

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 25”**

Дніпро
2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 25”
22-23 травня 2025 року**

ЗБІРНИК ТЕЗ

Том 1

Дніпро
2025

УДК 669(043.2)

М 75

Молода академія - 25. Т.І: зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і молодих учених, Дніпро, 22-23 травня. 2025 р.-Дніпро: УДУНТ, 2025, 213с

У збірці приводяться тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції студентів і молодих учених «Молода академія – 25» 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 Україні в умовах воєнного стану.

У I томі збірника розглянуті питання сучасних металургійних процесів ресурсо -та енергозощаджуючих 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 Проїдак 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., професор Козенков Д.Є.

д.т.н., професор Должанський А.М.

д.т.н., професор Єрьомін О.О.

к.т.н., доцент Ніколенко А.В.

к.т.н., доцент Сорока М.Л.

старший викладач Лагдан С.П.

бібліотекар 1 категорії Мартинова Л.З.

| №№ з\п | ЗМІСТ ЗБІРНИКА | Стор |
|----------|--|------|
| I | Секція «Металургія (Пірометалургія)» | 13 |
| 1 | Підсекція «Металургія чавуну» | |
| 1 | Мартинов В.О. (МЕ01-21) Круглов А.М. (аспірант) «Оцінка впливу параметрів зволоження шихти на показники агломераційного процесу» (кер. доц. Ягольник М.В.) | 13 |
| 2 | Моїсеєва О.О. (МЕ01-21т) Ремесло О.О. (аспірант) «Аналіз ефективності використання металургійних відходів при окускуванні» (кер. доц. Ягольник М.В.) | 13 |
| 3 | Рева Р.С. (МЕ01-21т) Подушко К.А. (аспірант) «Оцінка впливу якості окускованих залізородних матеріалів на показники доменного процесу» (кер. доц. Ягольник М.В.) | 14 |
| 4 | Микитенко О.О. (МЕ-01-23м) «Обґрунтування методики управління ходом доменної печі по даним системи охолодження» (кер. проф. Бочка В.В.) | 14 |
| 5 | Шишигіна В.Д. (МЕ01-21) «Оцінка ефективності використання різних флюсів при спеканні агломерату» (кер. проф. Бочка В.В.) | 15 |
| 6 | Бережний П.В. (МЕ01-21) Трещов В.Е. (аспірант) «Оцінка впливу властивостей шихтових матеріалів на процес огрудкування» (кер. доц. Бойко М.М.) | 16 |
| 7 | Усик С.В. (МЕ01-21т), Дутній Р.Б. (аспірант) «Оцінка впливу пошарового завантаження агломераційної шихти на теплові витрати при агломерації» (кер. доц. Бойко М.М.) | 17 |
| 2 | Підсекція «Металургія сталі» | 17 |
| 1 | Гладчук В.В. (МЕ02-21Т), Танчев О.А. (аспірант), Дутній Р.Б.(аспірант.) «Аналіз технологічних показників роботи УКП» (кер. доц. Журавльова С.В.) | 17 |
| 2 | Григор'єв В.В. (МЕ02-21Т), Марко А.Ф.(аспірант) «Вдосконалення процесу десульфурації для умов обробки на ковші-печі» (кер. доц. Журавльова С.В.) | 18 |
| 3 | Марко А.Ф.(аспірант) Танчев О.А. (аспірант.) «Дослідження впливу витрати інертного газу при позапічній обробці на показники якості сталі» (кер. доц. Журавльова С.В.) | 18 |
| 4 | Ручка Б.С. (МЕ-02-21), Терепенчук Д.І. (аспірант) «Технології обробки металу порошковим дротом» (кер. доц. Стоянов О.М.) | 19 |
| 5 | Бутенко І.Д. (МЕ02-21Т), Мусійко В.І. (аспірант) «Мікролегування сталі хімічно-активними реагентами» (кер. доц. Стоянов О.М.) | 20 |
| 6 | Скрипник А.В.(аспірант), Шашкін Т.А.(аспірант) «Якість безперервнолітої заготовки» (кер. доц. Стоянов О.М.) | 20 |
| 7 | Пономаренко І.О. (МЕ02-21), Аржанцев Є.О.(аспірант) «Заходи по зменшенню вторинного окислення при розливанні сталі» (кер. доц. Мамешин В.С.) | 21 |
| 8 | Плішак М. С. (МЕ02-21Т), Солодкий О.О. (аспірант) «Вплив технологічних факторів на процес десульфурації при позапічній обробці в умовах ТОВ МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ»» (кер. доц. Мамешин В.С.) | 22 |
| 9 | Керімов В. Н. (МЕ02-21Т) «Дослідження фізико-хімічних властивостей металокерамічних виробів» (кер. проф Нізяєв К.Г.) | 24 |
| 10 | Ковальов Д. Ю (аспірант) «Дослідження електропровідності шлакового розплаву з метою вивчення можливості впливу на процес взаємодії вогнетривів та шлаку» (кер. проф Нізяєв К.Г.) | 24 |
| 11 | Дунічкін О. Ю. (МЕ02-21Т) Острянін Р.Є. (аспірант) «Аналіз впливу параметрів розливання напівспокійної сталі на показник якості сталевих | 25 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| | зливків» (кер. доц. Синегін Є.В.) | |
| 12 | Білоусов В. В. (МЕ02-21Т), Журавльова І.В. (аспірант) «Аналіз впливу параметрів виплавки сталі в конверторі на ступінь засвоєння феросплавів» (кер. доц. Синегін Є.В.) | 26 |
| 13 | Stefan Andrä (Institute of Iron and Steel Technology) «Influence of cobalt on the thermophysical properties of fayalite slags» | 26 |
| 14 | Angelini Alberto (Institute of Iron and Steel Technology) «Atomization of stainless steel in the viga process with preheated argon gas» | 27 |
| 15 | Muhammad Yasir Javed (Institute of Iron and Steel Technology) «Phase transformation behavior of pure iron powder» | 28 |
| 16 | Meirzhan Karbayev (Institute of Iron and Steel Technology) «Phosphorus partition between liquid steel and high-basicity bof slags» | 29 |
| 17 | Lukas Neubert, Olena Volkova (Institute of Iron and Steel Technology) «Thermophysical properties of molten high-silicon electrical steels» | 30 |
| 18 | Anastasiia Sherstneva (Institute of Iron and Steel Technology) «Determination of the d50 value for austenitic steels with trip/twip effect» | 31 |
| 19 | Anton Yehorov (Institute of Iron and Steel Technology) «Viscosity measurement of CAO–SIO ₂ –AL ₂ O ₃ –MGO–TIO ₂ –V ₂ O ₃ molten slags» | 32 |
| 20 | Matheus Roberto Belle (Institute of Iron and Steel Technology) «Effect of boron on the surface tension of high-strength steels» | 33 |
| 21 | Anhelina Mospan (Institute of Iron and Steel Technology) «Modeling metal–slag interactions in steelmaking using the effective equilibrium reaction zone (eerz) concept» | 34 |
| 3 | <i>Підсекція «Електрометалургія»</i> | 35 |
| 1 | Федоров А. (МЕ04-24м) «Особливості силікотермічного відновлення марганцю під час виплавки середньовуглецевого феромарганцю» (кер. проф. Гладких В.А.) | 35 |
| 2 | Осіпов В.(МЕ04-24м), Яшин М. (МЕ04-21Т) «Фізико-хімічні особливості виплавки марганцевих феросплавів в дугових електропечах» (кер. проф. Гладких В.А.) | 36 |
| 3 | Дамаскіна А.А. (МЕ905-24м), «Оптимізація хімічного складу турецьких бокситів для зменшення витрат електроенергії та підвищення продуктивності печі» (кер. доц. Дерев'янка І.В.) | 37 |
| 4 | Чернов Є.В. (МЕ04-21), Агєєв О.Г.,(аспірант), «Вплив якості антрациту на властивості вуглецевих холоднонабивних мас» (кер. доц. Дерев'янка І.В.) | 38 |
| 5 | Забуга В.(МЕ04-24м), Крилас М. (МЕ05-24м) «Прогнозування хімічного складу колісної сталі в агрегаті ківш-піч» (кер. доц. Жаданос О.В.) | 39 |
| 6 | Осадовський Н. (МЕ05-24м), Безденежних Д. (МЕ05-24м) «Обґрунтування раціональних електричних режимів для отримання карбиду кремнію металургійної якості» (кер. доц. Жаданос О.В.) | 40 |
| 7 | Шумілін К. (МЕ04-21Т), Соколов Т. (МЕ04-21) «Особливості переробки техногенних відходів в умовах феросплавних заводів України» (кер. доц. Рубан А.В.) | 42 |
| 9 | Пінчук Ю. (МЕ04-21м) «Використання технологій вищого рівня під час виплавки електросталі» (кер. доц. Рубан А.В.) | 42 |
| 4 | <i>Підсекція «Металургія кольорових металів»</i> | 43 |
| 1 | Жмуркова К.І., Лебідь О.А.(ЗНУ) «Вплив органічних домішок у розчинах байера на якість продукції у виробництві глинозему» (кер. доц. Воляр Р.М.) | 43 |
| 2 | Александров А.К. (МЕ06-21т) «Вдосконалення технологічних процесів переробки титановмісної сировини України» (кер. проф. Ігнат'єв В.С.) | 44 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | Голядинець Д.С. (МЕ06-21т) «Розробка технологічної схеми та процесу виплавки алюмінієвих сплавів зі вторинної сировини» (кер. доц. Колбін М.О.) | 44 |
| 4 | Рублевський М.О. (МЕ06-21т) «Отримання анодної міді шляхом рафінування в конвертері ГКР» (кер. доц. Головачов А.М.) | 45 |
| 5 | <i>Підсекція «Теоретичних основ металургійних процесів»</i> | 46 |
| 1 | Триодіал О.І. (МЕ03-21) «Термодинамічні і кінетичні особливості відновлення кремнію» (кер. проф. Камкіна Л.В.) | 46 |
| 2 | Старченко Д.Я. (МЕ03-21-Т), Жадан О.О. (аспірант) «Енергетичний та хіміко-каталітичний вплив на окиснюваність продуктів твердофазного відновлення» (кер. проф. Гришин О.М.) | 47 |
| 3 | Старченко Б.Я. (МЕ03-21-Т) Мирошніченко Є.Ю. (аспірант) «Твердофазне карбідотермічне відновлення хромовмісних матеріалів» (кер. проф. Гришин О.М.) | 47 |
| 4 | Кулинич С.А. (МЕ03-23Мн), Хромовських С.А. (аспірант) «Інтенсифікуючий вплив електромагнітного поля на процес твердофазного відновлення оксидів заліза» (кер. проф. Гришин О.М.) | 48 |
| 5 | Хоменко О.О. (МЕ03-21) «Термодинамічні передумови процесу десульфурації чорного феронікелю» (кер. доц. Надточій А.А.) | 49 |
| 6 | Губа Д.С. (МЕ03-21-Т), Комар А.С. (аспірант) «Термодинамічні особливості процесу відновлення трикальційфосфату вуглецем, чадним газом, воднем і метаном» (кер. доц. Надточій А.А.) | 49 |
| 7 | Рибін В.С. (МЕ03-21), Зуєв Д.Г. (МЕ03-23Мн) «Утворення настилу на подині рудовідновлювальної печі при виробництві феросилікомарганцю» (кер. доц. Надточій А.А.) | 50 |
| 8 | Губа Р.М. (аспірант) «Проблема отримання якісних паяних з'єднань деталей катодів двигунів малої потужності» (кер. доц. Надточій А.А.) | 51 |
| 9 | Андрієнко С.Л. (аспірант) «Вплив способу підготовки шихти на якість агломерату» (кер. доц. Ісаєва Л.Є.) | 51 |
| 10 | Ісаєв А.С. (аспірант) «Особливості технології виплавки феросиліцію» (кер. проф. Мянєвська Я.В.) | 52 |
| 6 | <i>Підсекція «Ливарне виробництво»</i> | 53 |
| 1 | Теплицький Є.А. (МЛ01-23-Мн) «Визначення змін структури у валкових чавунах при охолодженні у критичному інтервалі температур» (кер. проф. Іванова Л.Х.) | 53 |
| 2 | Маркотко О.І. (МЛ01-23-Мн) «Дослідження залишкових напружень у литих прокатних валках різних хімічних складів» (кер. проф. Іванова Л.Х.) | 54 |
| 3 | Гулий Я.О. (МЛ01-23-Мн) «Оптимізація складу комплексного модифікатора для хромонікелевих валкових чавунів» (кер. проф. Іванова Л.Х.) | 54 |
| 4 | Хрінік Є.В. (МЛ03-24-М) «Основи конструювання литих деталей» (кер. проф. Іванова Л.Х.) | 56 |
| 5 | Сатаров А.А. (МЛ01-23-1Мн) «Вплив основних елементів на властивості сталі 110Г13л для виготовлення залізничних хрестовин» (кер. проф. Хричиков В.Є.) | 56 |
| 6 | Алієв Е.М.О. (МЛ01-23-2Мн) «Визначення впливу основних технологічних факторів утворення кулястого графіту в чавунних прокатних валках» (кер. проф. Хричиков В.Є.) | 57 |
| 7 | Чумак В.С. (МЛ01-23-2Мн) «Дослідження особливостей утворення теплових вузлів у чавунних прокатних валках виконання ЛШХН і розробка методів їх усунення» (кер. проф. Хричиков В.Є.) | 57 |
| 8 | Кузін Д.В. (МЛ01-23-1Мн) «Отримання розрахункових формул для визначення тривалості твердіння сталевих і чавунних виливків на основі | 58 |

| | | |
|----|---|----|
| | експериментальних термографічних досліджень» (кер. проф. Хричиков В.Є.) | |
| 9 | Максимович М.В. (МЛ01-23-2Мн) «Визначення впливу концентраційного та температурного інтервалу твердіння на процеси утворення твердої фази в сталевих виливках з вмістом вуглецю до 1,3%» (кер. проф. Хричиков В.Є.) | 58 |
| 10 | Валеев П.А. (МЛ01-23-1Мн) «Визначення впливу теплоізоляційного шару на зовнішньої поверхні кокілю на процес твердіння бочки чавунного прокатного валка» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 59 |
| 11 | Волков О.Д. (МЛ01-23-2Мн) «Дослідження розподілу дефекту «чорні плями» у масивних виливках із високоміцного чавуну для прокатного виробництва» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 59 |
| 12 | Іванов Д.С. (МЛ01-23-1Мн) «Розробка складів сумішей, які не потребують сушіння, для утеплення надливів сталевих виливків» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 59 |
| 13 | Соколюк О.В. (МЛ01-23-2Мн) «Визначення режимів модифікування за сендвіч-технологією чавунного виливка «кришка люка» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 60 |
| 14 | Дмухівський М.І. (МЛ01-23-1Мн) «Визначення режимів обігріву дзеркала метала надливу сталевого злитка для усунення термічних вузлів» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 60 |
| 15 | Максимович В.В. (МЛ01-23-2Мн) «Визначення впливу теплоізоляційного шару на зовнішньої поверхні кокілю на процес твердіння бочки чавунного прокатного валка» (кер. проф. Меньяло О.В.) | 61 |
| 16 | Шендриков В.М. (МЛ01-23-2Мн) «Дослідження властивостей гіпсових форм, що зміцненні рідким склом» (кер. доц. Мазорчук В.Ф.) | 61 |
| 17 | Коваленко О.О. (МЛ01-23-2Мн) «Вплив глинистої складової на технологічні властивості керамічної оболонкової форми» (кер. доц. Мазорчук В.Ф.) | 61 |
| 18 | Кобіков Д.О. (МЛ01-23-1Мн) «Розробка технологічного процесу виготовлення художнього виливка «саламандра» (кер. доц. Мазорчук В.Ф.) | 62 |
| 19 | Мандрика В.О. (МЛ01-23-1Мн) «Дослідження стійкості модельних складів» (кер. доц. Білий О.П.) | 62 |
| 20 | Похиленко В.А. (МЛ01-23-1Мн) «Дослідження методів лиття з застосуванням електричного та електромагнітного впливу» (кер. доц. Білий О.П.) | 63 |
| 21 | Кравченко С.Д. (МЛ01-23-2Мн) «Дослідження впливу домішок на властивості рідких самотвердіючих сумішей» (кер. доц. Білий О.П.) | 63 |
| 22 | Науменко В.В. (МЛ01-23-2Мн) «Дослідження впливу технології виготовлення моделі із застосуванням 3-d принтеру» (кер. доц. Білий О.П.) | 64 |
| 23 | Свободін О.О. (МЛ01-23-2Мн) «Аналіз прогресивних технологій у чавуноливарному виробництві» (кер. доц. Білий О.П.) | 64 |
| 24 | Шевцов І.В. (МЛ01-21) «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка з сірого чавуну «Колесо» (кер. доц. Білий О.П.) | 65 |
| 25 | Андреев А.О. (МЛ01-21Т) «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка з мідного сплаву «Кришка корпусу» (кер. доц. Білий О.П.) | 66 |
| 26 | Безрученко В.С. (МЛ01-21Т) «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка з алюмінієвого сплаву «Корпус насосу» (кер. доц. Білий О.П.) | 66 |
| 27 | Колядін Д.Ю. (МЛ01-21Т) «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка з мідного сплаву «Втулка» (кер. доц. Білий О.П.) | 67 |
| 28 | Мандрика Д.В. (МЛ01-21Т) Розробка технологічного процесу виготовлення виливка з мідного сплаву «Колесо» (кер. доц. Білий О.П.) | 68 |
| 29 | Ступак А.О. (МЛ01-23-1Мн) «Аналіз способів стабілізації температури форм лvm на етапі заливки» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 68 |
| 30 | Семенюк А.Ю. (МЛ01-21т) «Технологічні особливості рафінування | 69 |

