергію, отриману з нових і відновлюваних джерел, у масштабах всієї галузі.

Таким чином, розвиток використання екологічно чистих енергетичних ресурсів на залізницях сприяє енергозбереженню, зниженню рівня шкідливих викидів і загальному скороченню вуглецевого сліду залізничного транспорту. Це дає змогу залізницям стати лідерами у впровадженні сталих енергетичних рішень для великомасштабних перевезень.

Сонячні батареї дозволяють забезпечити не тільки резервне електропостачання споживачів залізничної автоматики, але й накопичувати енергію та забезпечувати внутрішні потреби залізничних станцій та постів ЕЦ, такі як освітлення, електродвигуни, охолодження, вентиляція та опалення. Дизель-генератори використовуються як резервні лінії, але з розвитком електромереж вони перестали використовуватися при будівництві нових постів або при модернізації.

Фотоелектрична система являє собою складну комбінацію компонентів, кожен з яких відіграє ключову роль у використанні сонячної енергії та перетворенні її на корисну електричну енергію. Система складається з:

- сонячні панелі: на передньому краї перетворення енергії сонячні панелі є основою системи, використовуючи фотоелектричний ефект для перетворення падаючого сонячного випромінювання на електричну енергію. Їхня основна функція полягає у забезпеченні постійної напруги постійного струму, що формує основу для подальшої роботи системи.

- інвертор з IGBT-транзисторами: центральним елементом функціональності системи є інвертор, побудований з ізольованих біполярних транзисторів (IGBT), який очолює перетворення постійної напруги від сонячних панелей на змінну напругу. IGBT-транзистори, відомі своєю швидкою реакцією та надійними можливостями обробки струму, слугують стрижнем у цьому трансформаційному процесі.

- ШІМ-контролер: ШІМ-контролер виступає в ролі керуючої системи, генеруючи сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для регулювання IGBT-транзисторів. Модулюючи ширину імпульсів, ці сигнали ретельно диктують інтервали вмикання та вимикання транзисторів, тим самим керуючи контрольованою зміною вихідної напруги та струму.

- LCL-фільтр: розташований після інвертора, LCL-фільтр виконує вирішальну роль в уточненні вихідної змінної напруги та стабілізації цілісності сигналу системи. Його ретельний механізм фільтрації забезпечує ослаблення небажаних компонентів, сприяючи уточненню та стабільності вихідного сигналу.

- підвищувальний перетворювач постійного струму в постійного струму: є важливим інструментом оптимізації, підвищувальний перетворювач постійного струму в постійного струму сприяє підвищенню рівнів напруги, оптимізуючи вихідні параметри системи для оптимальної продуктивності. Завдяки вмілому керуванню рівнями напруги цей пристрій сприяє безперебійній передачі максимальної вихідної потужності.

Результати моделювання підтверджують ефективність гібридної фотоелектричної системи з точки зору стабільного, енергоефективного електропостачання, стійкого при змінних сонячних умовах. Запропонована модель може служити як фундамент для подальших досліджень і розробок автономних та резервних систем живлення, адаптованих до сучасних екологічних умов.

A UNIFIED FRAMEWORK FOR EVALUATING CARBON FOOTPRINT AND EMISSION REDUCTION STRATEGIES FOR REGENERATIVE BUILDING DESIGN USING LCA AND SENSITIVITY ANALYSIS.

Samson Adesope; Supervisor: Marek Borowski
AGH University of Krakow, Krakow, Poland

The adoption of regenerative building design and circular economy strategies is increasingly recognized as a critical paradigm for advancing carbon neutrality and mitigating environmental degradation within the construction sector. The integration of the Carbon Designer 3D tool, life cycle assessment (LCA), and circular economy metrics into early-stage regenerative building design constitutes a systematic and scalable approach to reducing the carbon footprint of the built environment. This study assesses how the Carbon Designer module in One Click LCA can be used to evaluate embodied carbon in early design stages. It identifies suitable modelling approaches for assessing building environmental impacts during conceptual and preliminary phases. The findings show that iterative early-phase design optimisation can substantially reduce CO_2 emissions and global warming potential.

Sensitivity analysis assesses how environmental product declaration (EPD) data sources and assumed building service life affect results, using whole‑building reference lives of 50, 60, 70, and 80 years. The results show that choosing low‑carbon materials and optimising transport logistics are the main levers for early‑stage emissions reduction, while varying the assumed service life has relatively little effect on embodied emissions from materials production (modules A1–A3). The study highlights the importance of early-stage carbon assessment to help architects and engineers evaluate environmental impacts and the benefits of material reuse and bio-based alternatives. This supports informed decisions on material efficiency and advances circular, low‑carbon construction in line with EU taxonomy requirements.

Keywords: Regenerative building design, Circular economy in construction, Embodied carbon assessment, Life cycle assessment of buildings, Carbon Designer 3D, EPD.

Reference

1. Blay-Armah, A., Bahadori-Jahromi, A., Mylona, A., & Barthorpe, M. (2025). Circularity-based embodied carbon performance in building design: Index development and circular initiatives. Journal of Cleaner Production. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.012594
2. Campioli et al., "Design strategies and LCA of alternative solutions for resilient, circular, and zero-carbon urban regeneration: a case study," 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-33256-3_20
3. Kayaçetin et al., "Integrated decision support for embodied impact assessment of circular and bio-based building components," Journal of Building Engineering, vol. 56, 2022. DOI: 10.1016/j.jobe.2022.105427
4. Lucanto et al., "A regenerative design approach to address Carbon Neutrality in construction. Methods and Tools to assess the ecological reliability of construction process," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 1402, 2024. DOI: 10.1088/1755-1315/1402/1/012067
5. One Click LCA. (2025a). Carbon Designer 3D, Building LCA, and Building Circularity v2. Bionova Ltd. https://oneclicklca.com

АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ФАКТОРІВ НАДІЙНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

Гапотченков Г. В., керівник доц. Плітченко С.О.
Український державний університет науки і технологій

Функціонування сучасної енергетичної інфраструктури критично залежить від ефективності систем передачі електроенергії, де центральне місце посідають силові кабелі високої напруги. На відміну від повітряних ліній, кабельні магістралі є складними багатокомпонентними інженерними спорудами, що працюють в умовах обмеженого тепловідводу та високих градієнтів електричного поля. Сучасна класифікація відносить до високовольтних кабелі, призначені для роботи під напругою понад 1 кВ, проте найбільш наукоємними є системи класу 110–220 кВ і вище. Надійність таких систем визначається не лише електропровідними властивостями жил (традиційно мідних або алюмінієвих), а насамперед стабільністю ізоляційного комплексу, що працює на межі фізичної міцності діелектрика.

Історично домінуюча паперово-масляна ізоляція поступово витісняється твердими полімерними діелектриками, серед яких ключове місце посідає зшитий поліетилен (XLPE або СПЕ). Перехід до використання СПЕ зумовлений його унікальною молекулярною структурою, яка за рахунок створення поперечних зв'язків між ланцюгами полімеру забезпечує високу термостійкість та механічну міцність.

На відміну від термопластичного поліетилену або ПВХ-пластикатів, зшитий поліетилен зберігає стабільність при тривалих робочих температурах до 90 °C та витримує короткочасні теплові удари при коротких замиканнях до 250 °C. Це дозволяє суттєво підвищити пропускну здатність ліній без збільшення перерізу провідника, що є важливим економічним фактором при проектуванні міських та промислових мереж.

Проте експлуатація високовольтних кабелів супроводжується складними деградаційними процесами, які можуть призвести до передчасного виходу системи з ладу. Основними деструктивними факторами є часткові розряди в товщі ізоляції, виникнення електричних та водних «триїнгів» (деревоподібних мікротріщин), а також теплова іонізація діелектрика.

Електричне старіння ізоляції тісно пов'язане з величиною тангенса кута діелектричних втрат $tg\delta$, зростання якого свідчить про накопичення незворотних змін у структурі полімеру. Особливу небезпеку становить режим теплового удару, коли різке зростання струму призводить до термомеханічних напружень між провідником та ізоляцією, що може спричинити розгерметизацію захисних оболонок та проникнення вологи, яка є каталізатором електричного пробою.

Перспективним напрямом розвитку кабельних технологій є впровадження інтелектуальних систем моніторингу стану ізоляції в режимі реального часу. Використання розподілених волоконно-оптичних датчиків температури (DTS), інтегрованих безпосередньо в конструкцію кабелю, дозволяє контролювати теплові режими по всій довжині магістралі та запобігати критичному перегріву. Крім того, сучасні методи діагностики за характеристиками часткових розрядів дають змогу виявляти дефекти ізоляції на ранніх стадіях, переходячи від планових ремонтів до обслуговування за фактичним станом. Таким чином, синергія нових полімерних матеріалів з аддитивними системами контролю забезпечує створення високонадійних енергетичних каналів, здатних стабільно працювати протягом тривалого життєвого циклу, що перевищує тридцять років.

NIFE-BASED (OXY)HYDROXIDE CATALYSTS FOR OXYGEN EVOLUTION REACTION IN ALKALINE AND SEAWATER ELECTROLYSIS

Patrycja Kolbusz
AGH University of Krakow, Academic Centre for Materials and Nanotechnology

The demand for clean and sustainable energy technologies is continuously increasing, while access to fresh water becomes more limited. Because of this, alternative hydrogen production methods, including seawater electrolysis, are widely investigated. However, the efficiency of water electrolysis is still limited by the oxygen evolution reaction (OER), which proceeds slowly due to its complex four-electron transfer mechanism. NiFe-based layered double hydroxides (NiFe-LDH) and oxyhydroxides are widely studied as non-noble catalysts for OER in alkaline media. Their activity is related to the interaction between Ni and Fe, where Fe species influence the electronic structure of Ni sites and contribute to the formation of active phases. It is also known that the Fe content should be balanced, since both too low and too high concentration may reduce catalytic performance [1]. Different modification strategies are used to improve the properties of these materials. One common approach is elemental doping. Transition metals such as Co, Mn or Mo can be introduced to tune the electronic structure and adsorption of reaction intermediates. For example, Mo doping is associated with enhanced lattice oxygen activity and can significantly improve catalytic performance, leading to higher activity and lower overpotentials compared to undoped materials. Similarly, incorporation of rare-earth elements such as La can modify orbital interactions and improve adsorption of OER intermediates, allowing operation at lower voltages and improving stability during long-term use [2]. Another approach involves defect and interface engineering. The introduction of oxygen vacancies or changes in lattice oxygen can influence the reaction pathway and facilitate the OER process. In some cases, this leads to improved intrinsic activity due to changes in the binding strength of reaction intermediates. The formation of heterostructures, for example by combining NiFeOOH with metal oxides such as $CeO_2{-}x$, improves charge transfer and stabilizes the catalyst structure. Such systems can operate at relatively low overpotentials even at higher current densities and show stable performance under more demanding conditions [3]. Morphology also has an important influence. Structures such as nanosheets or hierarchical arrays provide a higher surface area and better access to active sites. It was shown that amorphous NiFe-derived materials can reconstruct into active NiFeOOH phases during operation and achieve low overpotential values with stable long-term performance [4]. In this work, selected modification strategies of NiFe-based catalysts are discussed, including doping, defect engineering and interface design, as possible ways to improve activity and stability of OER catalysts for practical applications such as seawater electrolysis.

References

[1] Bao, F.; Kemppainen, E.; Dorbandt, I.; Xi, F.; Bors, R.; Maticiuc, N.; Wenisch, R.; Bagacki, R.; Schary, C.; Michalczik, U.; et al. Host, Suppressor, and Promoter—The Roles of Ni and Fe on Oxygen Evolution Reaction Activity and Stability of NiFe Alloy Thin Films in Alkaline Media. ACS Catalysis, 2021, 11, 10537–10552.
[2] Wang, X.; Pi, W.; Hu, S.; Bao, H.; Yao, N.; Luo, W. Boosting Oxygen Evolution Reaction Performance on NiFe-Based Catalysts Through d-Orbital Hybridization. Nano-Micro Letters, 2025, 17, 11.
[3] He, Z.; Zhang, J.; Gong, Z.; Lei, H.; Zhou, D.; Zhang, N.; Mai, W.; Zhao, S.; Chen, Y. Activating lattice oxygen in NiFe-based (oxy)hydroxide for water electrolysis. Nature Communications, 2022, 13, 2191.

[4] Cao, Z.; Yan, W.; Shi, H.; Zhou, T.; Sun, Z.; Yang, Y.; Zhang, J.; Zhang, W.; Wang, K. Amorphous NiFe oxide derived from an air-pyrolyzed Prussian blue analogue with rapid complete reconstruction for enhanced oxygen evolution reaction. Nanoscale Advances, 2026.

ПІДСЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНА ЕНЕРГЕТИКА»

СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ АВТОНОМНИХ ОБ'ЄКТІВ

Шаповалова С. В., керівник проф. Афанасов А. М.
Український державний університет науки і технологій

Сучасна енергетика потребує створення високонадійних і ефективних систем генерування електроенергії, особливо для автономних об'єктів із підвищеними вимогами до безпеки та надійності (залізничний транспорт, судна, автомобільні комплекси). Специфічні умови експлуатації таких систем (широкий температурний діапазон, механічні навантаження, змінні режими роботи) визначають особливі вимоги до джерел електроенергії.

Аналіз особливостей, переваг і недоліків різних типів генераторів для автономних систем електропостачання з метою визначення найбільш ефективних і надійних рішень для експлуатації в складних умовах.

У роботі розглянуто основні вимоги до автономних систем генерування електроенергії. До них належать: простота конструкції, компактність, зручність обслуговування, високі масо-енергетичні показники, стабільність вихідних параметрів і відповідність потужності генератора навантаженню для досягнення високого коефіцієнта корисної дії. Особливу увагу приділено аналізу робочих характеристик генераторів, таких як залежності частоти, ковзання, ККД і коефіцієнта потужності від навантаження.

Встановлено, що зменшення масогабаритних показників шляхом підвищення частоти напруги супроводжується негативними наслідками: зростанням втрат енергії, зниженням ККД, необхідністю застосування більш якісних матеріалів і посилених систем охолодження, а також скороченням терміну служби обладнання.

Проведено порівняльний аналіз різних типів генераторів:

- **Асинхронні генератори** характеризуються простотою конструкції, відсутністю щітково-колекторних вузлів, високою надійністю та стійкістю до динамічних і несиметричних режимів. Вони забезпечують стабільну роботу при змінній частоті обертання і навантаження, а також допускають відносно просту паралельну роботу без жорсткої синхронізації.
- **Синхронні генератори з постійними магнітами** мають високі енергетичні показники, жорстку зовнішню характеристику та хорошу керованість, однак потребують використання додаткових перетворювачів для регулювання напруги. Їхніми недоліками є висока вартість магнітів, ризик розмагнічування, старіння матеріалів, обмежена механічна міцність і складність забезпечення захисту при коротких замиканнях.
- **Генератори постійного струму** не відповідають сучасним вимогам через наявність ненадійного щітково-колекторного вузла, який погано працює в умовах пилу, підвищеної вологості та розрідженої атмосфери.
- **Трикаскадні системи та генератори з інверторними регуляторами** можуть бути конкурентоспроможними, але їх використання ускладнює конструкцію та збільшує масогабаритні показники.

Окремо розглянуто перспективність застосування генераторів із самозбудженням, зокрема асинхронних і синхронно-гістерезисних. При цьому асинхронні генератори є більш дослідженими та широко використовуваними, тоді як синхронно-гістерезисні генератори потребують подальшого вивчення.

Найбільш перспективними для автономних систем електропостачання є асинхронні генератори завдяки їх надійності, простоті конструкції, стійкості до змінних режимів роботи та кращим масогабаритним показникам. Попри високі енергетичні характеристики синхронних генераторів із постійними магнітами, їхні недоліки обмежують ефективність застосування в складних умовах експлуатації.

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ЯКОСТЕЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Федик А.С., Лєгков С.І. , керівник проф. Афанасов А. М.
Український державний університет науки і технологій

Підвищення тягово-зчіпних якостей локомотивів є найбільш актуальною проблемою залізничного транспорту. Своєчасне виявлення та припинення боксування колісних пар локомотивів завжди було одними з важних задач локомотивобудування.

На наступний час найбільш відомим способом боротьби з виникненням буксування є використання піску. Але абразивні частинці, які потрапляють у контакт колесо-рейка, значно збільшують інтенсивність зносу як поверхні кочення бандажа, так і бокових граней гребнів. Використання піску збільшує інтенсивність зносу бандажів в десятки разів. При поганих погодних умовах (сніг, туман, іній, листопад) локомотивні бригади часто застосовують подачу піску, як превентивну міру, ще до виникнення буксування.

Виникнення боксування є процесом, на який впливає цілий ряд факторів, одним з яких є спосіб збудження тягових електродвигунів. На даний час існує достатньо великий досвід використання тягових двигунів незалежного збудження. Ці двигуни відрізняються високими протибоксувочними властивостями, але мають ряд недоліків в порівнянні з двигунами послідовного збудження.

Перспективними напрямками покращення тягово-зчіпних властивостей локомотивів є використання рідинних активаторів зчеплення та електротермічного руйнування гідро-грязьових плівок в контакті колесо-рейка.

Метою роботи є підвищення тягово-зчіпних якостей локомотивів за рахунок використання, незалежного збудження тягових двигунів електровозу змінного струму, активаторів зчеплення та автоматичної системи розподілу тягового струму електровоза постійного струму.

Ряд експериментів, проведених як в лабораторних умовах, так і в експлуатації, підтверджує факт істотного збільшення фізичного коефіцієнта зчеплення при створенні високої щільності струму (до 25 А/мм^2) в контактній плямі пари колесо-рейка. Саме підтвердженням гіпотези про вплив електричного струму на процес зчеплення можуть бути пояснені причини більш високого коефіцієнта зчеплення у електровозів, у порівнянні з тепловозами.

Тягово-зчіпні якості локомотивів може бути підвищено за рахунок використання незалежного збудження тягових двигунів, використання активаторів зчеплення та системи автоматичного розподілу тягового струму. Використання активаторів зчеплення дозволяє забезпечити більш високий коефіцієнт тертя та зменшення вірогідності виникнення розносного буксування в порівнянні з сухим контактом.

Підвищення фізичного коефіцієнта зчеплення може бути досягнуто шляхом використання електротермічного руйнування гідро-грязьових плівок в контакті колесо-рейка з використанням тягового струму електровоза. Найбільш високу ефективність

електротермічного способу підвищення тягово-зчіпних якостей електровозів може бути отримано за рахунок використання система автоматичного розподілу тягового струму по колісним парам в залежності від режиму роботи силової схеми.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ БАНДАЖІВ КОЛІСНИХ ПАР ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Виговський О.Ю. Войтенко В.Г. , керівник проф. Афанасов А. М.
Український державний університет науки і технологій

У сучасних умовах ринкових відносин народного господарства особливу гостроту набувають питання економії всіх видів ресурсів - матеріальних, енергетичних, трудових. Одним з шляхів подальшого розвитку залізничного транспорту і зростання його конкурентоспроможності є підвищення швидкості руху потягів і їхньої експлуатаційної економічності, що неможливо без вирішення завдання зниження силової взаємодії рухомого складу і залізничної колії. Значна частина експлуатаційних відмов локомотивів обумовлена граничним зносом бандажів колісних пар, що приводить до необхідності вилучення тягових засобів з експлуатації. На даний момент проблема зносу бандажів колісних пар локомотивів постала особливо гостро і, як наслідок, в локомотивних депо зросли обсяги ремонтних робіт з утримання колісних пар рухомого складу.

Метою даної роботи є розробка заходів з підвищення ресурсу бандажів колісних пар локомотивів, створення умов, що дозволять здійснювати стеження і керування технічним станом колісних пар експлуатованого парку локомотивів, попереджати їх відмови і планувати заходи щодо відновлення їх працездатності.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що загальний ресурс бандажів колісних пар локомотивів в основному визначається інтенсивністю зношування їх гребнів, кутом нахилу гребня та стратегією відновлення бандажів шляхом їх обточування. Висока інтенсивність зношування гребнів бандажів коліс рухомого складу, як правило, поєднується з високим темпом бокового зносу рейок, підсилюючим негативний результат взаємодії пари колесо-рейка

Встановлено, що найбільш раціональною з точки зору максимуму ресурсу бандажів є стратегія обточування бандажів з відновленням товщини гребнів до максимального розміру при максимальному пробігу колісної пари між обточками. Суттєве зниження технологічного зносу бандажу при його відновленні шляхом обточування може бути досягнете при використанні ремонтних профілів, таких як профіль ДМетІ.

Я показує досвід експлуатації, найбільший ступінь зниження інтенсивності зношування гребнів отримано при використовуванні бортових локомотивних систем автоматичного змащування, розробка яких є перспективною і актуальною. Проблему надмірного зношування пари гребінь колеса – бокова поверхня рейки найбільш ефективно може бути вирішено шляхом використання надійних систем автоматичного змащування гребнів з раціональним алгоритмом подачі мастила.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Чабан О.В., Черкащенко О.С., керівник проф. Афанасов А. М.
Український державний університет науки і технологій

Експлуатація автономного електротранспорту, до якого відносяться й електромобілі та гібридні автомобілі з частковим використанням в якості джерела

електроенергії сучасних тягових акумуляторів давно ведеться на дорогах Західної Європи. Організація експлуатації повністю автономних акумуляторних транспортних засобів повинна передбачати зарядку блоку акумуляторних батарей на зарядних станціях. Висока енергетична ефективність використання автономних акумуляторних транспортних засобів може бути досягнута шляхом оптимізації їх режимів руху, за рахунок зниження аеродинамічного опору руху і використання високоефективної системи рекуперативного гальмування.

Дана наукова робота присвячена вибору основних параметрів та аналізу енергетичних процесів в електроприводі електромобіля с тяговим електроприводом змінного струму. В якості тягового електродвигуна обрано асинхронний електродвигун, який при мінімальній собівартості має дуже високий рівень надійності.

Однією із основних задач системи керування тяговими двигунами є формування у заданих обмеженнях тягових і гальмівних характеристик у відповідності з режимом роботи електровоза. Основною характеристикою є залежність сили тяги (гальмування) від швидкості руху. У свою чергу, сила тяги (гальмування) пов’язана з моментом на валу тягового двигуна, значення якого в залежності від рівня автоматизації електроприводу може бути заданою дією або проміжною змінною в системі регулювання.

Акумулятор електромобіля це зазвичай літій-іонні акумулятори, розроблені для високого співвідношення потужності до ваги та щільності енергії. Порівняно з рідким паливом, більшість сучасних технологій акумуляторів мають значно нижчу питому енергію. Це збільшує вагу транспортних засобів або зменшує їх запас ходу.

Під час виконання роботи було обґрунтовано компонування електромобіля, його розважування і колісну формулу, обрано тип тягового електродвигуна, його розташування, кінематичну схему механічної частини трансмісії, визначено основні вихідні характеристики електромобіля. Характеристики електромобіля, розраховані в роботі, забезпечують йому необхідні тягово-швидкісні властивості для заданих умов експлуатації, проведено аналіз тягових і динамічних властивостей електромобіля.

Основні технічними характеристиками електроприводу електромобіля, розраховані в роботі, в більшості співпадають з відповідними характеристиками прототипів відомих виробників електромобілів. Електропривод електромобіля, параметри якого розраховані в роботі, має високий запас потужності, який можна з успіхом використовувати за необхідності на розгін електромобіля і подолання підйомів, що зустрічаються під час руху, без істотного зниження динамічних показників загалом.

Запропонований алгоритм та функціональна схема автоматичного керування асинхронним електроприводом забезпечує режими стабілізації сили тяги, швидкості та потужності. Проведено аналіз причин виникнення пожеж з електромобілями. Найбільш небезпечним станом, який приводить до пожеж електромобілів, є розгерметизація акумулятора, яка призводить до короткого замикання і займанням електроліту.

ШЛЯХИ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ ПРИМІСЬКОГО РУХУ

Курамшин Я. О., керівник доц. Білухін Д. С.
Український державний університет науки і технологій

Суттєва частина залізниць України є електрифікованою змінним струмом промислової частоти 50 Гц з номінальною напругою контактної мережі 25 кВ. Останні роки електрифікація ділянок залізниць здійснювалася лише такою напругою завдяки загально відомим перевагам. Тому актуальними є питання з модернізації існуючого рухомого складу та створенню нового для такої системи електроживлення.

Вже тривалий час експлуатуються електропоїзди змінного струму серії ЕР9. Ці електропоїзди мають кілька модифікацій. Випуск серії розпочався на Ризькому вагонобудівному заводі з електропоїзда типу ЕР9. Після доробок до серії пішов поїзд типу ЕР9П. Завдяки науково технічному прогресу серія отримала подальші модифікації, такі як ЕР9М, ЕР9Е, ЕР9ЕТ, ЕР9Т. Декілька років на початку 21 сторіччя, холдингова компанія "Луганськтепловоз" випускала електропоїзди змінного струму ЕПЛ9Т для залізниць України. Однак більшість поїздів, насамперед поїзди ЕР9П та ЕР9М, вже вичерпали всі можливі терміни експлуатації.

Для забезпечення приміських перевезень необхідна розробка нової серії надійних електропоїздів. Тут можливі два основних принципи побудови тягового приводу. Перший принцип є традиційним, який в своїй основі спирається на колекторні тягові двигуни. Другий принцип є більш сучасним і спирається на впровадження безколекторного тягового приводу, у сучасній світовій практиці це асинхронні тягові двигуни.

За першим принципом вже існує значна кількість електропоїздів, що знаходяться в експлуатації. Це вказані електропоїзди серії ЕР9 та ЕПЛ9Т. На всіх цих електропоїздах застосовано ступінчасте автоматичне регулювання напруги від вторинної обмотки трансформатора – схема з несиметричним навантаженням трансформатора. Ці електропоїзди мають деякий ресурс з модернізації. Одним з варіантів може бути застосування відомого в електровозобудуванні плавного регулювання на основі чотирьох зонного перетворювача. Не дивлячись на відомі переваги асинхронного тягового приводу над колекторним в нього є одна недоліка, яка полягає в тому, що всі депо, ремонтні підприємства, мають інфраструктуру з обслуговування, ремонту та побудови саме колекторних машин. Під час впровадження асинхронного тягового приводу необхідне одночасне впровадження і всього технологічного обладнання з ремонтів та обслуговувань. Крім того необхідна і підготовка фахівців. Тобто під час паралельного існування цих приводів встає питання розміщення інфраструктури в існуючому просторі. Це вимагає суттєвих капіталовкладень та ретельної організації підприємств.

Побудова нових електропоїздів змінного струму з асинхронним тяговим приводом дає відомі переваги. Однак електропоїзд у часовому просторі є штучним екземпляром, тобто їх не можливо випускати і впроваджувати по декілька одиниць на місяць і повне переобладнання існуючого парку можливе за достатньо тривалий час. Дійсно необхідно починати. Причому таке впровадження можливе, наприклад на основі підприємств на яких вже організоване обслуговування електропоїздів з асинхронним приводом з додаванням обслуговування нових поїздів приміського руху близько розташованих ділянок, наприклад на основі депо де обслуговуються поїзди швидкісного руху. Після накопичення деякої критичної маси подальша передача значної кількості поїздів і технологій до інших депо.

Виходячи з вказаного можна зробити висновок, що для забезпечення приміських перевезень на ділянках змінного струму перспективним є впровадження електропоїздів з асинхронним тяговим приводом з закріпленням їх до депо з вже існуючою інфраструктурою обслуговування такого типу поїздів. Після надбання опиту, підготовки фахівців, накопичення кількості одиниць електропоїздів нового типу організовувати передачу поїздів те технологічного обладнання в інші депо. При цьому продовжувати паралельну експлуатацію та модернізацію існуючих поїздів, оскільки приміські перевезення необхідно забезпечувати.

Інший шлях є більш простий. Полягає у відновленні технологій з випуску електропоїздів з колекторним приводом, оскільки на існуючих підприємствах це є можливим і не вимагає суттєвих капіталовкладень.

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ З ЗОННО-ФАЗНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ НАПРУГИ

Смаїлов С. С., керівник доц. Маренич О. Л.
Український державний університет науки і технологій

Основною проблемою всіх електровозів змінного струму з колекторними тяговими двигунами є низькі енергетичні показники, один з яких - коефіцієнт потужності. Низькі значення коефіцієнта потужності свідчать про підвищене споживання реактивної потужності і викривлення форми струму живлення. Наслідком цього є додаткове навантаження тягової мережі і електроустаткування електровоза реактивним струмом, збільшена витрата електроенергії на тягу поїздів.

Поліпшення енергетичних показників системи тягового електропостачання змінного струму досягається за допомогою стаціонарних пристроїв компенсації реактивної потужності (КРП), які, як правило, установлюють на тягових підстанціях. При цьому знижується споживання реактивної потужності із системи зовнішнього енергопостачання, а внутрішнє споживання реактивної потужності і пов'язана із цим додаткова витрата електроенергії в тяговій мережі зберігаються. Крім того, додаткове струмове навантаження збільшує падіння напруги в контактній мережі і приводить до зниження напруги на струмоприймачі і тягових двигунах електровоза.

У режимі рекуперативного гальмування через значне збільшення споживання реактивної потужності збільшуються додаткові втрати в системі енергопостачання, що знижує ефективність рекуперації електровозів змінного струму.

Експлуатовані в Україні електровози змінного струму з колекторними тяговими двигунами мають низькі значення коефіцієнта потужності, які в режимі тяги з номінальним струмом не перевищують 0,84-0,85, а в режимі електричного рекуперативного гальмування знижуються до 0,6-0,7. Практично кожна кВт-година активної енергії, споживаної електровозами серії ВЛ80Р і 2ЕЛ5, супроводжується споживанням одного кВАр·г реактивної енергії.

Підвищене споживання реактивної потужності додатково навантажує тягову мережу і електроустаткування електровозів реактивним струмом, збільшує в 1,5…2 рази потужність втрат у контактній мережі, знижує напругу на струмоприймачі через ріст падіння напруги в системі тягового електропостачання в 2,5…3,0 рази і збільшує на 1,5-2 % витрату електроенергії на тягу поїздів.

Для підвищення коефіцієнта потужності електровозів пропонується застосування регульованого компенсатора реактивної потужності, розташовуваного безпосередньо на електровозі. Регулювання величини реактивної потужності слід здійснювати ступінчасто, шляхом підключення компенсатора до відповідних до відводів вторинної обмотки тягового трансформатора залежно від режиму роботи електровоза і величини напруги на струмоприймачі.

Застосування регульованого компенсатора реактивної потужності дозволяє:

- знизити на 40-50 % споживання реактивної енергії з контактної мережі;
- зменшити на 15 % струмове навантаження електроустаткування тягового електропостачання і знизити на 30 % втрати потужності в контактній мережі;
- зменшити падіння напруги в системі тягового електропостачання і на 5-7% збільшити напругу на тягових двигунах і пропорційно підвищити продуктивність електровоза;
- скоротити на 0,8-1 % витрату електроенергії на тягу поїздів.

ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦІЯ КОЛЕКТОРІВ ТЯГОВИХ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ КОМУТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ

Олійник Г.О., керівник ст.викл. Васильєв В.Є.
Український державний університет науки і технологій

Поліпшення експлуатаційних характеристик локомотивів залежить від їх технічного стану. При експлуатації тягового двигуна зношується електрична частина, особливо в поверхневих шарах контактуючих елементів, до яких можна віднести колекторно-щітковий вузол. Якість обробки поверхні колектора впливає на електричні і експлуатаційні характеристики тягового двигуна.