| | | |
|-----------|--|----|
| | алюмінієвих сплавів при литті під високим тиском» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | |
| 31 | Свіріда Д.О. (МЛ01-23-2Мн) «Технологічні особливості використання газодинамічного впливу на розплав в формі лvm» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 69 |
| 32 | Мірошниченко М.І. (МЛ01-23-2Мн) «Визначення розмірів надливів сталевих виливків при використанні газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 70 |
| 33 | Кравцов О.В. (МЛ01-21т) «Аналіз технологічних способів створення понадатмосферного тиску в герметизованому об'ємі сифонної ливникової системи крупного сталевого виливка» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 71 |
| 34 | Гудименко Д.Д. (МЛ01-21) «Розробка технологічних заходів використання надливу понадатмосферного тиску при виробництві крупного сталевого виливка» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 72 |
| 35 | Горбатовський К.Н. (МЛ01-21т) «Аналіз видів та способів запобігання браку сталевого литва» (кер. проф. Селівьорстов В.Ю.) | 72 |
| 36 | Потуріді Х.О. (МЛ01-21т), «Аналіз процесу модифікування алюмінієвих ливарних сплавів тугоплавкими модифікаторами» (кер. доц. Доценко Ю.В.) | 73 |
| 37 | Скременський М.О. (МЛ01-21) «Аналіз дослідження ефективності використання комплексної добавки на властивості піщано-бентонітових формувальних сумішей» (кер. доц. Доценко Ю.В.) | 73 |
| 38 | Філяк М.П. (МЛ01-23-2Мн) «Вплив легуючих на властивості валкових чавунів» (кер. доц. Хитько О.Ю.) | 74 |
| 39 | Константинов О.М. (МЛ01-23-1Мн) «Підвищення якості стоматологічного литва» (кер. доц. Хитько О.Ю.) | 75 |
| 40 | Капалін М.В. (МЛ01-23-2Мн) «Модифікування валкових чавунів» (кер. доц. Хитько О.Ю.) | 75 |
| 41 | Клименко О. (МЛ01-21) «Внутрішньоформенне модифікування масивних виливків металургійного обладнання» (кер. доц. Хитько О.Ю.) | 75 |
| 42 | Мелех О.О. (МЛ01-21) «Вплив модифікування на властивості валкового чавуну» (кер. доц. Хитько О.Ю.) | 76 |
| II | Секція «Механічна обробка» | 76 |
| 7 | Підсекція «Обробка металів тиском» | |
| 1 | Губа Р. В. (аспірант) «Зміцнення пресових матриць зі сталей з регульованим аустенітним перетворенням під час експлуатації» (кер. доц. Коноводов Д.В.) | 76 |
| 2 | Григоренко В.В. (аспірант), Литвиненко С.В.(аспірант) «Дослідження деформації прутків на станах поперечно гвинтової прокатки» (кер. доц. Ремез О.А.) | 77 |
| 3 | Березницький М.А. (МЕ07-24-М) «Дослідження процесу пресування профільних труб з наружними поздовжніми ребрами» (кер. доц. Бояркін В.В.) | 77 |
| 4 | Бойко М.Г. (аспірант) «Дослідження температурних умов при термомеханічній обробці катанки» (кер. доц. Бояркін В.В.) | 78 |
| 5 | Зятіна В.І.(аспірант)»Виробництво безшовних труб: класифікація способів і переваги процесу PQF» (кер. доц. Бобух О.С.) | 79 |
| 6 | Ревякін Д.О.(аспірант) «Виробництво екструзією біметалевих заготовок для деталей машинобудівного призначення» (кер. доц. Кузьміна О.М.) | 80 |
| 7 | Мамедов Елмир Хикмат огли (МЕ-13-24-М) «Модернізація системи опалення паливних секційних печей для швидкісного нагріву та термообробки труб» (кер. проф. Єр'омін О.О.) | 80 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 8 | <i>Підсекція «Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів»</i> | 82 |
| 1 | Петров К.В, Серпокрил В.М., Селезенев В.С.(МЕ09-21Н) «Удосконалення методик та програмного забезпечення технологічного проектування ділянок холодної роликової прокатки» (кер. доц. Соловійова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.) | 82 |
| 2 | Лучанов О.О., Пічурін В.В., Дьячкова Я.О. (МЕ909-20Н) «Розробка електронного довідника для проектування ділянок волочіння з класифікатором дефектів холодотягнутих труб» (кер. доц. Соловійова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.) | 83 |
| 3 | Биби́к Н.М., Білик М.З., Покинтелиця М.В. (МЕ09-21Н) «Розробка електронного довідника з проектування технології виробництва холоднодеформованих труб з використанням сучасного обладнання» (кер. доц. Соловійова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.) | 83 |
| 4 | Тумашевич М.В. (МЕ09-21Н) «Аналіз технології виробництва труб з сталей типу Х18Н10Т способом холодної прокатки» (кер. ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловійова І.А.) | 84 |
| 5 | Царенко І.Ю., Розумовський Р.В. (МЕ09-21Н) «Аналіз виробництва гарячепросованих труб з важкодеформованих сталей і сплавів» (кер. ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц.Соловійова. І.А.) | 84 |
| 6 | Шефнер М.А. (МЕ09-21Н), Ослам І.І. (МЕ909-20) «Вплив технологічних мастил на процес деформації труб на агрегатах з безперервним станом» (кер. ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловійова І.А.) | 85 |
| III | Секція «Машинобудування» | 85 |
| 9 | <i>Підсекція «Галузеве машинобудування»</i> | |
| 1 | Осипов Д.С. (МБ01-24-м) «Типова історія навантаження головних ліній робочих клітей широкоштабових станів» (кер. проф. Білодіденко С.В.) | 85 |
| 2 | Колесников О.С. (МБ01-24-м) «Поліпшення умов гальмування рухомих частин подавального апарата пілігримового стана» (кер. доц. Мазур І.А.) | 86 |
| 3 | Перевертайло Є.Е.. (МБ01-24-м) «Дослідження напружено-деформованого стану балок холодильників на машині безперервного лиття заготовок» (кер. доц. Мазур І.А.) | 87 |
| 4 | Яйчук О.О. (аспірант), Васькін Д.С. (МБ01-24-м) «Особливості експлуатації машин для перевезення рідкого шлаку» (кер. доц. Поворотній В.В.) | 87 |
| 5 | Гончар Д. В. (ПМ2212) «Про модернізацію екскаватору на спеціальному шасі» (кер. доц. Богомаз В. М.) | 88 |
| 6 | Новіков С. І. (ПМ23130) «Оптимізація виробничих процесів під час проектування в машинобудуванні» (кер. Ас. Брильова М. Г.) | 90 |
| 7 | Пікало А. О. (ПМ2421) «Розробка фізичної моделі багатофункціонального відвала бульдозера для наукових досліджень» (кер. доц. Главацький К. Ц.) | 90 |
| 8 | Філоненко А. С. (АГ2421) «Дослідження і розробка механізмів керування заднім бортом вантажних автомобілів» (кер. доц. Главацький К. Ц.) | 91 |
| 9 | Більцан К. М.(аспірант) «Електрифікація транспорту: переваги, виклики та потенційність інновацій» (кер. доц. Босий Д.О.) | 91 |
| 10 | <i>Підсекція «Колісні та гусеничні транспортні засоби»</i> | 93 |
| 1 | Соболевський Є.В. (МБ02-24-м) «Застосування автотранспортних засобів в транспортно-логістичному забезпеченні збройних сил України» (кер. ст. викл. Сидоренко В.К.) | 93 |
| 2 | Гончаров М.Д. (МБ02-24-м) «Конструктивні рішення по підвищенню надійності насосів підживлення аксіально-поршневих гідромашин» (кер. ст. викл. Лосіков О.М.) | 94 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3 | Плюгін Д.О. (МБ02-24-м) «Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних рукавів високого тиску при складанні кінцевої арматури в процесі їх ремонту» (кер. доц. Мельянцов П.Т.) | 95 |
| 4 | Косенко Д. С. (АГ2421) «Удосконалення технічного обслуговування електрообладнання автомобілів» (кер. ст.викл. Черкудінов В. Е.) | 97 |
| 5 | Марченко В. А. (АГ2421) «Розробка технології відновлення карданного валу автомобіля» (кер. ст.викл. Черкудінов В. Е.) | 98 |
| 6 | П'ятков С. К. (АГ2421) «Оцінка впливу конструкції автопоїзда на його маневреність» (кер. ст.викл. Черкудінов В. Е.) | 98 |
| 7 | Телятник І. С. (АГ2421) «Вплив характеристик автомобіля на його власні частоти коливань» (кер. ст.викл. Черкудінов В. Е.) | 99 |
| 8 | Безнощенко Є. Ф. (ПМ2426) «Шляхи запобігання негативного впливу роботи будівельно-відновлювальної техніки на навколишнє середовище» (кер. доц. Щека І. М.) | 100 |
| 9 | Пономаренко Д. А. (ПМ2426) «Забезпечення працездатності автомобільної техніки Держспецтрансслужби системою експлуатаційного резервування» (кер. доц. Щека І. М.) | 101 |
| 10 | Плішак Ю. М. (ПМ2421) «Підвищення ефективності використання тракторів шляхом впровадження газобалонного обладнання» (кер. доц. Анофрієв П. Г.) | 102 |
| 11 | Гриньов С. П. (АГ2426) «Дослідження і розробка технологічних процесів ремонту штоків гідроциліндрів» (кер. доц. Главацький К. Ц.) | 102 |
| 12 | Лісний В. А. (АГ2421) «Дослідження і розробка гідромеханізмів автосамоскидів» (кер. доц. Главацький К. Ц.) | 103 |
| 13 | Філоненко А. С. (АГ2421) «Дослідження і розробка механізмів керування заднім бортом вантажних автомобілів» (кер. доц. Главацький К. Ц.) | 104 |
| IV | Секція «Інженерна механіка» | 105 |
| 11 | Підсекція «Технічна механіка» | |
| 1 | Яровой Ф. Р. (АГ24120) «Виникнення та розвиток концепції управління ризиками» (кер. доц. Урсуляк Л. В.) | 105 |
| 2 | Кисиль О.Б. (ЛГ24120) «Визначення інтегральних характеристик систем» (кер. доц. Урсуляк Л. В.) | 106 |
| 3 | Савчук В.О. (ЛГ-21СП), Яровой Ф.Р. (АГ24120) «Використання композиційних матеріалів у струмоприймачах електрорухомого складу залізничного транспорту» (кер. доц. Баб'як М.О., кер. доц. Недужа Л.О.) | 107 |
| 4 | Хрипко І.С. (МТ2212) «Розробка конструкції мобільного окопного укриття для захисту особового складу ВСУ від сучасних засобів ураження» (кер. доц. Костриця С.А.) | 108 |
| 5 | Звездов І.О. (МЕ07-23т) «Ключові переваги композитних матеріалів у машинобудуванні» (кер. доц. Каряченко Н.В.) | 109 |
| 6 | Москаленко А.І. (МВ01-23-2т) «Основні механічні властивості композитів» (кер. доц. Каряченко Н.В.) | 110 |
| 7 | Стародуб М.М. (МВ01-23-2т) «Ключові фізичні властивості композитів» (кер. доц. Каряченко Н.В.) | 110 |
| 8 | Звездов С.О. (МЕ07-23т) «Особливості префаб-технологій будівництва» (кер. доц. Каряченко Н.В.) | 110 |
| 9 | Гаращенко А.Е. (МТ22130 (140) «Розрахунок кривого бруса великої кривизни» (кер. доц. Каряченко Н.В.) | 111 |
| 10 | Грап В.В. (МБ01-23т) «Порівняння опорних механізмів станів холодної пільгерної прокатки труб» (кер. доц. Сьомічев А.В.) | 112 |
| 11 | Щербина Р.О. (МБ01-23т) «Дослідження зубчасто-важільного механізму | 113 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| | приводу валків станів холодної пильгерної прокатки труб» (кер. доц. Сьомічев А.В.) | |
| 12 | <i>Підсекція «Прикладна механіка»</i> | 114 |
| 1 | Присяжнюк Т.В. (ІМ901-24М) «Інженерне 3D сканування об'єктів машинобудування» (керівник проф. Анісімов В.М., ст. викл. Бончук С.В.) | 114 |
| 2 | Сатиренко Д.О. (ІМ01-24М) «Інструменти для точного 3D-сканування поверхонь» (керівник ст. викл. Бончук С.В.) | 116 |
| 3 | Кроленко Д.І. (ІМ01-21т) «Комп'ютерне моделювання процесу програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК» (керівник ст. викл. Карабут В.М.) | 118 |
| 4 | Рябов Д.Є. (ІМ01-21-Т) «Огляд методів виготовлення шліцьових поверхонь в рамках технологічного процесу виробництва валу тракторного редуктора» (кер. доц. Бондаренко С.В.) | 118 |
| 5 | Шаповалов О.Р. (ІМ01-24) Створення файлу схеми 3D моделі в Autodesk Inventor Professional (кер. ст. викл. Вишневський І.В.) | 119 |
| 6 | Дікарев К.Б. (аспірант) «Удосконалення конструкції незнімної опалубки з урахуванням використання локальних матеріалів» (кер. доц. Мовчан О.Ю.) | 120 |
| 7 | Коваль М. А. (ДДАЕУ) «Оптимальне проектування важільних механізмів» (кер. доц. Погребняк Р.П.) | 122 |
| 8 | Волковий О.В. (ДДАЕУ) «Дослідження енергетичних характеристик параметрів удару пневматичного механізму бурового перфоратору» (кер. доц. Зданевич С.В.) | 123 |
| V | Секція «Матеріалознавство та термічна обробка металів» | 123 |
| 13 | <i>Підсекція «Прикладне матеріалознавство»</i> | |
| 1 | Комеристий І.В (МВ01-24-М) «Фазові перетворення на евтектичних карбідах швидкорізальних сталей» (кер. проф. Миронова Т.М.) | 123 |
| 2 | Семенчевський Є.О. (МВ01-24-М) «Особливості структури та механічних властивостей труб з високохромистої сталі» (кер. проф. Погребна Н.Е.) | 125 |
| 3 | Натха Я.С. (МВ01-22-2Т) «Вибір марки сталі та технології виготовлення зенкера для обробки м'яких металів» (кер. доц. Аюпова Т.А.) | 127 |
| 4 | Стародуб М.М. (МВ01-23-2Т) «Вибір оптимальної марки сталі та технологічного процесу виготовлення фрези для різання м'яких металів» (кер. доц. Аюпова Т.А., доц. Котова Т.В.) | 128 |
| 5 | Коваленко І.С. (МВ01-24-М) «Вибір раціональних режимів деформаційної обробки низьковуглецевої сталі для виробництва гарячекатаного листа» (кер. доц. Котова Т.В., доц. Аюпова Т.А.) | 129 |
| 6 | Рязанцева В.С. (ЕКО-23) «Дослідження складу wte ₂ -плівок інструментальними методами» (кер. доц. Аміруллоєва Н.) | 130 |
| 7 | Танчик А. А. (ЕКО-23) «Синтез наноструктурованих матеріалів WTe ₂ » (кер. доц. Аміруллоєва Н.) | 132 |
| 8 | Прокопенко М.В. (ПМ-23 мп) «Дослідження впливу вибухового навантаження на графіт у чавунах» (кер. проф. Губенко С.І.) | 133 |
| 14 | <i>Підсекція «Термічна обробка металів»</i> | 134 |
| 1 | Шпортько Ю. В. (аспірант) «Отримання наноструктурованого бейніту в сталях» (кер. проф. Дейнеко Л. М.) | 134 |
| 2 | Данильчук В.О. (МВ01-21-2) Дослідження технології виробництва зварювального дроту» (кер. доц. Перчун Г.І.) | 136 |
| 3 | Івченко А.О. (аспірант) «Дослідження технології виробництва арматури за методом stretching-процесу» (кер. доц. Перчун Г.І.) | 138 |
| 4 | Якушев О.С. (аспірант) «Дослідження структури та властивостей» (кер. доц. Перчун Г.І.) | 139 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 5 | Скляренко І.О. (МВ01-21-2) «Патентованого дроту з вуглецевих марок сталі аналіз технології виробництва і термічної обробки ресор» (кер. доц. Перчун Г.І., ст. викл. Карпова Т.П.) | 141 |
| 6 | Буторін О.Є. (МВ01-21-2) «Аналіз вимог до матеріалу корпусу плунжерного насосу» (кер. доц. Романова Н.С.) | 143 |
| 7 | Герасименко А.М. (аспірант) «Аналіз технологія виробництва футерувальної плити з чавуну чх1 для вагонів мокрого гасіння коксу» (кер. доц. Романова Н.С.) | 144 |
| 8 | Вислоцький Я.О. (МВ01-21-2) «Шляхи підвищення експлуатаційної надійності дисків борони» (кер. доц. Кімстач Т.В., ст. викл. Карпова Т.П.) | 146 |
| 9 | Ожигін А.Д. (МВ01-21-2) «Аналіз впливу термічної обробки на структуру та властивості штамів зі сталі 5ХНМ» (кер. доц. Кімстач Т.В.) | 147 |
| 10 | Лебідь В.А.(МВ01-21-2) «Малік В.Е. (МВ01-21-2) Математичне моделювання основних параметрів процесу термічної обробки вуглецевих сталей» (кер. Малік В.Е., кер. ст. викл. Соколенко М.О.) | 148 |
| 11 | Useev T.A.(Rudny Industrial University) «Dynamic aging of 5khv2s steel as a result of thermomechanical treatment, including radial-shear rolling and subsequent controlled cooling»(supervisor prof. Lezhnev S.N.) | 149 |
| 12 | Бермес І.В. (МВ05-23М), Ластовський М.М. (МВ05-24М), Тараненко А.О. (аспірант) «Дослідження вимог та структури і властивостей деталей роликів підшипників зі сталі ШХ15» (кер. проф. Дейнеко Л.М.) | 151 |
| 15 | <i>Підсекція «Покриття, композиційні матеріали та захист металів»</i> | 153 |
| 1 | Лебідь Ю.В. (МВ04-24м) «Технологія нанесення зносостійкого напиленого покриття на деталі типу «колінчастий вал» (кер. доц. Ковзик А.М.) | 153 |
| 2 | Скряга Д.О. (МЕ10-24м) «Особливості виробництва металевого порошку для адитивних технологій» (кер. доц. Голуб І.В.) | 154 |
| 3 | Косоногов Р.О. (МЕ10-23м) «Дослідження якості захисного покриття нанесеного напиленням» (кер. доц. Голуб І.В.) | 155 |
| 4 | Ковтун О.М. (МЕ910-20) «Вибір технології нанесення нікелевого покриття на металопродукцію» (кер. доц. Біла О.В.) | 156 |
| 5 | Строгецький М.Ю. (МЕ01-21-1) «Вибір технології виробництва втулок з титаномістячих твердих сплавів» (кер. доц. Біла О.В.) | 156 |
| 6 | Бондаренко Є.С. (МЕ10-23м) «Вибір раціональної марки сталі та термічної обробки для виготовлення фрези для обробки твердих порід дерева» (кер. доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.) | 157 |
| 7 | Жирний Є.О. (МЕ10-23м) «Вибір раціональної марки сталі та термічної обробки для виготовлення зенкера для обробки твердих металів» (кер. доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.) | 158 |
| 8 | Казаков В.В. (МЕ10-23м) «Вибір раціональної марки сталі та термічної обробки для виготовлення напилків для обробки м'яких металів» (кер. доц. Аюпова Т.А. ст. викл. Кушнір Ю.О.) | 159 |
| 9 | Батиченко О.В. (МЕ09-24Н) «Альтернативні способи захисту металокопункцій від корозії» (кер. ст.викл. Гуцалова В.І.) | 160 |
| 10 | Гаврилюк Ю.В. (аспірант) «Модифікація каучуку СКН-26 композиційними добавками» (кер.проф. Євдокименко Н.М.) | 161 |
| VI | <i>Секція «Енергетика»</i> | 162 |
| 1 | Похілько А.С. (аспірант) «Аналіз технологій пульсаційно-акустичного спалювання палива в газопоршневих агрегатах» (кер. проф. Біляєва В.В.) | 162 |
| 2 | Білий Р.В. (аспірант) «Аналіз технологій систем теплопостачання з використанням регенеративних системи опалення на основі компактних | 163 |

| | | |
|------------|---|-----|
| | насадок» (кер. проф. Біляєва В.В.) | |
| 3 | Дейнека В. В. (ТЕ01-21) «Розрахунок теплових втрат трубопроводів, прокладених у непрохідному каналі» (кер. проф. Біляєва В. В., доц. Губін О.І.) | 163 |
| 4 | Щербина С. А. (аспірант) «Розрахунок температурних полів у спорудах захищеного ґрунту» (кер. проф. Біляєва В. В.) | 164 |
| 5 | .Шишко Є.С. (аспірант) «Підвищення енергетичної ефективності процесу формування зварних труб» (кер. доц. Форись С.М.) | 165 |
| 6 | Щур М.С. (аспірант) «Аналіз ефективності використання газо-повітряної суміші з шахтним метаном в когенераційних газопоршневих установках» (кер. доц. Форись С.М.) | 166 |
| 7 | Максимчук С.А. (аспірант) «Дослідження методів підвищення ефективності роботи парових котельних агрегатів з використанням низькокалорійного палива» (кер. доц. Форись С.М.) | 167 |
| 8 | Форись Ю.М. (аспірант) «Математичне моделювання процесу горіння твердого палива в шахтних вапняно-випалювальних печах» (кер. проф. Федоров С.С.) | 168 |
| 9 | Чистяков М.В. (аспірант) «Підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання приватного сектору» (кер. доц. Усенко А.Ю.) | 169 |
| 10 | Журбін О.О. (студент) «Аналіз ефективності систем опалення приватного будинку з використанням теплових насосів» (кер. доц. Форись С.М.) | 170 |
| 11 | Новічек О. (студент) «Зелені технології в охолодженні» (кер. доц. Усенко А.Ю.) | 171 |
| 12 | Форись О.М. (аспірант) «Математичне моделювання високотемпературного синтезу карбюраторів» (кер. проф. Федоров С.С.) | 172 |
| 13 | Кирилов Д.О. (аспірант) «Дослідження енергетичної ефективності варильних панелей» (кер. доц. Усенко А.Ю.) | 173 |
| 14 | Гончаров Д.В. (аспірант) «Удосконалення теплового режиму будівель шляхом керування сонячними теплонадходженнями» (кер. доц. Усенко А.Ю.) | 174 |
| 15 | Луценко Є.К. (ПЦБ-24-4) «Гравітація як рішення проблеми зберігання енергії» (кер. проф. Дікарев Б.М.) | 174 |
| 16 | Шпілевий М. О. (аспірант) «Збір і обробка даних для подальшого застосування нейромереж в енергетиці» (кер. проф. Босий Д. О.) | 175 |
| 17 | Самолова А.А. (2-Т-48) Перспективи розвитку вітрової енергетики в Україні (кер. доц. Тиха Л.С., доц. Зибайло С.М.) | 177 |
| VII | Секція «Захист довкілля» | 178 |
| 16 | Підсекція «Промислова екологія» | |
| 1 | Бондарчук М.О., Команов Д.А., Підвалюк Н.В.(НТУ «ДП» «Можливості методу газорозрядної фотографії в оцінці впливу екологічного стану на функціональне здоров'я населення» (кер. проф. Пісоцька Л.А.) | 178 |
| 2 | Сопільняк В.М. (ЕКО-22) «Проектування вертикального планування міста з поздовжніми і поперечними профілями вулиць» (кер. доц. Гільов В.В.) | 179 |
| 3 | Гуменна В.В.(6-ОНСз-24) «Золошлакові відходи як ресурс для високотехнологічного розвитку» (кер. доц. Хлопицький О.О.) | 180 |
| 4 | Соколенко С. С. (ЕКО-22) «Сучасні методи утилізації ТПВ» (кер. доц. Гільов В. В.) | 181 |
| 5 | Хомутов А.В. (аспірант) «Використання базальтових волокон для армування полімерних композиційних матеріалів на основі поліаміду-6» (кер. проф. Сухий К.М., доц. Баштаник П.І.) | 182 |
| 6 | Добриденев В.В.(аспірант) «Перспективи отримання і використання екологічно безпечних засобів захисту рослин в Україні» (кер. доц. Гармаш С.М.) | 183 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 17 | <i>Підсекція «Інженерна екологія»</i> | 184 |
| 1 | Осадчук К.В. (ЕО01-21) «Аналіз існуючих систем очистки поверхневого стоку з території підприємства по переробці нафти» (кер. ст. викл. Мешкова А.Г.) | 184 |
| 2 | Пашинов О.С. (ЕО01-21) «Аналіз шляхів екологізації приватного будинку» (кер. ст. викл. Мешкова А.Г.) | 186 |
| 3 | Драгущенко О.В. (ТЗ01-21) «Розробка пропозицій щодо підвищення ефективності роботи оборотного циклу трубопрокатного виробництва» (кер. ст. викл. Мешкова А.Г.) | 187 |
| 4 | Котенко В.В. (ЕО01-21) «Методи для поліпшення якості питної води, яка подається населенню через водопровідні мережі» (кер доц. Прокопенко О.М.) | 189 |
| 5 | Вівташ Є.В. (ТЗ01-21) «Аналіз забруднення атмосферного повітря та його впливу на захворюваність мешканців м. Дніпро» (кер. проф. Єрьомін О.О.) | 191 |
| 6 | Василенко К.С. (ТЗ901-20) «Дослідження техногеннозабруднених територій за допомогою вищих рослин» (кер. ст. викл. Мешкова А.Г.) | 193 |
| 7 | Куліш О.О. (ЕО901-20) «Розробка раціональної схеми очистки стічних вод доменної газоочистки» (кер доц. Суліменко С.Є.) | 195 |
| 8 | Семенкова Є.А. (ЕО901-20) «Розробка схеми екологічного моніторингу басейна р. Сіверський Донець» (кер. проф. Єрьомін О.О.) | 196 |
| 9 | Борисов А.Б. (ТЗ01-21) «Аналіз впливу шкідливих викидів коксохімічного виробництва на стан навколишнього середовища» (кер. доц. Романько Я.В.) | 197 |
| 10 | Ляшко А.Р. (ТЗ01-23) «Вторинна переробка як ефективний спосіб зменшення забруднення довкілля» (кер. доц. Саввін О.В.) | 197 |
| 11 | П'яник О.О. (ТЗ01-21) «Небезпека та міграція радіонуклідів» (кер. доц. Саввін О.В.) | 198 |
| 12 | Іткіна М.В. (ТЗ01-22Т) «Побудова математичної моделі зміни концентрації СО ₂ в атмосфері землі» (кер. доц. Саввін О.В.) | 198 |
| 13. | Дрокін І.С. (ТЗ01-21) «Математичне моделювання в оцінці джерел забруднення атмосферного повітря» (кер. доц. Саввін О.В.) | 199 |
| 14 | Кучерявий О.Е. (ЕО01-24) «Розробка методики виконання вимірювань для хроматографічного аналізу викидів лакофарбового виробництва. особливості метрологічного оцінювання похибки вимірювань з однократними спостереженнями» (кер. доц. Саввін О.В.) | 200 |
| 15 | Литвин Д.О. (ЕО01-21) «Вплив теплоелектростанцій на навколишнє середовище» (кер. ст. викл. Сухарева М.В.) | 201 |
| 16 | Гаврилук Ю.В. (аспірант) «Харчова безпека гумовотехнічних виробів» (кер. проф. Євдокименко Н.М.) | 201 |
| 17 | Горб М. К. (УЕ23120) «Вплив теплових електростанцій на атмосферне» (кер. доц. Безовська М.С.) | 202 |
| 18 | Романчук Є.В.(УЕ2311) «Відновлення нафтозабруднених ґрунтів» (кер. доц. Безовська М.С.) | 203 |
| 19 | Снаговська В.В.(ЕО2211) «Екологічні проблеми та рішення у нафтопереробній галузі» (кер. ст. викл. Розгон О.В.) | 204 |
| 20 | Власенко В.С.(УЕ2311) «Вплив будівництва на довкілля» (кер. доц. Тарасова Л.Д.) | 205 |
| 21 | Маліночка А.П.(ЕО2016) «Еколого-аналітичний моніторинг стійких органічних забруднювачів» (кер. проф. Зеленько Ю.В.) | 206 |
| 22 | Войко В.О.(ЕО2111) «Аналіз екологічних наслідків вигорання лісових масивів в Україні» (кер. проф. Зеленько Ю.В.) | 206 |
| 23 | Карпенко К.С. (ЕО22120) «Оцінка екологічної ефективності будівництва та експлуатації об'єктів та споруд» (кер. проф. Зеленько Ю.В.) | 207 |

| | | |
|----|---|-----|
| 24 | Тихоступ М.В. (ЕО2111) «Принципи відновлення природного та господарського статусу територій, постраждалих внаслідок воєнних дій» (кер. проф. Зеленько Ю.В.) | 207 |
| 25 | Маліночка А.В. (ЕО2111) «Еколого-аналітичний моніторинг стійких органічних забруднювачів» (кер. проф. Зеленько Ю.В.) | 209 |
| 26 | Середа Є. М. (ЕО2111) «Ретроспективний аналіз якості повітря агломерації міста Дніпро за даними громадського моніторингу» (кер. доц. Сорока М. Л.) | 209 |
| 27 | Білявцев В. А (ЕО2111) «Практичне застосування індекс-підходу до оцінки якості та безпечності повітря промислової агломерації» (кер. доц. Сорока М. Л.) | 210 |
| 28 | Братчиков І. О. (ЕО2111) «Аналіз якості повітря агломерації міста Кривий Ріг за даними регіонального екологічного моніторингу» (кер. доц. Сорока М. Л.) | 211 |
| 29 | Шпак Н.Ю.(ДДАЕУ) «Екологічні проблеми України» (кер. доц. Архипова В.В.) | 212 |

МЕТАЛУРГІЯ (ПРОМЕТАЛУРГІЯ)

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ ЧАВУНУ»

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЗВОЛОЖЕННЯ ШИХТИ НА ПОКАЗНИКИ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ

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

Зволоження агломераційної шихти є важливим етапом виробництва агломерату. Агломераційна шихта відноситься до сипучих матеріалів, що складаються з окремих частинок, які контактують один з одним, завдяки додаванню вологи можливе утворення нових зв'язків та можливість отримати гарно підготовлену сиру шихту. Значний вплив на показники процесу огрудкування аглошихти та відповідно на усі показники агломераційного процесу мають параметри зволоження шихти.

Результати переважної більшості досліджень показують, що правильний вибір параметрів зволоження шихти позитивно впливає на техніко-економічні показники агломераційного процесу. Під параметрами зволоження шихти розуміють широкий набір факторів: кількість вологи, вид вологи, місце введення вологи, час введення вологи, окреме використання вологи з обраними матеріалами. Забезпечення раціонального гранулометричного складу огрудкованої шихти, її розподілу по крупності та вмісту палива за висотою шару, завантаженого на колосникову решітку агломераційної машини, в залежності від параметрів зволоження, є актуальною тематикою.

Для досягнення раціональної структури агломераційної шихти в роботі розглянуто вплив раціонального зволоження вапна під час огрудкування для досягнення оптимальних показників агломераційного процесу. Показана ефективність запропонованого рішення.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВІДХОДІВ ПРИ ОКУСКУВАННІ

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

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема повторного використання виробничих відходів чорної металургії залишається досить актуальною. У відвалах металургійних заводів накопичені величезні запаси шламів, шлаків і ін. Щорічно у газоочисних системах агломераційного, доменного, сталеплавильного і прокатного виробництв уловлюються сотні тисяч тон залізовмісного пилу і шламів. Масова частка заліза в них складає від 40 до 72 %, що свідчить про їх високу цінність як металургійної сировини. В даний час триває накопичення цих запасів за рахунок поточного виробництва.

Однак ці відходи не можуть бути залучені в доменне і сталеплавильне виробництво без попереднього окускування. Останнім часом в літературі з'явилося досить багато публікацій про розробку нових процесів, що дозволяють утилізувати металургійні відходи. При введенні залізовмісних відходів до складу шихти при звичайній технології агломерації знижуються показники процесу і якості агломерату, відбувається збільшення вмісту шкідливих домішок в готовому агломераті.

В роботі проаналізовано і показано ефективний варіант утилізації техногенних металовмісних матеріалів. Використання відходів при окускуванні дозволить понизити витрату основних сировинних ресурсів. Переробка відходів одночасно вирішує завдання ресурсозбереження і поліпшення екологічної обстановки.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЯКОСТІ ОКУСКОВАНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОКАЗНИКИ ДОМЕННОГО ПРОЦЕСУ

**Рева Р.С., Подушко К.А., керівник доц. Ягольник М.В.
Український державний університет науки і технологій**

Для забезпечення високих показників доменного процесу необхідно виконання жорстких вимог до металургійних властивостей залізорудної сировини та коксу. Складність установок для їх оцінки обумовлюють актуальність досліджень залежності металургійних властивостей (плавкості, міцності, відновлюваності) окускованої сировини від хімічного складу, вибору оптимальної основності агломерату і співвідношення агломерат/окатиші в доменній шихті.

В роботі розглянута можливість встановлення оптимальної основності агломерату та співвідношення офлюсованого агломерату та неофлюсованих окатишів у доменній шихті, що має оптимальний комплекс металургійних властивостей. Підвищення основності агломерату покращує показники холодної та гарячої міцності. Показники гарячої міцності неофлюсованих окатишів вище, ніж у агломератів, але показник стирання гірше. По комплексу високотемпературних властивостей агломерат основністю 1,8 оптимальним для доменної плавки. Запропоновано рішення використання шихти, що складається з 60 % агломерату основністю 1,8 і 40 % неофлюсованих окатишів.

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ ХОДОМ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ПО ДАНИМ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

**Микитенко О.О., керівник проф. Бочка В.В.
Український державний університет науки і технологій**

Аналіз літературних даних показав, що існуючі способи контролю ходу печі недостатньо повноцінні, Тому для визначення причин порушення ходу і вибору заходів управління доменною піччю були використані параметри роботи системи охолодження доменної печі великого корисного об'єму. Аналіз показав, що в високотемпературній зоні доменної печі, що включає металоприймач, фурмену зону, заплечики і приблизно, чверть охолоджувальної частини шахти втрачається 80-90% тепла. Основні втрати тепла 50-60% припадає на зону повітряних фурм. При цьому розподіл теплових втрат по висоті печі великого об'єму подібно для печей меншого об'єму і відповідає розподілу температури в печі та станом кладки. Теплові втрати в системі охолодження лещаді і горна не перевищують 9-12% від загальних тепловтрат.

Найбільш значний вплив на теплові втрати надає характер газового потоку і режим роботи печі. Коливання теплових навантажень в системі охолодження заплечиків і нижньої частини шахти переважно пов'язано з нестабільністю гарнісажу, стійкість якого знижується з розвитком периферійного газового потоку, при зміні шихтових умов, порушенні ходу печі і при виплавці ливарного і спеціальних чавунів. Теплові втрати в заплечиках і в нижній частині шахти найменш стабільні. Відносно середньоквадратичне відхилення величини втрат в різні періоди замірів на одному з 6 Секторів шахти змінюється від 0,2 до 0,45 при відношенні максимальної величини

втрат до мінімальної за окремими секторами 1,8-5,0, а втрати тепла з водою на окремих групах холодильників змінюються в ще більш широких межах.

Досвід роботи доменних печей великого об'єму показує, що, зменшуючи кількість периферійних газів та їх температуру при розвитку осьового потоку газів, можна зменшити теплові втрати робочого простору печі і поліпшити температурно-теплові умови роботи кожуха печі і холодильників. При центральному характері газового потоку теплові навантаження на холодильники заплечиків і шахти є досить динамічними, що переважно пов'язано з оновленням гарнісажу. При цьому спостерігаються сповзання гарнісажу в секторах, що охоплюють більше 10 холодильників. наведено приклад зміни теплових навантажень при сповзанні гарнісажу, коли тепловий потік на окремі холодильники зріс більш ніж у три рази. На сповзання гарнісажу вказує і характер пошкоджень заміненних між першою і четвертою льотками повітряних фурм.

Організаційно-технічні заходи щодо підвищення ритмічності роботи доменного цеху і стабілізація технологічного режиму роботи печей повинні сприяти зменшенню навантаження на систему охолодження, скорочення витрат коксу та підвищення надійності печі.

Істотний вплив на величину теплових втрат надає також вид виплавляемого чавуну. Перехід печі на виплавку ливарного та спеціального чавунів призводить не тільки до зростання температури в печі, а й до збільшення протяжності зони в'язко-пластичного стану і нестійкості гарнісажу в зоні заплечиків і нижніх рядів шахти. Витрата коксу на покриття теплових втрат робочого простору в умовах роботи печі з розвиненим периферійним ходом в порівнянні з роботою на передільному чавуну зростає на 10-20 кг при виплавці чавуну і до 80 кг при виплавці феросплаву. Автоматизована система контролю витрат коксу на покриття зовнішніх теплових втрат реалізована на доменній печі великого об'єму, яка є єдиною піччю, яка працює у складі доменного цеху №2 ПАТ «АМКР». При зміні величини зовнішніх теплових втрат і витрат коксу на їх покриття формується застережливий сигнал про зміни в тепловій та газодинамічній роботі печі.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ФЛЮСІВ ПРИ СПЕКАННІ АГЛОМЕРАТУ

Шишигіна В.Д., керівник проф. Бочка В.В.

Український державний університет науки і технологій

Сучасне доменне виробництво в якості вихідної сировини плавки використовує в основному офлюсовані залізорудні матеріали агломерат і окатиші, при виробництві яких застосовуються різні флюсові матеріали. Флюсами називаються добавки, які додають до складу агломераційної шихти для регулювання мінералогічного складу агломерату та для утворення легкоплавких з'єднань при його спіканні. В залежності від складу пустої породи вихідної сировини флюси бувають: основні, кислі і глиноземні.. Найбільш широко і часто застосовують основні флюси. Технологічні функції основних флюсів з розвитком технологій суттєво розширюються.. Найбільш поширеним видом флюсу є вапняк. Вапняки, що поставляються на фабрики окускування повинні мати крупність 25-0 мм, так як вони все одно піддаються дробленню до 3-0 мм для виробництва агломерату і 0,1-0,3 мм – для виробництва офлюсованих окатиші.

Основними недоліками використання вапняку є велика нерівномірність розподілу його в об'ємі шихти, а також значні витрати теплоти на розкладання вапняку в процесі спікання агломерату. Перехід на використання в шихті для спікання агломерату тонкоподрібнених матеріалів суттєво розширив вимоги до флюсових

матеріалів – вони повинні виконувати окрім флюсоуючої здатності такі функції, як: в'язучої речовини та гранулоутворюючих центрів. Такі функції виконує вапно, яке отримують із вапняку шляхом його термічної обробки в спеціальних печах. Вибір типу печі для випалу вапна визначається продуктивністю заводу, фізико-механічними властивостями і хімічним складом вапняку, видом палива і необхідною якістю вапна. Вапно активно інтенсифікує процес спікання агломерату. При добавці вапна в кількості 4-7% від маси шихти збільшується продуктивність агломераційних машин на 25-60%. Також при додаванні вапна знижуються затрати теплоти на процес дисоціації вапняку. Але необхідно зазначити, що ефективність його використання значною мірою визначається якістю випалу вапняку, кількістю і способом подачі вапна в шихту та його вартістю. Саме тому витрати вапна в шихту суттєво обмежуються та складають всього 4% і використовується воно, як правило, спільно з вапняком.

Комплексний флюс відрізняється від традиційних флюсів тим, що він вносить в агломераційну шихту набір різноманітних сполук, які суттєво покращують умови спікання агломерату та його якість. Комплексний флюс являє собою огрудкований нерудний композит, що володіє флюсоуючими, в'язучими і одночасно легуючими властивостями. Основність комплексного флюсу, в залежності від його використання, може змінюватися від 3,0 до 20,0 од. До таких флюсів відносять феритні суміші які є продуктом спільного подрібнення (кр.<0,1 мм) в шарових млинах вапняку та звороту,. До складу агломераційної шихти феритні суміші додаються в кількості 10%.

Важливим етапом на шляху виробництва комплексного флюсу є використання в аглошихті подрібненого до крупності 0-3 мм залізофлюсу. Технологія отримання високоосновного агломерату відрізняється підвищеною витратою вапняку та палива. Використання залізофлюсу в шихті підвищує продуктивність агломераційної установки та якість агломерату за рахунок введення в шихту готових мінералогічних сполук, особливо феритів кальцію. Така технологія, незважаючи на її достатньо високу ефективність, не отримала розповсюдження через суттєве підвищення собівартості агломерату.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРОЦЕС ОГРУДКУВАННЯ

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

Процес огрудкування є важливою технологічною стадією у виробництві окускованої залізородної сировини для металургійної галузі. Властивості шихтових матеріалів, зокрема дисперсність, вологість, мінералогічний та хімічний склад, мають вирішальний вплив на формування гранул, їх однорідність, міцність та технологічні характеристики.

У сучасних умовах розвитку металургійної промисловості особливої актуальності набуває оптимізація процесів підготовки сировини, одного з ключових етапів забезпечення стабільної роботи доменних печей, зокрема процесу огрудкування. У роботі розглядається вплив фізико-хімічних властивостей шихтових матеріалів (гранулометричний склад, вологість, вміст глинистих частинок, мінералогічний склад) на ефективність процесу огрудкування. Проведено аналіз лабораторних та промислових досліджень, які свідчать про тісний зв'язок між характеристиками сировини та міцністю, рівномірністю та реакційною здатністю отриманих окатишів. Особливу увагу приділено визначенню оптимальних параметрів складу шихти, що дозволяють підвищити якість продукції та зменшити енерговитрати у подальших етапах виробництва.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОШАРОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ НА ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ПРИ АГЛОМЕРАЦІЇ

Усик С.В., Дутній Р.Б., керівник доц. Бойко М.М..

Український державний університет науки і технологій

Одним із ключових факторів, що впливає на енергоефективність процесу агломерації, є структура завантаження шихтових матеріалів на агломераційну стрічку. Традиційні методи рівномірного завантаження не завжди забезпечують оптимальний розподіл тепла по товщині шару, що призводить до перевитрати палива та нерівномірного спікання. У цьому контексті доцільним є дослідження впливу пошарового завантаження агломераційної шихти на теплові витрати та якість кінцевого продукту.

У роботі проведено експериментальне моделювання пошарового завантаження шихти з різною структурою та складом окремих шарів. Аналізовано зміну температурного профілю по висоті шихти, швидкість проходження зони горіння, ступінь використання тепла та витрати палива. Встановлено, що раціональне поєднання матеріалів у верхньому та нижньому шарах дозволяє зменшити загальні теплові витрати на 8–12% порівняно з традиційною схемою завантаження.

Окрему увагу приділено впливу гранулометричного складу та вологості шарів на інтенсивність горіння і стабільність процесу агломерації. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації роботи агломераційних машин та зниження витрат енергоносіїв, що є актуальним в умовах підвищення цін на енергоресурси та необхідності екологічної модернізації виробництва.

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ»

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УКП

Гладчук В.В., Дутній Р.Б., Трещов В.Е., керівник доц. Журавльова С.В.

Український державний університет науки і технологій

Через війну розміри української економіки суттєво скоротилися. Те ж саме відбулося й у металургії, однак можна констатувати, що ситуація певним чином стабілізувалася: обсяги виробництва сталі і прокату у 2023 році майже такі ж самі, як у 2022-му.

За підсумками I кварталу 2024 року виробництво чавуну в Україні зросло порівняно з аналогічним періодом 2023-го на 32,1%, прокату – на 35,5%, сталі – на 36,6%. Такі дані наводить об'єднання «Укрметалургпром». За даними об'єднання, у січні - червні 2024 року було вироблено 3,87 млн т сталі (+37% до показника 2023 року), 3,47 млн т чавуну (+22,3%), 3,14 млн т прокату (+32,2%).

Українські металургійні підприємства розташовані поруч із лінією, уздовж якої відбуваються воєнні дії, тому найбільший ризик пов'язаний із наслідками обстрілів, котрі становлять загрозу як для виробничих активів, так і для персоналу підприємств. Повністю нейтралізувати цей ризик наразі неможливо, тому підприємства й далі працюють з урахуванням можливих заходів безпеки. Теперішній період розвитку металургії характеризується корінною зміною масштабів виробництва якісної сталі. Зростаючи вимоги нових галузей техніки до службових характеристик металу призвели до того, що виробництво сталі та сплавів, які вміщують дуже малу кількість газів, неметалевих включень та інших небажаних домішок, дуже однорідних по властивостям, стало більш затребуваним.

Останнім часом розповсюдженою та універсальною технологією є позапічна обробка сталі на установці ківш-піч. Вона дозволяє вирішувати наступні задачі: забезпечення гарантовано низьких і наднизьких вмістів домішок і неметалічних включень; одержання металу принципово нової якості; легування; доведення хімічного складу до заданих значень; усереднення і забезпечення необхідної температури металу; модифікування неметалевих включень; зниження енерго- і матеріалоємності металевих виробів та ін.

В роботі були проаналізовані чинники, які впливають на результати роботи установки ківш-піч та якість металу на одному з металургійних підприємств. Аналіз роботи установки ківш-піч показав, що вагомий вплив на ступінь десульфурації металу, а отже і на якість сталі в цілому, має витрата шлакоутворюючих матеріалів.

Проведено дослідження основних показників роботи установки ківш-піч і знайдені раціональні витрати шлакоутворюючих матеріалів, які забезпечують сталу роботу установки позапічної обробки та хороші показники десульфурації сталі.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ДЛЯ УМОВ ОБРОБКИ НА КОВШІ-ПЕЧІ

**Григор'єв В.В., Марко А.Ф., керівник доц. Журавльова С.В.
Український державний університет науки і технологій**

Теперішній період розвитку металургії характеризується корінною зміною масштабів виробництва якісної сталі. Зростаючі вимоги нових галузей техніки до службових характеристик металу призвели до того, що виробництво сталі та сплавів, які вміщують дуже малу кількість газів, неметалевих включень та інших небажаних домішок, дуже однорідних по властивостям, помітно збільшилось. При цьому були розроблені та опробовані нові засоби обробки металу. Виявилось, що здійснювати операції рафінування металу у багатьох випадках легше, якщо перенести їх із печі або конвертера у допоміжні ємності (до ковшу). Проведення технологічних операцій поза плавильного агрегату отримало назву позапічної обробки (або “позаагрегатної” обробки, “ковшової” металургії, ковшового рафінування, “вторинної” металургії тощо).

Вдосконалення методів такої обробки в свою чергу склало реальні умови виробляти у масових масштабах сталь із гарантовано низьким вмістом шкідливих домішок при одночасній можливості використовувати менш чисті (значно доступніші і дешевші) шихтові та додані матеріали.

В роботі були проаналізовані основні технологічні параметри, які впливають на ефективність видалення сірки в агрегаті ківш – піч. Аналіз роботи агрегату ківш – піч показав, що вихідний вміст домішок в сталі впливає на основні показники роботи агрегату ківш – піч та якість сталі.

У роботі проведено дослідження основних показників роботи агрегату ківш – піч і знайдені раціональні умови та витрати матеріалів, які забезпечують високу ефективність видалення сірки з металу та відповідні показники якості сталі.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИТРАТИ ІНЕРТНОГО ГАЗУ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СТАЛІ

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

Вимоги до якості металу і посилення конкуренції на ринку збуту металопродукції визначили динамічне розширення масштабів застосування позапічної обробки сталі. Найбільшого поширення серед всіх відомих різновидів агрегатів

комплексної обробки отримала установка ківш-піч з донним перемішуванням розплаву інертним газом (LF типу), яка широко використовується на металургійних підприємствах західної Європи, України, Китаю та ін. Основною причиною цього є можливість здійснювати на установці ківш-піч весь комплекс заходів з рафінування та доведення напівпродукту сталі, включаючи додатковий підігрів і підтримання температури протягом тривалого періоду часу на заданому рівні без негативного впливу на його якість.

Пошук ресурсоефективних технологічних режимів позапічної обробки сталі набуває особливої актуальності в умовах розширення масштабів використання установок ківш-піч та світової тенденції підвищення цін на використовувані при виробництві металопродукції ресурси. У проблемі використання установок ківш-піч є вельми суттєва за значимістю і недостатньо вивчена область, пов'язана з розробкою режимів продувки ковшової ванни інертним газом, компоновального варіанта розташування в днищі ковшу продувочного вузла, оцінкою температурного градієнта в об'ємі розплаву після електродугового підігріву.

В роботі було проаналізовано вплив витрати аргону на основні технологічні параметри, які впливають на ефективність обробки сталі сірки в агрегаті ківш – піч. Проведено дослідження впливу витрати аргону на основні показники процесу обробки сталі в агрегаті ківш-піч, а також запропоновано заходи для покращення процесу перемішування сталі та зниження витрат на обробку сталі.

Визначено, що ефективність десульфурації можна оптимізувати, підібравши економічно вигідну витрату аргону. 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.

ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУ ПОРОШКОВИМ ДРОТОМ

**Ручка Б.С., Терепенчук Д.І. керівник доц. Стоянов О.М.
Український державний університет науки і технологій**

В даний час технологія виробництва сталей з підвищеними вимогами по механічним властивостям (з нормованим вмістом сірки) вже не мислиться без використання кальційвмісних порошкових дротів. Технологія отримання таких сталей, як правило, передбачає початкове проведення десульфурації рідкої сталі до вмісту сірки 0,015–0,020 %, потім обробку дротом, що містить кальцій, в два етапи (перший для рафінування, другий – для модифікування) і після цього легування металу порошковим дротом до заданого вмісту сірки. Така технологія забезпечує повне модифікування і глобуляризацію неметалевих включень перед легуванням металу сіркою, що призводить до значного зниження забрудненості металу неметалевими включеннями, зниження поверхневих дефектів, забезпечення розливу сталі при високому вмісті сірки та алюмінію та зниженню кількості браку.

Широко використовується позапічне легування сталі ніобієм та ванадієм, незважаючи на досить високе засвоєння цих елементів із кускових феросплавів (85–93%). У порошковому дроті засвоєння основних елементів становить майже 100%. Економічна ефективність досягається за рахунок гарантованого отримання заданого змісту елементів на нижній межі нормативних вимог та, відповідно, зниження норм витрати матеріалів.

Список використаних джерел.

1. Дюдкін Д.А., Кисиленко В.В. Особливості засвоєння кальцію з прошкового дроту з комплексним наповнювачем // Метал і литво України. – 2009. – № 1-2. – С. 20–23.

МІКРОЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ХІМІЧНО-АКТИВНИМИ РЕАГЕНТАМИ

Бутенко І.Д., Мусійко В.І. керівник доц. Стоянов О.М.

Український державний університет науки і технологій

Одним з перспективних напрямів сучасної металургії є мікролегування сталі хімічно активними елементами, що надають ефективне вплив на формування у сталях структурного стану, що покращує комплекс споживчих властивостей. Поряд з ванадієм, ніобієм, титаном, молібденом у практиці мікролегування широко застосовується бор. При цьому зміст бору для різних марок сталі та цільей має строго регламентуватися, особливо по верхньому межі, що досягається введенням цього елемента порошковий дротом. Ця технологія вже тривала час використовується на Молдавському металургійному заводі, відпрацьовані режими мікролегування металу бором із залишковим його вмістом 0,001–0,008% на сталях різних марок з різним вмістом марганцю, кремнію та вуглецю в межах 0,04–0,45%. Доведений позитивний вплив бору на фізико-механічні та експлуатаційні характеристики прокату, катанки, дроту та дротяних виробів. При цьому досягається стабільно високі значення засвоєння бору в межах 75,3–94,3% залежно від окисленості сталі ($\alpha_0 = 3-10$ ppm).

Список використаних джерел.

1. Дюдкін Д.А., Кисиленко В.В., Павлюченков І.А., Болотов В.Ю. Прецизійна обробка металургійних розплавів. - М.: Теплотехнік, 2007. - 424 с.

ЯКІСТЬ БЕЗПЕРЕРВНОЛИТОЇ ЗАГОТІВКИ

Скрипник А.В., Шашкін Т.А. керівник доц. Стоянов О.М.

Український державний університет науки і технологій

Якість макроструктури безперервнолитої заготовки і металопрокату, що отримується з неї, залежить від цілого ряду технологічних параметрів сталеплавильного виробництва і, особливо, від процесу розливання металу.

Для умов виплавки сталі 20 тр в конвертерах ємністю 250 т і подальшому розливанні на криволінійній шестиструмковій МНЛЗ з перетином кристалізатора 335 x 400 мм і робочою швидкістю витягування заготовки 0,6 м/хв був зібраний масив дозволів визначити області зміни макродефектів.

В процесі досліджень вивчали вплив температури сталі в промквішці, вмісту в металі сірки і фосфору, а також захисту струменя металу, що закінчується на ділянці промквіш – кристалізатор, інертним газом на ступінь розвитку дефектів, які в основному характеризують якість макроструктури безперервної заготовки та одержуваного металопрокату:

- центральна пористість (ЦП), гранично допустимий бал -3,0;
- осьова ліквіація (ОЛ), гранично допустимий бал – 3,0;
- крайові точкові забруднення (КТЗ), гранично допустимий бал – 2,0;

світла смуга (СП), гранично допустимий бал – 3,0.

Встановлено, що зі збільшенням сірки до 0.03% відбувається зниження макродефектів ЦП з 1,5 балів до 1,3 балу, і ОЛ з 1,45 до 1,2 балу. Вміст сірки в металі більше 0,03% негативно впливає на формування макроструктури металу і сприяє підвищенню балу зазначених дефектів.

Величина балу по КТЗ із підвищенням сірки у металі до 0,03% дещо знижується (з 0,5 до 0,4 балу), подальше підвищення сірки мало впливає на величину розвитку КТЗ. Розвиток дефекту СП має майже лінійну залежність від вмісту сірки у металі. Якщо з підвищенням сірки до 0,03% величина балу СП практично не змінюється і становить 0,35 -0,4 бал, то з подальшим підвищенням сірки у металі збільшується до 0,7 балу.

Підвищення вмісту фосфору у металі до 0,022% сприяє досить ефективному зниженню балу всіх досліджених дефектів макроструктури. Особливо це позначається розвиток таких дефектів як ЦП , ОЛ і СП, де різниця сягає до 0,5 балів. Разом з тим у металі із вмістом фосфору понад 0,022 % величина балу всіх дефектів макроструктури досить різко зростає і може вийти за гранично допустимі значення.