Причинами незадовільного стану локомотивного парку є низький рівень технічного оснащення, недотримання технологічних процесів ремонту, порушення режимів експлуатації. Якщо перша причина відбивається на термінах і якості проведення ремонтів, то друга причина пов'язана з відсутністю в існуючій системі ремонту об'єктивної оцінки поточного стану експлуатованих електровозів, їх основних агрегатів і вузлів.

Складні умови експлуатації, важкі режими роботи негативно впливають на роботу колекторно-щіткового вузла. На даний момент при ремонті колекторів виникають наступні проблеми: низька стійкість різального інструменту при обточуванні колектора і, як наслідок, його часті переточування; відсутність жорстких допусків на розмір при переточуванні різального інструменту, що дає нестабільну шорсткість після механічної обробки; використання дорогого абразивного інструменту для остаточної обробки колектора, низька твердість і висока шорсткість поверхні колекторних пластин після ремонту. Введення в технологічний процес ремонту операції поверхневої пластичної деформації, накатки, збільшить твердість поверхневого шару колекторних пластин, зменшить їх шорсткість, що позитивно позначиться на процесі роботи колекторно-щіткового вузла.

Застосування різального інструменту, оснащеного полікристалічними алмазними пластинами, дозволить збільшити стійкість інструменту, зменшити допоміжний час на переточування і переустановлення інструменту. Використання різального інструменту, оснащеного полікристалічними алмазними пластинами з оптимальною геометрією різальних кромок, підвищить якість ремонту за рахунок отримання постійної шорсткості поверхні після механічної обробки.

Для використання при ремонті полікристалічних алмазних пластин з однією і тією ж геометрією різальної частини необхідно запропонувати технологічний процес алмазного заточування і доведення цих різців.

Застосування поверхневої пластичної обробки (накатки) повинно дозволити збільшити твердість поверхневого шару колекторних пластин в 2 -2,5 рази і зменшити шорсткість в 3-4 рази, а також виключити з технологічного процесу ремонту колектора обробку абразивними інструментами. Очікується, що використання вдосконаленої технології обробки колекторів дозволить збільшити зону безіскрової роботи машини в 2 рази.

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Зима Я.В., керівник ст.викл. Васильєв В.Є.
Український державний університет науки і технологій

У комплексі розв'язуваних на залізничному транспорті масштабних і складних завдань головним залишається забезпечення безпеки руху поїздів та створення на цій основі умов для безперервного перевізного процесу, гарантованого збереження життя та здоров'я пасажирів поїздів та обслуговуючого персоналу, а також вантажів, що перевозяться, та технічних пристроїв залізничного господарства.

Прогнозуючи розвиток технічних засобів, як цільове завдання, виділяється мінімізація експлуатаційних витрат через підвищений життєвий цикл, зниження пошкодження, вартості ремонту, підвищення продуктивності техніки та її енергетичної ефективності при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів.

Для цього необхідні нові підходи до розрахунків та оцінки міцності, суть яких полягає в тому, що при реалізації граничних умов в результаті пружно-пластичних деформацій будь-якого елемента відбувається перерозподіл напруг і конструкція здатна сприймати подальше збільшення навантаження. В результаті з'являється можливість проектування конструкції як системи з безпечною відмовою.

Несучі конструкції механічної частини залізничного рухомого складу мають складну структуру елементів. Їх розміри та форми визначаються зусиллями, деформаціями та напругами в них, а також іншими характеристиками стану, які формуються під дією навантажень різного виду та характеру, що визначаються параметрами, призначенням та умовами експлуатації рухомого складу. Залежно від цього вони розраховуються на міцність та жорсткість від статичних та динамічних навантажень. При цьому для забезпечення необхідної несучої здатності та надійності конструкції при можливо меншій масі її розрахункова модель повинна досить повно відображати та враховувати фактичний спектр експлуатаційних навантажень, будуватися та вирішуватись з урахуванням поєднання технічних, економічних та інших умов. Є також конструкції, які повинні задовольняти вимогам безпеки для обслуговуючого персоналу та руху поїздів.

Для конструкцій залізничного рухомого складу повинні визначатися не тільки міцність з лінійними співвідношеннями між навантаженням, деформаціями і напругами, а і здатність несучих деталей, в нелінійній області деформацій з розрахунком їх граничних станів. Чинними нормативами такі навантаження, у тому числі ударного, повторно-статичного характеру, не розглядаються, не регламентовані та зводяться до постійних чи змінних (циклічних) навантажень із пружними деформаціями елементів конструкцій. Таким чином, розробка моделей розрахунку та критеріїв міцності та довговічності конструкцій у цих умовах є завданням актуальним та представляє науковий та практичний інтерес.

З метою отримання розрахункових даних про навантаженість вузлів та конструкцій, ідентифікацію розрахункових моделей, перевірки результатів теоретичних досліджень під дією статичних і динамічних навантажень, необхідно провести комп’ютерні симуляції зіткнень на віртуальних об'єктах і вузлах (шкворневі балки, кабіни машиніста, лобові частини та інші). Також для аналізу напружено-деформованого та граничних станів конструкцій локомотивів в пружній та пружно-пластичній областях деформацій необхідно здійснити їх комп'ютерне моделювання з використанням програмних комплексів «GNOM», «BASYS+», «Nastran», реалізуючих метод кінцевих елементів.

При цьому необхідно вияснити наступні параметри:

- тривалість основного імпульсу навантаження і тривалість наростання сили удару і напруги до максимуму;

- значення частоти коливань у спектрах сил і прискорень, а також, наскільки частота власних поздовжніх коливань конструкції локомотива вища за частоту ударного імпульсу;

- на яке граничне навантаження за умов безпеки при аварійних зіткненнях, повинні розраховуватися кріплення силової установки та інших масивних пристроїв локомотива.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА КАР'ЄРНИХ ЕЛЕКТРОВОЗАХ ЗМІННОГО СТРУМУ

Павлов О.О., керівник ст.икл. Васильєв В.Є.
Український державний університет науки і технологій

Правильна організація системи обліку електроенергії необхідна, оскільки її виробництво і споживання практично співпадають в часі і допущена помилка в обліку електроенергії при її виробництві або споживанні може бути виправлена тільки розрахунковим шляхом. У основі такого розрахунку лежить непрямий шлях обліку електроенергії і тому спричиняє за собою погрішність. Реалізація цієї мети зводиться до необхідності розробки і впровадження автоматизованих систем обліку витрати електричної енергії, забезпечуючі оперативність і достовірність інформації про спожиту кількість електричної енергії, для кожного учасника перевізного процесу в процесі виконаної роботи.

Ефективність технічних рішень, що розробляються, по поліпшенню якості електричної енергії і економії при впровадженні енергозбережних технологій на електрорухомому складі необхідно оцінювати із застосуванням сучасних засобів вимірювання. Вони дозволяють здійснювати реєстрацію миттєвих значень електричних параметрів, що характеризують роботу електровоза, і подальшу їх обробку.

Запропонований для використання на електровозах спосіб визначення витрати і показників якості електричної енергії, заснований на реєстрації миттєвих значень струмів і напруги і подальшим застосуванням алгоритму швидкого перетворення Фур'е в інтервалі часу, кратному періоду напруги живлення, дозволяє визначити по гармонійних складових витрату і основні показники якості електричної енергії, що характеризують ступінь спотворення синусоідальності кривої напруги. Технічні рішення розроблені з використанням комплексного підходу при формуванні даної системи і застосуванні сучасних з високим класом точності сертифікованих приладів.

Внутришньосистемний облік електричної енергії і контроль її якості на кар'єрних тягових агрегатах змінного струму дозволить безперервно аналізувати електроспоживання, основні показники якості електричної енергії і виробляти методики регулювання параметрів електричної енергії.

Існуючі засоби вимірювання не повною мірою вирішують поставлену задачу по оперативному і достовірному обліку електричної енергії і контролю її якості, споживаною тяговими агрегатами змінного струму з контактної мережі на тягу поїздів. Це завдання, треба вирішувати шляхом створення і впровадження автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем обліку електричної енергії і контролю її якості всіх споживачів електричної енергії на залізниці і зокрема електрорухомого складу, що реалізовуються на основі засобів обчислювальної і інформаційної техніки.

Проведений комплекс досліджень дозволить вирішити ряд теоретичних і практичних завдань, спрямованих на підвищення достовірності та оперативності

роботи системи вимірювання витрати електричної енергії, споживаної тяговими агрегатами змінного струму:

- дослідити вплив факторів експлуатації тягових агрегатів змінного струму на точність обліку витрати та контролю якості електричної енергії, споживаної тяговими агрегатами на тягу поїздів;

- створити математичну модель системи обліку електричної енергії та контролю її якості, що входить до складу узагальненої математичної моделі системи «Контактна мережа-тяговий агрегат» для визначення витрати та показників якості електричної енергії, споживаної тяговими агрегатами на тягу поїздів;

- розробити алгоритм з реалізації процесів роботи математичної моделі системи обліку електричної енергії та контролю її якості.

ВИПРОБУВАННЯ АСИНХРОННИХ ТРИФАЗНИХ ДВИГУНІВ

Рамусь О. А., керівник ас. Шаповалов О. С.
Український державний університет науки і технологій

Сучасні нормативні документи передбачають обов’язкове проведення випробувань усіх нових та відремонтованих електричних машин як завершального етапу виробництва і ремонту. Основною метою випробувань є перевірка придатності електричних машин до експлуатації та відповідності їх параметрів встановленим технічним вимогам.

Розрізняють три основні види випробувань: типові, приймально-здавальні та експлуатаційні. Типові випробування виконуються заводом-виробником для нового обладнання з метою підтвердження його відповідності паспортним характеристикам. Приймально-здавальні випробування проводяться для нових і відремонтованих електродвигунів з метою оцінки їх працездатності. Експлуатаційні випробування здійснюються безпосередньо під час роботи обладнання для контролю його технічного стану.

Аналіз існуючих програм випробувань асинхронних електродвигунів показує, що через обмежену тривалість вони не забезпечують повної оцінки робочих характеристик машин. Умови локомотивних депо передбачають застосування спрощеної програми, яка включає вимір опору обмоток постійному струму, перевірку ізоляції та обкатку без навантаження. Такий підхід дозволяє виявити лише явні дефекти, але не забезпечує діагностику прихованих несправностей, що проявляються під навантаженням.

Відсутність випробувань під навантаженням пов’язана зі спрощенням обладнання випробувальних станцій, однак це негативно впливає на якість ремонту електродвигунів. У зв’язку з цим актуальним є впровадження методів випробування під навантаженням.

Існують три основні способи реалізації таких випробувань: без повернення енергії в мережу, з поверненням енергії та метод взаємного навантаження машин. Найбільш перспективними є останні два способи, оскільки вони забезпечують підвищення енергоефективності за рахунок часткового повернення електроенергії.

Отже, розробка та впровадження енергоефективних методів випробування асинхронних електродвигунів є актуальним напрямом, що дозволить підвищити якість післяремонтних випробувань, знизити витрати енергії та забезпечити надійність роботи електричних машин.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ КЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЗМІННОГО СТРУМУ

Криволап А. О., керівник ас. Шаповалов О. С.
Український державний університет науки і технологій

У сучасних умовах стрімкого розвитку електроенергетичних технологій електричний транспорт займає провідне місце серед засобів перевезення пасажирів як у межах міст, так і за їх межами. Зростання чисельності населення мегаполісів, урбанізація та підвищення вимог до екологічності транспортних систем обумовлюють необхідність удосконалення рухомого складу. Одним із ключових напрямів є підвищення енергоефективності за рахунок збільшення коефіцієнта корисної дії електроприводів, оптимізації режимів роботи та підвищення пасажиромісткості.

У даному контексті локомотиви розглядаються як ефективний і екологічно чистий вид транспорту з високою перевізною здатністю. Важливу роль у забезпеченні їх ефективної роботи відіграє електропривод, основним елементом якого є асинхронний двигун. Завдяки простоті конструкції, високій надійності та відносно низькій вартості асинхронні двигуни отримали широке застосування у транспортних системах. Проте при роботі у складі некерованого електропривода їх функціональні можливості використовуються не повною мірою.

Суттєве підвищення ефективності досягається шляхом застосування керованих електроприводів змінного струму на базі перетворювачів частоти. Такі системи, побудовані із використанням сучасних мікроконтролерів та силових інверторів, дозволяють реалізувати гнучке регулювання швидкості обертання двигуна відповідно до вимог технологічного процесу. Крім того, вони забезпечують плавний пуск електродвигуна, що супроводжується зменшенням пускових струмів і механічних навантажень, а також підвищують надійність роботи обладнання.

Використання перетворювачів частоти у поєднанні з асинхронними двигунами дає можливість відмовитися від застарілих систем електропривода постійного струму з аналоговим керуванням. Це особливо актуально для рейкового транспорту, де зменшення масо-габаритних показників силового обладнання дозволяє підвищити ефективність експлуатації, знизити витрати на обслуговування та покращити техніко-економічні характеристики рухомого складу.

Додатковою перевагою керованих електроприводів є можливість реалізації енергозберігаючих режимів, зокрема рекуперації енергії під час гальмування, що дозволяє повернути частину електроенергії до мережі або використати її повторно. Це суттєво підвищує загальну енергоефективність транспортної системи та знижує експлуатаційні витрати.

Таким чином, впровадження та подальший розвиток керованих електроприводів змінного струму в електричному транспорті є актуальним науково-технічним завданням. Це дозволяє підвищити енергоефективність, надійність та екологічність рухомого складу, а також забезпечити відповідність сучасним вимогам до транспортних систем.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Бондар В. В., керівник доц. Арпуль С. В.
Український державний університет науки і технологій

Рівень розвитку транспортної системи держави є важливим показником її технологічного прогресу та загальної цивілізованості. Особливо це актуально в умовах інтеграції до європейської та світової економіки, коли транспортна система стає

ключовим фактором для ефективного включення України у світове співтовариство, що сприятиме її позиціонуванню як високорозвиненої держави.

Об'єктивні умови трансформаційних процесів у розвитку України зумовлюють її націленість на входження у світову економічну систему, зокрема на економічну інтеграцію з провідними західноєвропейськими державами. Це, в свою чергу, призведе до зростання товарообмінних операцій між країнами-партнерами. Унікальне геостратегічне розташування України дозволяє їй стати важливим мостом для транзитних перевезень товарів і пасажирів між Європою, Азією та Близьким Сходом.

Залізничний транспорт є найрозвиненішим в Україні і займає четверте місце у світі за загальною довжиною шляхів. Він виконує основні обсяги вантажних перевезень (40-60%) та є лідером у пасажирських перевезеннях (50-70%). Більше 50% залізничної мережі електрифікована, що сприяє ефективності перевезень.

Попри значні досягнення, залізничний транспорт стикається з серйозними проблемами:

- зношеність основних фондів: багато елементів залізничної інфраструктури є застарілими;
- відмінність ширини колії: впливає на закордонні та транзитні перевезення, що вимагає додаткової інфраструктури на кордонах;
- застаріла інфраструктура: багато вокзалів, станцій і засобів зв'язку потребують модернізації.

Для підвищення ефективності залізничного транспорту необхідно:

- реконструкція та переоснащення інфраструктури;
- перепрофілювання та зменшення надлишкових потужностей;
- будівництво нових, сучасних потужностей.

Загалом, розвиток транспортної системи, зокрема залізничного транспорту, є критично важливим для економічного зростання та інтеграції України у світову економіку. Сучасні виклики вимагають термінових та ефективних рішень для забезпечення безперебійного функціонування транспортної інфраструктури в умовах зростаючих обсягів перевезень.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ ТА ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

Семенов Є. О., керівник доц. Арпуль С. В.
Український державний університет науки і технологій

Оперативне та ефективне керування залізничними перевезеннями вантажів вимагає точного розрахунку потреби в локомотивах та локомотивних бригадах. Це забезпечує оптимальне використання ресурсів, зменшує затримки та підвищує ефективність перевезень.

Для визначення необхідної кількості локомотивів слід провести аналіз обсягу вантажоперевезень. Це включає:

- оцінку поточного обсягу вантажів, які потрібно перевезти;
- прогнозування змін в обсягах перевезень на основі сезонних тенденцій та економічних факторів.

Технічні характеристики локомотивів, такі як сила тяги та швидкість руху номінального режиму, є ключовими факторами при визначенні їх кількості.

- сила тяги номінального режиму локомотива визначає, скільки вагонів він може провести на найважчому елементі профілю колії;
- швидкість руху номінального режиму локомотива буде визначати час проходження поїзда по дільниці;

- надійність – впливає на готовність локомотивів до роботи без додаткових ремонтів та простоїв поїзда на перегоні.

На основі аналізу обсягу перевезень та технічних характеристик, розраховується необхідна кількість локомотивів для забезпечення перевезень без затримок.

Кількість необхідних локомотивних бригад залежить від:

- графіку роботи: час, протягом якого локомотиви перебувають у русі;
- кількості рейсів: скільки разів на день локомотиви виконують рейси.

Для безперебійної роботи важливо забезпечити:

- зміни з оптимальною тривалістю щоб уникнути перевтоми персоналу та забезпечення безпеки руху;
- резервні бригади на випадок непередбачених обставин.

Регулярне навчання та підвищення кваліфікації локомотивних бригад є критичними для забезпечення безпечних та ефективних перевезень.

Ефективне управління локомотивним парком та бригадами є важливим аспектом для забезпечення надійних та економічних вантажних перевезень. Регулярний аналіз та адаптація до змін у перевезеннях допомагають підтримувати високу якість послуг та задоволення потреб клієнтів.

СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ОНОВЛЕННЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Мітін Р. М., керівник доц. Арпуль С. В.
Український державний університет науки і технологій

Природнє старіння локомотивного парку АТ «Укрзалізниця» та відсутність систематичної закупівлі нових локомотивів створюють серйозні виклики для національного перевізника. Значна частина електровозів вже вичерпала свій ресурс, що ставить перед Укрзалізницею важливе завдання оновлення локомотивного парку.

До основних причини цієї проблеми можна віднести:

1. Відсутність інвестицій – багаторічна відсутність достатніх інвестицій у закупівлі нових локомотивів призвела до зношення локомотивного парку. На сьогодні, за даними АТ «Укрзалізниця», зношеність парку локомотивів становить більше 98%;
2. Технічне обслуговування: наявний парк потребує зменшення пробігів локомотивів між ремонтами та технічними обслуговуваннями, що збільшує витрати та час простою;
3. Застарілі технології: використання старих серій локомотивів, які не відповідають сучасним стандартам енергоефективності та екологічності;
4. Наслідки від атак на операційні активи АТ «Укрзалізниця» з початку повномасштабної війни: за 2025 рік та перший квартал 2026 року було пошкоджено 209 локомотивів (у першому півріччі 2025 року – 9, у другому – 119, у першому кварталі 2026 року – 81).

Залучення інвестицій для закупівлі нових локомотивів може значно покращити ситуацію. Нові локомотиви забезпечать більшу надійність перевезень та зменшать витрати на обслуговування.

Для зменшення навантаження на бюджет, модернізація наявних локомотивів може бути тимчасовим вирішенням. Це передбачає оновлення критичних компонентів, що підвищить їхню продуктивність та надійність.

Співпраця з міжнародними виробниками та постачальниками може дозволити отримати доступ до новітніх технологій та практик в галузі залізничного транспорту.

Оновлення локомотивного парку є критично важливим для Укрзалізниці. Це не лише питання підвищення ефективності перевезень, але й стратегічний крок для забезпечення стабільного розвитку залізничного транспорту в Україні.

СТАН МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ (МВРС) АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Тишко Р. О., керівник доц. Арпуль С. В.
Український державний університет науки і технологій

Моторвагонний рухомий склад (МВРС) є важливою складовою залізничного транспорту, що забезпечує пасажирські перевезення на короткі та середні відстані. АТ «Укрзалізниця» володіє значною кількістю моторвагонних поїздів, які використовуються по всій території України.

Але поточний стан моторвагонного рухомого складу АТ «Укрзалізниця» характеризується критичним рівнем зносу, що перевищує 90%. Більшість парку складають радянські серії (ЕР9, ЕР2, ЕР1), термін експлуатації яких давно вичерпано, а також новіші серії, такі як Skoda та Hyundai Rotem.

Середній вік приміських поїздів становить 30–50 років, тому велика кількість МВРС є морально і фізично застарілими, що негативно впливає на якість пасажирських перевезень. Застаріле обладнання потребує частого ремонту, що збільшує витрати на обслуговування.

Хоча компанія виділяє кошти на ремонт (наприклад, у 2021 році планувалося понад 266 млн. грн. саме на МВРС), обсяги модернізації не покривають темпи старіння парку.

Протягом останніх років закупівлі нового вітчизняного моторвагонного складу, наприклад, виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (КВБЗ) були обмеженими, що ставить під загрозу майбутнє приміських перевезень.

Для підтримки працездатності парку «Укрзалізниця» виконують капітально-відновлювальні ремонти (КВР): повне оновлення старих електропоїздів на власних заводах (Київський ЕВРЗ). Це включає заміну салонів, систем освітлення, встановлення USB-розеток та кріплень для велосипедів.

Закупівля нового моторвагонного рухомого складу має точкові придбання електропоїздів Stadler або Hyundai (в рамках проєктів City Express).

Але у майбутньому, після закінчення війни, необхідним є впровадження інноваційних рішень, таких як:

– енергоефективні технології, що призведе до зменшення експлуатаційних витрат;

– застосування сучасних конструкційних матеріалів, а це зменшення маси рухомого складу, зменшення динамічних навантажень на ходову частину та верхню будову колії та як наслідок збільшення швидкості руху;

– цифровізація: інтеграція сучасних систем контролю та управління електропоїздами для підвищення ефективності перевезень та комфорту пасажирів.

Стан МВРС АТ «Укрзалізниця» вимагає значних зусиль для поліпшення технічного стану та підвищення якості послуг. Модернізація та оновлення рухомого складу є ключовими напрямками, які сприятимуть підвищенню конкурентоздатності українських залізниць у майбутньому.

ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

ПІДСЕКЦІЯ «ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ»

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ШТУЧНИХ ВОЛОКОН

Родіонова А.О., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Багатостадійний технологічний процес виробництва хімічних волокон (включаючи віскозу, ацетат і поліефіри) характеризується значною генерацією багатокомпонентних відходів (твердих, рідких, газоподібних), що мають істотний негативний вплив на довкілля та здоров'я персоналу.

Атмосферні викиди, зокрема пари сірководню (H_2S), леткі органічні сполуки (ЛОС) та волоконний пил, які вивільняються на етапах коагуляції та сушіння, становлять пряму загрозу інтоксикації, алергізації та канцерогенезу для робітників та призводять до погіршення якості повітря у зоні впливу підприємства.

Неналежне очищення стічних вод спричиняє хімічне та біологічне забруднення гідросфери, викликаючи накопичення поживних речовин у водоймі, зниження вмісту розчиненого кисню та загибель біоти. Стійкі органічні забруднювачі та важкі метали, акумулюючись в екосистемах, створюють ризики для здоров’я людини через харчові ланцюги.

Тверді відходи є джерелом забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів, сприяють утворенню мікропластику та виділенню токсичного фільтрату на полігонах. Термічна утилізація (спалювання) без ефективної фільтрації призводить до утворення супертоксикантів — діоксинів та фуранів.

З огляду на використання особливо небезпечних реагентів (сірковуглець, сірчана кислота, формальдегід), необхідне комплексне стратегічне вирішення проблеми, що охоплює: впровадження новітніх технологій очищення, розробку "зелених" методів синтезу з мінімізацією відходів, посилення екологічного контролю та підвищення прозорості екологічної інформації.

ШЛЯХИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ СИРОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Іткіна М.В., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Сироварна промисловість займається виробництвом сирів. Вона охоплює всі етапи, починаючи від отримання молока й закінчуючи пакуванням готового продукту. Сироварна промисловість використовує різноманітні технології, зокрема й традиційні методи, щоб отримати широкий асортимент сирів з різними смаками та текстурами.

Класифікуються сири за способом виробництва на:

– надтверді, тверді та напівтверді сири (технологія виробництва твердих сирів поряд із загальними закономірностями виробництва має свої особливості для кожного найменування сиру);

– свіжі сири – сири, що виробляються без дозрівання;

– м'які сири (виробництво м'яких сирів базується на застосуванні в технологічному процесі благородної блакитної та/або білої цвілі. Такі сири відрізняються різноманіттям приголомшливих ароматів);

– розсольні сири дозрівають у сольовому розчині, часто виробляються з козячого або овечого молока; плавлені сири;

– продукти, що отримуються внаслідок переробки твердих сирів або кисломолочного сиру.

За класифікацією З. Х. Діланяна сири ділять на три класи: І клас – сичужні сири, ІІ клас – кисломолочні сири, ІІІ клас – перероблені сири.

Розглядаючи етапи виробництва сиру, починаючи від отримання молока й закінчуючи пакуванням готового продукту, можна виділити наступні:

– приймання;
– контроль якості; пастеризація;
– нормалізація;
– підготовка молока до вироблення сиру;
– сичужне згортання;
– обробка згустку;
– формування;
– пресування;
– соління;
– дозрівання;
– пакування.

Загальна технологічна схема виробництва сирів зводиться до таких операцій:

– приймання, контроль якості та сортування молока;
– підготовка молока до вироблення сиру:

1) резервування;
2) дозрівання молока;
3) теплова обробка молока,
4) нормалізація;

– підготовка молока до згортання:

1) внесення в молоко хлористого кальцію;
2) внесення в молоко калію або натрію азотнокислого (селітри);
3) застосування бактеріальних заквасок або бактеріальних препаратів;
4) встановлення температури сичужного згортання молока;

– згортання молока;
– обробка згустку та сирного зерна:

1) розрізання згустку;
2) постановка сирного зерна;
3) вимішування зерна;
4) друге нагрівання та вимішування після нього;

– формування сиру;
– самопресування, пресування сиру;
– соління сиру;
– дозрівання сиру;
– сортування, маркування, пакування, транспортування та зберігання сиру.

На кожному з цих етапів можуть бути ті чи інші відходи, і, своєю чергою, вони можуть негативно впливати на людину та екологію загалом, якщо їх неправильно утилізувати. Якщо об'єднати відходи за всіма етапами виробництва, можна виділити 3 етапи агрегатного стану відходів:

– газоподібні – пари води (пастеризація), CO_2 та аміак (дозрівання);
– рідкі – сироватка; промивні води, конденсат;
– тверді – обрізки сировини, брак продукції; відходи пакування; сіль та механічні домішки.

Підводячи підсумки можна сказати, що наймасовіший з відходів – сироватка. Якщо її не утилізувати, можливе серйозне забруднення водойм. Газоподібні викиди, що виникають при виробництві сиру, зазвичай не створюють значної шкоди, але потребують надійної вентиляції. Тверді органічні відходи потрібно швидко утилізувати або повторно використовувати, щоб уникнути санітарних та епідеміологічних ризиків. Тобто, виробництво самого сиру порівняно безпечна галузь, за умови правильної утилізації та за можливості використання деяких відходів, наприклад сироватки, у інших місцях.

ВПЛИВ ВІЙНИ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В УКРАЇНІ

Гуненко С.М., керівник ст. викл.Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Бойові дії в Україні спричинили великі і різнопланові негативні наслідки для повітря, водних ресурсів, грунтів та живого світу. Бойові зіткнення руйнують природні екологічні системи, викликають забруднення на окремих територіях та порушують природну рівновагу. Особливо постраждали водні запаси: через затоплення мінімум 38 шахт на захоплених Росією землях отруйні речовини проникають у підземні води, а більш ніж 6 мільйонів українців не можуть у достатній мірі забезпечити себе якісною питною водою. Обстріли споруджень для роботи з водою, наприклад дамб, призводять до затоплення земель та значної шкоди для природи.

Водночас, і земля, і повітря зазнали серйозних змін. Вибухи, загоряння та експлуатація великої техніки знищують верхній родючий шар ґрунту, а також забруднюють його важкими металами, горючим та хімічними речовинами. Пошкоджена військова техніка (понад дев'ять тисяч одиниць) є джерелом отруйних забруднень. У повітря викидається велика кількість шкідливих речовин, що погіршує його якість та впливає на зміни погоди.

Окремою серйозною проблемою є знищення підприємств і складів з отруйними речовинами, що спричинює хімічне забруднення значних територій. Мінування полів, знищення лісів і природних зон, смерть тварин і рослин суттєво зменшують різноманітність біологічних видів і ускладнюють відновлення природних екосистем.

З огляду на збитки, які військові дії спричиняють не тільки інфраструктурі та населенню України, можна стверджувати, що росія чинить екоцид на нашій території. Важко навіть уявити скільки часу потрібно на очищення та відновлення наших земель, водних ресурсів та повітря. Проте зрозуміло вже зараз – наслідки цієї війни кожен українець відчуватиме на собі дуже тривалий час. Екологія та її вплив на здоров'я кожного українця є однією з проблем післявоєнного відновлення в Україні, яка потребує спільних зусиль для її подолання.

В Україні попередня сума завданих навколишньому середовищу збитків у результаті війни вже перевищує 2,4 трлн. грн.

Для підрахунку збитків використовується сім методик, які осучаснюються майже щомісяця:

– Методика визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами;

– Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації;

– Методики визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації та ін..

Отже, війна в Україні має абсолютно всебічний руйнівний вплив на природу і вже перетворилось на довготривалу екологічну катастрофу. Її наслідки

потребуватимуть багаторічної відбудови, великих фінансових вкладень і міжнародної взаємодії.

РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПИЛО ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ТЕС

Височин А.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Частка теплових електро станцій в енергетичному комплексі України становить біля 67,5%. Сучасна ТЕС являє собою складний технологічний комплекс, який включає велику кількість теплосилового, електричного, електронного устаткування і будівельних конструкцій.

Факторами негативного впливу ТЕС на навколишнє природне середовище є забруднення повітряного басейну газовими й аерозольними викидами, грунтових та поверхневих вод стоками, літосфери випаданням твердих частинок та рідкими розчинами. Значні площі орних земель вилучаються під золовідвали. ТЕС спричиняє теплове, акустичне, електромагнітне й електростатичне забруднення довкілля.

Ситуація ускладнена тим, що на сьогодні більше 90 % енергоблоків відпрацювали свій ресурс, а майже дві третини вимагають модернізації або заміни.

Вміст основних забруднювачів – золи, оксидів сірки та азоту у викидах ТЕС України від 5 до 30 разів перевищує стандарти ЄС. Були проаналізовані результати вимірів вмісту шкідливих речовин у приземному шарі повітря біля ТЕС потужністю 2400 МВт при висоті її димової труби 180 м. Вміст оксидів сірки на границі санітарно-захисної зони перевищує ГДК у 12-12,5 разів, оксидів азоту – у 22-23 рази, золи на відстані 3 км – у 6-7 разів. Концентрації шкідливих речовин нижчі від ГДК стійко досягаються лише на відстані більше 15 км.

Викиди ТЕС містять також токсичні домішки – берилій, миш'як, селен, ванадій, кадмій, ртуть, важкі метали, радіонукліди, бенз(а)пірен.

Екологічні наслідки забруднення атмосфери цими викидами – це погіршення прозорості атмосфери; кислотні дощі; підсилення парникового ефекту; руйнація озонового шару. Підвищується захворюваність населення: збільшення концентрації пилу золи у повітрі на 10% призводить до зростання захворювань органів дихання на 3,9%, системи кровообігу – на 2,5%; вроджених аномалій – на 3,9%.