ЗАХОДИ ПО ЗМЕНШЕННЮ ВТОРИННОГО ОКИСЛЕННЯ ПРИ РОЗЛИВАННІ СТАЛІ

**Пономаренко І.О., Аржанцев Є.О. керівник доц. Мамешин В.С.
Український державний університет науки і технологій**

Для забезпечення високих фізико-хімічних та механічних властивостей сталі, що задовольняють сучасним вимогам, необхідно одержувати метал високої чистоти по оксидним неметалевим включенням, що, у свою чергу, досягають застосуванням глибокого розкислення металу й забезпечення необхідного рівня окисленості металу на всіх етапах як виплавки сталі так й його розливання. Остання умова досягається виключенням можливості вторинного окиснення за рахунок максимального зменшення окисного потенціалу контактуючих з металом фаз.

У випадку з окисненням металу атмосферним киснем ситуація більш складна. Якщо в ковші метал від контакту з повітрям захищений шлаком, то при переливах на етапі розливання подібний захист виключений. Вторинне окислення струменя металу повітрям при розливанні викликає ряд небажаних наслідків, що погіршують якості сталі, що й навіть часом приводять до браку. Наслідком такого окислення може бути не тільки підвищення загального вмісту кисню в сталі в результаті збільшення вмісту в ній оксидних включень, але й утворення дефектів злитка, серед яких найбільше часто зустрічаються плівки на його поверхні. Вони утворюються внаслідок влучення на внутрішню поверхню виливниці бризків металу, які, окислюючись повітрям, не зварюються з масою злитка, але досить міцно вросли у його поверхню, викликаючи необхідність робити очищення цієї поверхні вирубкою окремих, місць або суцільне зачищення.

Негативні наслідки вторинного окислення повітрям вимагають застосувань спеціальних заходів для його запобігання.

В роботі були проаналізовані чинники, що впливають на виникнення вторинного окислення при розливанні сталі сифонним способом в умовах ПрАТ «ДМЗ».

Для захисту струменя сталі від вторинного окислення запропоновано використовувати пристрій, що створює нейтральну оболонку навколо струменя металу, який складається з порожнього кільця з рівномірно розташованими по окружності отворами призначеними для подавання захисного інертного газу.

Для захисту поверхні металу у виливниці запропонована нова універсальна теплоізолююча суміш що містить 18 % вуглецевмісних матеріалів (50% вуглецю для виробництва гуми (сажа) і графіту власного виробництва), 33% силікатної глиби, 23% плавикового шпату та 27% доменного шлаку власного виробництва.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ В УМОВАХ ТОВ МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ»

Плішак М. С., Солодкий О.О. керівник доц. Мамешин В.С.
Український державний університет науки і технологій

Видалення сірки на установці ківш-піч є одним з головних технологічних завдань позапічної обробки для умов ТОВ МЗ «Дніпросталь». Це пов'язано з тим, що виплавка сталі в умовах ТОВ МЗ «Дніпросталь» здійснюється у ДСП методом переплаву, коли відсутній спеціальний технологічний період для видалення сірки й її вміст у металі може сягати значних значень

Таким чином проведення позапічної десульфурації металу на установці ківш-піч є обов'язковим для умов ТОВ МЗ «Дніпросталь».

Для установки ківш-піч суттєвий вплив на процес десульфурації справляють параметри шлаку та технологічні параметри обробки (витрата електроенергії, тривалість обробки)

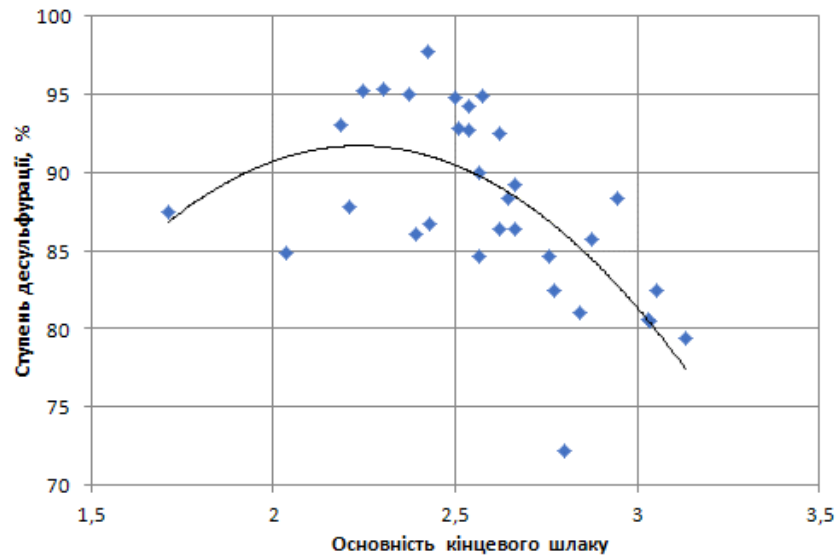


Рисунок 1 Вплив основності шлаку на установці ківш-піч в умовах ТОВ МЗ «Дніпросталь» на ступень десульфурації.

Залежність наведена на рис 1 має оптимум при значенні основності шлаку 2,2-2,3. Такий вид залежності пояснюється тим, що при недостатній основності шлаку (менш 2,2-2,3) у шлаку недостатня кількість оксидів кальцію для доброго видалення сірки, при значеннях більш оптимального шлак згортається, що приводить до його загушення та погіршенню десульфурації.

Рівняння для визначення ступеня десульфурації після обробки на агрегаті ківш – піч у залежності від основності шлаку має вигляд:

$$\delta S = -17,764 \cdot B^2 + 79.437 \cdot B + 2.9012 \quad R^2 = 0,4529$$

(1)

На агрегаті ківш-піч електрична дуга є теплогенератором, тобто забезпечує нагрівання металу та шлаку.

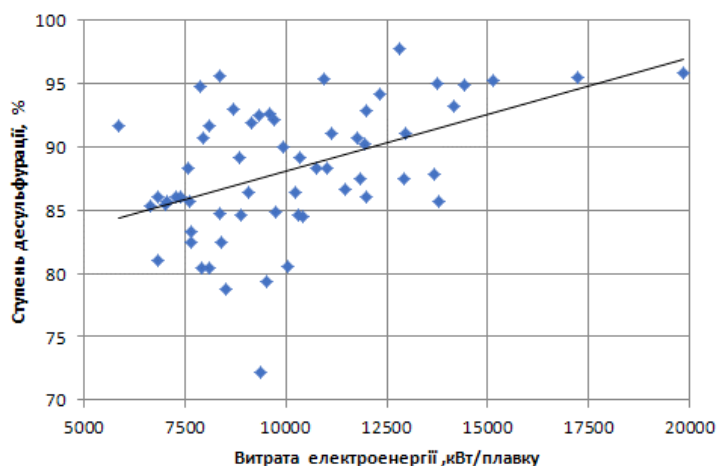


Рисунок 2. Вплив витрати електроенергії на установці ківш-піч в умовах ТОВ МЗ «Дніпросталь» на ступень десульфурації сталі.

Як бачимо з рис. 2 підвищення витрати електроенергії призводить до підвищення ступеня десульфурації, це пов'язано з більш інтенсивним нагріванням металу та шлаку й відповідно до підвищення загального температурного рівня процесу

$$\delta S = 0,0009 \cdot Q_{\text{ел}} + 79,087 \quad R^2 = 0,226 \quad (2)$$

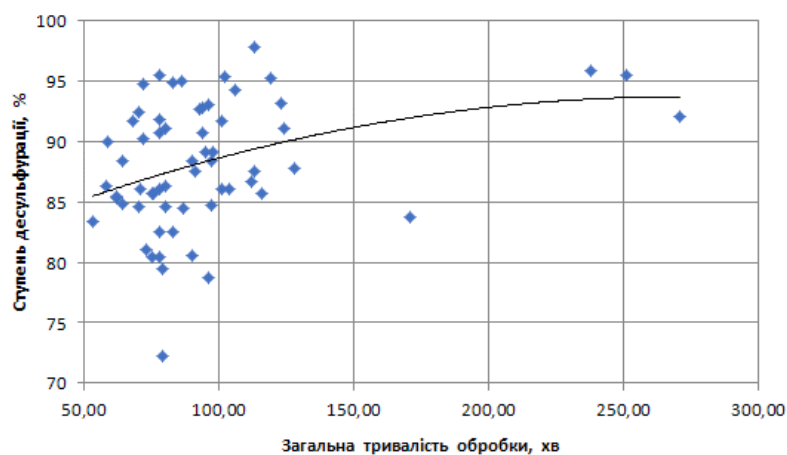


Рисунок 3 Залежність кінцевого вмісту сірки у металі від тривалості обробки металу на агрегаті ківш-піч в умовах ТОВ МЗ «Дніпросталь»

Згідно до даних наведених на рис 3 ступень десульфурації сягає 90% вже при тривалості обробки близької до 125хвилин, а при тривалості обробки близько 200 хв. реакція наближається до рівноваги й подальше подовження тривалості обробки практично не впливає на кінцевий вміст сірки у металі.

$$\delta S = -0,0002 \cdot \tau_{\text{обр}}^2 + 0,0941 \cdot \tau_{\text{обр}} + 80,971 \quad R^2 = 0,115 \quad (3)$$

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ

Керімов В. Н. керівник проф. Нізяєв К.Г.
Український державний університет науки і технологій

Металокерамічні вироби, які підвергали дослідженням, були одержані методом саморозповсюджуємогося високотемпературного синтезу (СВС) на основі BN, BN-TiB₂, SiAlON-SiC-BN.

Визначення стійкості металокерамічних виробів до впливу шлакової й металеві фаз проводили тигельним методом порівняльної оцінки. Результати досліджень по визначенню стійкості металокерамічних зразків наведено в табл. 1.

Таблиця 1 Характеристики стійкості металокерамічних виробів до впливу шлакової й металеві фаз

| Композиція металокерамічного зрака | Фаза | Температура проведення експерименту, °С | Знос виробу, мм ² | Площа просочення, мм ² |
|------------------------------------|----------|---|------------------------------|-----------------------------------|
| BN | Шлакова | 1450-1460 | 1,44 | 1,62 |
| | Металева | 1550-1560 | 1,02 | 0,94 |
| BN-TiB ₂ | Шлакова | 1455-1460 | 2,75 | 1,53 |
| | Металева | 1550-1560 | 1,83 | 1,15 |
| SiAlON-SiC-BN | Шлакова | 1455-1460 | 3,51 | 1,08 |
| | Металева | 1550-1560 | 2,14 | 0,76 |

Виконані дослідження вогнетривкості металокерамічних виробів. Встановлено, що їх вогнетривкість складає, °С: BN – 2000, BN-TiB₂ – 2000, SiAlON-SiC-BN – 1850.

Виконані дослідження водопоглинання, відкритої пористості і уявної щільності металокерамічних виробів. Встановлено, що водопоглинання зразків складає, %: BN – 0,879; BN-TiB₂ – 1,098; SiAlON-SiC-BN – 1,278. Відкрита пористість зразків складає, %: BN – 1,425; BN-TiB₂ – 1,796; SiAlON-SiC-BN – 2,169. Уявна щільність складає, г/см³: BN – 1,62; BN-TiB₂ – 1,635; SiAlON-SiC-BN – 1,697.

Виконані дослідження механічної міцності металокерамічних виробів. Встановлено, що механічна міцність складає, Мпа: BN – 65, BN-TiB₂ – 59, SiAlON-SiC-BN – 82.

Виконані дослідження крайового куту змочування металокерамічних зразків шлаковим розплавом. Встановлено, що крайовий кут змочування зразків складає, °: BN – 90, BN-TiB₂ – 40; SiAlON-SiC-BN – 30.

Таким чином визначено, що по тривкості до впливу металургійних розплавів металокерамічні матеріали перевищують традиційну оксидну кераміку; металокерамічні вироби мають низьку пористість і слабо розвинену поверхню.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ШЛАКОВОГО РОЗПЛАВУ З МЕТОЮ ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ВЗАЄМОДІЇ ВОГНЕТРИВІВ ТА ШЛАКУ

Ковальов Д. Ю., керівник проф. Нізяєв К.Г.
Український державний університет науки і технологій

Розв'язання задачі щодо підвищення стійкості основної футеровки сталеплавильних агрегатів пов'язані, перш за все, з дослідженнями механізму взаємодії

металургійних розплавів з елементами футерування та з удосконаленням технології виробництва сталі.

Для встановлення електропровідності шлакових розплавів різного складу був застосований симплекс-решітчастий метод планування експериментів. Проведено три серії експериментів за температури 1520, 1550, 1580 °С. Склад шлаків, що досліджувалися: CaO 45-98 %: SiO₂ 5-55 %: FeO 0-50 %.

Встановлено, що зі збільшенням температури розплаву електропровідність шлаку підвищується. Однак існують області, в яких при підвищених температурах розплаву шлаку відбувається рекомбінація сполук, яка призводить, в свою чергу, до часткового зниження або стабілізації електропровідності шлаку.

Також зазначено, що зі збільшенням кількості FeO в шлаку електропровідність останнього різко підвищується, а збільшення вмісту оксидів кальцію призводить до зворотного, при цьому оксиди кремнію не впливають на електричні характеристики шлаків. Ці закономірності та основні положення електрохімії дають можливість зробити наступний попередній висновок, що шляхом електричного впливу на систему вогнетрив-шлак, можливо регулювати швидкість процесів, що супроводжуються перебігом електрохімічних реакцій.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РОЗЛИВАННЯ НАПІВСПОКІЙНОЇ СТАЛІ НА ПОКАЗНИК ЯКОСТІ СТАЛЕВИХ ЗЛИВКІВ

**Дунічкін О. Ю., Острянін Р.Є. керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій**

Підвищення конкурентоспроможності продукції вітчизняної металургії на зовнішніх ринках може бути досягнуте за рахунок зниження енерго- і ресурсозатрат в сталеплавильному виробництві. Одним з таких шляхів при розливу сталі у зливки є широке впровадження виробництва напівспокійної сталі.

Заміна спокійних сталей напівспокійними дозволяє збільшити випуск придатного прокату, понизити витрату розкислювачів, а також понизити витрати на підготовку складів. Заміна киплячих сталей напівспокійними дозволяє підвищити якість металу та вихід придатного.

Виконано аналіз статистичних даних за паспортами плавок Ст 5пс, що було розлито зверху у зливки масою 7,4т у конвертерному цеху заводу ім. Петровського. При розливу сталі зверху у порівнянні з розливом сталі сифоном збільшується вихід придатного, зменшуються витрати на вогнетриви, спрощується робота по підготовці складів з виливницями.

Встановлено залежності виходу придатного від хімічного складу Ст 5пс у межах, що обумовлено ДСТУ. На підставі цього рекомендовано раціональний вміст вуглецю (0,28 – 0,29%), кремнію (0,07 – 0,09 %), марганцю (0,65 – 0,70 %) та співвідношення марганцю до сірки (20 – 25 і більше).

Рекомендовано впровадження замірів окисленості сталі активометром, оптимальний вміст кисню, що розчинено у сталі марки Ст 5пс, складає 0,014 – 0,016%. За показниками актинометру вміст кисню у сталі коректується присадками алюмінієвої катанки. Це дозволяє зменшити витрати силікомарганцю приблизно на 50 кг на плавку.

Встановлено раціональний термін заповнення виливниці, термін «іскріння» металу у виливниці (30 – 35 с.) після закінчення її наповнення.

Встановлено для Ст 5пс оптимальну температуру (1540 – 1550⁰С) та швидкість розливання (2,0 м/хвилину), що забезпечує максимальний вихід придатного.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КОНВЕРТОРІ НА СТУПІНЬ ЗАСВОЄННЯ ФЕРОСПЛАВІВ

**Білоусов В. В., Журавльова І.В. керівник доц. Синегін Є.В.
Український державний університет науки і технологій**

Головним завданням української металургії в цей час є збереження й розширення присутності на світовому ринку, що пов'язане з достатньою якістю, гарантіями виконання великих поставок і низькою ціною металопродукції. Одним з напрямків з розширення можливостей по підвищенню вимог до якості продукції підприємства є зниження її собівартості й підвищення якості.

У цьому зв'язку питання підвищення техніко-економічних показників конвертерної плавки є досить актуальними. Основними техніко-економічними показниками конвертерного процесу є витрати шихтових матеріалів, феросплавів, вихід придатної сталі і стійкість футерівки конвертера. Більшість сучасних досліджень в області виробництва конвертерної сталі спрямовано саме на поліпшення цих показників.

Аналізуючи теоретичні дані по термодинаміці киснево-конвертерного процесу визначені чисельні характеристики ступеня передув плавки. Ними можуть бути вміст вуглецю в сталі на випуску сталі з конвертера, температура сталі на випуску з конвертера і вміст (FeO) у шлаку після продувки. Останній параметр є найбільш об'єктивним, але контролюється лише на кожній четвертій плавці. Для знаходження вмісту (FeO) у шлаку на кожній плавці складена математична модель з високим коефіцієнтом апроксимації до практичних даних. За розрахунковими величинами (FeO) у шлаку побудовані графіки залежності виходу придатного, ступеня дефосфорації і ступеня засвоєння марганцю і кремнію феросплавів сталю. З аналізу графіків можна зробити висновок, що передув плавки негативно позначається на виході придатної сталі і ступеня засвоєння ведучих елементів феросплавів, а також на стійкості периклазовуглецевої футеровки кисневих конвертерів. Однак незначно поліпшує дефосфорацію сталі в конвертері.

INFLUENCE OF COBALT ON THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF FAYALITE SLAGS

Stefan Andrä

Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Germany

Copper ores, especially those found in the African “Copper Belt”, often contain cobalt. [1] Using current metallurgical process technologies, cobalt is not being extracted from these ores and left in the slag. These slags are characterized by their iron(II) oxide and silicon(IV) oxide content, forming the mineral phase fayalite. As such, a substantial amount of cobalt is already bound in current slag dumps. [2]

To this end, it is crucial to know the thermophysical properties of cobalt-bearing fayalite slags, such as viscosity, density, surface tension as well as its melting behavior, to be able to predict its behavior during a hypothetical reduction process.

Five fayalite slags have been prepared to examine their thermophysical properties. They contain an initial cobalt(II) oxide content of 0,0%, 0,5%, 1,5%, 3,0% and 5,5% respectively. All of them exhibit a FeO/SiO₂ ratio of 2,0. The composition of the slags has been chosen in accordance with cobalt content values which can be found in existing slag dumps. [3]

The dynamic viscosity of the slags was determined using a rotating-bob viscosimeter. Density and surface tension of the slags have been measured simultaneously using the Maximum Bubble Pressure (MBP) process in the temperature range between 1250 °C and

1450 °C. Additionally, the melting behavior of a slag sample was investigated using a hot-stage microscope in accordance with DIN 51730. Results show an increase of the density and a decrease in dynamic viscosity of the investigated slags correlated with an increase in cobalt content. The relationship between cobalt content and density as obtained by MBP measurements is shown in Figure 1. In addition, evaluation of the melting behavior of the slags has shown that an increase in cobalt content results in an increase in the melting point as well.

This information is invaluable for the eventual planning and construction of a future reduction vessel intended for the extraction of cobalt from metallurgical waste products.

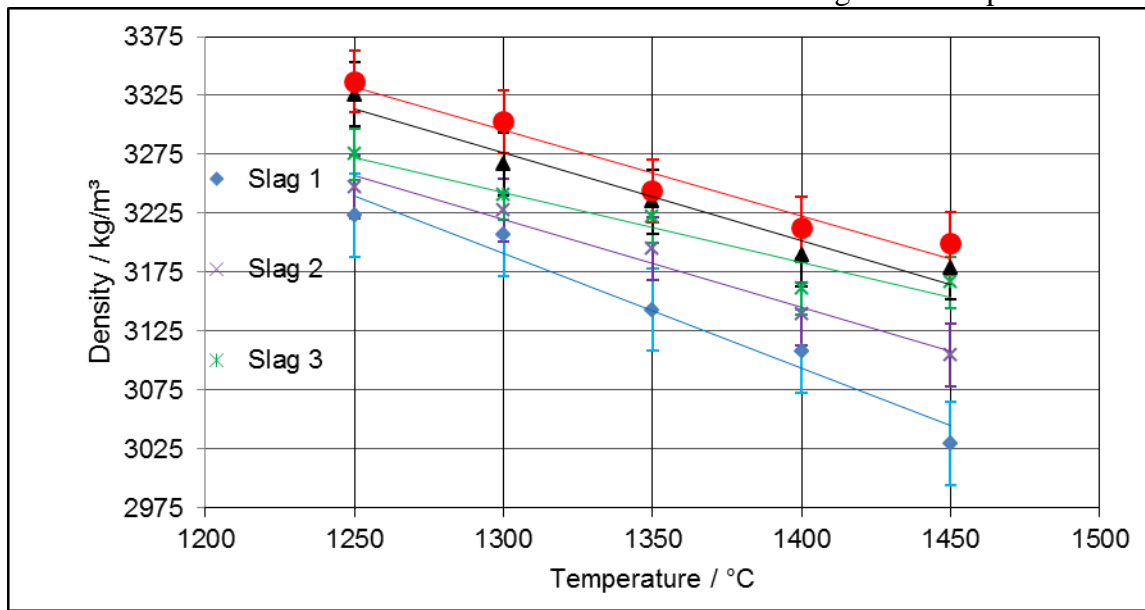


Figure 1: Density curves as obtained by MBP measurements as functions of temperature

References

- [1] “Mineral commodity summaries 2024,” 2024.
- [2] R. Jones, G. Denton, Q. Reynolds, J. Parker, and G. Tonder, “Recovery of cobalt from slag in a DC arc furnace at Chambishi, Zambia,” *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 102, pp. 5–9, 2002.
- [3] H. P. Singh, *Implementation of a Novel Technology for the Recovery of Cobalt from Copper Smelter Slags*: Ph.D. Thesis

ATOMIZATION OF STAINLESS STEEL IN THE VIGA PROCESS WITH PREHEATED ARGON GAS

Angelini Alberto

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

Additive manufacturing (AM), commonly known as 3D printing, has emerged as a transformative technology in modern industry due to its ability to produce complex geometries, reduce material waste, and enable flexible, decentralized production. However, one of the significant barriers to its broader industrial adoption is the limited availability and variety of high-performance powders specifically designed for AM. The study contrasts two common atomization processes: VIGA (Fig.1 a) and Electrode Induction Gas Atomization (EIGA). EIGA (Fig.1 b) uses a metal electrode and induction melting without a crucible, thereby minimizing contamination but at the cost of flexibility and higher expenses. In contrast, VIGA involves melting metal ingots or scrap inside a crucible using induction heating. While VIGA introduces a risk of contamination from the crucible, it offers better

process flexibility and lower operational costs, making it a practical choice for various industrial applications: A central focus of the research is understanding how the preheating of inert argon gas affects atomization outcomes. Key parameters influencing the process include melt superheating temperature, atomization time, constant gas pressure, and the formation probability of "building crowns," or agglomerated structures.

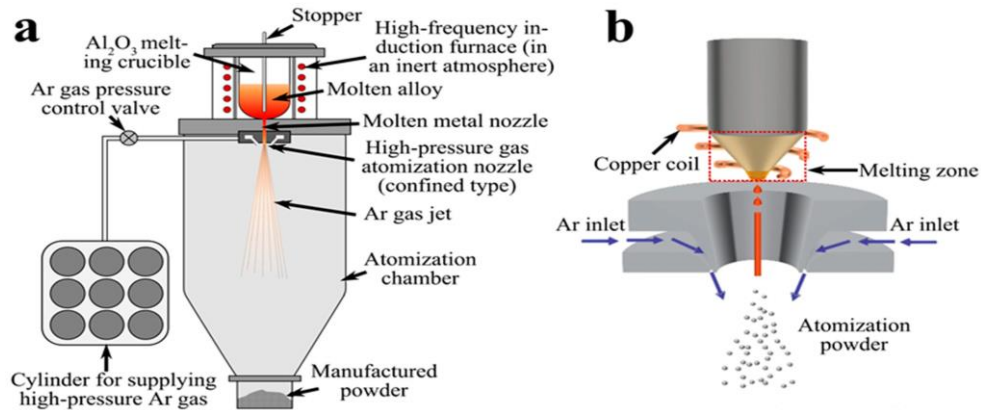


Fig. 1 Schematic presentation of VIGA and EIGA [1]

A central focus of the research is understanding how the preheating of inert argon gas affects atomization outcomes. Key parameters influencing the process include melt superheating temperature, atomization time, constant gas pressure, and the formation probability of "building crowns," or agglomerated structures. Notably, increasing the temperature of the molten steel and controlling gas pressure play a decisive role in particle break-up, directly impacting the particle size distribution and quality. The experiments demonstrated that preheating the argon gas to various temperatures (0°C, 50°C, and 100°C) affected both powder morphology and size distribution. As the gas temperature increased, the overall atomization efficiency improved, leading to a higher yield [2].