Основними напрямами підвищення екологічної безпеки ТЕС є запровадження природоохоронних заходів та заходів з енергозбереження, екологічного моніторингу, використання новітніх наукових розробок. Проаналізовані способи зниження шкідливих викидів ТЕС: на стадії підготовки палива, при його спалюванні та при охолодженні продуктів горіння. Звичайно, це вимагає значних капіталовкладень на спорудження й експлуатацію очисних споруд, вартість яких може бути більше 30% від вартості основних фондів.

Вивчено компонування котлоагрегату ТП-90 енергоблоку 150 МВт, що встановлений в котлотурбінному цеху №1 ДТЕК Придніпровська ТЕС. Його продуктивність складає 500 т/год пари з тиском 13,8 МПа і температурою 545 ^{0}С. Як і на більшості електростанцій України на ньому для очистки від пилу використовується мокрий золовловлювач. Однак, такі установки не забезпечують ступінь очищення димових газів від золових частинок, який відповідає стандартам ЄС. Крім того, системи очистки від оксидів сірки та азоту на ТЕС України відсутні.

Досвід провідних держав у галузі вугільної генерації (це США, Японія, країни ЄС) свідчить, що досягти нормативів по викидах ТЕС можна впровадженням комплексу заходів.

У сучасному енергоблоці для очистки від золи з точки зору її подальшої утилізації перевага віддається апаратам сухої очистки, а саме: батарейним циклонам, рукавним фільтрам і електрофільтрам, які найбільш ефективні в умовах ТЕС.

З методів зниження емісії оксидів азоту найбільш економічним і ефективним заходом є рециркуляція продуктів горіння у топку котла.

Для очищення газів від оксидів сірки використовують вапняні методи – сухі, напівсухі та мокрі. Але найбільш перспективним є застосування адсорбційного сіркоочищення, ефективність якого сягає 95 і більше %.

Запропонована наступна удосконалена система очистки димових газів ТЕС. Вона включає жалюзійний пиловловлювач, електрофільтр, циклон та адсорбер. Димові гази проходить через жаростійкий жалюзійний пиловловлювач, звідки 10% потоку з частинками більше 20 мкм потрапляють до циклону, а з частинками менше 20 мкм – до електрофільтру. До нього ж находять і гази, очищені у циклоні. З електрофільтру гази потрапляють в адсорбер з активованим вугіллям на доочистку від оксидів сірки. В ході сорбції із водяним зрошенням отримуємо 20%-ну сірчану кислоту, яка у концентраторі випарюється до 70%. Очищений газ після адсорберу надходить до труби.

Виконані розрахунки матеріального балансу газоочисних споруд, розрахунки та вибір циклона, електрофільтра та адсорбера.

Реалізація розробленої системи очистки дозволить знизити кількість шкідливих викидів у повітряний басейн до значень, що не перевищують гранично допустимих за санітарними нормами.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИКИДІВ КОКСОВОГО ЦЕХУ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ТА РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

Стафійчук Н.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Основне призначення коксохімічного підприємства – вироблення коксу, споживачем якого є доменне, ливарне, агломераційне, феросплавне виробництво. Разом з коксом і коксовим газом на підприємствах отримують ще цілий ряд дуже цінних хімічних продуктів: сира смола, аміак, сирий бензол, толуол, ксилол, кубові залишки та ін. Існує сухе і мокре гасіння коксу. При цьому установки мокрого гасіння коксу з екологічної точки зору мають значні переваги над сухим гасінням.

Отримані результати інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин.

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, т/рік, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами приведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, т/рік, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами підприємства

№	Забруднююча речовина	Обсяг	№	Забруднююча речовина	Обсяг
Найбільш поширені забруднюючі речовини			Небезпечні забруднюючі речовини		
1	Діоксид азоту	844,77	1	Водню ціанід	46,608
2	Оксид вуглецю	1098,006	2	Бензол	107,88
3	Сірки діоксид	723,739	3	Нафталін	20,948
4	Сірководень	24,035	4	Фенол	20,642
5	Сірковуглець	2,5	5	Ксилол	5,388
6	Сірчана кислота	0,103	6	Толуол	8,427
7	Бензапірен	0,003	7	Піридин	0,098
8	Речовини у вигляді	247,029	8	Фтор та його сполуки	0,021

	суспендованих твердих частинок		9	Залізо та його сполуки	0,189
			10	Манган і його сполуки	0,033
			11	Хром та його сполуки	0,004
Всього		2940,201	Всього		210,245
Парникові гази			Інші забруднюючі речовини		
1	Метан	5,019	1	Аміак	99,736
2	Вуглецю діоксин	278145,961			

Охарактеризовані пилогазові викиди коксового цеху.

Розраховані максимальні приземні концентрації шкідливих речовин від викидів при виробництві кокс.

Проведений аналіз сучасних технологій та обладнання безпилової видачі коксу. Аналіз технічної літератури показав, що найбільш ефективною є система безпилової видачі коксу. Така система двох ступеневого очищення пилогазової суміші – спочатку в групах циклонів, а потім мокрого очищення за допомогою скруберів Вентурі забезпечує поряд з очищенням від пилу на 98 і більше % також видалення з газів таких шкідливих речовин як оксиди азоту, сірководень, фенол, нафталін, бензапірен при відносно невеликих експлуатаційних витратах.

В розроблюваній системі пропонується встановити дві групи циклонів типу ЦН-15, що утворюють перший ступінь очищення і де відділяються найбільш крупні класи пилу. Частково очищений газ поступає потім на другий ступінь – мокре очищення газів в скруберах Вентурі. Пил змішаний з водою прямує на очисні споруди.

Призначення циклонів ЦН–15 полягає у вловлюванні з газів зважених в них твердих частинок. Це найбільш універсальні і часто використовувані апарати газоочистки.

Потік запиленого газу вводиться в апарат через вхідний патрубок тангенціально у верхній частині. В апараті формується обертовий потік газу, спрямований вниз, до конічної частини апарату. Внаслідок сили інерції (відцентрової сили) частинки пилу виносяться з потоку і осідають на стінках апарату.

Розраховані всі необхідні конструктивні параметри циклону. З каталогу обраний груповий циклон ЦН–15х6УП.

Далі був розрахований апарат мокрої газоочистки – газопромивач. Газопромивач КМП складається з труби-розпилювача (скрубера Вентурі) і циклона-краплевловлювача ЦВП. Вода подається в трубу Вентурі центрально в зоні конфузора. Розпилювальна форсунка на виході з сопла оснащена відбійником, що дробить рідинний потік.

Принцип роботи скрубера Вентурі полягає у диспергуванні води потоком газу, захопленні краплями води частинок пилу та його коагуляції з подальшим осадженням в циклоні-краплевловлювачі.

В результаті розрахунку були визначені розміри, ефективність роботи та гідравлічний опір газопромивача.

Розраховані значення максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин після пропонованих заходів по зменшенню впливу на довкілля викидів коксового цеху.

Виконаний аналіз умов праці та пожежної небезпеки в цеху уловлювання продуктів коксування. Умови праці в цеху уловлювання характеризуються наявністю шкідливих факторів, таких як підвищена концентрація різноманітних шкідливих речовин, тепловипромінювання, шум, вібрація.

ОЦІНКА ВПЛИВУ КАРТОННО-РУБЕРОЙДОВОГО ВИРОБНИЦТВА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

Резніченко О.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

На сьогоднішній день гідроізоляційні матеріали мають вирішальне значення в забезпеченні довговічності будівель і споруд. Для пристрою покрівлі в сучасному будівництві, головним чином, застосовуються рулонні покрівельні матеріали. До цього дня використовуються застарілі рулонні покрівельні матеріали, такі як руберойд, пергамін і толь. Розглянутий склад руберойду та вивчена технологія виробництва руберойду.

Проаналізовані відходи виробництва руберойду (газоподібні та тверді). Охарактеризовані стоки виробництва руберойду. Стоки забруднені зваженими органічними та мінеральними речовинами, колоїдними органічними та мінеральними частками, нафтопродуктами. Проаналізований вплив забруднюючих речовин на навколишнє середовище.

Головним недоліком покрівель з руберойду є недостатньо висока довговічність (5-7 років), яка пояснюється низькою міцністю і біостійкістю картонної основи, а також крихкістю на морозі, низькою теплостійкістю і старінням на сонці бітумного в'яжучого. При довготривалій експлуатації матеріал стає жорстким, і покрівельний килим при негативних температурах і усадочних деформаціях розтріскується, що призводить до порушення цільності покрівельного килима. Крім того, через крихкості бітумного в'яжучого при негативних температурах стає проблематично розкачати рулон і зробити покрівлю в зимовий період. Також картонна основа, яка використовується в вищезазначених руберойдах, має низьку біостійкість і легко піддається гниттю. Для усунення перерахованих вище недоліків було створено нове покоління рулонних покрівельних матеріалів, так званий «єврорубероїд».

Єврорубероїд складається з армуючої основи, на яку з обох боків нанесене полімербітумне в'яжуче (ПБЗ). При цьому з одного боку нанесене захисне посипання, а з іншого – антіадгезіаційна полімерна плівка.

Проблема утилізації вторинного руберойду в наш час дуже актуальна, адже він використаний в пристрої більшості покрівель. Застаріла технологія ремонту покрівельного килима є нанесенням на старий шар руберойду нового. Це в свою чергу збільшує статичне навантаження на покрівлю, і тому може бути небезпечно, за рахунок збільшення ваги покрівельного килима.

Сучасний же підхід до ремонту покрівель має на увазі повне видалення і заміну старого кровельного килима новим. Внаслідок цього виникає проблема – утилізація вторинного руберойду. У зв`язку з цим запропонована схема виробництва єврорубероїда з відходів виробництва.

Сучасне обладнання для переробки бітум покрівельних матеріалів забезпечує вилучення бітума із знятих старих руберойдових килимів і виготовлення нових покрівельних матеріалів високої якості. Крім цього при модифікації переробленого чистого бітуму може бути використано вторинну сировину, як то гумова крихта і пакувальні і теплоізолюючі матеріали з пінополістиролу, поліетилену, поліпропілену, які відслужили свій термін. Отже, з'являється можливість виробництва полімернобітумного в'яжучого повністю з вторсировини. Пропонується використання в якості захисного посипання для єврорубероїда також відходів доломіту. Відходи доломіту мають низьку собівартість і наділяють готовий матеріал властивістю пожежогасіння.

Проаналізовано сучасні методи очищення стоків, що містять нафтопродукти і органічні речовини. Наведено вимоги до якості води, яка може бути повторно використана в картонно-руберойдовому виробництві.

На основі аналізу методів очистки стічних вод запропонована схема очистки води, що дозволить повернути воду у виробництво. До складу пропонованих очисних споруд входять: флотатори, первинні відстійники з додаванням коагулянтів і флокулянтів, аеротенки на повну очистку з регенераторами і введенням біогенних добавок, вторинні відстійники; аеробний мінералізатор осаду; установка для механічного зневоднення на відстійних центрифугах; аварійні мулові майданчики 10 % річної кількості осаду; споруди використання його на землеробських полях; споруди ультрафіолетового знезараження очищених стічних вод; допоміжні будівлі і споруди.

В якості коагулянту застосовується сірчанокислий алюміній, при попередніх розрахунках дозу коагулянту можна приймати близько 100 мг/л (за безводним продуктом), таку дозу коагулянту дають в первинний відстійник і у флотатор. Для інтенсифікації осадження зважених речовин у відстійниках і підвищення ефективності флотації, останнім часом додають ще й флокулянти (поліакриламід – 1-10 мг/л). Біологічне очищення виробничих стічних вод картонно-руберойдових виробництв може відбуватися в аеротенках, біофільтрах або біореакторах. Для доочистки біологічно очищених стічних вод застосовують контактні фільтри-освітлювачі з рухом води знизу вгору. Для підвищення робочого ефекту фільтрів, вода, що надходить на них може піддаватися коагуляції або флокуляції. Цю воду повертають у відстійники.

Ефективність запропонованої схеми підтверджується розрахунком матеріального балансу процесу очищення.

Розраховані параметри двох основних апарату для очистки стоків: флотатора та мулоущільнювача. Для очистки води обрано радіальній флотатор.

В розділі «Охорона праці та захист навколишнього середовища» розглянуті умови праці в цеху по виробництву руберойду.

ПРОЕКТ ОБОРОТНОЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ФЕРОХРОМУ

Малахатько Н.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Одною з головних складових частин екологічної безпеки є зниження забруднення водойм за рахунок відмови від прямоточних систем водопостачання промислових підприємств і перехід до оборотних та замкнутих систем водопостачання.

Найбільшими промисловими споживачами води, а також найбільшими джерелами утворення значних кількостей забруднених стічних вод є металургійні підприємства.

На 1 т сталі, що виплавляється, витрачається 150-250 $м^3$ води, яка відводиться у водні об'єкти, маючи різні забруднюючі речовини.

Таким чином, робота, присвячена темі підвищення екологічної безпеки електросталеплавильного виробництва, виконана на актуальну тему.

Розглянута технологія виробництва ферохрому**,** джерела утворення стоків**.** Розглянуто вплив забруднюючих речовин на екологічні системи водойм. При скиданні забруднених стічних вод металургійних комбінатів у водоймі різко збільшується вміст завислих речовин, значна частина яких осаджується поблизу місця випуску. Відкладення осаду у водоймі можуть досягати кількох десятків сантиметрів і бути джерелом вторинного забруднення. Паралельно з цим відзначаються зменшення прозорості та поява специфічного бурого фарбування води.

Розраховані умови скиду стічних вод в поверхневі водойми (концентрації речовин перед пунктом водокористування, максимальні концентрації, допустимі для скиду).

Проаналізовані існуючі схеми очищення стоків електроферосплавного виробництва і на підставі цього аналізу запропонований основний метод очищення для повернення води в виробництво: коагуляція з флокуляцією і вапнуванням. Розглянуто фізико-хімічні основи обраного методу очищення. Запропонована зворотна схема водопостачання**,** в склад якої входять: реагентне господарство коагулянту, флокулянта, апарати для приготування вапняного молока, гидроциклон, змішувач, радіальний відстійник з камерою коагуляції.

Забруднена вода від газоочисток феросплавних печей і охолодження устаткування надходить до приймальної ємності для усереднення, потім – у відкритий гідроциклон, де під дією відцентрових сил відбувається процес осадження часток з ефективністю 70%. У розчинному баку коагулянту готується розчин сульфату заліза, а в розчинному баку флокулянта – розчин поліакриламіду (ПАА). Ці розчини подають за допомогою дозаторів в змішувач для перемішування зі стічною водою. Залізний купорос дозують в кількості 20 мг/л, поліакріламід – 0,02 мг/л. Від високих концентрацій ціанідів, які перебувають в стоках звільняються застосуванням залізного купоросу і подальшим підлужуванням для підтримки pH води в межах 9-10. Токсичні ціаніди переводяться у відносно малотоксичні ферро- і K_4 [Fe(CN)$_6$]*3H_2 O та ферріціаниди K_3[Fe(CN)$_6$] . При цьому ефективність очищення досягає 90-98% (залишковий вміст ціанідів 1-6 мг/л). Утворення пластівців відбувається в камері коагуляції, яка вбудована в радіальний відстійник. У відстійній частини радіального відстійника здійснюється осадження пластівців. Також у відстійник подається вапняне молоко для поліпшення процесу освітлення води і її пом'якшення (для видалення надмірного вмісту солей). Вапняне молоко застосовується для часткового усунення карбонатної жорсткості. Шлам, що утворюється в відстійнику, має вологість 70%. Шлам з гідроциклону і відстійника за допомогою шламової насосної станції надходить на фільтр-прес, де зневоднюється до вологості 45%. Фільтрат подається назад у відстійник.

Очищена від зважених часток і солей вода надходить в ємність для хлорування, куди інжектором подається хлормісткий реагент. Вода циркулює до тих пір, поки вміст ціанідів та роданидів не досягне необхідного рівня.

Далі воду подають на градирню для охолодження і повертають у виробництво.

Розрахований матеріальний баланс процесу очищення**.**

Обрані конструкції апаратів для очистки: радіального відстійника з камерою коагуляції**,** відкритий гідроциклон з внутрішніми пристроями**.**

Порівняльна характеристика якості зворотної води до і після запропонованої схеми очистки представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика якості стічної води і вимог до оборотній воді

№	Показники	Вимоги до оборотної води	Стічна вода до очистки	Очищена вода
1	pH	6,5-8,5	7,8	8,2
2	Зважені речовини	20 мг/л	2000 мг/л	30 мг/л

3	Жорсткість загальна	5 мг-екв/л	24,8 мг-екв/л	1,24 мг-екв/л
4	Сульфати	125 мг/л	1200 мг/л	160 мг/л
5	Хлориди	150 мг/л	990 мг/л	49,5 мг/л
6	Температура	20 ^{0}C	33-35 ^{0}C	15-20 ^{0}C

Проаналізовані умови праці в цеху по виробництву феросплавів діючого підприємства.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ АВТОМИЙОК НА ДОВКІЛЛЯ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

Купа Т.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Сучасні санітарно технічні норми категорично забороняють зливати використану в процесі мийки автомобілів воду в міську каналізацію. Органи природоохорони зобов'язують використовувати очисні установки для автомийок. Завдяки встановленню системи очищення води можна організувати безстічний цикл мийки автомобілів, а свіжу воду застосовувати тільки на завершальному етапі.

Розглянуто автопідприємство, яке спеціалізується на обслуговуванні рухомого складу комунального підприємства, на території якого розташовуються джерела забруднення води.

Таким чином автопідприємство буде негативно впливати на навколишнє середовище. На даний час це є досить актуальною проблемою для великих міст України.

Комунальне автопідприємство призначене для зберігання, обслуговування, поточного ремонту і експлуатації автотранспорту. Рухомий склад піддається туалетній мийці, а автомобілі, які повинні пройти технічне обслуговування, додатково піддаються поглибленій мийці. Парк автомобілів становить:

- з двигунами на газі – 32 од.;
- з двигунами на бензині – 20 од.;
- з двигунами на дизельному паливі – 33 од.

Вода подається з міського водопроводу в обсязі 3,5 тис м^3/рік (фактичні витрати 10 м^3/добу, розрахункові витрати – 20 м^3/добу). Ліміт на забір води становить 150 м^3/місяць. Забір води з технічного водопроводу відсутній.

На підприємстві вода використовується для мийки автомобілів і деталей, промивання акумуляторів, для випробування радіаторів, охолодження обладнання та поповнення систем оборотного водопостачання. Система водопостачання – прямоточна (для мийки автомобілів) і оборотна (для охолодження обладнання).

Виконано аналіз складу стоків від ділянки автомийки комунального автопідприємства, з'ясовано, що основний компонент забруднення – зважені речовини (в основному, пісок, бруд); присутні також мастила і нафтопродукти. До ЛОС підприємства належить відстійник, де осідають тверді зважені частинки. Утворений шлам вивозять на полігон ТПВ.

Розглянуто вплив забруднюючих речовин, які містяться в стічних водах автомийки на екологічні системи водойм у випадку експлуатації прямоточної системи водопостачання.

Розглянуто види мийок автомобілів.

Виконано аналіз сучасних технологічних схем очищення стоків від мийок автомобілів. Наприклад, в літературних джерелах пропонується спосіб механобіологічного очищення стічних вод в аеруємому відстійнику, аеротенку й двох послідовно встановлених вторинних відстійниках. Перевагою схеми є відсутність токсичного осаду у зв'язку з його знешкодженням у процесі аеруємого біологічного очищення. Недолік схеми полягає в громіздкості конструкцій і великих витрат часу на очищення води.

Описується установка й спосіб очищення стічної води у якому попередньо очищена від піску й масел стічна вода подається на фільтр, заповнений діатомовою землею, для відділення механічних забруднювачів, потім на фільтр із активованим вугіллям для відділення розчинених органічних речовин. Далі вода надходить у збірник і циркулює через названі фільтри доти, поки не досягає ступеня очищення, необхідного для її повторного використання.

Підприємство групи КАРХЕР пропонує установку для очищення води Rainbow.

Мийка МОВ1 при найбільшій продуктивності має меншу ціну в порівнянні з німецькими. Плюс до всього мийка заводу Акціонерного Товариства “Електрощит” пристосована до роботи з дуже сильно забрудненою водою.

Однак за потужністю ні одна з цих мийок не може застосовуваться для підприємства, що розглядається.

Пропонується створити систему замкненого водопостачання для даного підприємства.

При порівнянні вихідних даних з нормативними даними можно побачити, що по зваженим речовинам, нафтопродуктам, ХСК та $БСК_{повн}$ вода після автомийки не відповідає нормам.

На підприємстві необхідно встановити очисні спорудження із замкнутим водозворотом, що забезпечують високу якість води, механізацію видалення й збору брудних осадів, автоматизацію процесу очищення води. Оскільки вода від мийки вантажних автомобілів забруднена значно більше, ніж вода від мийки легкових автомобілів, то доцільно буде вибрати схему очищення, що включає в себе первинне механічне очищення стічної води в пісковловлювачі. Система зворотного водопостачання вимагає додавання в неї чистої води в кількості 15 % від всієї використовуваної води, як будь-яка інша система зворотного водопостачання. В якості ресурсозберігаючих заходів можна запропонувати використання поверхневого стоку після очищення для підживлення системи оборотного водопостачання. Кількість дощових і снігових стічних вод, які виникають на території підприємства була розрахована в роботі, також був визначений винос речовин поверхневим стоком. Для використання стічних вод з території підприємства в якості води для підживлення оборотної системи необхідно передбачити систему збору у вигляді резервуара попереднього збору (для цих цілей можна використовувати існуючий відстійник), водопровідну мережу і насос для перекачування води з резервуара.

Очищення поверхневого стоку можна передбачити разом з виробничими стічними водами.

Пропонуєма схема складається з:

- резервуара попереднього збору вод поверхневого стоку (існуючий відстійник);
- насоса для перекачування води з резервуара
- вертикального пісковловлювача із пневмовикидом;

- багатоярусного гідроциклону;
- фільтра грубого очищення із плаваючим завантаженням з пенопропілена;
- фільтра тонкого очищення із завантаженням із сепрона;
- ємкості чистої води.

Дана схема за наведеними розрахунками матеріального балансу дозволить очистити воду до вмісту зважених речовин 3,12 мг/л, нафтопродуктів – 2,4 мг/л, що задовольняє вимогам до замкнутого циклу водопостачання.

АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ ДІОКСИНАМИ

Мельников О.С., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

В біосфері діоксини швидко поглинаються рослинами, оскільки сорбуються грунтом і різними матеріалами, де практично не змінюються під впливом фізичних, хімічних і біологічних чинників середовища. Завдяки здібності до утворення комплексів, вони міцно зв'язуються з органічними речовинами грунту, купуються в залишках загиблих грунтових мікроорганізмів і частинах рослин, що омертвіли.

Вивчені фізичні та хімічні властивості діоксинів в залежності від їх будови, механізм утворення діоксинів – тетрахлорбензофурану, тетрахлорнафталіну, структурна формула найбільш яскравого представника діоксину – 2,3,7,8-тетрахлордибензо-n-діоксину.

Охарактеризовані види діоксинів. Група під загальною назвою «діоксини» – це 419 різних сполук. З них 28 надзвичайно небезпечні, але їх токсичність дуже розрізняється – від надтоксичного 2,3,7,8-ТХДД (Тетрахлордибензо-n-діоксину) до менш токсичних октахлордібензофурану або ПХБ. Проаналізовані коефіцієнти токсичності діоксиів відносно –2,3,7,8-тетрахлордибензо-*р*-діоксину (токсичність якого прийнята за одиницю).

Також проаналізована фізіологічна дія діоксинів: ознаки гострого та хронічного отруєння, шляхи впливу діоксинів та діоксиноподібних сполук на здоров'я людини та їх дію на молекулярному рівні.

Діоксини мають високу стабільність в довкіллі. Кінетичні дослідження привели до наступних оцінок періоду напіврозпаду найбільш токсичного діоксину 2,3,7,8–ТХДД:

- в грунті – понад 10 років (до 20);
- в поверхні грунту – від 1 до 3 років;
- у донних відкладеннях – до 2 років;
- у воді – 1-2 роки.

Єдиним аналітичним методом достовірного визначення діоксинів і споріднених сполук на необхідному рівні чутливості є хромато-мас-спектрометрія.

Проаналізовані відомі технології знешкодження діоксинів, які поділяються на термічні, низькотемпературні методи деструкції, біологічні методи, комбіновані технології. Важлива роль в зменшенні забруднення діоксинами навколишнього середовища належить удосконаленню існуючих технологій, завдяки чому надходження діоксинів в біосферу припиняється чи зменшується в десятки разів. Проведений порівняльний аналіз технологій знешкодження діоксинів.

Основний метод знешкодження грунтів, забруднених діоксинами, поки зводиться до їх видалення та складування у спеціальних сховищах. Інші методи використовуються багато рідше, і вони ще не вийшли із стадії експерименту. Залежно

від завдання можуть бути рекомендовані наступні способи їх знешкодження від діоксинів:

– видалення забрудненого грунтового покриву і складування його в спеціальних сховищах;

– видалення грунтового покриву, транспорт і термічна обробка в стаціонарних умовах у спеціальних печах або термообробка безпосередньо на місці з використанням рухомих установок для спалювання;

– обробка грунту in situ за допомогою APEG;

– знезараження грунтів in situ біологічними методами, наприклад, з використанням грибка білої гниллі.

Піч Ванюкова, яка дозволяє спалювати тверді побутові відходи без утворення діоксинів.

Метою запропонованної технології є підвищення повноти знешкодження та спрощення способу знешкодження грунту від токсичних речовин, які важко окислюються.

В якості перекисної неорганічної сполуки використовують пероксид або його суміш з супероксидом лужного металу. Реагент використовують у вигляді порошку, розчину або суспензії, причому концентрація реагенту в грунті становить від 0,5 до 1,5 величини потрібного стехіометричного співвідношення. Пероксиди та супероксиди лужних і лужноземельних металів при контакті з зволоженим грунтом виділяють кисень. Так, пероксид кальцію гідролізується за рівнянням:

$$CaO_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 0{,}5O_2$$

Утворений кисень в момент виділення більш активний порівняно з киснем повітря і енергійно окиснює токсичні органічні речовини за рівнянням:

$$C_mH_nN_k + \left(m + \frac{n}{k}\right)O_2 = mCO_2 + \frac{n}{2}H_2O + \frac{k}{2}N_2$$

Гідроксиди металів, зокрема гідроксид кальцію, виконують роль добрива, яке особливо корисно для кислих грунтів.

Виділення кисню може прискорюватися за рахунок реакції пероксиду з оксидом вуглецю:

$$CaO_2 + CO_2 \xrightarrow{H_2O} CaCO_3 + 0{,}5\ O_2$$

Утворений карбонат кальцію не знижує характеристики грунту, а в ряді випадків є корисним для нього.

Підвищена активність одержуваного з пероксидов металів кисню сприяє більш енергійному залученню до реакції молекул атмосферного кисню, тому потрібну кількість пероксидного реагенту можливо знижувати до 0,5 від потрібного стехіометричного значення. У випадках, коли кисень, який виділився, частково втрачається в атмосфері (при бурхливої реакції розкладання пероксиду металу), може знадобитися до 1,5 від стехіометричного значення маси окислювача, що встановлено експериментально.

Суміш-реагент, може готуватися заздалегідь або вводитися в об'єкт, який знешкоджується, окремими компонентами. Реагент використовують у вигляді порошку, розчину або суспензії, добре переміщують з грунтом. Періодично проводять аналіз об'єкта, який знешкоджується, на наявність токсичних речовин.

За запропонованим способом через 20 діб в основному досягається повне знешкодження досліджуваних токсикантів. Причому збільшення вмісту реагенту більше 1,5 від стехіометричного недоцільно, оскільки ефективність знешкодження не збільшується. Зниження цього співвідношення до 0,5 несуттєво впливає на процес знешкодження.

Використовувані реагенти відрізняються простотою в обігу, екологічною чистотою, є стабільними при зберіганні. Операції виконання способу досить прості і безпечні.

Запропонована технологія забезпечує підвищення повноти знешкодження та спрощення способу знешкодження грунту від токсичних речовин, які важко окислюються.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО БОРОТЬБИ З РОЗПОВСЮДЖЕННЯМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ІНВАЗІЙНИХ РОСЛИН

Нотін М.М., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Поширення неаборигенних організмів , у тому числі фітоінвазії, було визнано другою після знищення місцезростань, а в деяких країнах, наприклад у США та Австралії, навіть першою за важливістю загрозою біорізноманіттю, оскільки наслідки навали чужинців уже вийшли за межі сільськогосподарських питань і стали проблемою довкілля.

Проаналізовано, що таке біологічне забруднення – це впровадження в екологічні системи і технологічні споруди чужорідних (інвазивних) організмів. Розглянуто процес впровадження чужорідних організмів.

Зростаючі темпи імпорту рослинної продукції, зокрема насіння і посадкового матеріалу, а також вступ України до ВОТ створюють умови для завезення на територію держави цілого ряду небезпечних карантинних організмів. На сьогоднішній день в Україні налічується понад 830 адвентивних видів рослин, що становить близько 14% від загальної кількості видів флори країни. Приведені лише деякі з них, найбільш нам всім відомі: череда волосиста, золотушник канадський, китайський клен, люпін багатолистний, топінамбур, дівочій виноград, амфорра кущова, клен американський, чорнощир нетреблистий).

Амброзія полинолиста – найбільш яскравий шкідливий представник інвазівних рослин, найбільш шкідливий з точки зору не тільки для довкілля але і для здоров’я людини.

Амброзія потрапила в Європу з Північної Америки на початку XX століття, причому декількома шляхами. У 1914 р німецький аптекар Кріккер вирощував її в Дніпропетровській області як лікарську рослину (замінник дорогої хіни і глистогінний засіб), в 1925 році амброзію виявили на території Київської області, армія генерала Денікіна привезла амброзію з насінням люцерни – так з'явився цей бур'ян в Запорізькій, Донецькій, Луганській областях. З цього часу амброзія значно поширилася по Україні, а в степовій зоні вона являє собою стихійне лихо.

В останні десятиріччя поширення амброзії в Україні набуло характеру екологічного вибуху, в зв'язку з чим це явище назвали «амброзієвою чумою». Сьогодні амброзія росте в 21 області України. Загальна площа зараження, за найскромнішими підрахунками, становить понад 1 млн га. Самі великі площі займає рослина в – в Кіровоградській, Запорізькій, Дніпропетровській, Донецькій та інших південних і східних областях.

В роботі проаналізовані біологічні та морфологічні особливості амброзії полинолистої, екологічні особливості.

Проаналізовано напрямки негативного впливу амброзії полинолистої на довкілля та людину.

Вивчений стан проблеми боротьби з амброзією в м. Дніпро та Дніпропетровській області.

У Дніпрі досі немає карти карантинних рослин. Амброзію комунальники викошують разом з іншою бур'яном, при цьому число госпіталізованих алергіків в дні активної боротьби з бур'яном зростає в кілька разів. Програма по локалізації та ліквідації амброзії полинолистої та інших карантинних організмів на території міста на 2012-2016 рр. не працює. Зараз ця рослина займає близько 195 тис. га Дніпропетровської області (3197400 га).

Міська програма по боротьбі з амброзією, прийнята міськрадою в 2012 році, була провалена попередньою владою. У тому ж році повинні були розробити карантинну карту міста, але кошти на це виділені не були. У 2015 році повинна була завершитися науково-дослідна робота по розробці альтернативного, негербіцідного методу боротьби з карантинними рослинами.