References:

1. Ren, X.; Wang, Y.; Wang, Z.; Wang, P.; Wang, Z.; Yang, L.; Qi, W.; Li, X.; Ge, C. Properties of Electro Induction Melting Gas Atomization- and Vacuum Induction Melting Atomization-Produced Powders and Their As-HIPed Blanks. *Materials* **2025**, *18*, 710. <https://doi.org/10.3390/ma18030710>
2. Yutong Shi, Weiyang Lu, Wenhai Sun, Suode Zhang, Baijun Yang, Jianqiang Wang, Impact of gas pressure on particle feature in Fe-based amorphous alloy powders via gas atomization: Simulation and experiment, *Journal of Materials Science & Technology*, Volume 105, 2022, Pages 203-213, ISSN 1005-0302.

PHASE TRANSFORMATION BEHAVIOR OF PURE IRON POWDER

MSc. Muhammad Yasir Javed

Institute of Iron and Steel Technology (IEST), Technical University Bergakademie Freiberg, Germany.

In the rapidly advancing field of additive manufacturing (AM), high-quality feedstock material is essential for producing parts with the desired properties, consistency, and reliability. Among the various methods for producing metal powders, gas atomization has become a cornerstone technology, offering a unique combination of particle control, purity, and performance that is critical for AM applications. The primary objective of this research was to conduct phase and morphological characterization of the produced iron powder. Iron

powder was produced using the Electrode Inert Gas Atomization (EIGA) technique in the institute of iron and steel technology.

The findings of the thesis are very informative and helpful in the modern world problems. The morphological characterizations of powder through software Olympus stream provided the insight that powder produced through EIGA technique contains the consistent properties across all fractions in terms of different parameters like: Roundness, Convexity, Elongation, Aspect Ratio, and Form Factor. These five parameters are important to know because they are directly impacting the efficiency, and quality of the printing process and the final part produced.

Phase characterization is critical prior to applying additive manufacturing, as different phases exhibit distinct properties, such as variations in melting and solidification behavior. Additionally, the phases present in the powder can influence the mechanical properties of the final product. The phase characterization of the powder revealed the presence of massive ferrite formation. This conclusion was derived from the characteristic irregular grain boundaries observed during the microstructural analysis, suggesting the formation of massive ferrite. Further confirmation was obtained through a review of the literature, which indicates that pure iron subjected to rapid cooling rates ($5 \times 10^3 - 30 \times 10^3 \text{K/S}$) tend to form massive ferrite[1][2] additionally, due to their high surface area-to-volume ratio, powder particles exhibit a significantly increased cooling rate[3].

This research provides key insights into the influence of morphology, particle size and phase distribution on additive manufacturing techniques. Specifically, controlling powder particle size is essential, as additive manufacturing processes require particles of specific sizes and morphologies to ensure optimal powder flowability and fusion. Variations in particle size can lead to differences in melting points, resulting in inhomogeneities in the final manufactured part. Similarly, surface properties can impact powder flowability and disrupt homogeneity.

References:

- [1] D. A. Porter, K. E. Easterling, and M. Y. Sherif, Phase transformations in metals and alloys, Third edition. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2009.
- [2] H. K. D. H. Bhadeshia, Theory of Transformations in Steels, 1st ed. Boca Raton : CRC Press, 2021.: CRC Press, 2021. doi: 10.1201/9781003056782.
- [3] C. Peng, R. Wang, Z. Cai, M. L. W, and L. R. Xie, "Influences of cooling rate on microstructures and morphologies of non-equilibrium Al-27%Si alloy powders by gas atomization," Rare Met. Mater. Eng., vol. 44, Apr. 2015.

PHOSPHORUS PARTITION BETWEEN LIQUID STEEL AND HIGH-BASICITY BOF SLAGS

M. Sc. Meirzhan Karbayev

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

The phosphorus partition between the unkilld liquid crude steel and the high basicity ($\text{CaO/SiO}_2 = 4.2$), basic oxygen furnace (BOF) slags with varying compositions of Al_2O_3 , TiO_2 , and MnO is studied at temperatures 1600 and 1650 °C. The tests are conducted in both "slag-to-metal" and "metal-to-slag" directions and for durations of 30 and 60 min in Furnace MFG-40. The method of experiments is shown in Figure 1. The measured results are compared with the values reported in literature and found to be in good agreement with some of them. It is found in the investigation of high-basicity BOF slags, that Al_2O_3 , MnO , and TiO_2 lower the phosphorus partition. The phosphorus partition increases with increasing

optical basicity. The phosphorus partition shows a maximum when the FeO content is in range of 25–30 mass%. The MgO content slightly increases the phosphorus partition.

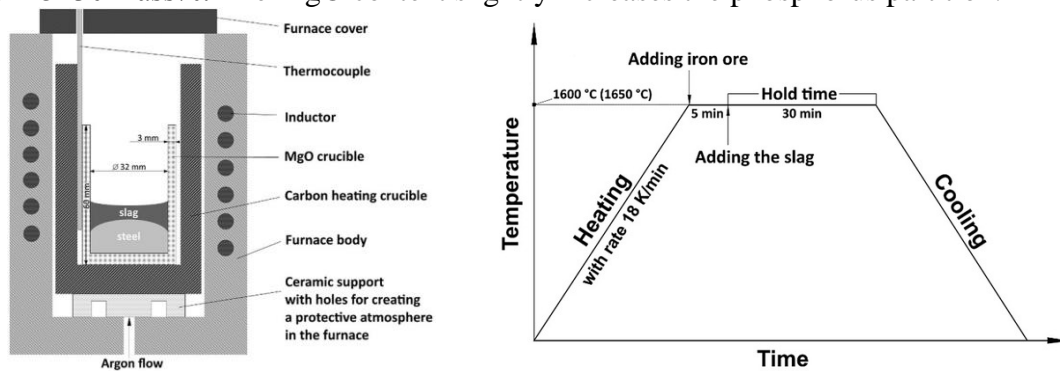


Figure 1. a) Furnace MFG-40 with MgO crucible inside, schematically, b) Experiment progress schematically [1]

The temperature during experiments is controlled with type B Pt/Pt-Rh thermocouple with an error of ± 5 °C. The experiments are conducted in the directions of “slag to metal” and “metal to slag.” The results of phosphorus partition for both directions, and for 30 and 60 min tend to be similar. The measured values are compared with those calculated using literature correlations as well as with the measured values known in literature for similar slags compositions. The results are summarized as following: 1) the measured values of phosphorus partition are very close to the values predicted by correlations reported in the literature. The best agreement of the measured L_P is found with the model equations from Assis et al. [2] 2) The measured values of the phosphorus partition in this work have the best agreement with the measured values reported by Basu et al. [3] 3) Phosphorus partition grows with the increase in optical basicity. 4) Phosphorus partition declines with the increase of Al_2O_3 content in slags with a CaO/SiO₂ ratio between 3.9 and 4.2. 5) Phosphorus partition is hindered by an increase in the MnO contents of the slag. 6) An optimum for phosphorus partition depending on FeO content exists between 25% and 30%, for the given CaO/SiO₂ ratio between 3.9 and 4.2. 7) The MgO content in studied slags slightly favors P partition. In this work, 35 phosphorus partition experiments are carried out. However, for more clear dependencies much higher number of tests is needed.

1.O. Kovtun, M. Karbayev, I. Korobeinikov, C. Srishilan, A.K. Shukla, O. Volkova, Phosphorus Partition Between Liquid Crude Steel and High-Basicity Basic Oxygen Furnace Slags, *Steel Research Int.* 92 (2021) 2000607.

2.A. N. Assis, M. Tayeb, S. Sridhar, R. J. Fruehan, *MDPI Metals* 2019, **9**, 116.

3.A. Basu, A. K. Lahiri, S. Seetharaman, *Metall. Mater. Trans. B* 2007, **38B**, 357.

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF MOLTEN HIGH-SILICON ELECTRICAL STEELS

Lukas Neubert ^{a*}, Olena Volkova ^a

* corresponding author (E-Mail: lukas.neubert@iest.tu-freiberg.de)

^a Institute of Iron and Steel Technology, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany

Understanding the thermophysical properties of high-silicon electrical steels is crucial for optimizing metallurgical processes involving these materials. This work presents a comprehensive experimental study on the temperature-dependent density, surface tension, and viscosity of molten electrical steels containing up to 6 mass-% silicon. The measurements were conducted under inert argon atmosphere using the maximum bubble pressure method (MBP) for density and surface tension determination. A vibrating finger viscometer (VfV) and an oscillating crucible viscometer (OCV) were used to measure viscosity.

The results demonstrate a clear dependence of all measured properties on both temperature and silicon content. Density values show a systematic decrease with increasing silicon content, reflecting the lower atomic weight and volume expansion of the silicon-rich melts. Surface tension values also decline with rising temperature but reveal a more complex composition dependency. The viscosity measurements indicate relatively low values, but with noticeable variation across the composition range, suggesting structural changes in the melt network with increasing silicon content.

These findings fill important gaps in the existing thermophysical property data for high-silicon electrical steels and are highly relevant for process modelling in steel making, especially for simulation of melt behaviour, droplet formation, and slag-metal interactions. The systematic approach and combination of precise experimental methods ensure high reliability and provide a valuable reference for future research and industrial application.

DETERMINATION OF THE D50 VALUE FOR AUSTENITIC STEELS WITH TRIP/TWIP EFFECT

M.Sc. Anastasiia Sherstneva. Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

Steels exhibiting Transformation- and/or Twinning-Induced Plasticity TRIP/TWIP effects are classified as Advanced high-strength steel AHSS. They allow high strength and ductility levels to be achieved while maintaining high elongation values.^[1] This effect is achieved through various hardening mechanisms, such as twinning or strain-induced martensite formation, that occur during load application. In addition to conventional metallurgy, they are also successfully used in additive manufacturing (AM), where powder rather than as-cast materials are usually used.

Powder metallurgy plays an important role in the production of steel. The use of powders in AM technologies, such as Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) or Electron Beam Powder Bed Fusion (E-PBF), results in the production of components with complex geometries and higher density, while maintaining a high level of mechanical properties. An important factor is the starting product, the powder. One of the key parameters of the powder is its mean particle size d_{50} and particle size distribution (PSD). Both parameters depend primarily on the powder production method, which is most commonly achieved by gas atomization. In the case of corrosion resistant steels, vacuum induction gas atomization (VIGA) is typically used. This process has been extensively studied, but remains of interest due to the fact that powder solidification occurs at critical cooling rates and the behavior of the metal during atomization is influenced by numerous factors. As a result, many models have been developed to predict d_{50} values during the VIGA process. The best known of these is the Lubanska model, shown in Equation 1^[2]:

$$\frac{d_m}{d_{Met Str}} = K \left[\frac{v_m}{v_g} \frac{1}{W} \left(1 + \frac{M}{A} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equation 1})$$

Where d_m is the mass median particle diameter (d_{50}), μ_m , $d_{Met Str}$ is the diameter of metal stream, μ_m ; v_m is the kinematic viscosity of liquid metal, $m^2 s^{-1}$, v_g is the kinematic viscosity of atomizing gas, $m^2 s^{-1}$, V is the velocity of atomizing gas, $m s^{-1}$, M is the mass flow rate of liquid metal, $g s^{-1}$, A is the mass flow rate of atomizing medium, $g s^{-1}$, W – is Weber number and K is a constant related to atomizer

Therefore, the average particle size is influenced not only by the initial chemical composition of the steel, but also by its thermophysical properties during melting, as well as by the technological parameters during atomization. It is also interesting to note that the coefficient K is generally considered to be a parameter dependent on the atomizer. However,

the literature also suggests that in some cases K may be related to the liquid stream parameter [3].

Accordingly, the main objective of this work is to determine the value of K for a specific type of steel, which will enable a more accurate prediction of the PSD of the final powder. This, in turn, will reduce the amount of waste in the form of unwanted powder fractions and allow the composition to change to meet the required specifications.

References

- [1] Weiß, A., Gutte, H., Jahn, A., & Scheller, P. R, *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 40(8), 2009. <https://doi.org/10.1002/mawe.200800361>
- [2] I. Korobeinikov, A. Perminov, H.P. Heller, O. Volkova, *Adv Eng Mater* 2019, 21, DOI: 10.1002/adem.201800753.
- [3] H. Lubanska, *Journal of Metals* 1970, 22, 45, DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03355938>.

VISCOSITY MEASUREMENT OF $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_3$ MOLTEN SLAGS

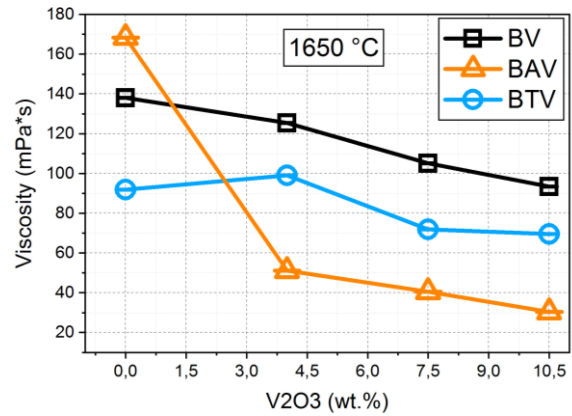
Anton Yehorov

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

High-temperature viscosity is a crucial property of metallurgical slags, affecting slag handling, metal-slag separation, and refractory wear. Vanadium-bearing slags, arising for example in titanomagnetite processing, are of growing interest for vanadium recovery. Understanding how vanadium oxides change slag viscosity is important for optimizing these processes. The present work focuses on liquid $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-TiO}_2$ slags ($\text{CaO/SiO}_2 = 1.3$) with varying V_2O_3 content (0–10.5 wt%), specifically investigating the viscosity behavior. Three slag series were prepared from an industrial blast-furnace slag by adding pure oxides a base slag with no extra $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/TiO}_2$ (BV series), an Al_2O_3 -enriched slag (20 wt% Al_2O_3 BAV series), and a TiO_2 -enriched slag (10 wt% TiO_2 , BTV series), each V_2O_3 additions of ~0, 3.5, 7.5, and 10.5 wt%. The melts were homogenized at 1650 °C and viscosity was measured in situ using a rotating bob crucible viscometer under argon. A continuous cooling regime (10 °C/min from 1650 °C downward) was applied, and viscosity was recorded until rapid rise occurred due to crystallization of solids. All measurements were repeated three times to ensure reproducibility.

Viscosity results: All slags exhibit Newtonian flow in the fully liquid state. The viscosity at 1650 °C for the base composition (BV) is ~80 mPa·s and is only slightly reduced by V_2O_3 additions (to ~64 mPa·s at 10.5% V_2O_3). In contrast, the high- Al_2O_3 slag (BAV) is much more viscous (~150 mPa·s at 1650 °C with no V_2O_3) due to the network-forming role of Al_2O_3 . Remarkably, increasing V_2O_3 in this Al_2O_3 rich slag lowers its viscosity – to only ~30 mPa·s at 10.5% V_2O_3 (an ~80% drop) – indicating that V_2O_3 effectively depolymerizes the slag network in tandem with Al_2O_3 . The TiO_2 -containing slag (BTV) shows intermediate behavior: TiO_2 itself lowers the viscosity relative to the base slag (by breaking the silicate network), and further V_2O_3 additions lead to a slight additional decrease. Figure 1 illustrates the viscosity at 1650 °C as a function of V_2O_3 content for all three-slag series. In all cases, vanadium oxide acts as a fluxing oxide, consistently reducing viscosity with increasing V_2O_3 fraction. At lower temperatures, each slag's viscosity rises steeply near its “critical” temperature due to the onset of crystallization. Notably, the presence of V_2O_3 delays the temperature at which solids form in the Al_2O_3 rich slag, correlating with a lower viscosity over a extended temperature range. This suggests that V_2O_3 not only lowers the liquid viscosity but also suppresses early crystallization, especially in combination with high Al_2O_3 .

Figure 1. Viscosity of CaO–SiO₂– Al₂O₃MgO–TiO₂ slags at 1650 °C as a function of V₂O₃ content (0–10.5 wt%). Squares: base slag (BV series); triangles: Al₂O₃-rich slag (BAV series); circles: TiO₂ containing slag (BTV series). V₂O₃ additions lead to a clear decrease in viscosity for all compositions.[1]



References:

1. A. Yehorov, B. Bachmann, X. Wei, G. Bartzsch, M.R. Bellé, O. Volkova, Thermophysical properties of liquid CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO-TiO₂-V₂O₃ slags, J Non Cryst Solids 596 (2022) 121865. <https://doi.org/10.1016/J.JNONCRY SOL.2022.121865>.

EFFECT OF BORON ON THE SURFACE TENSION OF HIGH-STRENGTH STEELS

M.Sc. Matheus Roberto Belle

Institut für Eisen- und Stahltechnologie (IEST), Technische Universität Bergakademie Freiberg

The thermophysical properties of steels play a crucial role in metallurgical processing and computational modelling. In particular, the influence of alloying elements and trace impurities on high-temperature surface tension remains insufficiently understood. Boron, a common alloying element found in several steel grades at varying concentrations, is of particular interest since it increases the hardenability and mechanical properties of steels. In this study, the surface tension of high-strength steels containing boron was investigated at elevated temperatures using the Maximum Bubble Pressure (MBP) method [1]. The measurements exhibited low experimental uncertainty (max. error of 5%) and showed good agreement with existing literature data. The presence of boron in parts per million modified the surface tension, leading to its increase/reduction across the investigated temperature range.

Table 1. Chemical composition in wt. % of the base steel and samples (B, F, and G) after experiments.

| Sample | C | Si | Mn | Cr | Al | Ni | P | S | B | O _{total} | N |
|-------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------|--------|
| Base steel* | 0.25 | 0.25 | 1.14 | 0.07 | 0.001 | 0.005 | 0.004 | 0.0039 | 0.0015 | 0.0036 | 0.0048 |
| B | 0.25 | 0.28 | 1.30 | 0.16 | 0.006 | 0.010 | 0.004 | 0.0042 | 0.0057 | 0.0042 | 0.0161 |
| F | 0.22 | 0.30 | 1.22 | 0.13 | 0.001 | 0.001 | 0.004 | 0.0034 | 0.0056 | 0.0069 | 0.0151 |
| G | 0.26 | 0.28 | 1.23 | 0.13 | 0.001 | 0.001 | 0.004 | 0.0042 | 0.0033 | 0.0062 | 0.158 |

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

$$\gamma = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r} \quad (1)$$

(Equation 1)

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

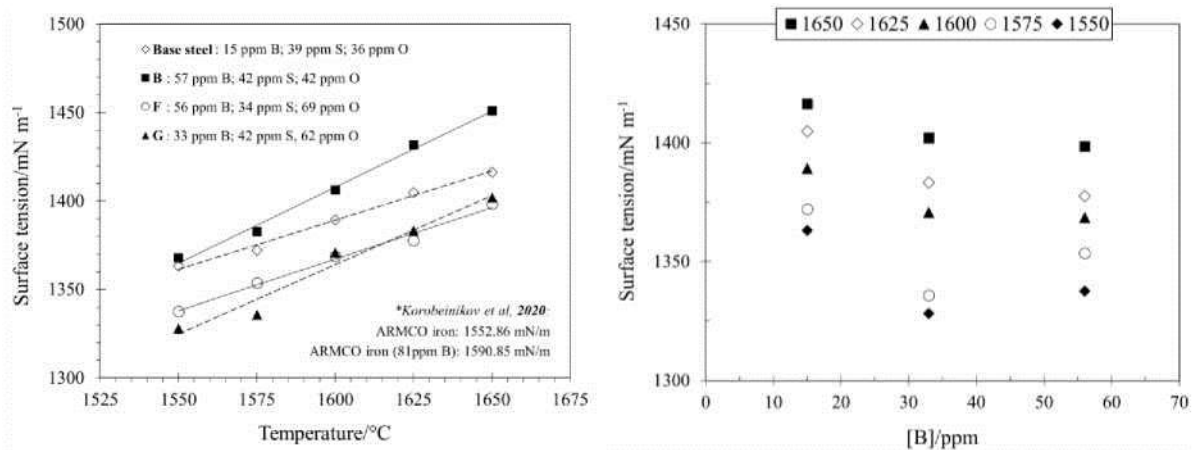


Figure 1. Left diagram: surface tension as a function of temperature for different [B] contents, compared with ARMCO iron [1]. Right diagram: influence of boron on the surface tension of manganese-boron steels at measured temperatures.

The MBP method was employed in the present work to measure the surface tension molten of boron- modified high-strength steels. Results show that the MBP method was successful in determining the surface tension, with a relatively low standard deviation ($\sigma_{\text{max}} = 23 \text{ mN m}^{-1}$). Boron was responsible for the increase of surface tension up to 10.2% as well as its decrease down to 10.3%, for cases B and D, respectively, revealing that this property is concurrently influenced by the oxygen concentration in molten steel and should be further investigated.

References

[1] I. Korobeinikov, D. Chebykin, S. Seetharaman, O. Volkova, *Int J Thermophys* 2020, 41, DOI: 10.1007/s10765-020-02628-5.

MODELING METAL–SLAG INTERACTIONS IN STEELMAKING USING THE EFFECTIVE EQUILIBRIUM REACTION ZONE (EERZ) CONCEPT

Anhelina Mospan

Institute for Iron and Steel Technology (IIST), TU Bergakademie Freiberg, Germany

The control of chemical and phase transformations in steelmaking units requires a precise understanding of the interactions between molten steel and slag. These interactions determine not only the final composition of the steel but also the overall efficiency of the process. The Effective Equilibrium Reaction Zone (EERZ) model provides a framework for describing such systems by integrating thermodynamic equilibrium with kinetic constraints, including mass transport and thermal effects.

The model has been implemented using the FactSage software package, which provides extensive thermodynamic databases and equilibrium calculation modules based on Gibbs free energy minimisation. The process is divided into discrete time steps and reaction zones, with equilibrium states calculated for each phase (metal, slag, gas, flux) within a defined reaction volume. This structure allows local non-equilibrium conditions and dynamic changes in system parameters to be taken into account.

A thermodynamic model of the Basic Oxygen Furnace (BOF) process has been developed based on the EERZ concept and implemented in FactSage. The model includes three sequentially activated reaction zones, each representing a critical stage of the process: oxidation of hot metal, primary slag formation and subsequent interaction with fluxes and the gas phase. Equilibrium calculations within each zone take into account both mass transport

limitations and thermal phenomena. The use of macros allowed automated, time-stepped kinetic modelling with a resolution of one minute.

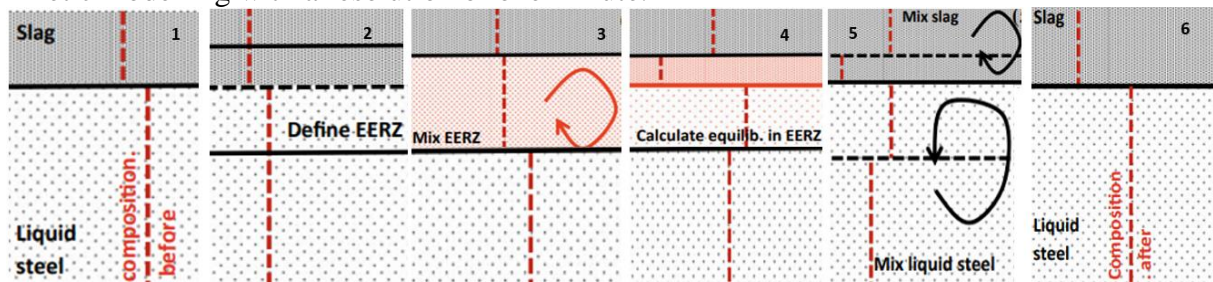


Figure 1. Schematic of the BOF process using the EERZ concept: interaction between slag and molten steel, reaction zone definition, phase redistribution and stepwise composition evolution. 1) Molten steel and slag are in contact but not in equilibrium. 2) The EERZ is defined to include portions of the metal and slag phases; its size depends on the mass transport conditions. 3) The average chemical composition within the EERZ is calculated. 4) Equilibrium phase proportions and compositions are determined. 5) Oxide phases in the EERZ are mixed with the remaining slag; metallic phases are mixed with the remaining steel. 6) New phase compositions are formed and the cycle starts again.

The EERZ mechanism involves defining a reaction zone at the metal-slag interface, performing local equilibrium calculations, mixing the resulting phases with their respective bulk phases and updating the system composition. This cycle is repeated at each time step, progressively driving the system towards equilibrium. The model captures essential processes such as deoxidation, slag evolution, exothermic reactions and flux interactions.

The EERZ approach provides a quantitative basis for optimising steelmaking operations by reducing material and energy consumption, improving product quality and increasing process predictability under varying production conditions.

ПІДСЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЯ»

ОСОБЛИВОСТІ СИЛКОТЕРМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ МАРГАНЦЮ ПІД ЧАС ВИПЛАВКИ СЕРЕДНЕВУГЛЕДИВОГО ФЕРРОМАРГАНЦЮ

Федоров А., керівник проф. Гладких В.А.

Український державний університет науки і технологій

Середньовуглецевий ферромарганець відноситься до класу високоякісних марганцевих сплавів, оскільки до нього висуваються підвищені вимоги щодо вмісту вуглецю, кремнію та шкідливих домішок – фосфору та сірки.

Марганець у рудах та концентратах знаходиться у вигляді оксидів і для отримання марганцевих сплавів його потрібно відновити до металу. Найбільш дешевим методом отримання феросплавів є вуглеродотермічний спосіб, як відновник при якому застосовується вуглецевмісний матеріал, частіше кокс або відсів доменного коксу. Однак, марганець є сильно карбідоутворюючим елементом, що обумовлює високий кінцевий вміст вуглецю в сплаві. Тому як основний метод у промисловості прийнятий силкотермічний

Метод. Як відновник використовують сплави кремнію з марганцем, які отримують попередньо. Тому процес стає двостадійним - першому етапі отримують відновник, але в другому, з його використанням, безпосередньо марганцеві сплави зі знизеним вмістом вуглецю. При цьому отриманий метал має високий вміст кремнію, який обмежений вітчизняним та зарубіжним стандартом. З метою зниження металу в кінці плавки продувають повітрям, окислюючи при цьому частина відновленого марганцю. З огляду на це метою цього дослідження є пошук шляхів удосконалення

силікотермічного процесу на основі теоретичного аналізу рівноважного стану системи метал - окисна фаза.

Середньовуглецевий феромарганець виплавляється на підприємствах України ПАТ «НЗФ» і ПАТ «ЗФЗ» з використанням висококремнеземистого переробного марганцевого шлаку, що одержується під час виплавки високовуглецевого феромарганцю бесфлюсовим способом або з спеціально малофосфористого шлаку, який виплавляють окремо. Тому, особливістю силікотермічного процесу є підвищений вміст кремнію в металі під час процесу на рівні 5-7%. Це вимагає додаткового рафінування середньовуглецевого феромарганцю. Для реалізації процесу в шихту присаджують вапно, кількість якого визначається вмістом кремнезему в марганцевій сировині. Додавання в шихту вапна призводить до додаткових витрат електроенергії.

Використання високоосновної марганцевої сировини дозволить скоротити час плавки за рахунок зменшення добавки вапна на 20-30% і знизити витрату електроенергії.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИПЛАВКИ СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВОГО ФЕРОМАРГАНЦЮ В ДУГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

Осіпов В., 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 силікотермічним способом в дугових електропечах з магnezитовим футеруванням. В умовах ПАТ НЗФ виплавка середньовуглецевого феромарганцю ведеться в дуговій, трифазній печі закритого типу СКБ-6063 з круглою ванною викочування, що нахилиється, з розташуванням електродів по вершинах рівностороннього трикутника. В якості шихтових матеріалів застосовуються переробні марганцеві шлаки, марганцеві окисні концентрати, вапно і феросилікомарганець.

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

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



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

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

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

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

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

$$K_{\text{Mn,Si}} = \frac{\alpha_{\text{Mn}}^2 \cdot \alpha_{\text{SiO}_2}}{\alpha_{\text{MnO}} \cdot \alpha_{\text{Si}}} = \frac{[\text{Mn}]^2 (\text{SiO}_2) f_{[\text{Mn}]}^2 f_{\text{SiO}_2}}{(\text{MnO})^2 [\text{Si}] f_{(\text{MnO})}^2 f_{[\text{Si}]}} \quad (4)$$

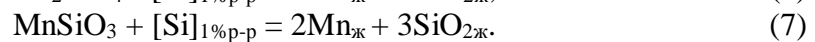
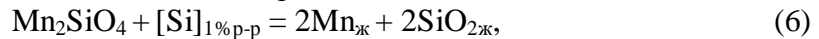
(де f - коефіцієнти активності Mn, MnO, Si і SiO₂ відповідно) і перетворена у вид

$$[\text{Mn}] = \frac{K_{\text{Mn,Si}} (\text{MnO})^2 f_{(\text{MnO})}^2 [\text{Si}] f_{[\text{Si}]}}{[\text{Mn}] f_{\text{Mn}}^2 (\text{SiO}_2) f_{\text{SiO}_2}} \quad (5)$$

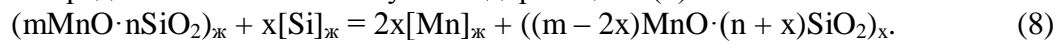
показує, що чим вище зміст (активність) оксиду марганцю в шлаці і концентрація кремнію в сплаві і нижче зміст (активність) кремнезему в шлаці, тим більшим має бути витягання марганцю в середньовуглецевий феромарганець. Таким чином, зменшуючи активність SiO_2 в шлаку шляхом вибору оптимальної його основності,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

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

Реакції відновлення марганцю з силікатних розплавів мають вигляд:



Виконаними дослідженнями показано, що при відновленні марганцю з марганецсилікатних 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):



Введення в розплав системи MnO-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-MnO-SiO_2 є реакція (9):



ОПТИМІЗАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТУРЕЦЬКИХ БОКСИТІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПЕРЕВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕЧЕЙ

Дамаскіна А.А., керівник доц. Дерев'янка І.В.

Український державний університет науки і технологій

Боксит (фр. *beauxite*) (по назві місцевості Беаух на півдні Франції) — алюмінієва руда, що складається з гідроксидів алюмінію, оксидів заліза і кремнію, сировина для отримання глинозему і глиноземвміщуючих вогнетривів. Вміст оксиду алюмінію в промислових бокситах коливається від 40 % до 60 % і вище. Термін «бокситна руда» використовується для визначення бокситів, які мають промислове значення. Масова частка компонентів в такій руді складає (%): глинозем >40, Fe_2O_3 10–30, SiO_2 3–8 і домішкові оксиди (TiO_2 , CaO , MgO і ін.) 2–5.

Вплив складу бокситів на техніко-економічні показники плаки.

| ПОКАЗНИК | ВСТАНОВЛЕНИЙ ПОКАЗНИК | ГРАНИЧНІ ПОКАЗНИКИ | ВПЛИВ НА ТЕХНОЛОГІЮ |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--|
| Al_2O_3 , % | ≥ 60 | ≥ 50 | Зниження на 1% → +15 кВт·год/т, +12 кг/т бокситу |
| SiO_2 , % | ≤ 7 | ≤ 4 та ≥ 7 | Зростання на 1% → +110 кВт·год/т, +10 кг/т коксу |
| CaO , % | ≤ 0.5 | ≥ 0.7 | Впливає на якість |

| | | | |
|------------------------------------|------|------|--|
| | | | зерна |
| Fe ₂ O ₃ , % | ≤ 29 | ≤ 23 | Зменшення впливає на спікання, осадження заліза (втрати до 7%) |
| TiO ₂ , % | ≤ 5 | ≤ 3 | Зростання на 1% → +150 кВт·год/т, +73 кг/т бокситу |
| Фракція, мм | ≥ 16 | | Фракція <10 мм → втрати до 50% через запиленість |

Для підвищення якості бокситів запропоновано попередньо збагачувати їх механічними способами: розсіювання, промивка, електромагнітна сепарація.

ВПЛИВ ЯКОСТІ АНТРАЦИТУ НА ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ ХОЛОДНОНАБИВНИХ МАС

**Чернов Є.В., Агєєв О.Г., керівник доц. Дерев'янка І.В.
Український державний університет науки і технологій**

Основні експлуатаційні властивості ХНПМ набуває у процесі ущільнення (набійки у швах) та подальшого випалу, тому для неї важливою характеристикою є гранулометричний склад наповнювача, максимальний розмір зерна, кількість сполучного. Пористість обпаленого матеріалу є функцією дійсних питомих об'ємів кожного компонента шихти та їх пористості.

Рецептура подової маси розраховується в залежності від величини зовнішньої питомої поверхні шихти наповнювача та результатів розсіювання дрібної фракції. Вміст об'ємних часток компонентів у холодонабивній подовій масі становить %: велика фракція-20; середня фракція 35-45; пилова фракція 35-45. Оптимальна структура холодонабивної подової маси відповідає уявній щільності d_K , в необпаленому стані 1500 кг/м³.

Принциповою відмінністю електрокальцинованого антрациту (ЕКА) від термоантрациту (ТА) є наявність графітової складової, що утворюється у високотемпературній зоні кальцинатора. Таким чином, термоантрацит представляє більш сторонній наповнювач, ніж електрокальцинований антрацит, що складається з двох компонентів графітованого і термоантрациту, причому вміст графітованої частки ЕКА не регулюється і становить від 5 до 40%. Відмінності природи антрацитів також впливають на виході графітованої складової при кальцинації. Відповідно, наповнювачі на основі ТА та ЕКА розрізняються між собою характером взаємодії та спікання зі сполучною речовиною. Основна причина цього явища – різні адсорбційна здатність, пористість, міцність частинок та електропровідність ТА та ЕКА.

Шихта (наповнювач) мала наступний гранулометричний склад, %: (-12+5)мм-15, (-5+1)мм-34, (-1+0,15)мм-20, (-0,15+0,074)мм-31. Для приготування сполучного використовували пек і поглинальна олія у співвідношеннях (53-55:47-45)% (за масою). Для приготування ХНПМ до шихти необхідно вводити зв'язуючий компонент в кількості 12-13% (за масою). Отримана маса характеризується межею міцності на рівні 17,5 МПа з ущільнюваністю – 8,5 сек.

ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОЛІСНОЇ СТАЛІ В АГРЕГАТІ КІВШ-ПІЧ

Забуга В., Крилас М., керівник доц. Жаданос О.В.

Український державний університет науки і технологій

Постійне збільшення вимог до якості сталей, що виплавляються, обумовлює широке впровадження позапічної обробки. Одним з основних агрегатів позапічної обробки є установка ківш-піч, яка призначена для десульфурації, легування, розкислення металу і підігріву його перед наступними технологічними операціями.

Забезпечення стабільного, регламентованого хімічного складу металу при раціональній витраті легуючих матеріалів - найважливіше завдання обробки сталі на установці ківш-піч. Так як хімічний склад металу в процесі позапічної обробки сталі контролюється шляхом періодичних вимірів, доцільно прогнозувати його за допомогою математичних моделей.

Задля розкислення і легування колісної сталі (0,55-0,61% С; 0,55-0,85% Мn; S ≤ 0,018%; 0,25-0,42% Si; P ≤ 0,02%; Ni ≤ 0,25%; Cu ≤ 0,025%; 0,015-0,02 Al %; Н ≤ 2 ppm) використовуються наступні матеріали: феросиліцій марки ФС65 (63-68% Si), феросилікомарганець МнС17 (Мn ≥ 65%, 15-20% Si) і вуглець в вигляді електродного бою.

З метою побудови регресійних моделей на установці ківш-піч були проведені промислові експерименти, в ході яких контролювалися наступні параметри: маса металу в ковші - $M_{расп} = 105-115$ т; початковий зміст кремнію, марганцю, вуглецю в металі перед обробкою в агрегаті ківш-піч - $[Si]_{нач}$, $[Mn]_{нач}$, $[C]_{нач}$; маса феросиліцію, феросилікомарганцю, вуглецю, що вводяться під час обробки - $m_{ФС65}$, $m_{МнС17}$, m_C ; зміст в сталі кремнію, марганцю, вуглецю після закінчення обробки на ковші-печі - $[Si]_{кон}$, $[Mn]_{кон}$, $[C]_{кон}$; зміна вмісту в металі кремнію, марганцю, вуглецю - $\Delta[Si]$, $\Delta[Mn]$, $\Delta[C]$.

Данні, що отримані, апроксимовані лінійними регресійними рівняннями:

$$\Delta[Si] = 3 \cdot 10^{-4} \cdot m_{ФС65} + 7 \cdot 10^{-5} \cdot m_{МнС17} + 0,021 \quad r^2 = 0,73,$$

(1)

$$\Delta[Si] = 9 \cdot 10^{-4} \cdot m_{МнС17} + 0,0105 \quad r^2 = 0,81, (2); \quad \Delta[C] = 4 \cdot 10^{-4} \cdot m_C + 0,0218 \quad r^2 = 0,73$$

(3)

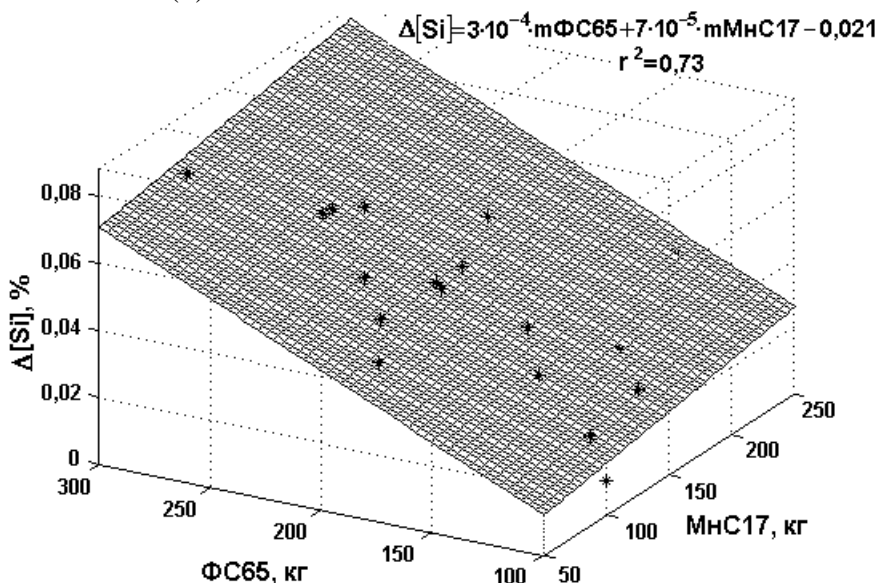


Рисунок 1. - Зміна вмісту Si в колісній електросталі в залежності від кількості введеного MnC17 и ФС65

Отримані регресійні моделі дозволяють прогнозувати вміст кремнію, марганцю і вуглецю в сталі по ходу обробки в агрегаті ківш-піч.

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЖИМІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КАРБІДУ КРЕМНІЮ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ЯКОСТІ

Осадовський Н., Безденежних Д., керівник доц. Жаданос О.В.

Український державний університет науки і технологій

Карбід кремнію (карборунд) - бінарна неорганічна хімічна сполука кремнію з вуглецем. Він має хімічну формулу SiC . Він використовується як абразив, напівпровідник, штучне дорогоцінне каміння. Останнім часом, крім абразиву, карбід кремнію знайшов застосування в металургії, як розкислювач і легуючий. Тому слід очікувати на подальше зростання виробництва. Таким чином, дослідження, спрямовані на зниження витрати електричної енергії, збільшення виходу готової продукції є дуже актуальними.

Хімічний склад великокристалічного кускового карбїду кремнію і проміжних продуктів при його виробництві представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. - Хімічний склад великокристалічного кускового карбїду кремнію і проміжних продуктів при його виробництві

| Продукт | SiC | SiO_2 | Si | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO | C | в.п.п. |
|-------------------------------|-------|---------|------|-----------|-----------|------|------|-------|--------|
| Карбід кремнію кусковий | 97,82 | 0,12 | 0,17 | 0,92 | 0,48 | 0,30 | 0,26 | - | - |
| Аморф | 71,54 | 9,21 | 0,16 | 0,78 | 0,82 | 0,74 | 0,47 | 15,05 | 0,5 |
| Зростки аморфу з силосиксоном | 70,11 | 13,45 | - | 1,33 | 0,69 | 4,6 | 0,26 | 0,03 | - |
| Силосиксон | 36,5 | 35,14 | - | 3,6 | 0,52 | 2,3 | 0,46 | 6,98 | - |
| Поворотна шихта | 11,14 | 45,4 | - | 0,3 | 0,55 | 1,0 | 0,47 | 31,5 | 0,8 |

На сьогодні переважна частина карбїду кремнію отримується у печах опору за методом Ачесона. Схема печі представлена на рис. 1.

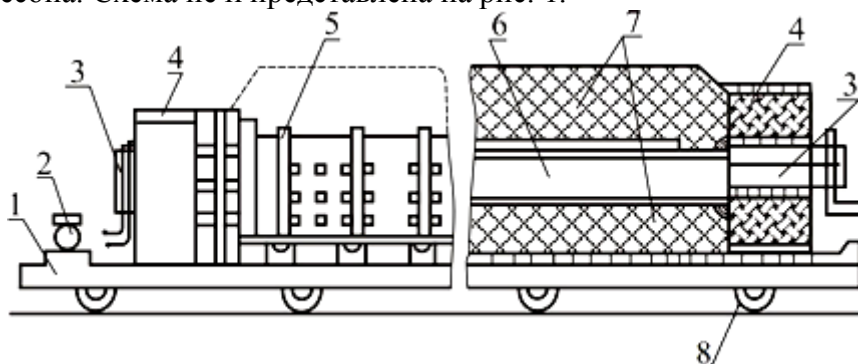
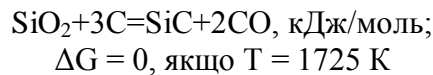


Рис. 1 - Самохідна електропіч опору для отримання карбїду кремнію
1 – візок; 2 – механізм пересування печі; 3 – вузол струмопідводу; 4 – торцеві стінки; 5 – змінні щити; 6 – упорні стійки; 7 – шихта; 8 – керн

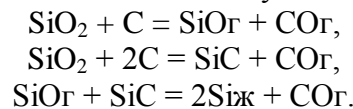
Самохідна піч опору складається з подири гамачного типу і двох торцевих стінок 4, в яких знаходяться електроди 3. Останні виконуються з вуглецевих блоків

завдовжки 1500 мм і перетином 400X400 мм (ТУ 48-12-18). За допомогою цих електродів до керна 8 підводиться струм. Керн печі викладають з свіжого і прографітованого нафтового коксу. Основою подини є платформа 1, зварена з швелерів. Вона має ходову частину, що складається з восьми колісних пар 6. Електрична схема живлення печі здійснюється від однофазного трансформатора, В процесі отримання карбіду кремнію основним джерелом тепла виступає електрична енергія).

Сумарна реакція процесу взаємодії кварцового піску з вуглицем нафтового коксу має вигляд:



При цьому під час процесу отримання карбіду кремнію утворюються різні проміжні побічні продукти, а область стабільного існування SiC обмежена реакціями



За результатами досліджень процесу складного теплообміну розраховано середньостатистичний тепловий баланс печі Ачесона. Встановлено, що витрати енергії на синтез карбіду кремнію складають 9,27%, нагрів карбіду кремнію - 14,8%, нагрів керна - 5,8%, з газами і летючими втрачається 7,6%, а витрати через футерівку і корпус печі - 18%. Оцінка статей енергетичного балансу дала можливість розрахувати та обґрунтувати потужність трансформатора печі Ачесона.

Встановлено, що пічний трансформатор типу ЕОЦН 8200-10, який має встановлену потужність 4000 кВА, допустиму силу струму в обмотці високої напруги з урахуванням перегріву <400 А, напруга з високого боку 10,5 – 11 кВ, з низького – 408 – 206 В (17 ступенів зміни напруги) повністю задовольняє вимогам процесу.

Для забезпечення раціональних електричних режимів і отримання якісної продукції необхідно підібрати відповідні електричні режими. Встановлено, що наступний регламент введення електричної потужності забезпечує раціональні витрати електричної енергії: I етап тривалістю з 0 по 1,5 год нагрівання - набір потужності 1500-3000 кВт; II етап з 1,5 по 8 годину робота на потужності 3000 кВт; III етап з 8 по 12 годину вихід на потужність 3240 кВт; IV етап з 12 по 24 годину – вихід на максимальну потужність 3480 кВт.

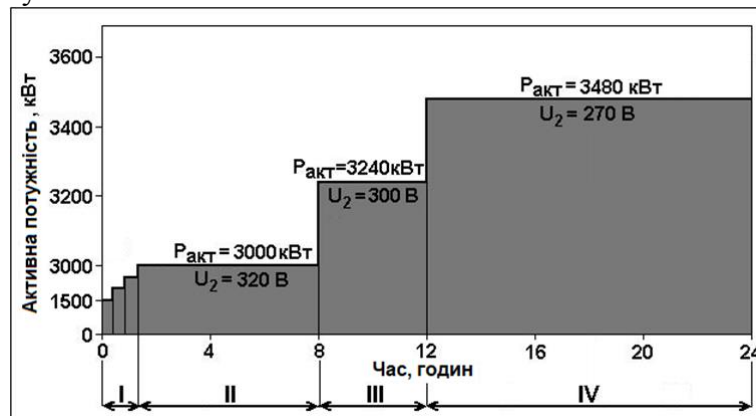


Рис. 2 - Запропонований електричний режим отримання карбіду кремнію
 I (0-1,5 год.) - набір потужності 1500-3000 кВт; II (1,5-8 год.) - Потужність 3000 кВт;
 III (8-12 год.) - Потужність 3240 кВт; IV (12-24 год.) – потужність 3480 кВт

Запропонований електричний режим забезпечить раціональні технологічні показники виробництва карбіду кремнію.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ В УМОВАХ ФЕРОСПЛАВНИХ ЗАВОДІВ УКРАЇНИ

Шумілін К., Соколов Т., керівник доц. Рубан А.В.

Український державний університет науки і технологій

У металургії та інших галузях ферросплави, а також технічно чисті метали використовують для розкислення та легування сталі, отримання високолегованих сплавів спеціального функціонального призначення та чавунів. Феросплавна промисловість виробляє понад 150 різних видів і марок простих і складних феросплавів, які окремо або в різному поєднанні входять приблизно 25 елементів. 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 сталевій ванні.

Сучасний феросплавний завод є велике промислове підприємство із закінченим циклом з переробки рудної сировини на готову продукцію - феросплави. У процесі виробництва феросплавної продукції цеху утворюються різні види відходів, які після переробки в цеху вторинної переробки, повертаються в основне виробництво заводу. До складу відходів, що підлягають переробці, входять: відходи загушення шлаку; відходи із «закозлених» ковшів; кірки відвального шлаку, утворені на стінках литих ковшів; відходи чищення літальних жолобів печей. Сутність переробки відходів полягає в їхньому охолодженні, подрібненні до встановленої фракції, дробленні до фракції 0-130мм та поверненні в основне виробництво автомобільним або залізничним транспортом. Одним із ефективних напрямків використання відвальних шлаків феросилікомарганцю є отримання шлаколітої продукції.

Крім виробництва литих блоків запропоновано виготовляти робочу ємність 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.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЩОГО РІВНЯ ПІД ЧАС ВИПЛАВКИ ЕЛЕКТРОСТАЛІ

Пінчук Ю., керівник доц. Рубан А.В.

Український державний університет науки і технологій

Вимоги до чистоти сталі трубного сортаменту постійно зростають у напрямку зменшення вмісту газів, домішок і частоти виникнення дефектів пов'язаних з присутністю неметалевих включень (оксидів, сульфідів, оксисульфідів), що утворюються під час позапічної обробки та розливання. Впровадження сучасних процесів позапічної обробки показало, що вони дозволяють суттєво покращити якість сталі (механічні властивості, корозійну стійкість, електротехнічні показники та ін.), а й отримати сталь із принципово новими властивостями. Підвищення якості сталі призвело до зростання працездатності машин та конструкцій при зменшенні їхньої маси. Іншим важливим фактором, що забезпечив цей результат, стала можливість гарантовано отримувати сталь з вузькими межами вмісту елементів.