Всі ці роки боротьба з бур'яном, пилок якого викликає небезпечну хворобу, обмежувалася тим, що працівники КП «Міськзеленбуд» скошували карантинні рослини, що робити категорично не можна.

Передбачалося, що для дослідження поширення пилку амброзії застосують спеціальні прилади, які «захоплюють» пилок різних рослин, допомагають фахівцям зрозуміти, зокрема, звідки саме її несе вітер. Це дозволить вчасно попереджати хворих на алергію про початок сезону цвітіння того або іншого алергену. Пилкові пастки здатні працювати в радіусі до 40 км. У Дніпрі планували встановити два таких прилади – на лівому і правому берегах.

Поки по боротьбі з амброзією в області практично нічого ефективного не робиться. Треба було терміново впроваджувати бішофіт. Зараз це єдиний відповідний засіб для ліквідації бур'яну. Можна, звичайно, навесні виривати найнебезпечніші рослини разом з корінням, оскільки косити амброзію марно. Але для цього потрібні тисячі людей.

При обласній раді створили комунальне підприємство по боротьбі з амброзією. Але грошей немає.

Тому зараз ситуація з амброзією і алергічними захворюваннями в області катастрофічна.

Розглянуті та проаналізовані заходи, які використовують для боротьби з бур`янами, і з урахуванням особливостей життєвого циклу амброзії полинолистої, запропоновані методи контролю її чисельності і комплексні заходи боротьби в залежності від території її розташування.

У боротьбі з амброзією застосовують п'ять основних методів боротьби: агротехнічний, хімічний, механічний, фітоценотичний і біологічний.

На землях сільськогосподарського призначення практично застосовуються всі методи, біологічний – в меншій мірі і в плані природного витіснення амброзії іншими видами рослин.

У населених пунктах найчастіше застосовуються механічний, фітоценотичний методи, але можливе застосування і інших методів.

Як результат роботи були напрацьовані пропонуємі рекомендації щодо заходів із локалізації та ліквідації вогнищ амброзії полинолистої на території Дніпропетровської області.

Систематичне використання цих методів у галузі сільського господарства забезпечить підвищення родючості ґрунтів, продуктивності рослинництва, зменшення шкідливої дії амброзії на довкілля та здоров’я людей.

Пропонуємі заходи надасть можливість локалізувати вогнища небезпечного карантинного організму та зменшити площі засмічення амброзією за 15 років на 80%.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ

Залюбовський О.В., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Ливарна технологія – це процес отримання литих заготовок шляхом заливки розплавленого металу у форми, порожнина яких повторює конфігурацію виливки. При охолодженні метал твердне і приймає конфігурацію порожнини форми. Існує кілька способів виготовлення виливків: лиття в піщані форми, лиття в кокіль, лиття за моделями, що виплавляються, лиття під тиском. Але всі існуючі способи лиття поділяються на дві групи: лиття в піщані форми та спеціальні способи лиття.

У ливарних цехах металургійних підприємств чавунне та сталеве лиття здійснюється у вагранках та електродугових печах.

Були проаналізовані джерела утворення відходів у ливарному виробництві.

Основним джерелом пилу у ливарному виробництві є вагранки.

Колошниковий пил вагранок містить 22-25% оксидів заліза, 28-31% оксидів кремнію, 3-4% оксиду кальцію, втрати при прожарюванні 28-33%, решта компоненти – в невеликих кількостях.

Способи очищення ваграночних газів від пилу дуже різноманітні. Найбільш простий з них – застосування іскрогасників, що розміщуються на виході газів з вагранки. Дія мокрих іскрогасників ґрунтується на промиванні газового потоку розпиленою водою. При цьому частки пилу змочуються, коагулюють, обтяжуються та випадають із газового потоку, після чого їх відводять у вигляді шламу разом з водою.

У ливарних цехах виробничу воду витрачають на охолодження обладнання, гідрорегенерацію піску, очищення вентиляційного повітря, ваграночних газів, грануляцію шлаків, для транспортування відпрацьованих сумішей, гідравлічного та електрогідравлічного очищення виливків тощо. Виробничі стічні води (ВСВ) поділяються на умовно чисті (ВСВу) та брудні (ВСВб).

У стічній воді, що відходить від мокрого очищення викидів міститься велика кількість завислих речовин, хлоридів, сульфатів та заліза, а також вода характеризується великою жорсткістю.

Проаналізовані методи очищення стічних вод, що утворюються.

Механізми вилучення частинок із води зводяться до наступних:

- проціджування, у якому вилучення частинок є чисто механічним;
- гравітаційне осадження;
- інерційне захоплення;
- коагуляційне осадження;
- хімічна адсорбція;
- фізична адсорбція.

Зазвичай виробничі стічні води ливарних цехів підприємств, що діють, після охолодження обладнання проходять одноступінчасте очищення. Вода очищається в горизонтальних відстійниках, де відбувається осадження завислих частинок. Ефективність такої очистки недостатня ні для скидання води у водоймище, ні для повторного використання.

Споживачів води у металургійному виробництві, що використовуються воду для охолодження та паросилового господарства ділять на 4 групи. Водоохолоджувані елементи електросталеплавильних печей як споживачі води відносяться до 1-ї групи. У таблиці наведено вимоги до якості води для оборотних систем водопостачання для першої групи споживачів. З наведених даних видно,

що якість води не відповідає вимогам по зваженим речовинам, залізу загальному, сульфатам, загальної жорсткості, хлоридам. Отже, крім очищення води від завислих речовин та заліза загального, необхідні заходи щодо стабілізаційної обробки води.

Розраховані умови спуску води у водойму та визначено необхідну для цього ступінь їх очищення, що склала в середньому близько 99%. Однак перспективнішим з екологічної точки зору є використання води в обороті.

Далі наведена пропонована схема очищення води.

Первинне очищення стоків буде проводитись у горизонтальному відстійнику, де видаляються великі зважені частки з ефективністю 60%. Далі вода надходить у змішувач, куди подається коагулянт за допомогою дозатора із розчинного бака коагулянту. В якості коагулянту використовуються солі заліза $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, залізний купорос $Fe_2SO_4 \cdot 7\ H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$, хлорований залізний купорос $Fe_2(SO_4)_3 \cdot FeCl_3$. Найкраще освітлення спостерігається під час використання Fe^{3+}. $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ застосовують у сухому вигляді або у вигляді 10-15%-них розчинів; сульфату заліза – як порошків. Доза коагулянту залежить від pH води. Для підвищення ефективності використовують підлужування.

Камера пластівцеутворення вбудована в радіальний відстійник. Туди ж планується подавати вапняне молоко (для інтенсифікації процесу освітлення води та пом'якшення її) та тринатрійфосфат (для пом'якшення води).

Вапняне молоко застосовується для часткового усунення карбонатної жорсткості.

Цим способом усувається карбонатна жорсткість, але загальна жорсткість залишається постійною. Тому зниження загальної жорсткості пропонується використовувати тринатрийфосфат.

Після цього воду можна використовувати у зворотному циклі. Шлам з горизонтального та радіального відстійників згущують у відстійнику-згущувачі, потім зневоднюють на фільтр-пресі та сушать у сушильному барабані.

АНАЛІЗ СКЛАДУ СТІЧНИХ ВОД, ЯКІ УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ШОКОЛАДНИХ ЦУКЕРОК ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ШОДО ЇХ ОЧИСТКИ

Харитонов М.О., керівник ст. викл. Мєшкова А.Г.
Український державний університет науки та технологій

Суттєвий вплив на забруднення природного середовища органічними компонентами здійснюють кондитерські підприємства та виробництва шоколадних цукерок. Перспективність використання багатоступеневих технологій комплексної очистки стічних вод для харчових виробництв доведена, актуальною та необхідною є розробка ефективної технології комплексної очистки стічних вод кондитерського виробництва.

Проаналізовано склад стоків різноманітних підприємств харчової промисловості. Розглянуті схеми виробництва кондитерських виробів: схема виробництва печива «Картопля», схема виробництва цукрового печива, схема виробництва вафель з начинкою, схема виробництва бисквитно-кремових тортів.

Далі виконаний порівняльний аналіз стічних вод кондитерських підприємств, які розташовуються в Україні. Таким чином, для підприємств кондитерської промисловості актуальною є задача підвищення якості виробничих стічних вод з метою досягнення нормативів прийому в міську водовідвідну мережу за показниками: зважені речовини, $БСК_5$, ХСК, важкі метали, СПАР, нафтопродукти.

Далі були проаналізовані схеми, методи та споруди для очистки стічних вод, які використовуються в Україні та закордоном. Для очищення стічних вод кондитерських фабрик і підприємств харчової промисловості з подібним якісним і кількісним складом виробничих стічних вод застосовуються методи механічної, фізико-хімічної, хімічної і біологічної очистки. Істотним недоліком застосування будь-яких методів очищення стічних вод є утворення осадів, які повинні піддаватися утилізації. Обробка осадів стічних вод, що утворюються в процесах очищення, полягає в зниженні їх вологості і зменшенні обсягу, а також знезараженні. Зниження вологості осадів досягається в апаратах механічної дії – на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах.

Зроблено висновок, що для стічних вод сучасних кондитерських виробництв найбільш доступним та технологічно обгрунтованим є комплексний спосіб очистки в аеробних умовах на багатоступеневих установках, оптимальні режими роботи яких встановлюються тільки експериментально, з врахуванням конкретних умов головного виробництва.

Проаналізовано склад стоків реального виробництва кондитерського виробництва після механічного очищення.

Таким чином, аналіз системи водопостачання та водовідведення кондитерської фабрики показав, що:

– виробничі стічні води відводяться без очищення в міський колектор господарсько-побутової каналізації;

– поверхневі стічні води відводяться без очищення в міський колектор зливової каналізації;

– якість виробничих стічних вод, що надходять до міського колектору, не задовольняє нормативним вимогам прийому їх в міську водовідвідну мережу для подальшої очистки за наступними показниками: зважені речовині, ХСК, $БСК_{п}$, СПАР, нафтопродукти;

– зниження концентрації заліза загального в виробничих водах кондитерської фабрики досягається шляхом проведення заходів, які полягають в заміні сталевих трубопроводів на поліпропіленові;

– якість поверхневого стоку не відповідає вимогам, що пред'являються до стічних вод, що скидаються у водойми рибогосподарського призначення за наступними показниками: іони заліза, амонію, нітрат- і нітрит-іони, $БСК_{п}$, зважені речовини, нафтопродукти. Внаслідок того, що кришки колодязів господарсько-побутової каналізації знаходяться на рівні асфальту, відбувається потрапляння забрудненого поверхневого стоку в міську водовідвідну мережу.

Для очищення стічних вод кондитерської фабрики від зважених речовин, жирів, СПАР і нафтопродуктів запропоновані до розгляду три варіанти систем очищення.

Найбільш ефективною для очищення стічних вод кондитерської фабрики є пропонуєма схема, яка дозволяє знизити концентрації ХСК, $БСК_{п}$, зважених речовин, СПАР до встановлених нормативів.

Згідно зі схемою забруднені виробничі стічні води подаються в відстійні жировловлювачі, де протягом 20 хв осідають зважені частинки розміром 0,15 мм і більше. Далі вода очищується за допомогою напірної флотації: після напірної ємності вода надходить у горизонтальний чи радіальний флотатор. Шкребковим механізмом видаляються спливаючі речовини в шламозбірник. З двох шламозбірників шлам вивозиться на міський полігон побутових відходів. Після механічної очистки вода надходить в аеротенк першого ступеня, а потім – у вторинний муловідділювач. Вода відстоюється, мул осаджується, надлишковий активний мул спрямовують на мулові майданчики для зневоднення.

Теж саме здійснюється на другому ступені очистки. Після третинного муловідділювача вода може повертатися в оборот чи йти на скидання у водойму.

При використанні всіх запропонованих схем очищення виробничих стічних вод кондитерських фабрик виключається вторинне забруднення стічних вод коагулянтами і флокулянтами (солями алюмінію і заліза).

Доведена перевага використання для очистки стічних вод кондитерських підприємств від полідисперсних забруднень двохступенчастої схеми з муловідділювачами на кожному ступені, що дозволяє скоротити об`єми споруд в порівнянні з одноступеневою.

РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ СТОКАМИ АКУМУЛЯТОРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Хмиз М.А., керівник доц. Романько Я.В.
Український державний університет науки та технологій

У роботі було розглянуто технологію виробництва свинцевих акумуляторів. Описаний вплив свинцю та сульфатів на екологічні системи водойм та людину. Проаналізовано джерела утворення стічних вод, концентрацію забруднень.

Характеристика стічних вод виробництва кислотних акумуляторів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика стічних вод виробництва кислотних акумуляторів

Показники	Значення показників забруднених стічних вод цехів					
	Намазки	Глетоміш альний	Освинцування	Крупнофор мувальний	Формувальний	Загальний сток
Колір	Сіро-бурий	Жовто-бурий	Жовтувато-зелений	Буроватий	Жовтоватий	Сіро-бурий
Концентрації забруднень, мг/л: завислі речовини	80-950	270-500	10-90	40-220	110-170	400-1000
свинець (загальна кількість)	190-500	100-250	30	90	80	200-500
розчиненний свинець	0,15	1,2	1,3-8,1	1,2-5,2	1,6-10	1,25
залізо	0,2	-	-	-	-	0,2-2,6
загальний вміст сірчаної кислоти	-	-	-	2900	3400	1700
сульфати	-	540-1200	-	-	-	-
мінеральна частина завислих речовин, %	75-80	-	60-65	55-80	70-80	-
pH	8,4-9,0	1,8-8,0	3,9-9,0	1,5-1,6	1,5-1,6	1.5-3,5
Окислюваність, мгO_2/л	18-20	15-24	14-18	11-30	12-24	14-16

Порівняння якості стічних вод до і після очистки, яка існує на підприємстві, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняння якості стічних вод до і після очистки

Показники	Вміст забруднюючих речовин, мг/л		
	До очистки	Після очистки	Допустима концентрація для скидання стоків у каналізацію
Завислі речовини	700	145	165
Свинець	350	20	0,044
Сульфати	3000	700	100
Хлориди	200	90	300
$БСК_п$	25	15	5
pH	1,0	6,0-8,0	6,5-8,5
Окислюваність, мгO_2/л	15	10	-

Хімічний метод очищення, застосовуваний в цій схемі – є дорогим, екологічно невиправданим, оскільки підвищує вміст солей у воді і очисні споруди в даній схемі займають велику площу.

Охарактеризовано існуючу на Дніпропетровському акумуляторному заводі схему очищення стічних вод, до якої входять такі споруди: горизонтальний відстійник, три реактори, тонкошаровий відстійник, фільтр. Схема ґрунтується на хімічних методах очищення, пов'язана з великою витратою дорогих реагентів і не забезпечує необхідного ступеня очищення. Здійснено аналіз можливих методів очищення.

Розрахунками обґрунтовано неможливість, з екологічної точки зору, експлуатації прямоточної системи водопостачання. Запропоновано основний метод очищення для повернення води у виробництво – електроліз. Розглянуто фізико-хімічні основи обраного методу очищення. Запропоновано технологічну схему очищення, до якої входять: реагентне господарство коагулянту, флокулянту, апарати для приготування розчину луги, електролізер, фільтр, апарати для відстоювання. Розраховано матеріальний баланс процесу очищення, параметри електролізера та розраховано кількість реагентів для проведення процесу нейтралізації. Запропонована схема дозволяє очистити воду до вмісту свинцю – 0.01 мг/л, сульфатів – до 150 мг/л.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦЮЮЧИХ

Гаврилюк Є.С., керівник доц. Романько Я.В.
Український державний університет науки та технологій

Коксохімічний завод призначений для високотемпературної переробки кам'яного вугілля методом коксування з метою одержання коксу, коксового газу й хімічних продуктів коксування.

Відповідно дослідженням Міжнародної агенції вивчення раку і згідно з гігієнічними нормативами Міністерства охорони здоров'я України виробництво коксу віднесено до процесів, канцерогенна небезпека яких є безумовно доведеною. Це пов'язано з тим, що у повітрі робочої зони присутні хімічні речовини, які спричиняють канцерогенну дію: пил вуглецю, кам'яновугільні смоли, сажа, силіцію діоксин кристалічний, бензол, сполуки миш′яку, поліциклічні ароматичні вуглеводні, кислота сірчана, антрацен, фенантрен, нафталін.

Охарактеризована технологія виробництва коксу з метою визначення механізму утворення шкідливих компонентів викидів.. В коксовій печі здійснюються

перетворення, так звані первинні і вторинні реакції. В результаті яких утворюється кокс та супроводжуючі леткі шкідливі компоненти.

Канцерогенну небезпеку при коксуванні вугілля пов'язують з виділенням у повітря робочої зони поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які утворюються при горінні палива. Є дані щодо стимуляції канцерогенезу хімічними факторами навколишнього середовища –сірчистим ангідридом, оксидом азоту, фенольними сполуками. У формування несприятливого фону виробничого середовища вносять свій внесок фізичні чинники: перепади температури повітря, шум, вібрація, , інфрачервоне випромінення. Такий комплекс несприятливих впливів підвищує ризик захворювання раком легень, шкіри, сечового міхура, нирок. Тому важливим є проведення для працюючих на коксохімічному виробництві комплексної оцінки впливу факторів виробничого середовища на працюючих.

Розглянуто сутність атестації робочих місць, яка здійснюється згідно «Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

Згідно цієї класифікації умови праці діляться на 4 класи – оптимальні, допустимі, шкідливі та небезпечні (екстремальні). Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та настання можливих змін в організмі працюючих поділяються на 4 ступені: 3.1,3.2,3.3,3.4. Всі фактори, які оцінюються при проведенні атестації можуть бути зведені у таблицю.

На основі комплексної оцінки робочі місця відносять до одного з видів умов праці:

- з особливо шкідливими та особливо важкими умовами праці;
- зі шкідливими і важкими умовами праці;
- зі шкідливими умовами праці..

Була проведена санітарно-гігієнічна оцінка умов праці робітників підприємства «ДніпроКокс».

Умови праці робітників підприємства за умовами мікроклімату відносяться до 3 класу 1,2,3,4 ступеня шкідливості. Умови праці робітників цих професій за рівнем шуму відносяться до 3 класу 1,2 ступеня шкідливості.

Перевищення ГДК у повітрі робочої зони пилу вуглецю від 2,1 до 2,9 разів (умови праці 3 класу 2 ступеня шкідливості) встановлено у вуглепідготовчому цеху на робочих місцях дозувальника, дробильника, машиніста живильника, транспортувальника, машиніста мостового перевантажувача, машиніста вагоноперекидувача, електромонтера, слюсаря-ремонтника.

Вище середнє заводських показників захворюваність новоутвореннями була в цехах: ремонтно-механічному, коксовому, вуглепідготовчему, будівельно-монтажному, автотранспортному.

Дані щодо новоутворень (злоякісних, доброякісних, неуточненних), які були виявлені під час медичних оглядів робітників підприємства за 3 роки

Таким чином, гігієнічна оцінка умов праці робітників коксохімічного підприємства «Дніпрококс» на робочих місцях у приміщеннях з наявністю комплексу виробничих чинників, таких як хімічні речовини, які мають канцерогенну дію, шум, мікроклімат, показала невідповідність їх оптимальним речовинам, що зумовлює негативний вплив на організм робітників.

Далі була проведена оцінка забруднення повітряного середовища на відкритій місцевості підприємства «Дніпрококс» та на прилеглій території.

Були проведені розрахунки по оцінці рівня забруднення повітряного середовища на території заводу «Дніпрококс» при викиді різних сполук.

Аналіз проведених розрахунків показує, що сумарний показник забруднення в розрахунковій точці на території промислового майданчика ремонтного цеху «Дніпровського коксохімічного заводу» перевищує допустимий у 4,4 рази.

Для працівників, що знаходяться в робочій зоні, яка безпосередньо попадає під вплив дії шкідливих викидів, особливо важливим параметром безпеки на робочому місці є аналіз ризику.

Для робітників промислового майданчика ремонтного цеху через 1 рік ризик хронічних захворювань складає 4,7 %, а через 10 років 23 % у випадку, коли враховуються викиди лише самого коксохімічного заводу. У випадку, коли враховуються викиди двох підприємств, а саме заводу ім. Петровського і коксохімічного заводу «Дніпрококс», ризик хронічних захворювань через 1 рік складає 6,5 %, а через 10 років 31 %, тобто спостерігається збільшення ризику хронічних захворювань у працівників промислового майданчика ремонтного цеху.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕКОЛОГІЇ

Ляшко А., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

В умовах зростаючого антропогенного навантаження на навколишнє середовище важливого значення набуває використання сучасних методів дослідження для оцінки стану довкілля. Метою даної роботи є аналіз основних методів екологічних досліджень, їх класифікація та визначення ефективності застосування в умовах сучасного моніторингу. Екологічні дослідження базуються на комплексному підході, що поєднує польові спостереження, лабораторні аналізи та математичне моделювання. Вибір методу залежить від об’єкта дослідження, поставлених завдань та рівня необхідної точності результатів.

Основні методи дослідження включають: *Спостереження*. Систематичне вивчення природних процесів без втручання в них, що дозволяє отримати первинну інформацію про стан екосистем. *Експеримент*. Активний вплив на об’єкт дослідження з метою виявлення причинно-наслідкових зв’язків між екологічними факторами. *Моніторинг*. Довготривале спостереження за змінами стану довкілля, що дозволяє оцінити тенденції та прогнозувати розвиток екологічних процесів. *Лабораторні методи*. Включають фізико-хімічний аналіз води, ґрунтів та повітря з використанням сучасного обладнання. *Математичне моделювання*. Використання комп’ютерних програм для прогнозування екологічних змін та аналізу складних систем. *Статистичний аналіз*. Обробка отриманих даних для визначення закономірностей, середніх значень та відхилень. У роботі було проаналізовано ефективність застосування зазначених методів у практиці екологічних досліджень.

Проведений аналіз показав, що використання комплексного підходу до дослідження довкілля є найбільш ефективним. Поєднання спостережень, експериментів та сучасних методів обробки даних дозволяє отримати достовірні результати та виявити закономірності розвитку природних процесів. Встановлено, що найбільш перспективним напрямом є впровадження автоматизованих систем моніторингу та використання математичних моделей. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності екологічного контролю та прогнозування стану навколишнього середовища.

Захист довкілля – соціальна й економічна проблема, нерозривно пов'язана із завданням створення комфортних умов для життя й роботи людини.

ВПЛИВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ

Палига В.А , керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

Проблема утворення та накопичення твердих побутових відходів є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності. Зростання обсягів споживання, урбанізація населення та розвиток промисловості призводять до щорічного збільшення кількості відходів. Неналежне поводження з ними спричиняє забруднення основних компонентів довкілля, зокрема ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря, що негативно впливає на екологічний стан територій і здоров'я населення. Особливої гостроти ця проблема набуває в умовах переважання полігонного захоронення відходів та недостатнього розвитку систем їх переробки.

Тверді побутові відходи формуються внаслідок життєдіяльності населення та функціонування об'єктів сфери обслуговування. Їх склад є різноманітним і включає органічні залишки, папір, пластик, скло, метал та інші матеріали. Значну частку становлять полімерні відходи, які характеризуються тривалим періодом розкладання і накопичуються в навколишньому середовищі. Органічна складова відходів у процесі розкладання утворює гази, зокрема метан, що є одним із чинників посилення парникового ефекту. Таким чином, склад твердих побутових відходів визначає їх потенційний вплив на довкілля та обумовлює необхідність застосування відповідних методів їх обробки.

Накопичення відходів призводить до комплексного негативного впливу на всі компоненти навколишнього середовища. Забруднення ґрунтів відбувається внаслідок проникнення токсичних речовин із фільтрату полігонів, що змінює їх фізико-хімічні властивості та знижує родючість. Водні ресурси зазнають негативного впливу через інфільтрацію шкідливих речовин у підземні та поверхневі води. Атмосферне повітря забруднюється внаслідок виділення звалищного газу, який містить метан, діоксид вуглецю та інші шкідливі сполуки. Крім того, спалювання відходів без належного контролю супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема діоксинів, що становлять загрозу для здоров'я людини.

Для зменшення негативного впливу твердих побутових відходів застосовуються різні методи поводження з ними. Найбільш поширеним є захоронення відходів на полігонах, однак цей метод має значні екологічні недоліки. Спалювання дозволяє зменшити обсяг відходів, проте потребує застосування сучасних систем очищення викидів. Найбільш ефективним з екологічної точки зору є перероблення відходів, яке передбачає повторне використання матеріалів та зниження навантаження на природні ресурси. Важливим елементом сучасної системи управління відходами є впровадження роздільного збору, що значно підвищує ефективність їх подальшої утилізації.

Розв'язання проблеми поводження з твердими побутовими відходами потребує комплексного підходу, який включає вдосконалення нормативно-правової бази, розвиток інфраструктури переробки та підвищення рівня екологічної свідомості населення. Необхідним є впровадження сучасних технологій утилізації, стимулювання повторного використання ресурсів та зменшення утворення відходів на етапі виробництва і споживання. Важливу роль відіграє екологічна освіта населення та формування відповідального ставлення до довкілля.

Отже, проблема твердих побутових відходів має значний вплив на стан навколишнього середовища та потребує невідкладного вирішення. Найбільш перспективним напрямом є перехід до раціонального природокористування, що передбачає мінімізацію утворення відходів і максимальне їх повторне використання.

Реалізація комплексу екологічних заходів сприятиме зменшенню антропогенного навантаження на довкілля та забезпеченню сталого розвитку суспільства.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ

Федоренко О.В., керівник доц. Суліменко С. Є.
Український державний інститут науки та технологій

Ефективне управління відходами є критично важливим аспектом екологічної безпеки, що потребує чіткої класифікації для вибору оптимальних методів переробки, утилізації та видалення. Відповідно до законодавства, відходи поділяються на два основні класи: небезпечні та ті, що не є небезпечними. Процес класифікації включає ідентифікацію відходів за їх складом, властивостями, процесом утворення та їх кодування відповідно до «Національного переліку відходів».

Класифікації та ідентифікації відходів здійснюється відповідно до «Національного переліку відходів» з урахуванням «Переліку властивостей, що роблять відходи небезпечними». Класифікацію відходів проводять за широким спектром параметрів, зокрема за місцем утворення (промислові, сільськогосподарські, побутові, радіоактивні), агрегатним станом (тверді, рідкі, газоподібні тощо) та класом токсичності. Таким чином у разі визначення небезпечних властивостей відходів необхідно проведення оцінки їх фізико-хімічних властивостей, встановлення наявності у відходах небезпечних хімічних або стійких органічних забруднювачів з подальшим визначення 6-значного коду з «Національного переліку відходів» та їх небезпечності.

Відходи класифікуються як небезпечні у разі, коли вони відповідають одній або кільком умов наведених в додатках до «Порядок класифікації відходів». Особливу увагу приділено оцінці небезпеки відходів, які містять небезпечні хімічні речовини та оцінка яких базується на їх токсичності та впливі на здоров'я населення. На основі проведених досліджень встановлюють коди класів небезпеки відходів та визначають код виду небезпечного впливу небезпечних властивостей відходів у відповідності до додатку 1 до «Порядок класифікації відходів».

Враховуючи ієрархію поводження з відходами слід розуміти що виробничі відходи, як залишки сировини та матеріалів, мають потенційну споживчу цінність і можуть розглядатися як вторинні матеріальні ресурси. Ці ресурси поділяються на реальні та потенційні залежно від наявності технологій їх переробки.

Отже, класифікація відходів є необхідним інструментом для оцінки реальної та потенційної небезпеки екотоксинів. Встановлення класу небезпеки на підставі ГДК та середньо-летальних доз дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та здоров'я людини через впровадження спеціальних методів поводження з токсичними речовинами. Контроль за утворенням, переміщенням, зберіганням або захороненням відходів, повторним використанням та рециклінгом забезпечує запобіганню негативного впливу відходів на довкілля та здоров'я, а також дозволяє правильно вибрати метод переробки або утилізації і є запорукою переходу до раціонального використання природних ресурсів та сталого розвитку промисловості.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ В СЕРЕДОВИЩАХ, КРИТИЧНИХ ДЛЯ НАССР, ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ПСИХРОМЕТРИЧНИХ ГІГРОМЕТРІВ ВИТ-1 ТА ВИТ-2

Гуненко С.М., керівник: начальник сектору з впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів Білоножко М.В.
Український державний інститут науки та технологій
ТОВ «АТБ-МАРКЕТ»

Контроль відносної вологості повітря є критично важливим параметром у системах управління безпечністю харчових продуктів (НАССР), оскільки безпосередньо впливає на мікробіологічну стабільність продукції, умови зберігання та ризики перехресного забруднення. В Україні законодавчо регульованими засобами вимірювальної техніки для цього параметра залишаються гігрометри психрометричного типу ВИТ-1 та ВИТ-2.

Психрометричні гігрометри ВИТ-1 та ВИТ-2 — це професійні контрольно-вимірювальні прилади, призначений для визначення відносної вологості та температури повітря в приміщеннях. Його головна особливість — робота в помірних температурних діапазонах, що робить його ідеальним для більшості приміщень.

Однак аналіз показує, що застосовувані психрометричні таблиці не забезпечують належної точності вимірювань.

Психрометричні гігрометри ВИТ-1 та ВИТ-2 використовують рідинні термометри (робоча рідина толуол) з ціною поділки 0,2 °С. Водночас психрометричні таблиці, що додаються до цих приладів, оперують цілими значеннями температур та різниці показів термометрів. Така невідповідність призводить до втрати точності та появи систематичної похибки при визначенні відносної вологості. Додатково встановлено конкретну помилку в таблицях для ВИТ-2: при температурі сухого термометра 27 °С та різниці температур 9,5 °С таблиця дає значення 30 %RH, тоді як розрахункове значення повинно становити 33–34 %RH.

Класичні психрометричні залежності базуються на рівняннях типу рівняння Масмана, однак відомі в літературі коефіцієнти не враховують конструктивні особливості конкретних приладів ВИТ-1 та ВИТ-2 (швидкість обтікання, геометрію резервуара, тип тканини гнота тощо). Таким чином, використання стандартних коефіцієнтів призводить до додаткових похибок.

Для підвищення точності було запропоновано і реалізовано підхід індивідуальної ідентифікації коефіцієнтів психрометричного рівняння окремо для кожного типу гігрометра. Оцінювання коефіцієнтів виконано методом найменших квадратів із використанням табличних даних як еталонного набору та інструменту «Пошук рішення» в Microsoft Excel. Інструмент «Пошук розв'язання» (Solver) — це потужна надбудова в Microsoft Excel, призначена для знаходження оптимальних значень (максимуму, мінімуму або конкретного числа) для формули в одній клітинці шляхом зміни значень у інших клітинках.

Базова формула розрахунку у вигляді формули Excel:

=100*(0,61078* EXP((17,27*B1)/(B1+237,3))- 0,093 *(A1-B1)) / (0,61078* EXP((17,27*A1) / (A1+ 237,3)))

де:

A1 — температура сухого термометра, °C

B1 — температура вологого термометра, °C

Довідкові коефіцієнти 0,61078 та 0,093 було о’тимізовано. Для ВИТ-1 вони склали 0,629697177 та 0,092435366, а для ВИТ-2 — 0,661987256 та 0,091493462 відповідно.

СТРАТЕГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ОВД В УКРАЇНІ

П'яник О.С., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

Системна реалізація процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД) в Україні, що регламентується Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» та гармонізується з Директивою 2011/92/ЄС, постає стратегічним інструментом превентивного екологічного контролю, що ґрунтується на глибокій інтеграції європейських стандартів моніторингу та інноваційних цифрових рішень для об'єктивного прогнозування антропогенного тиску на складні екосистеми. Ключовим вектором трансформації галузі є впровадження науково обґрунтованих сценаріїв розвитку через застосування передових методів математичного моделювання розсіювання забруднюючих речовин та забезпечення повної відкритості даних у межах міжнародної мережі Eionet, що дозволяє конвертувати розрізнені показники екологічного стану у дієву дорожню карту досягнення екологічної стійкості територій.

Особливе значення у цьому процесі посідає механізм громадських слухань та консультацій, передбачений Орхуською конвенцією, який гарантує право територіальних громад на участь у прийнятті рішень та забезпечує прозорий розгляд зауважень щодо планованої діяльності, перетворюючи громадськість на активного суб’єкта екологічного управління. Зрештою, успіх системної трансформації напряму залежатиме від спроможності держави інтегрувати результати післяпроєктного моніторингу в режимі реального часу у динамічні управлінські рішення, забезпечуючи реальний перехід до «зеленого» курсу та перетворюючи екологічну експертизу на фундамент для стратегічного планування відновлення громад на засадах безпечного співіснування промислового потенціалу та природного біорізноманіття задля збереження життєвого простору для майбутніх поколінь.

Окрім того, впровадження інтегрованих інформаційних систем, таких як Єдиний реєстр ОВД, та автоматизованих станцій контролю дозволяє мінімізувати корупційні ризики та суб'єктивізм при прийнятті рішень, створюючи прозоре середовище для інвесторів та громадськості, де кожен етап процедури стає частиною цілісного механізму державного екологічного управління, що відповідає найвищим стандартам Європейського агентства з довкілля (ЕЕА).

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ТА МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ДНІПРО

Івашина Ю.В., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний університет науки і технологій

Питання раціонального поводження зі стічними осадами є серйозною екологічною проблемою для промислової агломерації міста Дніпро. Очищення побутових та промислових стоків на аераційних станціях відіграє вирішальну роль у формуванні багатокомпонентного фізико-хімічного вмісту утвореного осаду. Він характеризується підвищеним вмістом вологи (понад 98 %), наявністю стабільних колоїдних структур, патогенної мікрофлори та підвищеною концентрацією іонів важких металів (міді, цинку, хрому та свинцю). Ці характеристики однозначно виключають можливість його використання як агрохімікату. Домінуючий нині метод довготривалого складування ОСВ на відкритих мулових майданчиках є як технологічно застарілим, так і небезпечним. Наслідком цього процесу є виведення з обігу значних площ земельних ресурсів, викиди парникових та токсичних газів, а також створення

постійного ризику забруднення ґрунтових вод та водного басейну річки Дніпро токсичними речовинами.

Вирішення цієї проблеми вимагає радикальної модернізації методів переробки осаду. Першочерговим технологічним кроком має стати посилення механічного зневоднення за допомогою сучасних декантерних центрифуг або камерних фільтр-пресів із застосуванням флокулянтів, що дозволить істотно зменшити фізичний об'єм відходів. Наступним стратегічним напрямком є анаеробне зброджування осаду в метантенках. Цей біотехнологічний процес забезпечує повну мікробіологічну стабілізацію органічної фракції та утворення біогазу, використання якого частково покриє енергетичні потреби водопровідно-каналізаційного господарства.

З огляду на промисловий профіль регіону, найбільш доцільним кінцевим використанням стабілізованого осаду є виробництво будівельних матеріалів (керамзит, цементний клінкер, цегла). Необхідно наголосити, що високотемпературне прожарювання гарантує повну термічну стерилізацію матеріалу. Крім того, забезпечується надійна фіксація важких металів у мінеральній структурі виробів, що повністю блокує їхню здатність до міграції. Альтернативний сценарій передбачає використання санітарно-безпечного осаду для рекультивації занедбаних кар'єрів. Комплексне розширення методів поводження з будівельними та демонтажними відходами є необхідним кроком для зменшення екологічних ризиків та успішного впровадження принципів раціонального природокористування в інфраструктуру Дніпра.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОПТИЧНИХ ТА ХРОМАТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Волкова Н.О., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

В умовах зростаючого антропогенного навантаження контроль вмісту різноманітних домішок в атмосферному повітрі є необхідною умовою для забезпечення екологічної безпеки та здоров'я населення. Для кількісного хімічного аналізу атмосферного повітря використовуються різні методи – хроматографічні, спектрофотометричні, флуоресцентні тощо. Серед них найбільшого поширення набули дві великі групи методів: оптичні (спектральні) та хроматографічні. Метою даної роботи є порівняльний аналіз зазначених методів за ключовими характеристиками – чутливістю, селективністю, швидкодією, вартістю та можливістю автоматизації.

Оптичні методи аналізу ґрунтуються на взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною – поглинанні, випромінюванні або розсіюванні світла залежно від довжини хвилі. Вони охоплюють широкий спектральний діапазон: від ультрафіолету (200 – 400 нм) до видимого та інфрачервоного випромінювання (до 1 мм). Найпоширенішими різновидами є УФ-спектроскопія, ІЧ-спектроскопія, люмінесцентний метод та сучасні спектральні методи дистанційного зондування.

УФ-спектроскопія дозволяє аналізувати ароматичні сполуки, діоксид сірки (SO_2), діоксид азоту (NO_2) та ртуть (Hg). Її перевагами є вища чутливість порівняно з колориметрією, проте метод має недостатню селективність: багато речовин мають широкі смуги поглинання в УФ-ділянці, які перекриваються, що знижує точність вимірювань для багатокомпонентних сумішей.

ІЧ-спектроскопія (700 нм – 1 мм) забезпечує ідентифікацію та кількісне визначення промислових забруднень органічного та неорганічного походження. Перевагою методу є високоспецифічні спектри – так звані «відбитки пальців» молекул, що дозволяє однозначно ідентифікувати речовини.

Люмінесцентний метод ґрунтується на збудженні молекул (SO_2 , NO_2 , Cl_2) випромінюванням у видимій та УФ-ділянках за допомогою лазерів або високоінтенсивних газорозрядних ламп. Метод має надзвичайно високу чутливість для виявлення малих слідів домішок.

Активні методи зондування атмосфери з використанням ядерних джерел випромінювання дозволяють проводити вимірювання у видимому, УФ та ІЧ діапазонах на відстані до декількох десятків кілометрів у горизонтальному напрямку.

Сучасні спектральні методи дистанційного зондування включають:

- Диференціальну оптичну абсорбційну спектроскопію (DOAS) – використовує абсорбційні характеристики газових молекул для ідентифікації SO_2 , NO_2 , O_3 , CH_4 та інших забруднювачів за характерними смугами поглинання;
- Фур'є-спектроскопію (FTIR) – дозволяє одночасно вимірювати велику кількість сполук, особливо ефективна для моніторингу летких органічних сполук (VOCs) в інфрачервоному діапазоні 2–30 мкм;
- Лазерну локацію (LIDAR/DIAL) – забезпечує тривимірне картографування забруднень з високою просторовою роздільною здатністю.

Оптичні методи мають низку незаперечних переваг: безконтактність вимірювань, відсутність необхідності відбору проб, можливість одночасного визначення декількох компонентів, високу швидкодію та можливість роботи в реальному часі.

Хроматографія є методом хімічного аналізу, заснованим на диференційному розподілі компонентів проби між рухомою та нерухомою фазами. У газовій хроматографії рухомою фазою є інертний газ-носій (наприклад, аргон), а нерухомою фазою – адсорбент (силікагель, активоване вугілля, цеоліт), яким заповнена хроматографічна колонка. Компоненти аналізованої газової суміші, рухаючись уздовж колонки, по-різному сорбуються нерухомою фазою, внаслідок чого вони виходять з колонки в різний час («час утримання»), утворюючи хроматографічні піки.

Класичним прикладом є хроматограф «Пошук-2», призначений для оперативного визначення вмісту CO_2 , H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 та CO в лабораторних умовах і в шахтному повітрі при аварійних ситуаціях. Межа допустимої основної похибки приладу становить ±5 %, час аналізу – не більше 10 хвилин. Час виходу компонентів для конкретного приладу є стабільною характеристикою: наприклад, CO_2 виходить через 1 хв 18 с, CO – через 6 хв 48 с.

Поєднання газової хроматографії з мас-спектрометрією (GC-MS) стало фактичним стандартом для екологічного аналізу завдяки широкому використанню та визнанню цієї техніки як кількісного інструменту.

Основні переваги хроматографічних методів: висока чутливість (до 10^{-9} – 10^{-12} г/м³), висока селективність, можливість аналізу багатокомпонентних сумішей та автоматизація процесу. Основним недоліком є необхідність відбору проб та їх попередньої підготовки, а також відносно тривалий час аналізу (хвилини).

Узагальнити основні відмінності оптичних та хроматографічних методів можна за такими критеріями, як принцип дії, необхідність відбору проб, час аналізу, чутливість, селективність та вартість. Результати порівняння представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Порівняльна таблиця оптичних та хроматографічних методів моніторингу атмосферного повітря

Характеристика	Оптичні методи	Хроматографічні методи
Принцип дії	Взаємодія випромінювання з речовиною	Розподіл між рухомою та нерухомою фазами
Відбір проб	Не потрібен (безконтактні	Обов'язковий (проба

	вимірювання)	повітря не менше 20 см³)
Час аналізу	Секунди (режим реального часу)	Хвилини (до 10 хв для «Пошук-2»)
Чутливість	Висока (особливо у люмінесценції та лазерних методах)	Дуже висока (до 10^{-12} г/м³ з GC-MS)
Селективність	Від середньої (УФ) до високої (ІЧ, люмінесценція)	Дуже висока
Одночасний аналіз компонентів	Можливий (до 4–5 компонентів в одному спектральному діапазоні)	Можливий (послідовне визначення 6+ компонентів)
Можливість автоматизації	Висока (стаціонарні пости моніторингу)	Висока (автосемплери, програмне управління)
Вартість обладнання	Від середньої (колориметри) до високої (FTIR, LIDAR)	Висока (особливо GC-MS)
Типове застосування	Оперативний моніторинг, дистанційне зондування, виявлення газових хмар	Точний лабораторний аналіз, атестація проб

Висновки

Оптичні методи незамінні для оперативного безконтактного моніторингу в реальному часі, особливо для дистанційного зондування великих територій (DOAS, FTIR, LIDAR).

Хроматографічні методи забезпечують найвищу точність та селективність, але потребують відбору проб та більшого часу. GC-MS є «золотим стандартом» для атестаційних вимірювань.

Вибір методу залежить від завдання: для оперативного контролю – оптичні, для точного кількісного аналізу складних сумішей – хроматографічні. Найефективнішим є комбінований підхід..

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕКОЛОЛОГІЇ

Ніколаєв О.О, керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

Екологія сьогодні має дуже велике значення, адже стан навколишнього середовища безпосередньо впливає на здоров’я людей, тварин і рослин. Саме тому для екологів важливо не просто спостерігати за природою, а й уміти правильно досліджувати її стан. Для цього використовують різні методи, які допомагають виявляти проблеми, аналізувати причини їх виникнення та знаходити можливі шляхи вирішення.

Одним із найпоширеніших методів є **спостереження**. Воно дає змогу вивчати природні процеси в реальних умовах, не втручаючись у них. Наприклад, за допомогою спостережень можна оцінити стан водойм, повітря, ґрунтів, а також зміни у рослинному і тваринному світі.

Не менш важливим є **експериментальний метод**. Його застосовують тоді, коли потрібно точніше визначити вплив певного фактора на довкілля. У лабораторних умовах досліджують склад води, ґрунту чи повітря, виявляють наявність шкідливих речовин і визначають рівень їх небезпеки.

Ще одним важливим напрямом є **екологічний моніторинг**. Це систематичне спостереження за станом довкілля протягом тривалого часу. Завдяки моніторингу

можна вчасно помітити негативні зміни, простежити рівень забруднення та оцінити, наскільки ефективними є природоохоронні заходи.

У сучасній екології також широко використовують **математичні, статистичні та комп'ютерні методи**. Вони допомагають обробляти отримані результати, будувати графіки, виконувати розрахунки та прогнозувати можливі зміни в екосистемах. Окремо варто згадати ГІС-технології та супутникові знімки, які дозволяють досліджувати великі території та бачити екологічну ситуацію більш повно.

Отже, методи дослідження в екології є основою для вивчення стану навколишнього середовища. Саме завдяки їм можна своєчасно виявляти екологічні проблеми та приймати рішення для їх подолання. Для майбутнього еколога знання цих методів є дуже важливим, адже вони потрібні у подальшій професійній діяльності.

Висновок. Отже, методи дослідження в екології мають велике теоретичне і практичне значення, оскільки саме вони забезпечують отримання достовірної інформації про стан навколишнього середовища. Застосування спостережень, експериментів, моніторингу, а також математичних, статистичних і комп'ютерних методів дає можливість комплексно оцінювати екологічну ситуацію, виявляти негативні зміни та прогнозувати подальший розвиток природних процесів. Використання сучасних технологій, зокрема ГІС та супутникових знімків, значно розширює можливості екологічних досліджень і підвищує точність отриманих результатів. Таким чином, володіння методами екологічних досліджень є необхідною складовою підготовки майбутнього фахівця-еколога, адже дозволяє не лише аналізувати стан довкілля, а й обґрунтовувати ефективні заходи щодо його охорони та раціонального використання природних ресурсів.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Федоренко О.В., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючого антропогенного впливу на атмосферу систематичний моніторинг метеорологічних параметрів набуває особливого значення для екологічної безпеки та прогнозування природних явищ. Метою даної роботи є збір, систематизація, комп'ютерна обробка та аналіз метеорологічних даних, отриманих за допомогою автоматичної метеостанції, а також оцінка можливостей їх використання для короткострокового прогнозування погодних умов.

Атмосферне повітря – це складне динамічне середовище, стан якого визначається температурою, тиском, вологістю, швидкістю вітру та іншими параметрами. Погода відображає стан атмосфери у конкретний момент часу, тоді як клімат характеризує її багаторічний режим. Для забезпечення порівнянності даних у глобальному масштабі метеорологічні спостереження координуються Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) та проводяться за єдиними методиками у фіксовані строки (кожні 3 години за грінвічським часом).

В Україні державна мережа метеоспостережень інтегрована у глобальну систему ВМО та включає понад тисячу пунктів спостережень, роботу яких координує Український гідрометеорологічний центр. Використання сучасних автоматизованих систем дозволяє мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити безперервний моніторинг параметрів атмосфери.

Для проведення дослідження використовувалася автоматична метеостанція WMR 900H (аналог WM-918), оснащена електронними датчиками для вимірювання

температури, тиску, вологості, параметрів вітру та опадів. Дані передавалися на ПК через інтерфейс RS-232 та опрацьовувалися за допомогою програмного забезпечення WeatherView та Microsoft Excel. Методологія включала формування рівномірного ряду спостережень із 15-хвилинним кроком, синхронізацію часу з GMT та застосування методів статистичного аналізу. В даній роботі було оброблено 4 507 048 чисел.

Обробка великого масиву інформації включала:

Консолідацію даних. Об'єднання *.DAT файлів за допомогою команди MS-DOS copy *.DAT merged.DAT.

Імпорт в Excel. Застосування кодування «866: Кирилиця (DOS)» та формування ряду з 15-хвилинним кроком.

Автоматизацію. Використання логічних формул для зміни дати (=ЕСЛИ(B2<>0; A1; A1+1)) та алгоритмів для синхронізації часу з GMT з урахуванням сезонних переходів.

Статистичний аналіз. Розрахунок середніх та екстремальних значень, застосування методу ковзного середнього для згладжування коливань

Результати аналізу метеорологічних параметрів за період серпень 2014 – вересень 2017 року наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки метеоданих (2014–2017 рр.)

Параметр	**Мінімальне значення**	**Дата, час**	**Максимальне значення**	**Дата, час**	**Характеристика закономірності**
Температура повітря, °C	-20,57	31.12.2014	+44,23	01.05. 2016	Різко континентальний характер клімату
Атмосферний тиск, гПа	964	23.01.2015	1023	30.08.2015	Обернений зв'язок із температурою ($r \approx -0,8$)
Відносна вологість, %	10	28.04.2016	97	22.09.2014	Чергування сухих та вологих фаз
Точка роси, °C	-25,4	01.08.2014	+24,8	07.06.2015	Відповідає змінам вологості та тиску

Висновки

Проведені дослідження підтвердили високу ефективність використання автоматизованих метеостанцій для екологічного моніторингу. В даній роботі було оброблено 4 507 048 чисел, що дало змогу виявити стійкі сезонні тенденції та підтвердити фізичні закономірності взаємозв'язку метеопараметрів. Графічний аналіз виявив чіткі сезонні переходи та підтвердив фізичні закономірності взаємозв'язку між тиском і температурою повітря. Встановлено, що досліджуваний регіон характеризується великими сезонними контрастами температур, що властиво різко континентальному клімату. Отримані дані та відпрацьовані методики обробки можуть бути використані для вдосконалення місцевих прогнозних моделей та формування довготривалих кліматичних рядів. Рекомендовано модернізувати технічне оснащення станції та впроваджувати сучасні статистичні інструменти для моделювання стану довкілля.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ

Потьомін А. Д., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний університет науки і технологій

Науково-технічний прогрес і пов'язані з ним грандіозні масштаби виробничої діяльності людини призвели до великих позитивних перетворень у світі, але загострили багато проблем, серед яких чи не найголовніша – взаємовідносини людини з навколишнім середовищем.

Підприємства теплоенергетики відносяться до основних забруднювачів довкілля. На їх частку припадає більше третини викидів шкідливих речовин від загального обсягу викидів стаціонарними джерелами, у тому числі такі небезпечні речовини як оксиди азоту та сірки, зола, пил та інші. Теплоенергетика має особливості, які впливають на вирішення екологічних проблем. При спалюванні твердого, рідкого і газоподібного палива на ТЕС вся його маса перетворюється на відходи, причому продукти згорання у декілька разів перевищують масу палива за рахунок включення азоту і кисню повітря. У загальному забрудненні атмосфери відходами виробництва теплоенергетичні викиди шкідливих речовин складають: по твердих (золі) – 20-35%; діоксиду сірки – до 50%; оксидам азоту – 30-35%. Негативний вплив на навколишнє середовище енергетичний об’єкт надає на всіх стадіях добування та використання палива, перетворення та передачі енергії. Причому цей вплив надається як атмосферному повітрю, так і літосфері і гідросфері. Основними факторами цього впливу є: викиди шкідливих речовин різного агрегатного стану; велике споживання атмосферного кисню; забруднення ґрунтів та порушення природних земель при видобуванні палива; вирубання лісів та вилучення з обороту орних земель та луків під будівництво ТЕС та золовідвали; теплове забруднення; хімічне забруднення водних об’єктів. Крім того, необхідно враховувати шумовий вплив на житлові райони та електромагнітне випромінювання.

До основних напрямів зниження негативного впливу ТЕС на довкілля можна віднести: перехід на газове паливо як більш екологічне чисте; підвищення використання палива та ефективності очищення викидів; вторинне використання відходів ТЕС (наприклад, в будівництві); здійснення централізованого теплопостачання міст від великих ТЕЦ; організація системи автоматизованого контролю за забрудненням повітряного басейну. Для зменшення негативного впливу скидань тепла на водні басейни – організація водоймищ-охолоджувачів поза водотоками, використання малопродуктивних озер, реконструкція дрібних чи засмічених озер і ін.; створення замкнутих систем водопостачання.

Боротьба із забрудненням атмосфери проводиться по трьом загальним напрямкам:

1) створення нових технологічних процесів, які засновані на безвідходному принципі;
2) удосконалення технологічних процесів, які дозволяють ліквідувати чи зменшити викиди токсичних речовин у атмосферу;
3) обробка промислових газових викидів з метою вилучення домішок і подальшого їх використання чи нейтралізації їх шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Основними з цих напрямків є обробка газових викидів різними технологічними прийомами для задоволення санітарних вимог до чистоти газів, що викидаються. Вибір методів очищення та знешкодження промислових викидів, які знаходяться у газоподібному стані чи у вигляді аерозолю, визначається специфічними особливостями газових систем (складом і концентраціями токсогенів, характеристиками газо- і пило-

викидів, періодичністю надходження їх у атмосферу), а також вимогами, які пред'являються до ступеня очистки.

ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ: ДЖЕРЕЛА, НОРМУВАННЯ, ПРИЛАДИ ВИМІРЮВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ

Федоренко О.В., керівник доц. Саввін О.В.
Український державний інститут науки та технологій

В умовах зростаючого техногенного навантаження проблема шумового забруднення набуває особливої актуальності, оскільки шум є одним із найпоширеніших несприятливих факторів навколишнього середовища, що негативно впливає на здоров'я населення та працездатність. Метою роботи є аналіз рівнів шуму в різних локаціях (квартира, ліфт, територія житлової забудови, автобус, кафе, метро) та їх порівняння з чинними нормативними документами України.

Шум – це неприємний або небажаний звук, який порушує тишу, знижує працездатність та має шкідливу дію на організм людини. Рівень шуму вимірюється в децибелах (дБА). Природний шумовий фон становить 20–30 дБА, допустима межа для людини – приблизно 80 дБА. Звук у 130 дБА викликає больове відчуття, а 150 дБА стає нестерпним. Шкідливий вплив шуму відбувається непомітно та виявляється не відразу. Особливо негативно шум впливає на організм під час сну, тому в години відпочинку (23:00 – 7:00) необхідно забезпечувати тишу.

В Україні допустимі рівні шуму закріплені в Державних санітарних нормах (наказ МОЗ України № 463 від 22.02.2019). Для житлових приміщень вони становлять: вдень (08:00 – 22:00) – 40–55 дБА, вночі (22:00 – 08:00) – 30–45 дБА. За порушення вимог щодо захисту населення від шкідливого впливу шуму статтею 182 КУпАП передбачена адміністративна відповідальність у вигляді попередження або штрафу від 85 до 510 грн.

Для кількісного оцінювання використовують шумоміри, які за точністю поділяються на класи (0, 1, 2, 3). Принцип дії приладу полягає у перетворенні звукового тиску, що діє на мембрану мікрофона, в електричний сигнал, який після проходження через фільтри відображається індикатором у дБА. Серед сучасного обладнання виділяють:

- ВШВ-003-М2 – прецизійний вимірювач 1-го класу точності, призначений для широкого спектра частот (1 Гц – 18 кГц) та вимірювання віброакустичних характеристик.
- Testo 815/816 – портативні прилади для оцінки шуму на робочих місцях, станціях техобслуговування та атестації приміщень.
- Мобільні застосунки (напр., Sound Meter) – використовуються для оперативного побутового моніторингу за допомогою мікрофона смартфона.

Захист органів слуху (навушники, беруші) є обов'язковим при перевищенні рівня 80–85 дБА; рівень 115 дБА – небезпечний, 130–140 дБА – больовий поріг.

Вимірювання проводилися за допомогою смартфона з додатком Sound Meter. Отримані результати відобржені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювання рівня шуму у порівнянні з нормами

Локація вимірювання	**Середній рівень, дБА**	**Максимальний рівень, дБА**	**Відповідність нормам (Наказ № 463, ДСН 3.3.6.037-99)**
Житлова квартира	34,2	36,5	Відповідає (норма 40–55 дБА вдень)
Ліфт у житловому будинку	65,2	82,2	Перевищує норму для житлових споруд
Територія забудови (вулиця)	49,1	73,3	Відповідає (середнє значення в межах 55 дБА)
Громадське кафе	65,5	83,9	Перевищує (норма до 55 дБА вдень)
Ескалатор метро	69.9	74.3	Відповідає (в межах норми 80 дБА)
Прибуття поїзда на станцію метро	74,8	93,0	Перевищує норму (80 дБА)
Вагон метро (під час руху)	86,1	89,6	Перевищує (умовна норма 80 дБА)

Висновки

Проведені дослідження показали, що найбільші перевищення допустимих рівнів шуму спостерігаються в ліфті, кафе, при прибутті поїзда та у вагоні метро під час руху. Особливо критичним є перевищення в метрополітені (86,1 дБА при нормі 80 дБА), що при регулярному впливі може призводити до втрати слуху, стресу та зниження працездатності. Шум є невидимим забруднювачем, що потребує системного контролю для збереження здоров'я громади. Рекомендовано посилення заходів шумоізоляції в громадських місцях та обов'язкове використання засобів індивідуального захисту слуху при перевищенні нормативних рівнів.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ ТА МОНІТОРИНГУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Федоренко О.В., керівник ст. викл. Сухарева М.В.
Український державний університет науки і технологій

Охорона ґрунтів є критично важливим напрямом сучасної екології, оскільки ґрунт виступає фундаментом біосфери та основним засобом виробництва у сільському господарстві. Посилення антропогенного тиску призводить до деградації ґрунтового покриву, що вимагає системного підходу до аналізу джерел забруднення та впровадження ефективних методів моніторингу.

Основними джерелами забруднення ґрунтів є промислові підприємства, гірничодобувний та теплоенергетичний комплекси, сільське господарство, транспорт і житлово-комунальне господарство. Найбільш небезпечними токсикантами визнано важкі метали, зокрема ртуть та свинець, концентрація яких у певних районах може перевищувати ГДК на кілька порядків. Техногенне надходження міді та цинку також суттєво впливає на біологічну продуктивність ландшафтів, сповільнюючи ріст та розвиток рослин.

Особливу роль у забрудненні ґрунтів відіграє комунальний сектор. Житлові будинки та побутові підприємства генерують значну кількість сміття, де основну частку складають харчові відходи, папір, скло, метали та пластик. Органічні рештки, що потрапляють у ґрунт, стають середовищем для розмноження хвороботворних бактерій та гельмінтів, що створює епідеміологічну загрозу. Крім того, неконтрольоване накопичення відходів призводить до вимивання токсичних речовин у підземні води.

Сільське господарство, попри свою залежність від якості ґрунту, часто стає фактором його руйнації через надмірне використання мінеральних добрив та отрутохімікатів (пестицидів, гербіцидів). Порушення технологій внесення цих речовин призводить до накопичення шкідливих сполук у ґрунтовому профілі та подальшої їх міграції ланцюгами живлення.

Практична реалізація стратегії захисту ґрунтів базується на державному моніторингу. Він передбачає регулярне спостереження за структурою землекористування, станом зрошуваних та осушених земель, а також інтенсивністю ерозійних процесів. Ключовим завданням моніторингу є встановлення критичних меж антропогенного навантаження, за якими ґрунт втрачає здатність до самовідновлення.

Вивчення еволюції ґрунтотворних процесів в умовах техногенезу дозволяє розробляти заходи з рекультивації земель та підтримувати екологічну стабільність агросфери.

СТАН ТА СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ОХОРОНИ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Бондарева А.Д., керівник ст. викл. Сухарева М.В.
Український державний університет науки і технологій

Україна володіє унікальним природним капіталом понад чвертю світових запасів чорноземів, проте сьогодні стан ґрунтового покриву є критичним через інтенсивне сільськогосподарське використання, що призвело до деградації майже 15 мільйонів гектарів ріллі внаслідок водної та вітрової ерозії, а також катастрофічного зниження вмісту гумусу. Сучасне вітчизняне ґрунтознавство стикається з безпрецедентними викликами, спричиненими військовою агресією, що призводить до хімічного забруднення земель важкими металами, залишками пально-мастильних матеріалів та механічного руйнування структури ґрунтів через вибухи та фортифікаційні споруди.

Ключовим вектором розвитку галузі є модернізація державного моніторингу та адаптація національного законодавства до вимог «Ґрунтової стратегії ЄС до 2030 року», що передбачає перехід до принципів сталого землекористування, де ґрунт розглядається не лише як засіб виробництва, а як жива екосистема, що потребує відновлення. Реалізація цих завдань потребує впровадження точного землеробства, розширення площ органічного виробництва та посилення відповідальності землевласників за погіршення якісних показників ґрунтів, зокрема через механізми агрохімічної паспортизації та рекультивації пошкоджених територій. Орієнтиром для українських реформ є досвід країн Західної Європи, де завдяки суворим нормам сівозмін та державним субсидіям на «зелені» технології вдалося зупинити процеси руйнування ґрунтів та підтримувати їх високу біологічну активність.

Зрештою, успішне збереження українських чорноземів залежить від інтеграції наукових розробок у галузі біотехнологій та системного інвестування у відновлення родючості, що є запорукою як національної, так і глобальної продовольчої безпеки.

КОМПЛЕКСНИЙ СТАН ТА СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

Палига В.А., керівник ст. викл.Сухарева М.В.
Український державний університет науки і технологій

В Україні ситуація з твердими побутовими відходами (ТПВ) залишається критичною, оскільки щорічно утворюється близько 10 мільйонів т сміття, з яких понад 93% досі спрямовується на захоронення на більш, ніж 6 тис. офіційних полігонів та сміттєзвалищ, значна частина яких перевантажена або не відповідає нормам екологічної безпеки.

На тлі низького рівня переробки (лише близько 4–6%) та наявності тисяч несанкціонованих звалищ, ключовим вектором розвитку стало прийняття рамкового Закону «Про управління відходами», який імплементує європейську ієрархію поводження з ними: від запобігання утворенню та повторного використання до розширеної відповідальності виробника (РВВ), що зобов’язує бізнес забезпечувати збирання та утилізацію пакувальних матеріалів. Реалізація цієї стратегії стикається з гострим дефіцитом сучасної інфраструктури для роздільного збору, автоматизованого сортування та компостування органіки, яка складає до 40% морфологічного складу ТПВ, а також із необхідністю залучення масштабних інвестицій у будівництво сміттєпереробних комплексів замість застарілого захоронення. Подальший прогрес України у цій сфері нерозривно пов’язаний із посиленням державного нагляду, запровадженням економічно обґрунтованих тарифів та активною просвітницькою роботою серед громад щодо культури сортування відходів вдома, що дозволить мінімізувати забруднення ґрунтових вод фільтратом, зменшити викиди метану та перетворити відходи на цінний ресурс для економіки відновлення.

Орієнтиром для українських реформ слугує досвід країн ЄС, зокрема Німеччини та Польщі, де завдяки системі «забруднювач платить» та високим податкам на захоронення вдалося досягти переробки понад 50% муніципальних відходів. Впровадження аналогічних фінансових інструментів в Україні дозволить стимулювати бізнес інвестувати в технології спалювання відходів з виробництвом енергії та глибоку сортувальну логістику. Зрештою, успіх трансформації залежить від здатності громад інтегрувати ці рішення в локальні плани управління відходами, забезпечуючи повний цикл контролю за кожною тонною згенерованого сміття.

ВПЛИВ КОНВЕРТЕРНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ДОВКІЛЛЯ

Мазур Д.О., керівник доц. Суліменко С. Є.
Український державний інститут науки та технологій

Спосіб перероблення рідкого чавуну в сталь за допомогою продування його киснем це конвертерне виробництво. Особливістю процесу є те що чавун перетворюється на сталь внаслідок окиснення домішок (вуглецю, кремнію, марганцю та інших) і наступного їх видалення з розплавленого металу. Конвертерне виробництво не потребує палива, бо окиснення домішок відбувається з виділенням тепла, в результаті чого температура відходящих газів може досягати 1700 оС. Технологія характеризується високою інтенсивністю процесів і значним обсягом газовиділення, що потребує організованого відведення та очищення газів.

Обсяг газів та їх склад залежать від інтенсивності продування, складу чавуну та технологічного режиму плавки. Конвертерний газ, крім газоподібних речовин, містить значну кількість твердих частинок пилу. Цей пил утворюється через винесення найдрібніших крапель металу, частинок шлаку та оксидів заліза. Фракційний склад

пилу може варіюватися від кількох мікрометрів до субмікронних розмірів. Така висока дисперсність суттєво ускладнює їх ефективне вловлювання, що диктує необхідність застосування високоефективних технологій очищення.

Викиди конвертерних цехів створюють комплексне навантаження на навколишнє середовище, якщо системи очистки працюють неефективно: токсичний вплив газів – оксид вуглецю порушує кисневий обмін в організмі людини. Крім того, неорганізовані викиди СО сприяють утворенню парникового ефекту після окиснення до СО2 в атмосфері. Дрібнодисперсний пил становить особливу небезпеку, оскільки частинки малого розміру тривалий час залишаються у зваженому стані та можуть проникати в дихальні шляхи людини. Хронічний вплив таких аерозолів може спровокувати розвиток респіраторних недуг.

Викид пилу спричиняють забруднення ґрунтів та поверхневих вод. Осідання важких металів (цинку, свинцю), що містяться у конверторному пилу, призводить до поступової акумуляції токсичних речовин у ґрунтах та поверхневих водоймах на прилеглих до підприємства територіях; теплове забруднення – висока температура відхідних газів змінює локальний мікроклімат, створюючи додаткове теплове навантаження на екосистему.

Викиди конверторного виробництва також можуть впливати на рослинний покрив. Пил осідає на поверхні листя погіршує процеси фотосинтезу та газообміну рослин. У результаті спостерігається зниження продуктивності рослинності та зміни в екосистемах прилеглих територій.

Таким чином, газові викиди з конвертерів характеризуються негативним впливом на складові біосфери та людину, що в свою чергу вимагає впровадження високоефективних газоочисних установок, та удосконалення методів очищення газів.

ШЛЯХІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

Іткіна М.В., керівник доц. Суліменко С. Є.
Український державний інститут науки та технологій

Основні етапи металургійного циклу чорної металургії включають підготовку сировини, виробництво чавуну та сталі, позапічна обробка сталі, переплавні процеси, розливання сталі, прокатне виробництво та ливарне виробництво. На кожному етапі виробицтва металопродукції утворюються відходи, які потребують чіткої їх класифікації, шляхів поводження та на основі фізико-хімічних їх властивостях створення методів переробки, утилізації та видалення.

Згідно Закону України «Про управління відходами» відходи класифікуються як небезпечні у разі, коли вони відповідають одній або кільком умов наведених в додатках до «Порядок класифікації відходів» або такими які не є небезпечними. Металургійні підприємства об’єктами на яких здійснюється оброблення відходів, що не є небезпечними так і небезпечними, що потребує зважених підходів до операцій з ними. На території підприємства здійснюється такі операції: R13 (зберігання відходів, крім операції збирання), R12 (попередня підготовка: порізка, ущільнення, сортування, навантаження у совки) R11 (використання відходів) та R4 (використання попередньо оброблених металовмісних відходів). Слід враховувати те що в результаті здійснення окремих операції, наприклад, R4 утворюються такі відходи, як 10 02 02 шлак непереробленний (шлак сталеплавильний), який зберігається R13 для подальшого оброблення R12 та R5 (кантовка, охолодження, вибірка металевої частки, фракціонування і переробка, використання в агломераційному виробництві).

В процесі виробництва на території металургійного підприємства утворюються відходи 02 01 10 відходи металу; 10 02 10 прокатна окалина (окалина); 10 08 04 Тверді

дрібні залишки та пил; 12 01 01 Ошурки, обрізки та стружка чорних металів; 12 01 02 Пил та дрібні залишки чорних металів; 19 12 02 чорні метали (у вигляді брухт чорних металів) 20 01 40 метал та інш.

Частина відходів, що утворюється на підприємствах, такі як, наприклад 10 02 07 тверді відходи оброблення (очищення) газів, що містять небезпечні речовини (пил від газоочисних установок) в подальшому змішуються з іншими відходами (R12), в результаті чого утворюється шлам залізо-вапняного концентрату, який в подальшому використовується в якості замінників сировинних матеріалів в процесі приготування аглошихти (R5).

В доменному цеху здійснюється операція R4 (використання металовмісних відходів, як замінників сировинних матеріалів при виробництві чавуну у доменних печах). Доменні печі оснащені установками технологічної очистки газів в результаті чого утворюються шламі, які також можна використовувати в процесі приготування аглошихти. Шлаки доменного виробництва використовують в будівельній та цементній промисловості, для отримання пемзи та теплоізоляційних матеріалів.

Під час розробки та використанні відходів металургійного виробництва слід враховувати їх токсичність, яка безпосередньо залежить від їхніх фізико-хімічних характеристик, зокрема розчинності, летючості та ступеня дисперсності. Металургійний пил та шлами часто містять ультрадисперсні частинки, хімічна активність яких є надзвичайно високою через велику питому площу поверхні.

Обґрунтоване визначення характеристик відходів, контроль за їх переміщенням, зберіганням, захороненням або повторним використанням зменшить навантаження на навколишнє середовище та зменшить вплив на людину.

ВПЛИВ КОКОСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА НА АТМОСФЕРУ ТА ШЛЯХИ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

Родіонова А.О., керівник доц. Суліменко С. Є.
Український державний інститут науки та технологій

Коксохімічна промисловість здійснює переробку кам'яного вугілля методом коксування. Виробництво коксу супроводжується виділенням викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище на різних технологічних етапах – це обробка вугілля та підготовка з вугільного концентрату шихти, завантаження коксової печі, коксування вугілля, видача коксу, його гасіння, очищення коксового газу, який утворюється у виробництві коксу, сортування та дроблення коксу, пункті розвантаження та навантаження сировини та готової продукції.

Аналіз показав що в процесі виробництва коксу існують неорганізовані викиди від процесів завантаження коксових печей шихтою, видачі коксу, його гасіння, сортування, навантаження, газування коксових дверей, люків і стояків та газоскидного пристрою. В склад газів оксиди азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, аміак, сірководень, водню ціанід, фенол, бензол, нафталін, бензапірен. Останні чотири з яких є дуже небезпечні для навколишнього середовища та людини

Аналіз літературних джерел показав, що існують методи які дозволяють знизити потрапляння газів та пилу від джерел їх утворення на різних етапах виробництва коксу. Так на ділянках вуглепідготовки насамперед потрібно облаштування закритих складів сир1євих матеріалів, а якщо це неможливо тоді потрібно проводити контроль вологості матеріалів та застосовувати розпилювачі води для зменшення пилоутворення. Крім цього усі міста перевантаження матеріалів потрібно зробити закритими з подальшим очищенням аспіраційного повітря.

Ділянка виробництва коксу для зменшення неорганізованих викидів потрібно удосконалення обладнання. Встановлення пристроїв які забезпечили зменшення викидів під час завантаження шихти в камеру та покращення герметизації кришок завантажувальних пристроїв. При видачі коксу потрібно застосування установок уловлювання викидів забруднюючих речовин під час розвантаження коксових камер, з подальшим очищенням газів в стаціонарних або пересувних газоочисних установках.

Запровадження додаткових заходів дозволить знизити кількість речовин у вигляді суспендованих твердих частинок які потрапляють в атмосферне повітря.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОЗАБІРНИХ КОЛОДЯЗІВ З ПОСТІЙНОЮ ПРОДУКТИВНІСТЮ

Кушко В.М., Прокопенко О.С., керівник доц. Шарков В.В.
Український державний університет науки і технологій

Експлуатація водозабірних споруд з підземних джерел, яка підтримує надійне та безперебійне живлення водою систем водопостачання, потребує знань особливостей водозабірних споруд, умов в яких вони працюють та проблем, з якими води зустрінуться. Ці проблеми залежать не тільки від місцевих умов, але й від проектних рішень, які пропонуються проектною організацією, якості будівельних робіт, характеристик матеріалів, що використовуються, та суворою підтримкою правил експлуатації комплексу споруд водозаборів.

Водозабори з підземних джерел експлуатуються в різних, іноді, в досить складних умовах і потребують уваги на всіх стадіях розвитку технічного об'єкту- проект, спорудження та надійний відбір води.

Проектні рішення повинні забезпечити врахування місцевих умов розташування водозабору, технічні характеристики водозабірної споруди, потреби споживачів води в якості води та її кількості. Місцевими умовами вважаються характеристики водоносних шарів (потужність, водовіддача, п'єзопровідність, фільтрація, висота шару води, напірність, захист підошви та покрівлі водоносного шару водотривкими породами, сусіднє залягання інших водоносних шарів та ін.) та рельєф місцевості (відмітки землі, можливість підтоплень та організації зон санітарної охорони). Потреби споживачів обмежуються величинами потрібних витрат води та її якістю. Технічні характеристики водозабору повинні бути адаптованими до місцевих умов та забезпечити відбір води з запланованих глибин розташування води в водоносному шарі та в потрібних об'ємах. Вирішення проблеми в заборі потрібної кількості води водозаборами досягається шляхом збільшення кількості колодязів, які можуть експлуатуватися в одному водоносному шарі на обмеженому майданчику землі.

Особливими характеристиками водоносних шарів є глибина їх залягання, напірність та однорідність порід з яких води складені. Різнобічне якісне та кількісне їх поєднання визначає величезну кількість можливих варіантів умов розташування та експлуатації водозаборів.

Одним з варіантів експлуатації колодязів є забір води з постійними рівнями води та дебітами. Однак, така схема може ускладнюватися напірністю та неоднорідністю водоносних шарів.

Крім того, колодязі можуть бути об'єднаними в груповий водозабір з взаємним впливом, що потребує врахування режимів роботи кожної свердловини. При цьому буде спостерігатися додаткове зниження рівнів води, а, відповідно, і корекція продуктивності кожного колодязя.

Для можливості регулювання роботи свердловин в особливих умовах розташування та характеристик водоносних шарів необхідно провести аналіз змін

дебітів та продуктивності колодязів, визначити одиночний та груповий вплив характерних факторів на систему величин «продуктивність- зниження рівня води свердловини».

Метою дослідження є визначення впливу характеристик водоносних шарів та водозаборів на зниження рівнів води в колодязях та віддалених точках при умові підтримання постійних дебітів води.

Для вирішення поставлених завдань необхідно:

- розглянути конструктивні особливості водозабірних свердловин та основи їх проєктування; визначити особливості методів буріння свердловин та типи їх фільтрів;
- розглянути особливості експлуатації свердловин та умов виникнення та усунення проблем кольматації фільтрів та прифільтрових зон свердловин;
- визначити особливості роботи свердловин з постійним дебітом в однорідних та неоднорідних, в напірних та безнапірних шарах;
- проаналізувати режими роботу свердловин - одночасне збільшення їх продуктивності та зниження рівня води (в умовах одиночних колодязів та групових водозаборів);
- визначити величини зниження рівнів води в напірних та безнапірних водоносних шарах при роботі одиночних свердловин;
- встановити вплив дебіту та часу безперервної роботи свердловин, відстані на рівні води в точках водоносного шару, що будуть досліджуватися;
- розглянути особливості та визначити вплив групи свердловин з взаємним впливом на продуктивність водозабору та зниження рівнів води при змінах загального дебіту, часу його роботи та відстаней між свердловинами в межах ділянки водоносного шару;
- визначити вплив групового водозабору на зміни рівнів води в точках дослідження, які знаходяться між колодязями та на відстані від них.

Перелік посилань:

1.Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія. Підручник.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005.-144 с.

2.Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.

3.Тугай А. М., Прокопчук И. Т. Эксплуатация и ремонт систем артезианского водоснабжения. Київ: Будівельник, 2008. 176 с.

ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ВОДИ В КОЛОДЯЗЯХ ПРИ ЗМІНАХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Попов Н.С., Баранов Д.В., керівник доц. Шарков В.В.
Український державний університет науки і технологій

Надійна подача води споживачам можлива при роботі елементів систем водопостачання в заданих технологічних режимах. Водозабірні споруди, як важливі та перші, за розташуванням, частини систем подачі води, визначають подальшу нормальну роботу всього комплексу споруд систем.

Завданням споруд з підземних джерел є забір розрахункових витрат води потрібної якості з її підняттям на поверхню землі чи на потрібні для подальшого використання відмітки. Виконання таких задач можливе, лише, при правильному проектуванні споруд з врахуванням всіх місцевих умов та потреб споживачів, проведенні якісних будівельних та монтажних робіт при влаштуванні водозаборів та виконанні всіх правих надійної їх експлуатації. Експлуатація водозабірних споруд, крім підтримки робочого стану обладнання, передбачає, при необхідності, регулювання

продуктивності колодязів з відповідним маневруванням показників, які визначають стан системи «продуктивність водозабору - зниження рівня води».

Робота водозабірних колодязів передбачає планові відключення з роботи для проведення регламентних робіт та підтримки встановлених графіків подавання води споживачам. Крім того, експлуатацію водозаборів може супроводжувати позапланові відключення (аварії, налагодження, відключення живлення і т.п.) та регулювання дебіту споруд зменшенням чи збільшенням витрат води.

Всі перераховані випадки, крім змін продуктивності чи повного припинення відкачування води, змінюють рівні води в колодязях та водоносних шарів в зоні впливів водозаборів. При сталих режимах відбору води з водоносних шарів встановлюються рівні води, які відповідають розрахунковим дебітам колодязів. Збільшення продуктивності колодязів призводить до неминучих зменшень рівнів води в них, що може бути небезпечним для нормальної роботи колодязів чи, навіть, не відповідати запланованим продуктивностям водозаборів. В таких випадках продуктивність колодязів необхідно знижувати чи доводити до первинних значень витрати води. Зниження продуктивності водозабору підвищує рівень води та дає можливість накопичувати потенційні запаси води в зоні дії колодязя з наступним збільшенням продуктивності та, відповідним, зниженням рівнів. В обох режимних змінах продуктивності колодязів необхідний контроль за рівнями води, що забезпечить подальшу нормальну роботу водозабірних колодязів.

Продуктивність колодязів може змінюватися плавно чи стрибкоподібно - знижуючись чи збільшуючись за закономірностями, в основі яких лежать параболи з різною інтенсивністю наростання або зменшення інтенсивності процесу, що потребує всебічного вивчення впливу на величини та можливості регулювання процесів.

Метою досліджень є аналіз впливу дебітів колодязів на рівні води в умовах планових та позапланових змін режимів роботи водозаборів, визначення величин змін рівнів води в колодязях та водоносних шарах. Рішення задачі полягає в урахуванні фільтраційних характеристик водоносних шарів, часу роботи колодязів до і після початку змін режимів роботи, відстаней від водозаборів до точок водоносного шару, де проводяться дослідження рівнів води.

Перелік посилань:

1.Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія. Підручник.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005.-144 с.

2.Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.

3.Хоружий П. Д., Хомутецкая Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука. 2008. 534 с.

НЕДОСКОНАЛІСТЬ СВЕРДЛОВИН ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНСТЬ

Черниченко Д.Д., Желєзньов М. Е., керівник доц. Шарков В.В.
Український державний університет науки і технологій

Складність забезпечення водою різноманітних споживачів- підтверджена та актуальна проблема сучасності. Дефіцит води та відсутність надійних джерел водопостачання, які відповідають мінімальним критеріям, за якими природні водні ресурси можуть бути визнаними джерелами живлення систем водопостачання, робить проблему їх пошуку та експлуатації складною та потребує врахування величезної кількості факторів впливу.

Поверхневі водойми- річки, озера та водосховища, вже багато десятиріч, як втратили сутність надійного та повноцінного ресурсу води питної якості. Низька якість

води, з потребою вкладання величезних коштів в технології доведення їх якості до питної, зниження рівнів води до мінімальних, що погіршує якість води та не забезпечує розрахункові витрати води, робить такі джерела водопостачання не ефективними та економічно не вигідними.

Інші джерела водопостачання- підземні води, не зважаючи на їх кількісні та якісні характеристики, залишаються прогнозованими за витратами води з мінімальними вкладаннями коштів в доведення якості води до використання в господарсько- питних водопроводах.

Підземні джерела водопостачання характеризуються багатьма факторами, пов'язаними з гідрогеологічними та місцевими особливостями ділянок, де планується будівництво водозаборів. Ці особливості можуть кардинально змінювати підхід до організації забору води.

Однією з важливих характеристик водозабірних свердловин є їх досконалість, тобто умова за якою водоприймальна частина- фільтр колодязя знаходячись в водоносному шарі повністю його пересікає. При цьому, невелика частина фільтра свердловини не приймає воду, а виділяється під відстійник (1-1.5 м в нижній частині фільтру) та під надфільтрову трубу (0,5-1 м над фільтром в зоні водоносного шару). Частина свердловин проєктуються та експлуатується як недосконалі- їх фільтри не доходять до підошви водоносного шару, зависаючи в його середині чи верхній частині.

Така відмінність свердловин впливає на продуктивність колодязів та рівні води, як в свердловинах, так і в віддалених від них точках водоносних шарів. Тому, проєктування та експлуатація підземних вертикальних колодязів повинні враховувати цю обставину.

Розрізняють два типи недосконалості свердловин: за ступенем та характером розкриття водоносних шарів. Основними факторами впливу на додаткові опори, що створюються недосконалістю свердловин (зменшують їх продуктивність та збільшують зниження рівнів води), є розташування водоприймальної частини фільтру в водоносних шарах відносно їх покрівель та підошв. Крім того, розкриття водоносних шарів свердловинами обумовлюються потужністю шарів, довжиною та радіусом колодязів.

Дослідження характеристик водоносних шарів та технічних особливостей свердловин, створених недосконалістю колодязів, повинні визначити вплив ступеня та характеру розкриття водоносних шарів на продуктивність як одиночних колодязів та їх груп з взаємним впливом.

Напрямки рішення поставлених задач полягають у визначені особливостей свердловин, вивченні методик їх проєктування та влаштування; в дослідженнях гідравлічних опорів, що супроводжують відбір води недосконалими свердловинами, їх впливу на продуктивність та зниження рівнів води в колодязях; в аналізах впливу недосконалості свердловин на динамічні рівні води при особливостях примикання фільтрів до покрівлі водоносних шарів та розташуванні в їх середині; в аналізах впливу недосконалості свердловин на рівні води в віддалених точках водоносних шарів при уявленні свердловин в вигляді точкових або груп точкових джерел забору води; у визначенні впливу покрівель водоносних шарів на зниження рівнів води при роботі недосконалих свердловин.

Перелік посилань:

1.Костюченко М.М., Шабатин В.С. Гідрогеологія та інженерна геологія. Підручник.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005.-144 с.

2.Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.

3.Хоружий П. Д., Хомутецкая Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука. 2008. 534 с.

ОСОБЛИВОСТІ РАЙОННИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Савченко Д.Г., Мазурок О.В., керівник доц. Шарков В.В.
Український державний університет науки і технологій

Системи водопостачання - комплекс технічних споруд для забезпечення споживачів водою в визначених об'ємах та якостей. Крім того, системи водопостачання повинні мати визначений ступінь надійності, тобто забезпечувати постачання води споживачам без зниження встановлених показників своєї роботи.

Системи водопостачання забезпечують забір води з природних джерел, її обробку (якщо це є вимогами споживачів) та подачу до місць споживання [1]. Для виконання таких задач в склад систем водопостачання входять: водоприймальні споруди; водопідйомні споруди; споруди для очищення та підготовки води; водоводи та водопровідні мережі; башти та резервуари.

Значне поширення мають районні системи водопостачання, в яких одна система обслуговує кілька великих об’єктів, розташованих на значних відстанях один від одного, що дає значні переваги, так як вартість об’єднаного водопроводу є нижчою, ніж вартість індивідуальних систем для кожного об’єкту. При цьому, знижуються витрати на експлуатацію системи. Подібне кооперування дозволяє розумно та економічно вирішувати найважливіші проблеми водопостачання.

Використання районних систем водопостачання особливо доцільно для маловодних районів, споживачів, які розташовані на значній відстані один від одного та коли воду подають від далеко розташованих природних джерел. В цих випадках кооперування окремих об’єктів водоспоживання та обслуговування їх єдиною системою подачі води має велику економічну перевагу.

Районні системи водопостачання мають значну капіталомісткість, найбільш показовими з них є насосні станції, водопровідна мережа та регулюючи ємності. Дані споруди визначають структуру, топологію і конструкцію систем і тому є об'єктами підвищеної уваги при їх проєктуванні і експлуатації.

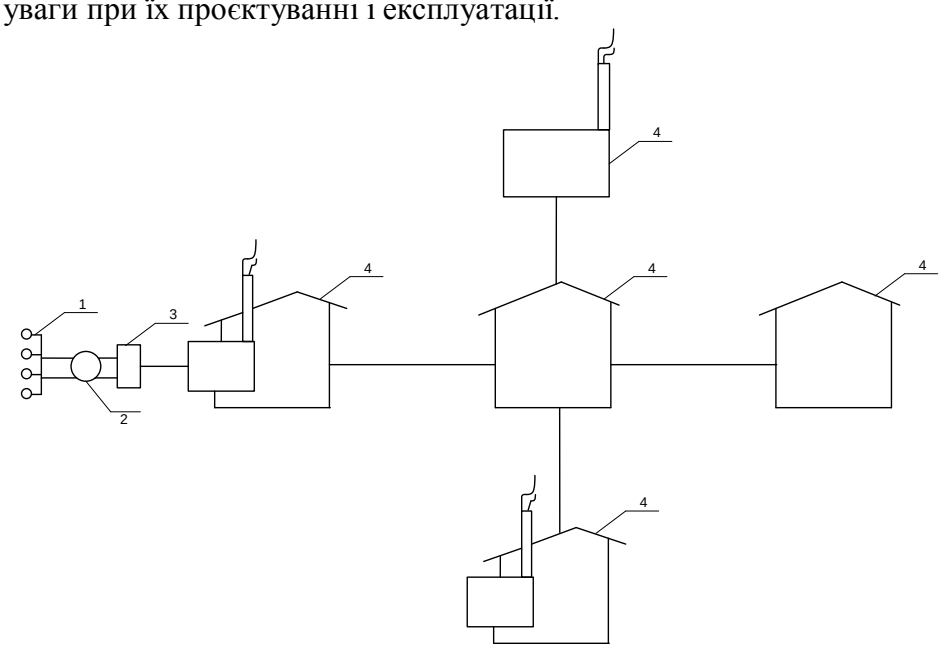


Рис.1. Схема районної системи водопостачання
1 - водозабірна споруда з підземного джерела, 2 – збірний резервуар,

3 – насосна станція; 4 - споживачі води

Безліч конкретних місцевих умов, спеціальні вимоги до якості води, наявність тих чи інших джерел водопостачання, характер процесу водоспоживання, економічні міркування і ряд інших факторів визначають різноманіття схем районних і групових систем водопостачання. Вони можуть бути розгалуженими або кільцевими, з одним або декількома джерелами живлення, з регулюючими резервуарами і без них, а також, в залежності від якості вихідної води, можуть включати в себе станції водопідготовки.

Відмінною особливістю районних систем водопостачання є чітко виражена ієрархічність структури (магістральні водоводи, підсистеми водопостачання населених пунктів); значна протяжність трубопроводів великих і малих діаметрів; наявність насосних станцій підкачки води; різноманітність запірної і регулюючої арматури [2]. Такі системи дуже зручні в експлуатації і ефективні в управлінні.

Сучасні районні системи транспортування і розподілу води є дуже потужними, великомасштабними, вартісними інженерними спорудами і мають наступні ознаки: масштабність, ієрархічність структури, безперервність розвитку і динамічність [3]. Особливо важливими характеристиками районних і групових систем водопостачання є надійність і економічність - властивості виконувати вимогу безперебійної подачі води споживачам в заданій кількості і якості з найменшими витратами.

Районні системи водопостачання мають високий ступінь централізації. Великі і протяжні системи можуть мати кілька потужних водозабірних вузлів, станцію підготовки води, водоводи і розподільні трубопроводи, що підводять воду до кожного споживача. Збільшення чи зниження величин споживання води потребує змін в системі водопостачання. Поряд зі змінами трасування мереж, пропускної здатності трубопроводів, потужності насосних станцій, змінам піддаються системи очищення води і, відповідно, водозабірні споруди. У зв'язку з цим доводиться робити вибір між реконструкцією наявних водозабірних споруд або проєктуванням додаткових. Додаткові споруди слід розглядати не тільки як збільшення потужності існуючого водозабору, але і як організація нових водозабірних споруд з новими природними джерелами води. Водозабори можуть розташовуватися в різних точках районних і групових систем водопостачання, істотно змінюючи потокорозподіл води та сумарні втрати напору. Така ситуація може призвести до зниження ступеня централізації систем водопостачання. Іноді, в результаті використання нових джерел водопостачання, система водопостачання фрагментується - з районних систем водопостачання відходить частина споживачів, які отримали власні джерела живлення і, відповідно, власні системи водопостачання. Інші споживачі отримують багатостороннє живлення водою від наявної системи водопостачання та новозбудованої водозабірної споруди.

Головною умовою децентралізації районних систем водопостачання є збереження працездатності їх частин і надійності подачі води. Крім того, економічний фактор повинен враховувати вартість не тільки проведеного проєктування, будівництва і експлуатації нових об'єктів, але і якість води нових джерел, що позначиться на складі і схемах обробки води.

Перелік посилань:

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. - М.:Стройиздат, 1982.-440 с.

2.Кемелев А.А. Групповые системы сельскохозяйственного водоснабжения. -М.: Колос-1971.-192с.

3. Мелентьев Л.А. О главных свойствах больших систем энергетики. - Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. - 1977. - № 1. - С.3-13.

4.Хоружий П. Д., Хомутецкая Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука. 2008. 534 с.

EVOLUTION OF THE REGULATORY FRAMEWORK AND ITS IMPACT ON THE MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN POLAND

Kopera P., supervisor: Sechman H., Ph. D.
AGH University of Krakow

The municipal waste management system in Poland underwent significant transformation in the period 1995–2024, characterised by a gradual shift away from a landfill-dominated model towards an increasing share of recycling and energy recovery. The aim of this study is to analyse changes in the structure of municipal waste treatment in Poland and to assess the impact of legal regulations on the direction of these changes in relation to the average values for the European Union.

Analysis of Eurostat data for the years 1995–2024 (Fig. 1), based on the most recent dataset updated in 2026, indicates that in the 1990s the municipal waste management system in Poland was almost entirely dominated by landfilling (D1-D7, D12), which constituted the primary method of waste disposal. The share of recovery processes, including recycling and thermal treatment of waste, remained marginal during this period. This structure persisted until the early 2000s, reflecting both the limited scope of legal regulations and the absence of uniform technical and environmental standards for landfill facilities.

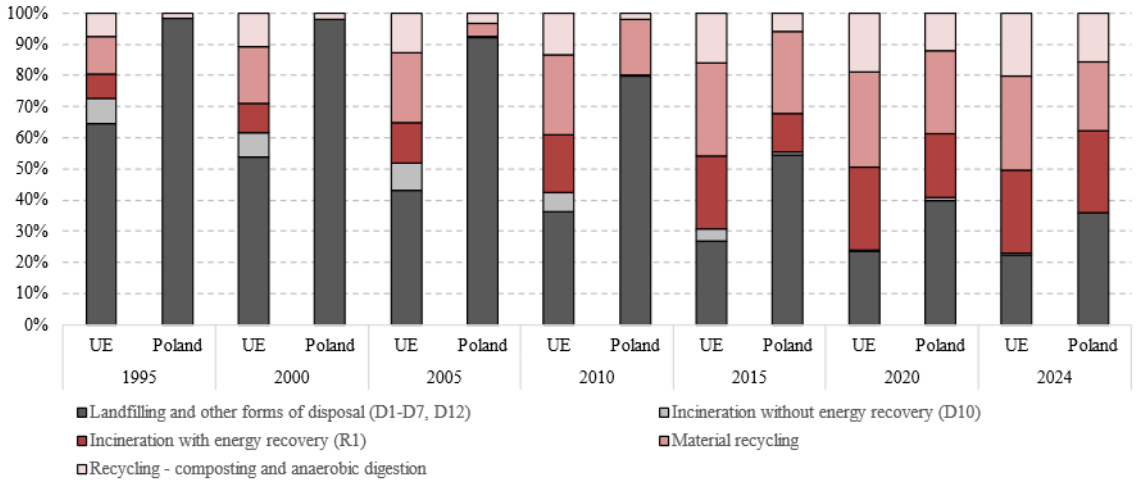


Fig. 1. Structure of municipal waste treatment in Poland and the European Union, 1995–2024 (own elaboration based on Eurostat, 2026)

In the pre-accession period, the legal framework was primarily based on the Act of 27 June 1997 on waste (Journal of Laws 1997 No. 96, item 592). With regard to municipal waste landfills, there were no comprehensive regulations defining technical requirements, and the conditions for their siting, operation and closure were, in practice, determined through administrative decisions. This situation facilitated the operation of facilities that did not meet uniform environmental protection standards.

A fundamental shift in the system occurred following Poland's accession to the European Union in 2004, when national legislation had to be aligned with Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste (OJ L 182, 1999) and Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC (OJ L 11, 2003). These regulations introduced requirements for siting landfills in locations minimising their

impact on surface water, groundwater and air, the application of sealing systems including geomembranes, the construction of leachate drainage systems, and the installation of gas collection and control systems. They also imposed obligations to maintain detailed records on the quantity and type of accepted waste, to conduct systematic environmental monitoring, and to report relevant data. In parallel, Poland was required to reduce the amount of biodegradable waste disposed of in landfills and to develop recycling and other waste treatment methods. These requirements applied to both new and existing facilities, obliging operators to ensure compliance by 31 December 2009, which in practice led to the closure of a number of non-compliant landfills and the development of new facilities meeting EU standards.

The implementation of these regulations resulted in a gradual reduction in the role of landfilling and the development of alternative waste treatment methods. The data indicate a systematic decline in the share of landfilling, accompanied by an increase in recycling (material recycling and composting and anaerobic digestion) and energy recovery (R1).

A further stage of legislative change was associated with the introduction of the Regulation of the Minister of the Environment of 30 April 2013 on landfills (Journal of Laws 2013, item 523) and its amendment of 19 March 2021 (Journal of Laws 2021, item 673). These regulations refined the requirements for landfill operation, including stricter siting criteria, the strengthening of natural and artificial geological barriers, and the introduction of measures to prevent uncontrolled gas emissions, their accumulation within the waste body, and fire hazards. They also clarified the principles of landfill reclamation following the end of operation.

Despite the observed structural changes, Poland has not yet achieved convergence with the average for the European Union. The structure of municipal waste treatment in Poland still exhibits a relatively high share of landfilling and a lower level of recycling, indicating persistent differences in the effectiveness of the waste management system.

The results demonstrate that legal regulations have been a key driver of changes in the municipal waste management model in Poland, initiating the transition away from landfilling towards more advanced treatment methods. At the same time, their effectiveness remains closely linked to the level of infrastructure development and the availability of waste treatment technologies, which determine the further potential for reducing landfilling and increasing the share of recycling and energy recovery.

References:

Eurostat, 2026: Municipal waste by waste management operations. [online]: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasmun/default/table?lang=en, accessed: April 2026. DOI: 10.2908/ENV_WASMUN.

Journal of Laws 1997 No. 96, item 592: Act of 27 June 1997 on waste [in Polish].

Journal of Laws 2013, item 523: Regulation of the Minister of the Environment of 30 April 2013 on landfills [in Polish].

Journal of Laws 2021, item 673: Regulation of the Minister of Climate and Environment of 19 March 2021 amending the Regulation on landfills [in Polish].