Нові технології обробки металу в сталеплавильних печах і поза ними призвели до помітного збільшення масштабів виробництва сталі і сплавів, однорідних за властивостями і містять мізерну кількість газів, неметалевих включень. Пов'язане з цим ускладнення технології виправдовується результатами щодо якості та надійності металопродукції. Кращі результати на якість металу досягаються при використанні комбінованих або комплексних способів, коли в одному або декількох послідовно розташованих агрегатах здійснюється ряд операцій. Використання агрегатів «ковш-піч» дозволило винести з плавильних агрегатів відновлювальний період і доведення металу, що різко підвищило продуктивність сталеплавильного виробництва. шлаком попередньої плавки), що призвело до значного зниження витрати електроенергії.

ПІДСЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ»

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОМІШОК У РОЗЧИНАХ БАЙЄРА НА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ГЛИНОЗЕМУ

Жмуркова К.І., Лебідь О.А., керівник доц. Воляр Р.М.

**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні
Запорізького національного університету**

Гідрометалургійний спосіб отримання глинозему за методом Байєра сьогодні є найпоширенішим у світі завдяки високим техніко-економічним показникам при переробці високоякісних бокситів з відносно невеликим вмістом оксиду кремнію.

За відсутності переділу попередньої обробки бокситів однією з основних проблем у виробництві глинозему в класичному циклі Байєра, що використовується, наприклад, на Миколаївському глиноземному заводі, є наявність органічних домішок у технологічних розчинах, що ускладнює отримання продукції заданої якості та призводить до зниження ефективності переділів декомпозиції та кальцинації.

Процеси керування технологічними параметрами розкладання алюмінатних розчинів направлені на підтримання необхідного співвідношення пересичення рідкої фази за глиноземом до площі активної поверхні затравки, яка знижується при забрудненні органічними речовинами, наприклад, оксалатом натрію. Тому важливим завданням є розробка способів очищення алюмінатних розчинів від органічних домішок з метою мінімізації їхньої концентрації для зменшення впливу на якість затравочного гідроксиду алюмінію. Крім того, під час формування агрегатів з дрібнодисперсних часток утворюються пори, заповнені органічними речовинами, що призводить до погіршення фізико-хімічних характеристик гідроксиду алюмінію, що подається на прожарювання до печей КШ. Різде закипання органіки, якою заповнені пори агломератів призводить до їх руйнування під час кальцинації, що погіршує гранулометричний склад товарного глинозему. В найгірших випадках висока забрудненість кристалів гідроксиду алюмінію органічними домішками може призводити до перевантаження електрофільтрів печей КШ та втрат глинозему з викидами в оточуюче середовище у вигляді пилу. Тому для забезпечення заданої якості товарної продукції та високих техніко-економічних показників у глиноземному виробництві одним з основних завдань технології є контроль та ефективне управління рівнем вмісту органічних домішок у виробничому циклі.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ ТИТАНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ

Александров А. К., керівник проф. Ігнат'єв В.С.

Український державний університет науки і технологій

Титано-цирконієві піски Малишевського родовища, що забезпечує сировиною Вільногірський гірничо-металургійний комбінат, містять до 3% ільменіту, рутилу, циркону, дистену, силіманіту та ставроліту.

Під час збагачення колективний концентрат поділяється в електричному сепараторі на провідникову фракцію (ільменіт і рутил) та непрозору (циркон, ставроліт, дистен, кварц і залишки ільменіту). Додаткове розділення провідникової фракції за допомогою магнітної сепарації дозволяє виділити ільменіт у магнітну фракцію, а рутил – у немагнітну. Далі рутил очищають у барабанних коронно-електростатичних сепараторах. Непровідникова фракція після електростатичної сепарації спрямовується на магнітне розділення, де ільменіт і ставроліт концентруються у магнітну фракцію, а циркон, дистен і кварц – у немагнітну. Ільменіт і ставроліт розділяються електростатичною сепарацією, у результаті чого отримують ставролітовий концентрат.

Основною продукцією комбінату є такі концентрати:

- ільменітовий (вміст TiO_2 – 63,65%),
- рутиловий (92,95% TiO_2),
- цирконовий (62,65% ZrO_2),
- дистен-силіманітовий (58% Al_2O_3),
- кварцовий пісок.

Аналіз отриманих даних дозволив встановити кількісний взаємозв'язок між вмістом основних мінералів у руді та їх вилученням у відповідні концентрати. Виявлено тенденцію до зниження вилучення циркону, рутилу та ільменіту при зменшенні їх вмісту в рудних пісках.

Для забезпечення ефективності процесу збагачення на ВГМК та стабільного виробництва необхідно визначити закономірності змін характеристик сепарації та вдосконалити технологічну схему на основі математичного моделювання. Розроблені математичні залежності дозволять прогнозувати якість та кількість отримуваних концентратів, включаючи вихід, вміст і ступінь вилучення мінералів.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПРОЦЕСУ ВИПЛАВКИ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Голядинець Д.С., 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 вилівками, профільним прокатом, листами, прутками, дротом, фольгою та ін. Переробка алюмінієвої вторинної сировини виконується шляхом її 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°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 неметалевих 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.

ОТРИМАННЯ АНОДНОЇ МІДІ ШЛЯХОМ РАФІНУВАННЯ В КОНВЕРТЕРІ ГКР

**Рублевський М.О., керівник доц. Головачов А.М.
Український державний університет науки і технологій**

На сьогодні в Україні відсутній промисловий видобуток мідних руд, хоча прогнозні ресурси міді на її території є доволі значними. Відомо понад 150 рудопроявів, деякі з яких мають потенціал стати промисловими родовищами.

Досвід та науково-технічні дослідження у сфері пірометалургійного рафінування міді свідчать про необхідність удосконалення технології, що дозволить зменшити енергоспоживання та трудомісткість процесу вогневого рафінування, а також покращити якість отримуваних мідних анодів.

З метою підвищення ефективності виробництва електротехнічної міді необхідна розробка технології, яка б дозволила скоротити кількість виробничих етапів і знизити витрати на очищення міді. Одним із шляхів є об'єднання традиційних стадій — конвертування чорнової міді та вогневого рафінування — в єдиний ефективний процес на базі методу газокисневого рафінування (ГКР), що вже продемонстрував свою результативність.

Для реалізації цього підходу було проведено експериментальну кампанію з переробки мідного концентрату на чорнову мідь. Отриманий розплав чорнової міді з окисленої сировини після розплавлення зливається у глуходоний ківш, що кантується, і далі — у попередньо нагрітий до 1200–1300 °С конвертер ГКР. Після цього починається кисневе продування через донні фурми, яке відбувається в вертикальному положенні агрегату з інтенсивністю 0,9–1 м³/т.хв.

На першому етапі продування використовується чистий кисень, що забезпечує інтенсивне утворення шлаку та окислення сірки. Після видалення основної частини шлаку та відбору проб металу починається продування сумішшю кисню з аміаком, поступово збільшуючи вміст аміаку. Аміак, вступаючи у реакцію з киснем, знижує парціальний тиск SO₂, що сприяє більш глибокому видаленню сірки з металу.

Експериментальні результати показали, що при рафінуванні чорнової міді з вмістом менше 85% міді, вихід анодної міді сягає понад 91,4%, а витрати на рафінування знижуються більш ніж на 32% у порівнянні з традиційною технологією.

Розподіл міді після конвертації та плавки такий: 89,5–91,2% залишається в металевому стані, 6–8,2% — переходить у шлак, і до 1,2% — втрачається з пилом.

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»

ТЕРМОДИНАМІЧНІ І КІНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КРЕМНІЮ

**Триодіал О.І. керівник проф. Камкіна Л.В.
Український державний університет науки і технологій**

Кремній, як один з самих поширених елементів, широко застосовується в сучасній техніці в якості напівпровідника, в сонячних елементах. Для цього потрібна чистота елемента по домішках на рівні десятих ppm, тому як методи виробництва технічного кремнію застосовують карботермічне відновлення діоксиду кремнію з сировини – кварцового піску.

Розглянуті основні властивості кремнію та його сполук. Нижчий оксид кремнію метастабільний і при температурах нижче 1550⁰С диспропорціонує на кремній і діоксид кремнію. Проаналізовано поліморфні з'єднання кремнію з киснем на основі діаграми стану Si-O. В системі Si-O добре вивчені сполуки SiO₂ та SiO, є відомості про існування оксидів Si₂O₃ та Si₃O₄. Кремній і кисень утворюють одну стійку в нормальних умовах сполуку вищої міри окислення – кремнезем (SiO₂), який має високі температури плавлення і сублімації, що характеризує високу міцність хімічного зв'язку кремнію з киснем. Інша відома сполука кремнію з киснем – монооксид кремнію SiO, в твердому стані метастабільна і існує стійко лише в газовій фазі. У відповідності з принципом А.А. Байкова, перетворення в системі SiO₂-Si йде крізь ряд послідовних стадій: SiO₂→Si₂O₃→Si₃O₄→SiO→Si.

В системі кремній-вуглець можливо утворення однієї сполуки SiC – карбід кремнію, який утворює близько двадцяти кристалічних модифікацій. З усіх модифікацій карбіду кремнію найбільш поширені α-SiC (гексагональна кристалічна решітка) і β-SiC (кубічна кристалічна решітка). При нагріванні до 1900-2300⁰С β-SiC переходить в більш стійку модифікацію α-SiC.

Виконано дослідження кінетики відновлення кремнезему вуглецем, що дозволили встановити найбільш достовірний обґрунтований механізм процесу. Встановлено вплив подрібнення компонентів шихти на прискорення процесу відновлення: в дослідях з тонкодисперсним графітом і зернами (0,25-0,5 мм) кремнезему швидкість взаємодії була помітно вищою, ніж при протилежному співвідношенні розмірів реагентів, що свідчить про важливу роль контакту або близькість розташування реагентів в механізмі процесу, що вивчається.

Заміна графіту деревним вугіллям також значно прискорила процес, відповідаючи приблизно зростанню температури на 100°, що пов'язано з високою питомою поверхнею пір, що важливо для випадку взаємодій з участю газової фази. У системі, що розглядається таким реагентом є SiO, оскільки CO не може взаємодіяти з вуглецем.

На основі встановлених фактів запропоновано нова схема механізму процесу відновлення кремнезему вуглецем, в якому принципову роль грають SiO і SiC. Для переконливого доказу такої схеми механізму проведена серія балансових експериментів з визначенням повного складу фаз по ходу процесу. Використовували метод перерваного експерименту із заморожуванням продуктів в тиглі. Вміст елементарного кремнію в продуктах виявився дуже малим (сліди), а інші речовини змінювалися таким чином: вуглець і кремнезем безперервно витрачалися, аж до повного зникнення; карбід

кремнію спочатку утворювався і досягав максимуму при практично повному витраченні вільного вуглецю, а потім меншав до нуля. Інтенсивне зростання SiO спостерігається після досягнення максимуму SiC. У кінцевих продуктах після повного витрачення кремнезему залишався карбід або суміш карбіду і залишкового вуглецю.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ТА ХІМІКО-КАТАЛІТИЧНИЙ ВПЛИВ НА ОКИСНЮВАНІСТЬ ПРОДУКТІВ ТВЕРДОФАЗНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

**Старченко Д.Я., Жадан О.О., керівник проф. Гришин О.М.
Український державний університет науки і технологій**

Технологія твердофазного відновлення заліза має ряд істотних переваг: відносно низькі температури, висока ступінь вилучення металу з рудного матеріалу та ін. Разом з тим продуктивність даної технології безпосередньо залежить від інтенсивності всіх сполучених ланок процесу хіміко-каталітичним чи енергетичним впливом. Разом з тим, практичне значення має отримання металізованого продукту з високими якісними показниками, і в першу чергу, його окиснюваність. Ступінь окиснення при зберіганні, транспортуванні, плавці, при подрібненні губки на порошок та ін. може бути дуже суттєвою. Вона залежить, серед інших причин, від присутності у шихті активуючих добавок.

Досліджено окиснюваність заліза, отриманого з Fe₂O₃ і Fe₃O₄, магнетитового концентрату і багатой залізної руди, при різних температурах і в звичайних умовах і з використанням енергетичних та хіміко-каталітичних впливів. Для зниження окиснюваності металевого продукту було використано змінну ЕМП промислової частоти. Воно накладалося на систему, що реагує, як у процесі відновлення, так і в ході окиснення отриманого заліза.

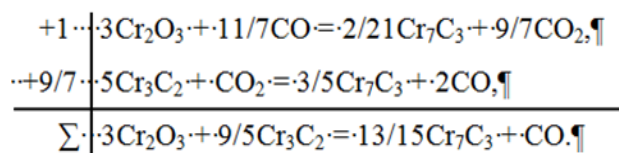
Результати дослідження показали, що відновлення при 873 К і більш високих температурах забезпечує отримання металізованого продукту, який нижче 473 К практично не реагує з киснем повітря. Введення в шихту KCl та інших інтенсифікаторів відновлювального процесу змінює $T_{ок}$, у порівняно вузьких межах.

ТВЕРДОФАЗНЕ КАРБІДОТЕРМІЧНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ХРОМОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Старченко Б.Я., Мирошніченко Є.Ю., керівник проф. Гришин О.М.
Український державний університет науки і технологій**

Твердофазне відновлення хрому, заліза, марганцю та ін. реалізується при використанні вуглецевих відновників, що призводить до утворення простих та складних карбідів, які за певних умов: температури та відношення C/O, беруть участь у відновленні оксидів через стадію газифікації. Термодинамічне моделювання газифікації Cr₃C₂ комплексним окиснювачем показало утворення Cr₂O₃ через стадію перетворення: карбід→оксикарбід→розпадом його на Cr₂O₃ і Cr₇C₃.

При газифікації карбідів термодинамічно значущими параметрами є температура початку та рівноважний склад газової фази. Запропоновано алгоритм розрахунку температури початку газифікації карбідів. Отримані значення добре узгоджуються з температурами початку газифікації при однакових значеннях α ($\alpha = P_{CO_2} + P_{CO}$). Фізико-хімічну модель процесу відновлення за участю карбіду можна уявити сукупністю реакцій:



Термодинамічний аналіз процесу відновлення оксиду хрому його найвищим карбідом показав можливість відновлення $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_3\text{C}_2$ на першому етапі до Cr_7C_3 . Встановлено, що при температурі, що виключає появу рідких фаз, можливе відновлення деяких оксидів та суміші оксидів, карбідами хрому самостійно, або в потоці водню. Показано, що атоми хрому можуть брати участь у відновленні NiO в якості відновника або розчинятися в нікелі.

Кінетичні дослідження показали, що при 1673 К ступінь відновлення Cr_2O_3 карбідом Cr_3C_2 за 25 хв становила 93,6 %, тоді як у дослідах з графітом перетворення $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}_3\text{C}_2$ завершується за ~15 хв. Обмеження частки вуглецю помітно знижувало рівень відновлення. Введення водню в реакційну зону створює сприятливі передумови відновлення оксиду хрому його вищим карбідом. При 1673 К в умовах дефіциту вуглецю ступінь відновлення перевищила 80 %.

ІНТЕНСИФІКУЮЧИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕС ТВЕРДОФАЗНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА

Кулинич С.А., Хромовських С.А., керівник проф. Гришин О.М.

Український державний університет науки і технологій

У нечисленних роботах, присвячених вивченню кінетики газового відновлення оксидів заліза за умов магнітних впливів, висловлюються різні погляди на причини ефектів, викликаних накладенням зовнішніх полів. Контрольні експерименти показали відсутність скільки-небудь помітного розігріву зразків у змінному магнітному полі невеликих частот ($f \leq 50$ Гц). Варіації температури в інтервалі 773-1073 К показали, що накладення магнітного поля найбільше прискорює процес при 873-973 К. До 973 К відновлення розвивалося східчасто; перевищення зазначеної температури призводило до зональної течії процесу. У дослідах при 773 К відзначалася поява метастабільного вюститу. Магнітне поле промислової частоти помітно форсувало видалення кисню практично протягом усього процесу.

Високочастотне електромагнітне поле ($f \geq 2$ кГц) викликало суттєвий розігрів залізорудної шихти у процесі її відновлення. Термічний ефект зменшувався із зростанням температури; при 1073 К і вище він був практично відсутній.

Розігрів шихти, що спостерігався, може бути переважно пов'язаний з вихровими струмами, обумовленими зміщенням кордонів доменів. Висока частота цих процесів, незважаючи на низьку напруженість поля, давала значний термічний ефект. Зниження f зменшувало фіксований розігрів зразка. У цьому напрямі діяв підйом температури, послаблюючи прояви феромагнетизму кристалічних фаз. Внесок звичайних індукованих струмів у ефект розігріву був порівняно невеликим.

Факт розігріву зразка був майже на протязі всього процесу відновлення. Це пояснюється практично безперервною наявністю у шихті Fe_3O_4 або металевого заліза – перевірка показала, що обидві зазначені фази однаково успішно нагріваються у високочастотному полі. Оскільки магнітні силові лінії замикаються не через зовнішню поверхню зразка, а пронизують його, підйом температури мав місце по всьому об'єму шихти. Отже, є принципова можливість нагрівання електромагнітним шляхом залізорудних матеріалів при їх металізації.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЦЕСУ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ЧОРНОВОГО ФЕРОНІКЕЛЮ

Хоменко О.О., керівник доц. Надточій А.А.

Український державний університет науки і технологій

На Побузькому феронікелевому комбінаті працюють дві руднотермічні електропечі настановною потужністю 48 МВ.А, 3-х фазні, 6 електродні. Електроплавку здійснюють, використовуючи огарок з температурою 600-700 °С наступного складу, %: 0,7-0,9 Ni; 0,03-0,05 Co; 15-18 Fe; 45-36 SiO₂; 16-20 CaO; 4-6 MgO. Відновлення недогарка йде за рахунок вуглецю антрациту марки АС або антрацитового штибу марки АШ, енергетичного вугілля та карбідокремнієвого матеріалу. Оскільки чорновий феронікель містить велику кількість сірки, яка входить з вуглецевим відновлювачем і рудою, він піддається позапічній десульфуратії в ковші содою (карбонатом натрію). Процес видалення сірки може бути узагальнений реакцією



Аналіз результатів термодинамічних розрахунків показує, що термодинамічно впливає на процес десульфуратії в системі більш ефективно кремній порівняно з вуглецем. Хоча деякі фахівці-виробники відзначають, що більший вплив на процес десульфуратії надає саме вуглець, що, мабуть, пов'язано з кінетичними параметрами процесу – впливом газової фази (вміст CO) на перемішування реагентів та збільшенням їхньої контактної поверхні.

Рівноважний розподіл фаз у системі 0,5FeS + 0,5NiS + 3Na₂CO₃ провели з використанням бази даних програми «HSC Chemistry 6,0». Процес інтенсивної десульфуратії сульфїду нікелю починається при температурі 500 °С і закінчується близько 1000 °С, а сульфїд заліза при 750 °С та 1250-1350 °С відповідно. Ступінь десульфуратії нікелю содою становить 94-96 %, а заліза всього 60 %, і з підвищенням температури процесу вище 1350 °С можлива його ресульфуратія.

Рівноважний розподіл фаз у складній системі FeS-NiS-Na₂CO₃-C-Si дозволив визначити оптимальний температурний режим ковшевої десульфуратії феронікелю содою, який знаходиться у межах 1300-1350 °С.

Під час десульфуратії феронікелю (0,13-0,4 % S) у ковші содою (витрата 4-5 % від маси металу) ступінь десульфуратії становить 50-60 %, і мінімальний вміст сірки досягається на практиці на рівні 0,048 %. Для забезпечення високої ефективності десульфуратії содою в ковші необхідно виключити можливість попадання електропічного шлаку при випуску металу, так як при взаємодії соди з діоксидом кремнію та утворенням Na₂SiO₃ призводить до значних її втрат, що вимагає після завантаження содового шлаку повторної обробки металу за цією схемою.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ТРИКАЛЬЦІЙФОСФАТУ ВУГЛЕЦЕМ, ЧАДНИМ ГАЗОМ, ВОДНЕМ І МЕТАНОМ

Губа Д.С. Комар А.С., керівник доц. Надточій А.А.

Український державний університет науки і технологій

Для оцінки технологічної можливості термічної дефосфорації марганцеворудної сировини, впливу температури та інших технологічних умов процесу проведено термодинамічний аналіз реакцій відновлення трикальційфосфату різними відновлювачами. Перш за все, звертають на себе увагу труднощі відновлення Ca₃(PO₄)₂ будь-яким видом відновлювача. Найбільш переважна реакція відновлення метаном. Разом з тим, необхідно враховувати можливість піролізу метану. Утворення водню та

вуглецю в результаті піролізу метану значно зменшує ймовірність відновлення фосфору з фосфату. Введення в систему марганцю або заліза дозволяє дещо змінити умови відновлення фосфору. Так, при відновленні трикальційфосфату вуглецем температура початку відновлення змінюється незначно (з 1272 °С до 1242 °С при введенні марганцю) або навіть дещо зростає (з 1272 °С до 1288 °С при введенні заліза). У випадку використання як відновлювача метану відбувається різке покращення умов відновлення (температура початку відновлення знижується до 630 °С і 643 °С для марганцю та заліза відповідно). Очевидно, що і в цьому випадку піроліз метану може нівелювати отриманий ефект. Введення в систему $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-C-Mn}$ кремнезему дозволяє знизити температуру початку реакції відновлення з 1242 °С до 935 °С. Аналогічна залежність спостерігається і для систем $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-C-Fe}$; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-CH}_4$; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-H}_2$ та інших. Таким чином, найбільш сприятливі умови відновлення фосфору з трикальційфосфату створюються за наявності в системі кремнезему, марганцю, заліза та використання в якості відновлювача природного газу, проте навіть частковий піроліз метану не повинен суттєво впливати на процес відновлення.

УТВОРЕННЯ НАСТИЛУ НА ПОДИНІ РУДОВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ

Рибін В.С., Зуєв Д.Г., керівник доц. Надточій А.А.

Український державний університет науки і технологій

Вперше за тривалий період виробництва марганцевих феросплавів у рудовідновлювальних печах підвищеної потужності типу РПЗ-63 і РКГ-81 при зупинці печі №1 цеху виробництва феросплавів на капітальний ремонт на Нікопольському заводі феросплавів зіткнулися з проблемою утворення і подальшого руйнування настилу («козла»), що утворився на подині ванни. Основною причиною утворення тугоплавкого настилу, що містить карбід кремнію, і наростання його на подині печі є «рваний» режим роботи, обумовлений переведенням печей на роботу за зонним тарифом і, очевидно, скороченням часу роботи печей на виплавці високовуглецевого феромарганцю, що сприяє руйнуванню карбідів і промивці ванни печей.

Хімічний аналіз проб уламків, відібраних у різних місцях настилу і на різних горизонтах, показав, що всі вони, в основному, представлені шлакометалевим конгломератом, що містить карбід кремнію (SiC), відновленими Mn, Fe, Si, P, Ti, S; шлакова складова представлена оксидами CaO, MgO, Al₂O₃ і R₂O. У деяких пробах спостерігається від 0,8 до 6,5 % Pb. Дослідження фізико-механічних властивостей уламків показали їхні високі міцнісні характеристики, які в 2-18 разів вищі порівняно з марганцевою рудою, що і обумовлює значні труднощі щодо їхнього руйнування у твердому стані і вилучення з ванни РТП при її зупинці на капітальний ремонт. Рентгеноспектральним мікроаналізом зразків уламків визначено фазовий склад гетерогенної системи, який представлений, практично, стехіометричним карбідом кремнію (33,6 % C і 63,99 % Si), фосфор представлений фосфідом заліза, а сірка – сульфідом марганцю, що містить 32,64 % S і 55,27 % Mn. Мінералогічний склад зразків уламків представлений, % об'ємн.: карборунд (SiC) – 26,5; метал – 14,3; тремоліт-актіноліт – 24,6; воластоніт – 32,6; графіт – 1,7; кварц – 0,2; піротин – 0,1. При нагріванні зразків у печі Тамана до температури 1500 °С відбувається розшарування розплаву на рідку фазу і плаваючі на її поверхні включення карбиду кремнію, повного розплавлення матеріалу не спостерігалось. Підшихтовка стехіометричної кількості вапняку (CaCO₃) і окалини (FeO) дозволила вже за температури 1300 °С отримати гомогенний розплав.