OJ L 182, 1999: Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.

OJ L 11, 2003: Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СТРАТЕГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ТА РЕЦИКЛІНГУ АКУМУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Крамаренко Є.Р. керівник доц. Плітченко С.О.
Український державний університет науки і технологій

Стрімке зростання глобального парку електротранспорту висуває на передній план проблему управління життєвим циклом тягових акумуляторів, перетворюючи їх із джерел чистої енергії на потенційні об'єкти екологічного навантаження. Сучасні літій-іонні батареї, зокрема на основі нікель-марганець-кобальту (NMC) та залізо-фосфату (LFP), мають складну багатокомпонентну архітектуру, що включає не лише активні матеріали анода й катода, а й рідкі електроліти та складні системи керування (BMS). Протягом перших років експлуатації під впливом циклічних навантажень та температурних коливань відбувається неминуча деградація хімічних елементів, що призводить до зниження ємності. Проте втрата первинних характеристик до рівня 80% не означає кінець експлуатації. Сучасна інженерна думка розглядає такі накопичувачі як цінний ресурс для стратегії «другого життя», де вони інтегруються у стаціонарні системи зберігання енергії, дозволяючи балансувати навантаження в мережах та підтримувати відновлювані джерела енергії ще протягом багатьох років.

Коли технічний потенціал батареї для повторного використання вичерпується, критично важливим стає вибір технології глибокої утилізації. Початковий етап передбачає механічну обробку, спрямовану на безпечне розбирання та сепарацію компонентів, зокрема із застосуванням вихрострумових методів для вилучення кольорових металів.

Основним викликом залишається вибір між термічними та хімічними методами відновлення сировини. Пірометалургійна переробка, хоч і є технологічно відпрацьованою, характеризується високою енергоємністю та втратою літію у шлаках. Натомість гідрометалургійні методи, що базуються на вилуговуванні металів кислотними розчинами, дозволяють рекуперувати до 95% цінних матеріалів у вигляді солей високої чистоти. Це забезпечує створення замкненого циклу виробництва, де відновлені нікель, кобальт та літій повертаються у промисловий обіг, мінімізуючи потреби у видобутку нової сировини та зменшуючи загальний вуглецевий слід галузі.

Логічним завершенням технологічного ланцюжка є формування жорсткого нормативно-правового поля, оскільки саме законодавчі обмеження є головним рушієм інновацій у цій сфері. Законодавці в усьому світі — від Європейського Союзу до США та Китаю — намагаються вирішити проблему «токсичної бомби сповільненої дії», якою можуть стати мільйони відпрацьованих батарей на звалищах. Накопичення таких відходів загрожує самозайманням та забрудненням ґрунтових вод важкими металами. Нові регламенти впроваджують стандарти рециклінгу батарей та принцип розширеної відповідальності виробника. Ці заходи змушують компанії враховувати можливість утилізації ще на етапі проектування. Таким чином, регулювання перетворює утилізацію з екологічного обов'язку на стратегічний інструмент боротьби за критичні матеріали, забезпечуючи енергетичну безпеку та сталий розвиток циркулярної економіки майбутнього.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що ефективна утилізація акумуляторів є багатогранним процесом, де технічна досконалість гідрометалургійних методів та раціональність концепції повторного використання поєднуються з глобальними правовими стандартами. Лише такий комплексний підхід дозволяє перетворити відпрацьовані джерела живлення на повноцінний ресурсний актив, мінімізуючи екологічні ризики та забезпечуючи стабільність ланцюжків постачання в умовах глобального енергопереходу.

ПІДСЕКЦІЯ «ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ»

ВПЛИВ ЗАВОДУ ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Горб М.К., керівник доц. Безовська М. С.
Український державний університет науки і технологій

Виробництво технічного обладнання є невід'ємною частиною профільного машинобудування, підприємства якого формують складний взаємопов'язаний машинобудівний комплекс. До його складу входять усі основні галузі машинобудування. Провідне місце посідають приладобудування, тракторне і сільськогосподарське машинобудування, де зайнято близько п'ятої частини тих, хто працює в машинобудуванні.

Машинобудівна промисловість – сукупність галузей промисловості, що виготовляють машини та устаткування для всіх галузей і ланок господарства, а також побутову техніку. Машинобудування відіграє визначальну роль не лише для багатьох галузей господарства, але й значною мірою забезпечує рівень економічного розвитку країни.

Основними джерелами забруднення атмосфери у машинобудуванні є ливарні цехи, цехи механічної, гальванічної обробки, зварювальні, фарбувальні цехи. По валовому викиду в атмосферу частка машинобудування становить приблизно 6 % викидів в атмосферу всієї промисловості. Викиди підприємств машинобудування мають наступний склад: оксид вуглецю, оксиди сірки, пил різних видів, оксиди азоту, а також вуглеводні, розчинники, сполуки свинцю, брому, нікелю, цинку.

Склад стічних вод підприємства технічного обладнання наступний:

- оливовміщуючі стоки;
- стоки з переважаючим вмістом твердих домішок;
- концентровані оливовміщуючі стічні води (в тому числі відпрацьовані миючі та знежирюючі розчини і відпрацьовані мастильноохолоджуючі рідини);
- стоки фарбувальних камер;
- стоки з переважаючим вмістом розчинних домішок (у тому числі ціановміщуючі, кислотно-лужні, никельвміщуючі і хромовміщуючі).

Відходи за прийнятою класифікацією поділяються на дві групи: відходи виробництва та відходи споживання. На підприємствах технічного обладнання утворюються як виробничі відходи, так і відходи споживання. Основними екологічно небезпечними відходами таких підприємств є відходи гальванічних виробництв. На машинобудівних підприємствах 55 % амортизаційного брухту виникає від заміни технологічного оснащення і устаткувань.

Розміри відходів металу у виробництві залежать від кількості металів і сплавів, які потребують переробки і встановлення коефіцієнта відходів. В основному у машинобудуванні утворюються відходи від виробництва прокату (відрізки, стружка, окалини та ін.) і виробництва лиття, а також механічної обробки.

Розв'язання всіх вищезазначених проблем є важливою екологічною задачею як окремого заводу, так і машинобудівної промисловості в цілому.

ВПЛИВ ЗАВОДУ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Донських Ю.В., керівник доц. Безовська М. С.
Український державний університет науки і технологій

Підприємства металевих виробів зазвичай спеціалізуються на переробці сталевого дроту типу «катанка» з метою отримання готової металевої продукції різного призначення. Основними видами діяльності таких підприємств є волочіння сталевого дроту різних діаметрів, нанесення цинкового покриття на дріт, виготовлення колючого дроту, металевої сітки, кріпильних виробів, цвяхів, шплінтів та інших металевих виробів.

Забруднення атмосферного повітря залишається одним з провідних факторів негативного впливу на природні екосистеми і здоров'я населення. Сотні міст країни мають середньорічні рівні забруднення атмосферного повітря, що перевищують санітарно-гігієнічні норми. Викиди промислових підприємств і об'єктів інфраструктури зазвичай надходять від великих стаціонарних об'єктів. Відносна висота і температура джерел призводить до їх атмосферному переносу і розсіювання забруднень на значних територіях. Самоочищення атмосфери відбувається за рахунок випадінь з опадами і завдяки газообміну рослин.

До організованих джерел викиду в атмосферу зазвичай відносяться :

- ковпакова двостендова піч, в процесі роботи якої утворюються такі забруднювачі, як оксиди азоту в перерахунку на діоксид азоту, оксид вуглецю;
- випромінювачі, на яких утворюються забруднювачі: оксиди азоту в перерахунку на діоксид азоту та оксид вуглецю;
- теплогенератори: оксиди азоту в перерахунку на діоксид азоту та оксид вуглецю;
- при роботі нагрівальних печей утворюється оксид азоту;
- горн: оксид азоту, оксид вуглецю;
- зварювальні пости: оксид азоту, оксид вуглецю;
- ванна флюсування: хлорид водню;
- ванна цинкування: хлорид водню;
- печі відпалу, випалювання: оксид азот, оксид вуглецю, сірки діоксид;
- ванна просочування: ксилол;
- піч сушильна: ксилол.

Всі вищезазначені забрудники безумовно несуть значну шкоду як для людей, так і для навколишнього природного середовища загалом. Наприклад, оксиди азоту відповідальні за виникнення смогу і кислотних дощів. Смог викликає ускладнення з диханням, кашель у дітей і загалом сприяє розвитку хвороб дихальних органів. Особливо страждають від смогу астматики і діти. Абразивний пил має фіброгенну дію. Дія пилу на шкірний покрив зводиться в основному до механічного подразнення. Внаслідок такого подразнення виникає невеликий свербіж, неприємне відчуття, а при розчісуванні може з'явитися почервоніння і деяка припухлість шкірного покриву, що свідчить про запальний процес.

ВИГОТОВЛЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО КОМПОЗИТНОГО СОРБЕНТУ З РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ, ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПОТРЕБ МАЛИХ ГРОМАД

Власенко В.С., керівник ст. викл. Калимбет М.В.
Український державний університет науки і технологій

Тенденція до деградації водних ресурсів зумовлює необхідність систематичного спостереження за їхнім якісним складом. Впровадження інтегрованих систем моніторингу є ключовою умовою для формування обґрунтованої природоохоронної політики.

Інгулець є правою притокою Дніпра загальною протяжністю 549 км, що пролягає територією чотирьох областей України. Найкритичніший стан екологічного забруднення зафіксовано в межах Інгулецького району м. Кривий Ріг. Деградація екосистеми річки спричинена концентрацією об’єктів Криворізького залізорудного басейну, зокрема гірничо-збагачувальних та металургійних підприємств. Потужний антропогенний вплив створює суттєві ризики для навколишнього середовища та здоров'я місцевого населення.

До моменту коли було зруйновано Каховське водосховище, воно було основним джерелом, що розбавляло шахтні води які скидались у річку інгулець. Наразі після руйнування каховського водосховища, основним джерелом для розбавлення води є Карачунівське водосховище, що значно менше. До того ж за рішенням влади р. Інгулець нарізі обрана, основним джерелом питного водопостачання в 4 областях України.

За даними звітів «Державного водного агентства України» Перевищення вмісту хлоридів сягає в 1,5-2 рази (400-800мг/г)[1]. Для малих громад де сільське господарство є одним з основних способів заробітку цей показник є доволі високим, через те що засолена вода не може використовуватись у поливі сільськогосподарської культури.

В Україні щорічно утворюється більш одного мільярда тонн відходів виробництва і споживання, з яких не більш 10% використовуються як вторинні матеріальні ресурси, а інші поступають на захоронення [2].Одним із перспективних методів утилізації цих рослинних відходів є утворення з них біопалива, або виготовлення сорбентів.

Використання різних рослинних відходів, завдяки процесу карбонізації, дозволяє підвищувати адсорбційні властивості сорбентів, проте висока температура для його отримання ставить під сумнів економічну доцільність використання даного методу.

Тому одним з основних питань для виготовлення альтернативного композитного сорбенту є підбір сировини та її % співвідношення таким чином, щоб забезпечити охват максимально можливого спектру небезпечних речовин в залежності від їх класу небезпеки і при цьому зменшити енерго та ресурсозатрати на його виготовлення

Вихід продукту карбонізації складає ≥50 % з основними параметрами процесу: оптимальна температурний інтервал карбонізації ≈ 500 °C; час карбонізації – 60 хвилин[3], що дозволить з економити, як сировину так і електроенергію, що зробить запропонований альтернативний композитний сорбент значно дешевшим та конкурентно спроможним на ринку.

Метою дослідження є створення, для громад, безвідходної технології утилізації сільськогосподарських відходів шляхом виготовлення з них сорбентів, з ціллю підготовки технічної води необхідної якості, для поливу агропродукції, і як первинний етап підготовки для фіторемедіації грунтів, для вирощування агропродукції.

Висновки.

Вирішення екологічних викликів в аграрному секторі залишається пріоритетним завданням для територіальних громад. Запропонований підхід полягає у впровадженні **безвідходної технології переробки сільськогосподарських решток у високоефективні сорбенти**. Отриманий продукт призначений для очищення технічної води (для поливу) та фіторемедіації виснажених ґрунтів.

Ключові аспекти технології:

- **Процес:** Карбонізація при температурі ≈500 °C протягом 60 хвилин забезпечує вихід продукту ≥50%.
- **Економічний ефект:** Оптимізація енерговитрат та використання вторинної сировини роблять сорбент значно дешевшим за ринкові аналоги, забезпечуючи його високу конкурентоспроможність.

Список використаних джерел.

[1] – Google, ПРОБЛЕМА БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ, ПРОБЛЕМА. ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ. ОЧІКУВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ
URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://davr.gov.ua/fls18/presentatsiyaIngulets.pdf&ved=2ahUKEwjaq_bM5-CTAxWsPhAIHSNUAsoQFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw2M68AYNCrhHxwWG8ObLQQr (дата звернення: 01.04.2026).

[2] - Карапута О. А. Дослідження способів одержання та оцінки сорбційних властивостей сорбентів на основі відходів виробництва кави: Магістерська робота. Київ, 2021. 80 с. [Електронний ресурс] - дата звернення 28.09.2025 р. https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ec226140-c377-44fd-b2c4-f0dd69cf5fce/content

[3] - Zelenko Y., Calimbet N. Improving a method for eliminating the spill of hazardous substances byusing «Universal Absorbent Cloth». Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. 4(10(118)). P. 30-37. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263583 (in English)

УТИЛІЗАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ БІОРЕМЕДІАЦІЇ

Аракєлов А.О., керівник доц. Тарасова Л.Д.
Український державний університет науки і технологій

У природі, що не піддається втручанню людини, екосистема налаштована на самоочищення, тобто природа сама справляється з переробкою непотрібного їй (мертвого) органічного матеріалу. В процесі утилізації органіки бере участь ґрунт, який містить природну біоту (мікроорганізми, едафон) - живий компонент, представлений різноманітними представниками рослинного і тваринного світу. В одному грамі садового ґрунту містяться десятки мільйонів мікроорганізмів. Разом мікроорганізми становлять мікрофлору ґрунту, що відповідає за метаболізм в результаті якого мертва органіка перетворюється в родючий гумус. Діяльність людини впливає на навколишнє середовище потужним техногенний впливом, зокрема забрудненням ґрунту і води відходами виробництв і життєдіяльності, де значну частку займають органічні забруднювачі. В результаті чого пригнічується природна біота, змінюються співвідношення між окремими групами мікроорганізмів і в цілому змінюється напрямок метаболізму, порушуються природні процеси самоочищення. У забрудненій екосистемі з пригніченою корисною мікрофлорою розвиваються шкідливі і патогенні мікроорганізми - у водоймищах забруднених поживними елементами азоту і фосфору стрімко розвиваються небезпечні синьо-зелені і бурі мікроводорості, які викликають отруєння води і замори риби. Техногенні та антропогенні порушення екологічного

балансу серйозно змінюють санітарний стан в місці їх утворення, погіршують умови життя людей.

Штучне використання мікроскопічних ґрунтових мешканців для біологічної утилізації органічних відходів та нейтралізації забруднювачів отримало назву біоремедіації (bio - життя, remedio - лікування). В середовище або утилізовані відходи вносяться високі концентрації спеціально підібраних різних мікроорганізмів, які раніше були виділені з ґрунту, селекційовані і розмножені у формі готового до застосування препарату.

В результаті в потрібному місці в потрібний час цілеспрямовано створюється мікробіологічна активність із засвоєнням і переробкою мікробами мертвої органіки в продукти метаболізму: вуглекислий газ (CO_2), воду (H_2O), гумус. Подібні заходи дозволяють з високою ефективністю нейтралізувати гальмівну дію забруднювачів на природні процеси самоочищення ґрунту і води, відновити природний метаболізм, активізувати аборигенну мікрофлору і природні процеси ґрунтоутворення, дихання.

До переваг біоремедіації відносять: можливість цілеспрямованого і дозованого застосування технології в потрібному місці в потрібний час, досить високу швидкість і ефективність засвоєння і переробки мікроорганізмами органічних відходів і забруднень, штучно задані характеристики процесу утилізації, екологічну та гігієнічну безпеку.

Розробка найбільш раціональних прийомів використання мікробів у господарській діяльності людини і свідома селекція мікробів стали можливі тільки після розробки мікроскопічних методів вивчення і з'ясування способів розселення і розмноження мікроорганізмів. Шляхи виникнення мікробів з підвищеною стійкістю або зі зниженими вимогами до живильних речовин як в природних умовах під впливом природного відбору, так і в штучних умовах в результаті діяльності селекціонерів, мають дуже важливе практичне значення. Людина зацікавлена отримати якомога швидше корисні форми мікробів. Інтенсивність природного відбору сильно впливає на швидкість появи стійких форм і чим більш жорстокий цей відбір, тим швидше виявляються стійкі форми. За допомогою ступінчастою селекції отримують нові штами мікроорганізмів, здатні рости і давати високу продуктивність в умовах екологічного забруднення.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МІСЬКИХ СИСТЕМ

Романчук Є.В., керівник доц. Тарасова Л.Д.
Український державний університет науки і технологій

Господарсько-побутові стоки призводять до біологічного забруднення води, яке може викликати інфекційні захворювання в людей (холеру, тиф, гепатит). Особливо небезпечні стічні води пунктів санітарної обробки білизни, спецодягу, стоки від лікарень, каналізаційні стоки, у яких часто містяться збудники глистових захворювань (гельмінтозів). Органічні забруднення часто призводять до зменшення вмісту розчиненого в воді кисню, наслідком чого є загибель водних організмів, фітопланктону. Надлишки азоту й фосфору в воді призводять до її цвітіння і порушення біологічної рівноваги водойм.

Очищення стічних вод - це руйнування або видалення з них певних речовин, патогенних мікроорганізмів (обеззаражування). Основний спосіб захисту водойм від забруднення їх стічними водами - будівництво очисних споруд. Різноманітність забруднювальних хімічних сполук обумовлює необхідність застосування різноманітних

методів і споруд для очищення стічних вод. Ці методи можна об'єднати в такі групи: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні, комплексні.

Механічні способи застосовуються для очищення стоків від твердих часток та масляних забруднень. До них відносяться подрібнення, розділення (масляних плям), дистиляція, усереднення (розбавлення чистою водою), вилучення, уловлювання, відстоювання, фільтрація.

Фізико-механічні способи очищення стоків базуються на флотації, мембранних методах очищення, гіпер фільтрація, ультрафільтрація та електродіалізі.

Фізичні методи очищення стоків включають випаровування, виморожування, магнітну й електромагнітну обробку.

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод базуються на процесах коагуляції, флокуляції, сорбції, екстракції, іонному обміні .

Найрадикальнішим вирішенням проблеми попередження забруднення водойм стічними водами вважається створення безвідходних технологічних процесів. Безстокова технологія розвивається у кількох напрямках:

- створення різних типів безстокових технологічних систем і водооборотних циклів на базі існуючих і перспективних способів очищення стічних вод.
- розробка і впровадження систем переробки відходів виробництва, що розглядаються як вторинні матеріальні ресурси.
- створення і впровадження принципово нових процесів отримання традиційних видів продукції, що дозволяють виключити або скоротити технологічні стадії, які дають основну кількість відходів.
- створення територіально-промислових комплексів із замкнутою структурою потоків сировини й відходів.

Важливе завдання перебудови технологічних процесів - зменшення водоспоживання, яке в остаточному підсумку дозволить перейти на безвідходне виробництво без скиду технічних стічних вод у водойми.

ЗМІНИ ІНДЕКСУ БІОХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ У ВОДАХ СУБ-МАСИВУ СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА У 2016-2025 РОКАХ

Курінна В.Є., керівники доц. Тарасова Л.Д. , еколог-аналітик Байлюк Ю.В.
Український державний університет науки і технологій

Війна в Україні впливає на усі складові компоненти довкілля. Особливого впливу зазнають водні ресурси нашої країни. Пошкодження водоочисних споруд, забруднення водозбірних басейнів наслідками воєнних дій та відходами руйнувань, зміна складу та чисельності населення міст – усе це обумовлює зміни режиму водокористування та, відповідно, потенційного впливу на склад та якість поверхневих вод.

Мета цієї роботи – дослідити зміни забруднення та екологічного стану вод річки Дніпро в суб-масиві Середнього Дніпра (нижче м. Кременчук та вище м. Запоріжжя) у ретроспективі 2016-2026 років.

Вибір ділянки дослідження обумовлений такими чинниками:

(1) у містах агломерацій Дніпровської та Полтавської областей істотно змінилась структура та чисельність населення після 2022 року, що може впливати на ефективність роботи очисних споруд та якості зворотних вод, що скидаються у суб-масив р. Дніпро.

(2) у містах агломерацій Дніпровської та Полтавської областей в наслідок активних воєнних дій постраждала не тільки цивільна інфраструктура, а також велика кількість промислових об’єктів – що були первинними та вторинними водокористувачами.

Вибір ретроспективного періоду з 01.01.2016 р. до 01.01.2026 р. охоплює 4 роки активних воєнних дій та 10 років війни (АТО/ООС) для узагальненого порівняння та підтримки об'єктивності висновків.

Для аналізу використані дані Державного моніторингу вод України, отримані через сервіс відкритих даних «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» Державного агентства водних ресурсів України (http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index) у ретроспективі з 01.01.2016 р. до 01.01.2026 р. для таких постів спостережень суб-масиву Середнього Дніпра:

(1) Дніпро, 550 км, м. Горішні Плавні, питний водозабір КП «ВУВ КГ Горішньоплавнівської міської ради»;
(2) Дніпро, 462 км, селище Аули, питний водозабір м. Дніпро та м. Кам'янське;
(3) Дніпро, 420 км, м. Дніпро, правий берег, Кайдакський питний водозабір;
(4) Дніпро, 365 км, с. Військове, питний водозабір Солонянського району.

На рис. наведені результати обчислення Індексу еколого-хімічної якості вод за показником $БСК_5$. Для обчислення ми використали уніфіковані критерії Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (УкрНДІЕП, 2012). Ці критерії широко застосовують у практиці в Україні та поєднують екологічний та санітарно-гігієнічний підхід оцінок стану та якості поверхневих вод.

$БСК_5$ (BOD – англійською)– це інтегральний показник забруднення та екологічного стану поверхневих вод, який свідчить про здатність природної водної екосистеми до самоочищення та підтримки гомеостазу.

Аналіз даних (наведений на рис.) засвідчив, що екологічний стан води суб-масиву Середнього Дніпра за показником $БСК_5$ мають посередню (індекс від 3 до 4) та погану (індекс від 4 до 5) якість. Це є ознакою значного забруднення вод без втрати водної екосистеми здатності до самоочищення.

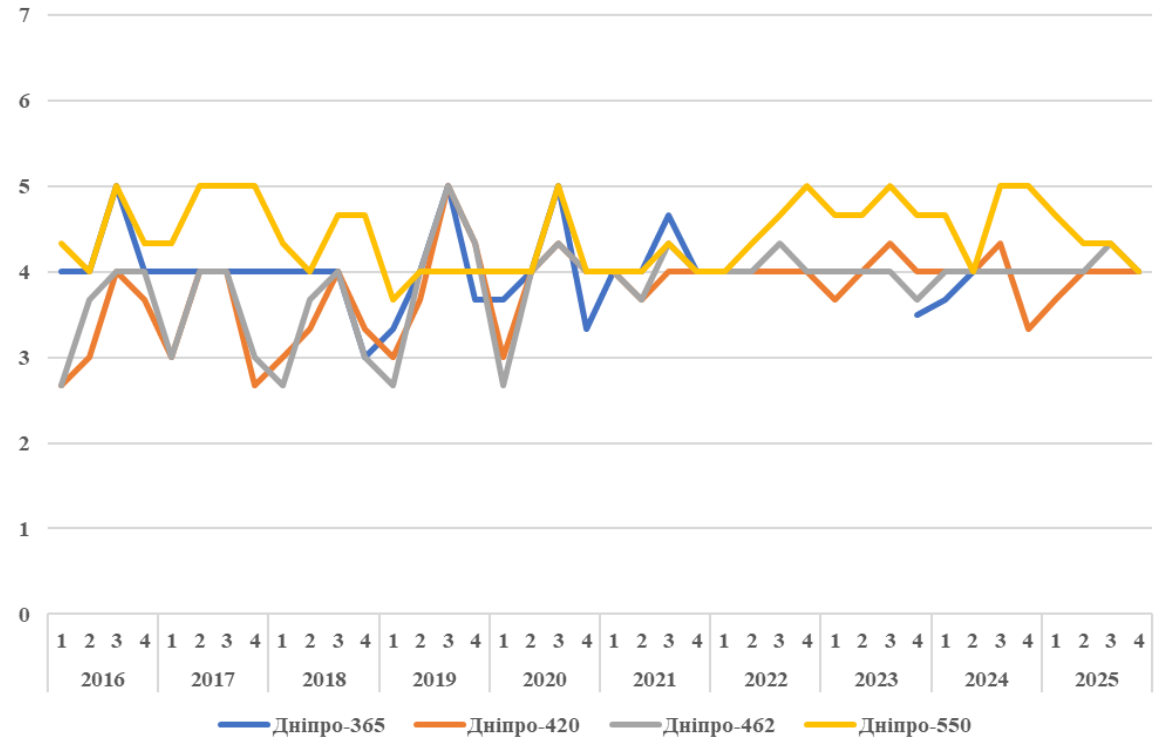


Рисунок – Ретроспективні зміни Індексу $БСК_5$ у водах контрольних створів суб-масиву Середнього Дніпра

Детальний аналіз ретроспективних змін (див. рис.) виявив поступовий тренд збільшення Індексу $БСК_5$ у водах створів Дніпро-420 (смт. Аули) та Дніпро-462 (Кайдаки, Дніпро). При цьому після 3 кварталу 2022 року цей тренд посилюється. Якщо у 2016-2019 роках Індекс $БСК_5$ у водах мав значення від 2,8 до 4,0 (добра-задовільна якість), то після 3 кварталу 2022 року Індекс $БСК_5$ у водах має значення від 3,6 до 4,5 (задовільна-посередня якість). На нашу думку, такі зміни якості води прямо пов'язані із соціально-економічними змінами, що відбулися у містах та селищах Дніпровської області, а саме:

(1) пошкодження об'єктів критичної інфраструктури та очисних споруд, що призвело до збільшення скиду забруднюючих речовин у зворотних водах;

(2) збільшення структури та чисельності населення (особливо в малих громадах), що призвело до зниження ефективності доочищення зворотних вод;

(3) зміна природоохоронного режиму на цих територіях, що призвело до потенційного збільшення випадків порушення вимог природоохоронного законодавства.

На прикладі одного параметра $БСК_5$ ми можемо наглядно побачити непрямий влив війни та воєнних дій на екологічний стан та якість вод суб-масиву Середнього Дніпра. У цих складних умовах ми маємо посилювати природоохоронний контроль та впроваджувати нові технології захисту водних екосистем від забруднення. В противному випадку, якщо цей тред у контрольних створах Дніпро-420 та Дніпро-462 буде тривати і далі –через 5-10 років за рівнем $БСК_5$ води р. Дніпро перейдуть у категорію поганої якості. Це буде свідчити про втрату здатності цієї водної екосистеми до самоочищення та нові соціально-екологічні ризики для населення Дніпровської та Запорізької областей.

ВПЛИВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН НА ДОВКІЛЛЯ ТА МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Гричук К.Є., керівник ст. викл. Розгон О.В.
Український державний університет науки і технологій

Транспортування небезпечних речовин є важливою складовою функціонування сучасної промисловості та транспортної системи. Незважаючи на необхідність їх перевезення, у разі аварій вони становлять значну загрозу для довкілля та здоров'я населення. До небезпечних речовин, які найчастіше транспортуються, належать токсичні, вибухонебезпечні, легкозаймисті та радіоактивні матеріали. Кожна з цих груп має свої особливості впливу на довкілля.

До основних видів негативного впливу транспортування небезпечних речовин на довкілля належать забруднення атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, а також ґрунтового покриву.

При аварійних витоках токсичних газів (наприклад, аміаку або хлору) утворюються первинні та вторинні хмари небезпечних аерозолів. Вони здатні викликати гостре отруєння людей, сільськогосподарських тварин і диких біотичних угруповань. Потрапляння небезпечних хімічних речовин у водні екосистеми призводить до загибелі гідробіонтів, погіршення якості води та тривалого порушення гідрохімічного режиму. Забруднення ґрунтів супроводжується накопиченням токсикантів у верхніх горизонтах, зниженням біологічної активності та родючості, а також подальшою міграцією шкідливих компонентів по трофічних ланцюгах. Це створює додаткові ризики для здоров'я людини та стабільності екосистем.

Негативний вплив транспортування небезпечних речовин на довкілля може виявлятися у формі розливів нафтопродуктів, витоків токсичних сполук та пожеж, які

супроводжуються виділенням небезпечних продуктів горіння. Подібні аварійні ситуації спричиняють довготривале забруднення природних екосистем і завдають значних економічних втрат.

Для зменшення екологічних ризиків необхідне впровадження цілого ряду заходів. До технічних належать: застосування герметичних резервуарів, сучасних систем виявлення та запобігання витокам, а також підвищення надійності транспортних засобів. Організаційні заходи охоплюють дотримання міжнародних норм і стандартів, навчання персоналу та оптимізацію маршрутів перевезення. Крім того, важливу роль відіграють екологічний моніторинг і швидке реагування на аварійні події.

Незважаючи на значний негативний вплив транспортування небезпечних речовин на довкілля, застосування сучасних технологій та ефективних методів управління ризиками дозволяє суттєво зменшити шкідливі наслідки та підвищити рівень екологічної безпеки.

ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДІЙ У РАЗІ НАЗДВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Власенко В.С., керівники : доц. Антонюк О.В., ст. викл. Розгон О.В.
Український державний університет науки і технологій

Чинним законодавством України у сфері цивільного захисту встановлений чіткий алгоритм поведінки громадян та відповідних органів державної влади, місцевого самоврядування, керівників підприємств, організацій та установ усіх форм власності у випадку виникнення надзвичайної ситуації. Шляхом відповідних оповіщень (сигналів і повідомлень) органи управління цивільного захисту доводять до мешканців населених пунктів інформацію про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, повітряної тривоги, аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо. Отримання таких оповіщень вимагає від громадяни діяти відповідно до наданих інструкцій та правил цивільного захисту. Зокрема, припинити роботу та вжити необхідних заходів безпеки.

Роботодавець не може примусити працівників виконувати роботу під час повітряної тривоги, якщо такі дії становитимуть явну небезпеку здоров’ю працівника. Таке правило випливає з норм ст. 153 КЗпП. Вказана норма надає працівникові право відмовитися від виконання дорученої роботи у разі небезпеки для його життя чи здоров’я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища. Відповідно вимога продовжувати роботу без переміщення до безпечних умов (наприклад, укриття) є незаконною та працівник має право відмовитися її виконувати.

В той же час немає чіткої норми, яка встановлювала б відповідальність роботодавця за факт продовження працівниками роботи під час повітряної тривоги. Тим не менш, до роботодавця може бути застосовано адміністративну та навіть кримінальну відповідальність (за ст. 271 ККУ), якщо він не застосував заходів для забезпечення безпеки працівників, в тому числі заходів реагування у випадку повітряної тривоги, та це призвело до завдання шкоди життю та здоров’ю працівників чи інших осіб.

Можливі й інші види відповідальності для керівника і посадових осіб роботодавця, у разі проведення перевірок державними органами щодо питань охорони праці.

Зважаючи на те, що ціллю ворога є й об'єкти цивільної інфраструктури, вищі навчальні заклади, дитячі садочки та школи, після повідомлення про повітряну тривогу або іншу небезпеку, стандартом належного реагування повинна бути негайна зупинка навчання/роботи таких закладів з подальшою евакуацією людей, - що може максимально допомогти збереженню людських життів.

Звичайно, ефективний захист працівників можливий лише за умови попередньої підготовки:

- розробки інструкцій;
- навчання персоналу;
- визначення маршрутів евакуації;
- забезпечення доступу до укриттів.

Мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій залежить не лише від ефективності діяльності державних органів, а й від рівня відповідальності та свідомості кожного громадянина. В умовах воєнного стану особливого значення набуває належна поведінка як керівників, так і працівників під час отримання сигналів оповіщення про небезпеку. Дотримання встановлених правил цивільного захисту слід розглядати не лише як юридичний обов'язок, а як складову загальної культури безпеки суспільства. Саме узгоджені та відповідальні дії всіх учасників суспільних відносин сприяють зменшенню ризиків для життя і здоров'я людей та забезпечують ефективне реагування на надзвичайні ситуації.

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ КІЛЬКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ У РЕКОМЕНДАЦІЯХ МКРЗ: ВІД КОНЦЕПЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ ДОЗИ ДО МЕТОДОЛОГІЇ ДЕТРИМЕНТУ

Тимченко П.О., керівник доц. Пилипенко О.В.
Український державний університет науки і технологій

Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ), заснована у 1928 році, протягом майже століття залишається головним науковим органом, що формує глобальні принципи та кількісні рекомендації щодо захисту людини від іонізуючого випромінювання. Рекомендації МКРЗ покладено в основу національних норм більшості країн світу — від Basic Safety Standards МАГАТЕ (GSR Part 3, 2014) та Директиви EURATOM 2013/59 до НРБУ-97, НРБУ-2020 в Україні. Період від Публікації 60 (1990) до Публікації 152 (2022) є одним із найпродуктивніших: остаточне оформлення системи ефективної дози, перехід до трьох ситуацій опромінення, повна модернізація оцінки внутрішнього опромінення (серія OIR) та формалізація методології radiation detriment.

Систематизувати еволюцію кількісних параметрів системи радіаційного захисту МКРЗ (w_T, w_R, дозові коефіцієнти, radiation detriment) у період від Публікації 60 до Публікації 152, виявити закономірності їх змін та визначити вплив на нормативну практику України.

Застосовано системний аналіз офіційних публікацій МКРЗ (Annals of the ICRP), порівняльний аналіз кількісних параметрів радіаційного захисту, структурно-логічний аналіз концептуальних змін. Використано хронологічний підхід із акцентом на наукове обґрунтування кожного оновлення та його регуляторний вплив.

Вперше в українській науковій літературі здійснено комплексний порівняльний аналіз еволюції формульного апарату системи радіаційного захисту МКРЗ від Публікації 60 до Публікації 152 з систематизацією кількісних параметрів (w_T, w_R, детримент) та аналізом впливу на національне нормування (НРБУ-97 → НРБУ-2020). Результати можуть бути використані фахівцями з радіаційного захисту, дозиметристами та регуляторними органами для розуміння наукового підґрунтя чинних норм і для обґрунтованого застосування рекомендацій МКРЗ у практиці ядерної енергетики, медичної радіології та ліквідації наслідків радіаційних аварій.

Публікація 60 (1990) заклала фундамент сучасної системи: введено ефективну дозу $E = \Sigma_T w_T \times H_T$, де $H_T = \Sigma_R w_R \times D_{T,R}$. Встановлено w_R: фотони/електрони — 1, альфа-

частинки — 20, нейтрони — 5–20. Граничні дози: працівники — 20 мЗв/рік (середнє за 5 років), населення — 1 мЗв/рік. Тканинні вагові коефіцієнти: гонади — 0,20, кістковий мозок/легені/шлунок — 0,12, молочна залоза — 0,05. Radiation detriment: ~$7{,}3\times10^{-2}$ $Зв^{-1}$. Pub 60 лягла в основу НРБУ-97 [1].

Публікація 69 (1995) надала вікозалежні дозові коефіцієнти committed effective dose e(50) для інгестії: для U-238 у немовлят — $1{,}7–2{,}0\times10^{-7}$ Зв/Бк (у 10–20 разів вище за дорослих), що критично для оцінки наслідків Чорнобильського забруднення [2].

Публікація 103 (2007) модернізувала систему: запроваджено три ситуації опромінення (planned, emergency, existing); суттєво переглянуто w_T — гонади знижено з 0,20 до 0,08 (нові генетичні дані), молочну залозу підвищено з 0,05 до 0,12 (нова епідеміологія); для нейтронів введено неперервну функцію $w_R(E_n)$ замість ступінчастої; ліміт для кришталика ока знижено до 20 мЗв/рік (Statement 2011). Radiation detriment: $5{,}7\times10^{-2}$ $Зв^{-1}$. Pub 103 стала основою НРБУ-2020 та IAEA GSR Part 3 [3].

Серія OIR (Pub 130–151, 2015–2022) забезпечила повну модернізацію оцінки внутрішнього опромінення працівників. Pub 130 описала загальну методологію на базі Human Respiratory Tract Model та Human Alimentary Tract Model. Pub 131 обґрунтувала модель LNT через біологію стовбурових клітин. Pub 137 (~486 стор.) охопила 14 найзначущіших елементів (I, Cs, Rn, Ra, Th, U): для урану UO_2/U_3O_8 перекласифіковано тип S → M/S ($e(50)_{OIR}/e(50)_{ICRP119}$ = 0,23–0,84); для радону — 3 мЗв/(мДж·год·$м^{-3}$). Pub 141 надала дозові коефіцієнти для актиноїдів (^{239}Pu, ^{241}Am). Pub 151 завершила серію, охопивши решту елементів [4–8].

Публікація 152 (2022) формалізувала процедуру розрахунку radiation detriment: $g_T = R_T \cdot w_{DREF} \cdot (k_T + q_{min} \cdot (1–k_T)) \cdot L_T$, а тканинний ваговий коефіцієнт $w_T = g_T/\Sigma g_T$. Виявлено програмні помилки в розрахунках Pub 103, що не вплинули на кінцеві w_T. Визначено пріоритети Task Group 122: диференціація детременту за статтю та віком, оновлені демографічні дані, відкритий програмний інструмент [9].

Висновки

1. Еволюція рекомендацій МКРЗ від Pub 60 до Pub 152 — послідовний науковий прогрес із збереженням трьох фундаментальних принципів (обґрунтування, оптимізація, обмеження доз) при значному вдосконаленні кількісних параметрів.

2. Ключові кількісні зміни: w_T(гонади) 0,20→0,08; w_T(молочна залоза) 0,05→0,12; ліміт кришталика ока 150→20 мЗв/рік; radiation detriment $7{,}3\rightarrow5{,}7\times10^{-2}$ $Зв^{-1}$; повне оновлення дозових коефіцієнтів внутрішнього опромінення (серія OIR).

3. Вплив на Україну: НРБУ-97 базується на Pub 60, НРБУ-2020 — на Pub 103 та Pub 118. Впровадження дозових коефіцієнтів серії OIR є актуальним завданням для дозиметричного контролю на об’єктах СхідГЗК, АЕС та медичних установах.

ПІДСЕКЦІЯ «ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ»

ЕКСПРЕС МОДЕЛІ В ЗАДАЧАХ ВОДОКОРИСТУВАННЯ: РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Коваленко А.С., Матусевич М.О., Скуратов М.О. керівник: проф. Біляєв М.М.
Український державний університет науки і технологій

Розглядаються математичні моделі гідродинаміки та процесів масопереносу для рішення різних класів задач в проблемі водокористування.

Перший клас задач: моделювання течії та оцінювання ефективності очищення води у відстійниках , що мають складну конфігурацію. Розроблені комп’ютерні програми, що дозволяють моделювати гідродинаміку потоку в очисних спорудах та

поширення домішки. Комп'ютерні програми реалізують розроблені чисельні моделі , що використовують фундаментальні рівняння механіки суцільного середовища.

Другий клас задач: прогнозування якості поверхневих та підземних вод при техногенному забрудненні водного середовища. Розглядаються задачі аварійного забруднення водного середовища та забруднення його при організованому скиді забруднюючих речовин. Наводяться приклади рішення задач про використання проникненних бар'єрів, що дають змогу очищати водне середовище від різного типу забруднювачів. Рішення задач здійснюються на базі розроблених чисельних моделей.

Третій клас задач: математичне моделювання процесів масопереносу у змішувачах. Розглядаються розроблені чисельні моделі гідродинаміки та масопереносу, що дозволяють оперативно визначати концентрації домішки на різних ділянках змішувачів. Моделі базуються на чисельному інтегруванні рівнянь потенціального руху рідини та переносу консервативної домішки. Моделі враховують конвективно – дифузійних процес переносу , інтенсивність емісії домішки, конфігурацію змішувача. Наводяться приклади практичного застосування розроблених чисельних моделей.

Для розрахунку гідродинаміки потоків використовуються:

1. Рівняння Лапласа для потенціалу швидкості

1. Рівняння фільтрації для безнапірного підземного потоку.

2. Рівняння Навье-Стокса.

3. Рівняння Ейлера.

Для моделювання процесу масопереносу в спорудах систем водопостачання та водовідведення використовуються:

1. Двовимірне рівняння конвективно- дифузійного переносу домішки.
2. Тривимірне рівняння конвективно- дифузійного переносу домішки.
3. Рівняння кінетики, що описує процес взаємодії агресивної домішки та нейтралізатора .

Для чисельного інтегрування рівняння фільтрації безнапірних підземних вод використовується локально- одновимірна кінцево-різніцева схема розщеплення та схема А. Самарського. Для чисельного інтегрування рівнянь масопереносу використовується кінцево-різніцеві схеми розщеплення. Для чисельного інтегрування рівнянь Ейлера та рівнянь Навье- Стокса використовуються змунно-трикутні кінцево-різніцеві схеми розщеплення. Для чисельного інтегрування рівняння для потенціалу швидкості використовуються метод Лібмана та схеми розщеплення. інтегрування рівняння для потенціалу швидкості.

Розроблені комп'ютерні програми, що реалізують розроблені чисельні моделі відносяться до класу «operational models» для проведення розрахунків на етапі «фор - ескіз».

Представлені результати обчислювального експерименту.

ЗАХИСТ ВОДОЗАБОРІВ НА РІЧКАХ ЯК ОСНОВА СТАБІЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Набієв Заур Шовги Огли, керівник: доц. Машихіна П.Б.
Український державний університет науки і технологій

Водозабори на річках є ключовими елементами систем централізованого водопостачання, що забезпечують населення та промисловість водними ресурсами. Їх ефективна та безпечна експлуатація залежить від рівня захисту від зовнішніх впливів.

У доповіді розглянуто актуальні проблеми захисту водозаборів на річках від природних та техногенних впливів. Проаналізовано основні фактори ризику, що впливають на якість і безперебійність водопостачання, а також наведено сучасні

інженерні та організаційні заходи щодо їх мінімізації. Запропоновано напрями вдосконалення систем захисту водозабірних споруд.

До основних загроз функціонуванню водозаборів належать:

- забруднення води внаслідок скидів промислових і побутових стічних вод;
- аварійні викиди небезпечних речовин;
- замулення та наносні процеси;
- біологічне обростання та цвітіння води;
- гідрологічні коливання рівня води;
- льодові явища та механічні пошкодження споруд.

Одним із основних напрямів захисту є створення санітарно-захисних зон, у межах яких обмежується господарська діяльність. Це дозволяє знизити ризик потрапляння забруднюючих речовин у водозабір.

Інженерні заходи включають застосування:

- сітчастих та решітчастих огорож для затримання крупних домішок;
- донних і берегових укріплень для запобігання ерозії;
- відстійників і попередніх очисних споруд;
- систем регулювання забору води залежно від якості водного потоку.

Сучасним підходом є впровадження автоматизованих систем моніторингу якості води, які дозволяють оперативно виявляти зміни показників та реагувати на надзвичайні ситуації. Використання датчиків pH, мутності, розчиненого кисню та токсичних речовин забезпечує підвищення надійності систем водопостачання.

Перспективним напрямом є інтеграція геоінформаційних систем (GIS) та математичного моделювання для прогнозування поширення забруднень у річкових системах. Це дозволяє завчасно оцінювати ризики та приймати ефективні управлінські рішення.

Особливу увагу слід приділяти адаптації водозаборів до змін клімату, що проявляються у збільшенні частоти паводків, посух та екстремальних погодних явищ.

Отже, можемо зробити наступні висновки:

1. Захист водозаборів на річках є критично важливим для забезпечення безперебійного та безпечного водопостачання.
2. Основні загрози мають як природний, так і техногенний характер, що вимагає комплексного підходу до їх мінімізації.
3. Ефективний захист досягається шляхом поєднання інженерних споруд, організаційних заходів та сучасних систем моніторингу.
4. Використання математичного моделювання та цифрових технологій дозволяє підвищити точність прогнозування та ефективність управління.
5. Подальший розвиток систем захисту має бути спрямований на підвищення їх адаптивності до змінних умов навколишнього середовища.

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Пічкальов Д.М., Міхно А.В., керівник: ас.Козачина В.В.
Український державний університет науки і технологій

Як показує аналіз світового досвіду, одним з важливих інструментів регулювання політики в галузі водного господарства і забезпечення екологічної безпеки та впровадження на підприємствах систем раціонального використання водних ресурсів у замкнутому циклі. Для очищення стічних вод від миття автомобілів прийнята схема з використанням флотаторів і фільтрів-сепараторів. Зневоднення осаду проводиться на фільтрах-транспортерах.

Концентрації забруднень після очищення задовольняють якості оборотної води, яка подається на мийку автомобілів. Для очищення стічних вод, що містять миючі розчини від поста санобробки фургонів, застосовані ємність-відстійник для затримання жиру і пінний сепаратор для очищення від суспензій, жирів, розчину М - 72. Стічні води, які повертаються після очищення в технологічний процес, за своїми забруднень задовольняють вимоги технологів.

Промивні стічні води від поста санітарної обробки фургонів очищаються від суспензій і жирів на пінному сепараторі і нейтралізуються сірчаною кислотою в горизонтальних гумованих ємності.

Після очищення і нейтралізації промивні стічні води відстоюються і скидаються в побутову каналізацію з концентрацією забруднень, що не перевищує норми щодо скидання виробничих стоків в каналізацію населених пунктів.

Побутові стічні води корпусу мийки скидаються в однойменну мережу автогосподарства.

Очисних споруд для стічних вод від поста обробки фургонів, що перевозить харчові продукти, немає.

На автостоянках з перевезення продовольчих товарів, прибирання фургонів проводиться вручну з обполіскуванням водою, без застосування миючих і дезінфікуючих розчинів.

Вперше в проекті приймальний резервуар розміщений на лінії мийки, що зменшило глибину самого резервуара. Одночасно в приймальному резервуарі передбачається гідро затвор при обслуговуванні машин що працюють на зрідженому газі.

Прогресивність полягає також в проектуванні двох самостійних, оборотних систем: для мийки автомобілів і для мийки внутрішньої поверхні фургонів.

Створення оборотних систем дозволяє не тільки економити свіжу воду 401 $м^3$ / добу, 122 тис.$м^3$ в рік, а й економити 1500 $м^3$ в рік дефіцитного технологічного розчину. Коефіцієнт використання води в обороті дорівнює 0,86.

Наведені схеми по очищенню миючих розчинів і промивних вод від поста санітарної обробки фургонів, що перевозить харчові продукти. У схемах використаний пінний само всмоктувальний сепаратор. Миючий розчин після очищення використовується багаторазово в оборотному циклі.

В доповіді також представлені розроблені математичні моделі для експрес розрахунку споруд систем водовідведення. Здійснена програмна реалізація побудованих математичних моделей та наведені приклади їх застосування. Особливість побудованих математичних моделей е швидкість розрахунків на комп'ютерах малої та середньої потужності. Розроблені математичні моделі можуть використовуватися як «operational models» при проведені проектних робіт.

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Фандєєва М.О., Коломоєць А.В., керівник: доц. Машихіна П.Б.
Український державний університет науки і технологій

У даному дослідженні розглядаються теоретичні та практичні аспекти математичного моделювання екологічної безпеки при транспортуванні небезпечних вантажів. Особлива увага приділяється транспортуванню небезпечних вантажів, що суттєво впливає на характер поширення забруднюючих речовин.

Розглядаються теоретичні та практичні аспекти математичного моделювання поширення забруднюючих речовин в навколишнє середовище. Особлива увага

приділяється ризикам при транспортуванні небезпечних вантажів , що суттєво змінює характер поширення забруднюючих речовин.

Екстримальні ситуації завжди мають ризик появи при транспортуванні небезпечних вантажив. До небезпечних вантажів відносять : агресивні рідини; вибухонебезпечні речовини; зріджений аміак.

Крім того до транспорту відносяться трубопроводи, що здійснюють перекачку вибухонебезпечних газів. При виникненні екстремальної ситуації на транспорті може мати місце забруднення:

1. Грунтів
2. Атмосферного повітря.
3. 3. Акваторії різних водоймищ.
4. Підземних вод.

Особливо небезпечні екстремальні ситуації, що приводить до вибухів, появи ударної хвилі.

Для вирішення комплексу специфічних задач в галузі охорони навколишнього середовища розроблено пакет комп'ютерних програм. Цей пакет містить об'єднання де-кілько математичних моделей:

- експрес модель для визначення надлишкового тиску за фронтом ударної хвилі при вибуху тротилу або інших вибухонебезпечних речовин;
- експрес модель для визначення надлишкового тиску при вибуху газової суміші;
- експрес модель для визначення ризику термічного ураження людей при появі вогняної кулі (горіння вантажу);
- аналітична модель динаміки токсичної хмари в атмосферному повітрі при аварійному викиді хімічно небезпечної речовини;
- аналітична модель для прогнозу забруднення підземних вод при аварійному розливі хімічно-небезпечної речовини.

З урахуванням теоретичних та практичних аспектів було розроблено пакет програм, які здійснюють комплексне оцінювання імовірність ураження населення у випадку появи вражаючих факторів та оцінити розміри ділянок підстильної поверхні, що попали в зону впливу джерела емісії небезпечної речовини. Крім цього, пакет програм дає можливість визначити час, коли потрібно зробити евакуацію населення, щоб уникнути ураження при русі токсичної хмари в атмосферному повітрі.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ СТІЧНИХ ВОД

Цуркан В.В., керівник: доц. Машихіна П.Б.
Український державний університет науки і технологій

У доповіді розглянуто сучасні підходи до підвищення ефективності процесів нейтралізації стічних вод промислового та комунального походження. Проаналізовано основні методи регулювання кислотно-лужного балансу, визначено ключові фактори впливу на ефективність очищення та запропоновано шляхи оптимізації технологічних процесів.

Нейтралізація стічних вод є одним із базових етапів їх очищення, що полягає у доведенні показника pH до нормативних значень перед скиданням у природні водойми або подальшою біологічною очисткою. Особливо актуальною ця проблема є для підприємств хімічної, металургійної та нафтопереробної промисловості.

Ефективність процесу нейтралізації визначається рядом факторів, серед яких:

- початковий склад стічних вод;
- концентрація кислот або лугів;
- вибір нейтралізуючого реагенту;

- інтенсивність перемішування;
- температура середовища;
- точність контролю pH.

Традиційно для нейтралізації використовуються такі реагенти, як вапно ($Ca(OH)_2$), сода (Na_2CO_3), сірчана або соляна кислота. Однак їх застосування часто супроводжується утворенням великої кількості осаду та підвищеними експлуатаційними витратами.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності є впровадження автоматизованих систем контролю та регулювання pH у режимі реального часу. Це дозволяє мінімізувати перевитрати реагентів та забезпечити стабільність процесу.

Іншим важливим підходом є використання комбінованих методів очищення, зокрема поєднання нейтралізації з коагуляцією, флотацією та мембранними технологіями. Це дозволяє не лише стабілізувати pH, але й значно знизити вміст забруднюючих речовин.

Перспективним також є застосування вторинних ресурсів (відходів виробництва), що містять лужні або кислотні компоненти, як нейтралізуючих агентів. Це сприяє зменшенню витрат та підвищенню екологічної ефективності.

У даній доповіді можемо зробити наступні висновки:

1. Нейтралізація є ключовим етапом очищення стічних вод, що визначає ефективність подальших процесів.
2. Основними напрямами підвищення ефективності є автоматизація процесу, оптимізація дозування реагентів та використання комбінованих технологій.
3. Використання вторинних ресурсів та інноваційних методів дозволяє зменшити витрати та екологічне навантаження.
4. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку енергоефективних та ресурсозберігаючих технологій нейтралізації.

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ТРАНСПОРТУ

Шапошник А.Р., Вахрушев В.В., керівник: доц. Козачина В.А.
Український державний університет науки і технологій

На сьогоднішній день актуальною проблемою є питання оцінювання впливу різних видів транспорту на забруднення навколишнього середовища. Особливо головне місце за об’ємом вантажних перевезень займають залізничний та автомобільний транспорт.

Щоб зробити аналіз впливу викидів з автомобільного транспорту було розроблено комп’ютерна програма, яка реалізує розрахунок поширення домішки на базі моделі Гауса. Ця комп’ютерна програма адоптована на проведення серійних розрахунків з метою оцінювання рівня забруднення ділянок , що розташовані біля автотраси.

Крім того, також представлено комплекс математичних моделей, що дозволяє визначати вплив рухомого складу залізниць на забруднення навколишнього середовища. Відомо, що в процесі роботи тепловозів в атмосферу потрапляють продукти згорання дизельного палива. Розсіювання цих продуктів призводить до забруднення атмосферного повітря і підстильної (земної) поверхні. В наслідок цього виникають дві важливі задачі. Першою задачею – е необхідність прогнозування рівня забруднення довкілля з метою визначення інтенсивності цього забруднення та оцінки маси того чи іншого забруднювача, який потрапив на земну (підстильну) поверхню. Другою задачею – е економічна оцінка збитку, нанесеного навколишньому середовищу. В даний час, в Україні, відсутня науково-обґрунтована методика, яка б дозволяла

вирішити перераховані задачі з урахуванням нестаціонарної емісії небезпечних речовин від рухомого джерела.

Також є інша проблема на залізниці, яка забруднює навколишнє середовище при транспортуванні сипучих вантажів. При транспортуванні вугілля має місце інтенсивне пилове забруднення довкілля. Тому виникає важлива проблема оцінки рівня забруднення довкілля при руху потягу з вугіллям та розробка методів, що дозволяють зменшити винос вугільного пилу з вагонів.

У даній доповіді розглядаються математичні моделі для вирішення перерахованих задач. Для оцінки рівня забруднення довкілля при роботі тепловозів здійснюється чисельне інтегрування тривимірного та двовимірного рівнянь конвективно-дифузійного переносу домішки в атмосферному повітрі. Додатково, використовуються рівняння, що дозволяють розрахувати процес трансформації домішок в атмосферному повітрі (викиди від тепловозу). Побудована чисельна модель дозволяє врахувати:

- Інтенсивність викиду продуктів згорання від тепловозу.
- Стан атмосфери, швидкість та напрям вітру.
- Швидкість руху тепловоза, маршрут руху.

Також розроблена чисельна модель для оцінювання рівня забруднення повітря при емісії вугільного пилу з вагону. Моделюючі рівняння - це двовимірне рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки в атмосфері та рівняння Лапласу для потенціалу швидкості. На базі рівняння для потенціалу швидкості розраховується поле швидкості повітряного потоку біля вагону.

Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використовуються кінцево-різницеві схеми. Здійснена програмна реалізація побудованих чисельних моделей.

На базі розроблених чисельних моделей можна вирішувати такі задачі:

1. Моделювання забруднення атмосферного повітря від рухомого потягу з вугіллям.
2. Моделювання забруднення атмосферного повітря при роботі тепловозів.
3. Оцінювання рівня забруднення підстильної поверхі в транспортному коридорі.

Використовуючи данні чисельні моделі було здійснені прогнозні розрахунки по визначенню зон забруднення атмосфери при роботі маневрових тепловозів на залізничній станції «Дніпро- Вантажний». Розрахунки дали можливість визначити найбільш «вразливі» області забруднення навколишнього середовища для певних метеоумов регіону.

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КОМП'ЮТЕРНІ ПРОГРАМИ ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Калашников А.В., Кириченко М.В. Філоненко Г.К. керівник: проф. Біляєв М.М.
Український державний університет науки і технологій

При проектуванні систем водопостачання та водовідведення значна увага приделяется розрахунковим методам. Це пов'язано з тим, що проведення фізичного експерименту потребує значного часу на проведення та обробку результатів вимірювання. В де-яких випадках , наприклад - процеси очищення стічних вод в аеротенках, експеримент подовжуєтеся де-кілько тижнів. Крім цього, значні кошти потрібні на придбання експериментального обладнання. Тому використання теоретичних методів грає особливо важливу роль. При проведенні проектних робіт використовуються різні класи математичних моделей:

1. Емпіричні моделі- базуються на обробці даних експериментів. Ці моделі зручні для використання, не потребують проведення розрахунків на комп'ютері, дають змогу провести серійні розрахунки на протязі робочого дня. Але дані моделі можуть

бути використані лише для «класичних» споруд водопостачання та водовідведення. Тобто, якщо в споруді , наприклад, розташовано додатковий елемент (пластина, екран тощо) то емпіричні моделі використовувати неможливо.

2. Аналітичні моделі – це точні рішення рівнянь масопереносу. Дані моделі враховують таки важливі фактори як дифузія, конвекція, але не враховують геометричну форму споруди. Тому, коло використання даних моделей суттєво обмежено.

3. CFD (чисельні) моделі – це комп'ютерні програми, що реалізують чисельні моделі гідродинаміки та масопереносу. Рішення моделюючих рівнянь знаходиться шляхом використання методу кінцевих різниць або методу кінцевих елементів. Це найбільш потужні математичні моделі для рішення прикладних задач.

В роботі розглядаються CFD моделі, що розроблені для аналізу течії , процесів масопереносу у відстійниках різного типу, конфігурації та при розрахунку водозаборів. Дані моделі базуються на чисельному інтегруванні рівняння для потенціалу швидкості, рівнянь Ейлера, рівнянь Навье- Стокса, рівнянні Г. Марчука. Розроблені CFD моделі відносяться до класу «operational models»

В доповіді наводяться результати обчислювальних експериментів.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Сєрєдін Б.В., керівник: доц. Машихіна П.Б.
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглянуто сучасні підходи до вдосконалення методів розрахунку фільтрів для очищення води. Проаналізовано існуючі інженерні методики визначення основних параметрів фільтрувальних установок та виявлено їх обмеження. Запропоновано напрями підвищення точності розрахунків з урахуванням реальних умов експлуатації та змінних характеристик забруднень.

Фільтрація є одним із найпоширеніших методів очищення води, що застосовується як у системах питного водопостачання, так і при очищенні промислових стічних вод. Ефективність роботи фільтрів значною мірою залежить від правильності їх інженерного розрахунку.

Традиційні методи розрахунку фільтрів базуються на

емпіричних залежностях, зокрема формулах Дарсі–Вейсбаха та Козені–Кармана, які описують рух рідини через пористе середовище. Однак такі підходи часто не враховують складну структуру фільтрувального шару, зміну його властивостей у процесі експлуатації, а також неоднорідність забруднень.

Основними параметрами, що визначають ефективність фільтра, є:

- швидкість фільтрації;
- гранулометричний склад фільтрувального матеріалу;
- висота шару завантаження;
- гідравлічний опір;
- тривалість фільтроциклу.

Недоліком традиційних методів є їх статичність, тоді як у реальних умовах параметри фільтра змінюються в часі внаслідок накопичення забруднень та кольматації пор.

Для вдосконалення методів розрахунку доцільно застосовувати:

- математичне моделювання процесів фільтрації з урахуванням нестаціонарних режимів;

• використання чисельних методів (метод скінченних елементів, метод скінченних різниць);

• врахування кінетики накопичення забруднень у фільтрувальному шарі;

• моделі багатошарових фільтрів з різними фізико-хімічними властивостями.

Перспективним напрямом є використання комп'ютерного моделювання та систем автоматизованого проектування (CAD), що дозволяють оптимізувати конструкцію фільтрів і прогнозувати їх роботу за різних умов експлуатації.

Крім того, доцільним є врахування якості вихідної води в динаміці, що дозволяє адаптувати режими роботи фільтрів у реальному часі.

По даній роботі маємо наступні висновки:

1. Існуючі методи розрахунку фільтрів мають обмежену точність через використання спрощених емпіричних залежностей.
2. Вдосконалення розрахунків можливе шляхом впровадження математичного та чисельного моделювання.
3. Врахування динаміки процесів кольматації значно підвищує достовірність прогнозів роботи фільтрів.
4. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє оптимізувати конструкцію та режими експлуатації фільтрувальних систем.
5. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на створення адаптивних моделей фільтрації з урахуванням змінних параметрів водного середовища.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ ГІДРОДИНАМІКИ

Карастоянов Г.В., Кулик Ю.С., Савченко А.А. керівник: доц.Семененко П. В.
Український державний університет науки і технологій

Розглядаються математичні моделі для прогнозування пилового режиму всередині обтічника.

Для прогнозування пилового режиму головного обтічника ракети-носія розроблена чисельна модель. Моделюючі рівняння:

- рівняння масопереносу пилу (враховує перенос пилу за рахунок конвекції, дифузії та гравітаційного осадження);
- рівняння для потенціалу швидкості (визначення поля швидкості повітряного потоку при обтіканні супутника в головному обтічнику);
- емпіричні залежності, що допомагають визначити інтенсивність осадження пилу на поверхню супутника.

Отримані результати чисельних експериментів, які були проведені з використанням розроблених чисельних моделей для двох сценаріїв. Обчислювальні експерименти проводилися для супутників всередині головного обтічника ракети-носія CYCLONE-IV. Розглянуто два випадки, коли супутник, розташований всередині обтічника, має складну геометричну форму. Розміри головного обтічника цієї ракети-носія становили 4,99м×4м (двовимірна модель). На верхній межі розрахункової області задавався рівномірний потік повітря зі швидкістю 2м/с. Діаметр частинок пилу, які потрапляють в основний обтічник, становив 7мкм. Концентрація пилу в потоці повітря, який використовувався для примусової вентиляції, становила 2000 частинок/м^3.

Результати чисельного експерименту показують, що геометрична форма супутника суттєво впливає на розподіл пилу всередині головного обтічника. Зона інтенсивного пилового забруднення, для обох сценаріїв, формується у верхній частині супутника, тобто біля отвору крізь який потрапляє повітря всередину обтічника. Це обумовлено різким гальмуванням повітряного потоку, коли він взаємодіє з супутником.

Науковою новизною можна вважати розроблену багатофакторну чисельну модель для аналізу пилового забруднення обтічника при примусовій його вентиляції на етапі термостатування. Модель дає можливість здійснювати рішення задачі газової динаміки та масопереносу в областях, що мають складну геометричну форму. Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використані кінцево-різницеві схеми.

Наукове видання

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ МОЛОДА АКАДЕМІЯ – 26

27–28 травня 2026 року

ЗБІРНИК ТЕЗ

Том 1

Відповідальний редактор Л. З. Мартинова
Комп'ютерна верстка Л. З. Мартинова
Дизайнн обкладинки Л. З. Мартинова

Видавець: Український державний університет науки і технологій.
вул. Лазаряна,2, ауд.2216, ауд.263 (наукова бібліотека)
м. Дніпро, 49010
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7709 від 14.12.2022