ПРОБЛЕМА ОТРИМАННЯ ЯКІСНИХ ПАЯНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ КАТОДІВ ДВИГУНІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Губа Р.М., керівник доц. Надточій А.А.

Український державний університет науки і технологій

Зростання експлуатаційних навантажень на двигуни малої тяги вимагає застосування нових конструкційних матеріалів і технологій їх з'єднання. Катод є одним із ключових вузлів, що піддаються високим температурним навантаженням у таких двигунах. Перспективним матеріалом для виготовлення катода є вуглець-вуглецевий композиційний матеріал (ВВКМ), оскільки він має високі механічні властивості при теплових навантаженнях. Основною проблемою використання ВВКМ є створення якісних з'єднань з металами, які можуть працювати при температурах 1400-1700 °С. Наразі одним із технологічних і надійних способів з'єднання ВВКМ є високотемпературне паяння у вакуумі. Отримання якісних паяних з'єднань деталей дозволить збільшити термін служби термокатодів, забезпечуючи стабільність зони електропровідності при широкому температурному градієнті. Способи з'єднання вуглецю з металами засновані на формуванні зони з'єднання в рідкій або твердій фазах з урахуванням фізико-хімічних процесів, що відбуваються при цьому. Встановлено, що міцність паяного з'єднання залежить від глибини проникнення розплаву в пори ВВКМ, а також технологічних параметрів паяння: сила стискання, температура, час витримки та швидкість нагріву і охолодження. Однією з головних складнощів, що виникають при паянні тонкостінних (до 1 мм) циліндричних деталей з ВВКМ і вольфраму марки ВА, є висока та нерівномірна пористість ВВКМ. Під час паяння цей матеріал має розгалужену систему капілярів, що сприяє втягуванню припою і заповненню пустот деталі з високою швидкістю, утворюючи дефекти паяного шва у вигляді місць без паяння і порожнин. Капіляри мають різну геометрію та розміри: 10-70 мкм у поздовжньому напрямку волокон та до 0,5 мм у поперечному напрямку. Для усунення дефектів під час паяння пропонується попереднє нанесення на внутрішню поверхню циліндричних деталей з ВВКМ проміжного шару, що має вищу температуру плавлення, ніж припій. Паста, сформована з металевих порошків, представляє собою систему Ti-Nb-Zr і наноситься методом високотемпературного синтезу, що саморозповсюджується.

ВПЛИВ СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ ШИХТИ НА ЯКІСТЬ АГЛОМЕРАТУ

Андрієнко С.Л., керівник доц. Ісаєва Л.Є.

Український державний університет науки і технологій

Аналіз досліджень з якості агломерату показав, що на розвиток відновлювальних процесів у агломераційному шарі мають вплив режими спікання. Оскільки виробництво агломерату можливе за умов переважного розвитку відновлювальних процесів при спіканні і гальмуванні процесів вторинного окислення агломерату в зоні охолодження, досліджувався вплив температурно-газового режиму спікання на фазовий склад і властивості агломерату, в тому числі на вміст у ньому металевого заліза, шляхом варіації виду, кількості та способу введення палива у агломераційну шихту. Такі дослідження проводили на лабораторному агломераційному устаткуванні, а компонентний та фракційний склад шихти відповідав вимогам діючих технологічних інструкцій на спікання залізородного агломерату. В ході досліджень встановлено, що спікання гранульованої шихти, складеної з двох частин с різним ступенем окислення заліза та вмістом палива, підвищує показники міцності агломерату у порівнянні із звичайною моношихтою. Так, міцність агломерату на удар зростала

майже на 4,0%, а протидія стиранню знизилася на 1,5%. У дослідженнях визначено вплив способу підготовки шихти та її складу на ступень розвитку окислювально-відновних процесів у агломераційному шарі та встановлено, що в умовах локалізації реакцій газового відновлення у внутрішніх об'ємах гранул стає можливим розвиток цих процесів на стадії часткової металізації агломерату. Таким чином, середній вміст металевого заліза в агломераті за таких умов зростає до 10-12 %, а FeO – до 45-55 %.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛІЦІЮ

Ісаєв А.С., керівник проф. Мянєвська Я.В.

Український державний університет науки і технологій

Феросиліцій є одним з основних видів феросплавів, що широко застосовується в металургійній промисловості. Основне його призначення — розкислення сталі та легування чавуну і сталевих сплавів. Сутність електротермічного способу виробництва феросиліцію ґрунтується на відновленні кремнезему (SiO_2), що міститься в кварциті, за допомогою вуглецевих відновників — вугілля, коксика або деревного вугілля у електричних дугових печах при високих температурах (до 1800–2000°C), що досягаються за рахунок електричної дуги між графітовими електродами. У середині печі відбувається реакція: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}\uparrow$. Отриманий кремній вступає у взаємодію з залізом (з руди або металевих домішок у шихті), утворюючи феросиліцій — сплав заліза з кремнієм (найчастіше з вмістом Si від 45% до 75%). Технологічний процес поділяється на кілька етапів: підготовка та змішування шихти (кварцит, кокс, деревне вугілля, скрап тощо); плавлення в електропечі змінного струму; розділення сплаву та шлаку; випуск готового феросиліцію, охолодження, подрібнення, фасування. Перевагами електротермічного способу є висока продуктивність — завдяки використанню високотемпературного нагріву та безперервного процесу, високий вихід кремнію в сплав — мінімізуються втрати кремнію, контроль якості продукту — точне регулювання вмісту Si, Fe та домішок, гнучкість у виборі шихтових матеріалів — можливість використання різних джерел вуглецю та сировини, можливість автоматизації — управління основними параметрами та процесами, енергоефективність — висока частка корисного використання електроенергії. **Екологічні аспекти.** Хоча електротермічний спосіб вимагає значних енергоресурсів, він має як недоліки, так і переваги. Недоліки: викиди CO та CO_2 під час відновлення; пилоутворення на етапах завантаження, розвантаження, дроблення; високе споживання електроенергії. Рішення та переваги: встановлення газоочисних систем (рукавні фільтри, електрофільтри), використання вторинних матеріалів у шихті, утилізація відхідного тепла, замкнуті цикли водопостачання для охолодження. **Висновок.** Електротермічний метод виробництва феросиліцію у дугових печах змінного струму є ефективним, енергомістким процесом, що забезпечує стабільний випуск феросплавів високої якості. Це ефективна та технологічно гнучка технологія виробництва яка при належному екологічному контролі може залишатися конкурентоздатною та безпечною для довкілля.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН СТРУКТУРИ У ВАЛКОВИХ ЧАВУНАХ ПРИ
ОХОЛОДЖЕННІ У КРИТИЧНОМУ ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР**

Теплицький Є.А., керівник проф. Іванова Л.Х.

Український державний університет науки і технологій

Метою досліджень є визначення раціональної швидкості охолодження в критичному інтервалі температур валкових чавунів з кулястим графітом різної легованості. Дослідження впливу швидкості охолодження планували проводили на зразках із робочого шару прокатних валків у процесі їхнього механічного оброблення. Хімічний склад досліджених чавунів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад досліджених чавунів

| Тип чавуну | Вміст хімічних елементів, % | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | Mg | Fe |
| ЛШ | 3,12 | 0,75 | 0,69 | 0,32 | <0,02 | 0,09 | 0,48 | - | 0,05 | решта |
| ЛШН | 3,10 | 1,87 | 0,53 | 0,16 | <0,02 | 0,17 | 1,69 | - | 0,05 | решта |
| ЛШНМ | 3,30 | 1,49 | 0,77 | 0,18 | <0,02 | 0,18 | 1,76 | 0,44 | 0,05 | решта |

Методика дослідження. Критичні точки дослідних чавунів визначали методом диференціального термічного аналізу на установці моделі ВДТА-8М. Цей самий прилад використовували для дослідження впливу швидкості охолодження аустеніто-графіто-цементитного стану на структуру чавунів. Зразки чавуну діаметром 5 мм і довжиною 7 мм разом з вольфрамовим еталоном в алундових тиглях розміщували у вольфрамовому термостаті, нагрівали до 950°C, витримували протягом 15 хв і охолоджували в автоматичному лінійному режимі. Швидкість нагрівання була 80°C/хв, охолодження – від 2,5 до 250°C/хв. Температуру зразків контролювали вольфрам-ренієвими термопарами за допомогою програмного пристрою, що включав високоточний регулятор температури моделі ВРТ-3. Чутливість методу за координатою Т складала 6 град/мм, за координатою Т – 0,5 град/мм. Точність виміру по координаті Т дорівнювала $\pm 5^\circ\text{C}$. Металографічний аналіз проводили на оптичному мікроскопі моделі Neophot 21. Шліфи досліджували після травлення 2%-ним розчином азотної кислоти в етиловому спирті (ніталь). Кількість структурних складників визначали точковим методом Глаголева в 20 полях зору зі збільшенням 400, що забезпечувало абсолютну похибку 1% та достовірність 0,9544. Будову матриці дослідних чавунів оцінювали за ГОСТ 3443-87, аномальність перліту – за спеціальною шкалою. Твердість білого чавуну вимірювали на приладі Роквелла за ДСТУ ISO 6508-1:2013, використовуючи діамантовий конус з кутом при вершині 120° (шкала С). Визначення твердості за Брінеллем сірих та половинчастих чавунів здійснювали за ДСТУ ISO 6506-1:2007 на приладі ТШ-2М за допомогою сталеві кульки діаметром 10 мм при навантаженні 29420 Н. Величину твердості розраховували як середню з п'яти вимірів. Мікротвердість структурних складників чавунів визначали на приладі ПМТ-3 за ГОСТ 9450-76 при навантаженні 0,49 Н та збільшенні 487. Точність вимірювання діагоналі відбитка становила $\pm 0,07$ мкм. Величину мікротвердості розраховували як середню 50 вимірів.

Висновок. Розроблений технологічний процес одержання чавунних розплавів дозволяє визначити зміни у структурах різних валкових чавунів. Встановлено, що

швидкість охолодження в критичному інтервалі температур не менше 10...20 град/хв сприяє підвищенню твердості чавунів на 4...12% порівняно з вихідним станом.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У ЛИТИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКАХ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ СКЛАДІВ

Маркотко О.І., керівник проф. Іванова Л.Х.

Український державний університет науки і технологій

Залишкові напруження виникають в результаті нерівномірного розподілу температур у виливках при охолодженні в інтервалі від 700 до 400 °С. Наприклад, у валках виконання ЛШ-58 градієнт температур перерізу їх у процесі охолодження в ливарних формах становить 375...150 °С та призводить до утворення залишкових напружень величиною 45,2 МПа.

Досліджували вплив хімічного складу валкових чавунів на рівень залишкових напружень. Показано, що ця величина у прокатних валках залежить від форми графітних включень у структурі чавуну, наявності у його складі легувальних елементів, типу модифікувального хімічного елемента, твердості чавуну робочого шару валків та їх виконання. Наявність вермикулярного або кулястого графіту порівняно з пластинчастим у структурі валкових чавунів призводить до підвищення величини залишкових напружень у середньому на 5,4 та 9,1%, відповідно, незалежно від виконання валків. Наявність у складі валкових чавунів магнію призводить в середньому до утворення залишкових напружень у валках величиною 61,8, а рідкісноземельних металів замість магнію - 55,3 МПа, що на 10,5% менше, ніж у валках з чавуну, модифікованого магнієм. Підвищення твердості чавуну робочого шару валків за однакової форми графітних включень також сприяє підвищенню величини залишкових напружень: у валках виконання СВХН-50 і СВХН-60 величина напружень зростає на 13,1, а ЛШ-41 і ЛШ-60 - на 5,5%. Легування валкового чавуну також сприяло підвищенню рівня залишкових напружень у валках: у валках виконання ЛП величина напружень була - 35,3; ЛПХНд - 54,9; ЛШ-47,9, а ЛШНМ - 51,5 МПа. У сортопрокатних валках величина залишкових напружень була більшою на 18,8% порівняно з листопркатними.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКАТОРА ДЛЯ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ

Гулий Я.О., керівник проф. Іванова Л.Х.

Український державний університет науки і технологій

Вибір оптимального складу комплексного модифікатора (КМ) проводили з допомогою методу математичного планування експерименту. Для реалізації завдання, що зв'язує показники фізико-механічних властивостей чавуну із вмістом основних хімічних елементів у КМ, використовували планування експерименту на кшталт 3 x 3 латинського квадрата. Обробку експериментальних даних, отриманих в експерименті, та визначення оптимального складу КМ проводили за допомогою комплексного показника якості D, що включає три показники: твердість, модуль пружності та термостійкість чавуну.

Особливості модифікувального впливу КМ вивчали у лабораторних умовах на технічних чавунах. Чавуни плавили в силітовій печі. Як модифікатори використовували КМ, отримані сплавленням лігатур з РЗМ на залізокремнієвій основі з індивідуальними РЗМ та карбонільним залізом.

У лабораторних умовах метал після розплавлення та доведення по хімічному складу перегрівали до температури $1500 \pm 10^\circ\text{C}$, після чого піч відключали і при досягненні необхідної температури чавун модифікували печі методом примусового занурення модифікатора. Хімічні склади дослідних чавунів наведені у таблиці 1

Таблиця 1 – Характеристика дослідних чавунів

| Тип чугуна | Вміст хімічних елементів, мас.% | | | | | | | | Швидкість кристалізації, град/с |
|----------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|---------------------------------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Fe | |
| c ₁ | 3,54 | 1,69 | 0,55 | 0,21 | 0,03 | 0,25 | 1,13 | решта | 5,5...1,3 |
| c ₂ | 3,56 | 1,21 | 0,50 | 0,11 | 0,55 | 0,30 | 1,20 | решта | 5,5...1,3 |
| c ₃ | 3,39 | 1,74 | 0,58 | 0,19 | 0,03 | 0,24 | 1,10 | решта | 5,5...1,3 |

Умови проведення експериментів наведено у таблиці 2, а середні величини параметрів досліджуваних чавунів у вихідному немодифікованому стані та після модифікування КМ (9 типів) наведено у таблиці 3.

Таблиця 2 – Значення факторів при плануванні

| Ф а к т о р и | | Рівні факторів | | |
|---------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| A | Вміст РЗМ у складі КМ, % | a ₁ | a ₂ | a ₃ |
| | | 25 | 35 | 45 |
| B | Вміст кремнію у складі КМ, % | b ₁ | b ₂ | b ₃ |
| | | 10 | 30 | 50 |
| C | Тип чавуну (див. табл.1) | c ₁ | c ₂ | c ₃ |

Таблиця 3 – Узагальнені результати експерименту

| Номер досліду | Фактори | | | Значення параметрів оптимізації | | | Показник якості D |
|---------------|----------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|
| | A | B | C | y ₁ | y ₂ | y ₃ | |
| | | | | <i>HV</i> | $\bar{E} \cdot 10^4$, МПа | \bar{m} , см ⁻¹ | |
| 0 | - | - | c _{1...c₃} | 383 | 18,1 | 0,49 | 0,34 |
| 1 | a ₁ | b ₁ | c ₁ | 401 | 17,5 | 0,52 | 0,12 |
| 2 | a ₁ | b ₂ | c ₂ | 461 | 17,8 | 0,37 | 0,49 |
| 3 | a ₁ | b ₃ | c ₃ | 375 | 18,4 | 0,50 | 0,29 |
| 4 | a ₃ | b ₁ | c ₃ | 545 | 16,8 | 0,44 | 0,66 |
| 5 | a ₃ | b ₂ | c ₁ | 514 | 16,6 | 0,35 | 0,81 |
| 6 | a ₃ | b ₃ | c ₂ | 444 | 17,5 | 0,40 | 0,46 |
| 7 | a ₂ | b ₁ | c ₂ | 534 | 17,0 | 0,43 | 0,64 |
| 8 | a ₂ | b ₂ | c ₃ | 495 | 16,9 | 0,29 | 0,86 |
| 9 | a ₂ | b ₃ | c ₁ | 388 | 18,0 | 0,46 | 0,40 |

Для умов вальцеливарного виробництва за допомогою методу математичного планування експерименту та розробленого комплексного показника якості валкових чавунів було оптимізовано склад КМ, що містить 35...45% РЗМ і ~30% кремнію, який підвищує показник якості валкових хромонікелевих чавунів у порівнянні з вихідним станом у 2,4...2,5 рази.

ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

Хрінюк Є.В., керівник проф. Іванова Л.Х.

Український державний університет науки і технологій

Одним з головних завдань спільної роботи конструктора і технолога є максимальне наближення форми і розмірів вилівка до готової деталі. Незначними змінами конструкції деталі можна істотно спростити процес виготовлення виливків. Для оцінки технологічності конструкції використовують такі показники технологічності: 1) питому матеріаломісткість, 2) коефіцієнт використання металу - відношення маси готової деталі до маси заготовки, 3) коефіцієнт необроблених поверхонь - відношення необробленої різанням поверхні до усїєї поверхні деталі, 4) точність геометричних форм (оцінюється за мірою відповідності розмірів вилівка розмірам, заданим в кресленнику, і припуску на оброблення різанням), 5) питому трудомісткість, 6) оброблюваність різанням.

При конструюванні вилівка треба враховувати загальні принципи конструювання: 1) ливарні властивості металу (усадку, рідкотекучість, ліквацию тощо); 2) габарити вилівка - необхідність забезпечити зручність і економічність його формування; 3) конструкцію ливарної форми - роз'єм моделі, ухили, можливість виїмки моделі, конструкцію стрижневих ящиків і стрижнів, вентиляцію стрижнів і кріплення їх у формі; 4) процес заливання і необхідність уникати неметалевих включень. Крім того, необхідно забезпечити: 1) зручне складання форми; 2) зручне очищення вилівка; 3) зручне механічне оброблення деталі і зручне розташування базових місць.

Розглянуто конструкцію деталі «Кожух» масою 7,4 кг з точки зору її технологічності: вилівок коробчастої форми, тонкостінний, особливих різких переходів по товщині вилівка немає, що дає можливість нормальної, спрямованої його кристалізації, але вилівок схильний до жолоблення при охолодженні.

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ 110Г13Л ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ХРЕСТОВИН

Сатаров А.А., керівник проф. Хричиков В.Є.

Український державний університет науки і технологій

Для виявлення фізико механічних властивостей та мікроструктури сталі 110Г13Л були виконані клиновидні проби та проби-приливу. Проведена статистична обробка впливу елементів на характеристики міцності і ударної в'язкості дозволяє рекомендувати наступний хімічний склад сталі 110Г13Л: Вуглець – 1,2-1,25 %; Марганець – 14-14,5 %; Кремній не більше 0,5 %; Фосфор не більше 0,035 %; Сірка – не більше 0,02 %.

Встановлено, що при підвищенні вмісту марганцю в сталі в межах від 12 до 14,5% підвищується рівень межі міцності на розрив і також сприяє збільшенню відносного подовження матеріалу від 23 % до 31 %.

Визначено, що із збільшенням змісту вуглецю в межах від 1,04 до 1,24 % підвищується рівень межі міцності. При цьому помітний вплив на рівень характеристик міцності сталі 110Г13Л надає співвідношення змісту марганцю до змісту вуглецю (Mn/C). При вмісті марганцю не міні 14 % і співвідношенні змісту марганцю і змісту вуглецю не меншого 12 було отримано максимальну кількість виливків, матеріал яких відповідав I групі якості.

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ
УТВОРЕННЯ КУЛЯСТОГО ГРАФІТУ В ЧАВУННИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКАХ**
Алієв Е.М.О., керівник проф. Хричиков В.Є.
Український державний університет науки і технологій

Кінцева структура виливків залежить від багатьох факторів. Так при отриманні прокатних валків, затвердіння бочки може відбуватися 2...4 години. Це обумовлює утворення різних структурних складових по глибині виливка. Отримання незадовільної форми графіту у прокатних валках може вплинути на термін експлуатації виливка.

По мікроструктурам бочки, нижньої і верхньої шийок прокатного валка було визначено наступне. Графіт у бочці прокатного валка має правильну кулясту форму, що обумовлено високою швидкістю твердіння металу у кокільній формі. 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 спостерігається ефект демодифікування.

Гідростатичний тиск на метал, що твердіє у верхній шийці, у 3 рази менше ніж у нижньої шийки. Встановлено, що чим більше гідростатичний тиск, тим вище температура, при якій відбувається кипіння магнію. Тому графіт у нижній шийці має більш кулясту форму. В верхній шийці гідростатичний тиск менше тому температура кипіння магнію зменшується і відбувається процес демодифікування.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ УТВОРЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ У
ЧАВУННИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКАХ ВИКОНАННЯ ЛІШХН І РОЗРОБКА
МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ**

Чумак В.С., керівник проф. Хричиков В.Є.
Український державний університет науки і технологій

Проведені іншими дослідниками експерименти, щодо процесів твердіння чавунних прокатних валків виявили у деяких випадках утворення в нижніх шийках теплових вузлів і як наслідок усадкових дефектів. Виникнення цих усадкових дефектів у нижньої шийки призводить до поломок прокатного валку і завод виробник несе чималі втрати.

За допомогою математичної моделі запропоновано встановлювати зовнішній сталевий холодильник завтовшки 22 мм. За цим способом відбувається спрямоване твердіння виливка, отримання нижньої шийки практично без теплових вузлів і усадкових дефектів, а також низька швидкість подальшого охолодження.

Визначено умови утворення усадкових дефектів у нижньої шийки. Для виключення усадкових дефектів у верхньої шийки прокатних валків невеликого розміру необхідно утеплювати надлив екзотермічними сумішами або теплоізоляційними добавками, а якщо прокатний валок має велику масу, то треба проводити електрошлаковий обігрів надливу, який забезпечує живлення усадки на протязі всього затвердіння виливку.

ОТРИМАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ФОРМУЛ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ТВЕРДІННЯ СТАЛЕВИХ І ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТЕРМОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кузін Д.В., керівник проф. Хричиков В.Є.

Український державний університет науки і технологій

Існує багато методів розрахунку тривалості твердіння виливків, але раніше не проводили їх зрівняльний аналіз.

Виведено формули для розрахунку тривалості твердіння сталевих і чавунних виливків різної форми за методом Н.І. Хворінова, за рівнянням квадратного кореня і методом інтегрального балансу А.І. Вейника.

Побудовано графік зрівняння методів розрахунку тривалості твердіння і встановлено, що найкращий збіг з експериментальними температурними вимірами при твердінні 100% твердої фази спостерігається при використанні методу А.І. Вейника для сталі з 0,3...0,6% С і чавуну з 3,3...3,6% С. Розрахунки по рівнянню квадратного кореня і по методу Н.І. Хворінова показали занижені значення у порівнянні з експериментальними дослідженнями.

Використання формул, які отримані за експериментальних кінетичних кривих твердіння дозволить не лише проводити апробацію математичних програм моделювання процесів твердіння виливків, але виключити прорив рідкого металу у процесі його транспортування і збільшити обсяги виробництва.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЙНОГО ТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ІНТЕРВАЛУ ТВЕРДІННЯ НА ПРОЦЕСИ УТВОРЕННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ В СТАЛЕВИХ ВИЛИВКАХ З ВМІСТОМ ВУГЛЕЦЮ ДО 1,3%

Максимович М.В., керівник проф. Хричиков В.Є.

Український державний університет науки і технологій

Сталеві виливки мають найбільш високі показники міцності, пластичності і в'язкості в порівнянні зі всіма матеріалами, що використовуються в машинобудуванні. Високі механічні властивості сталі дозволяють застосовувати її для виготовлення різних фасонних виливків. Але при твердінні сталевих виливків утворюються усадкові дефекти і ліквацийні процеси, які викликають утворення браку.

Побудовано залежність концентраційного інтервалу затвердіння, температурного інтервалу затвердіння, масового відсотка твердої фази від вмісту вуглецю в системі залізо-цементит (0-1,3 %С). Згідно з теорії ливарних процесів чим більше значення масового вмісту твердої фази при температурі, що наближена до ліквідус, тим гірше рідиноплинність сплаву. Масовий вміст твердої фази найбільш сприятливий при вмісті вуглецю для отримання сталевих виливків 0,3-0,44 %. Нижче цих значень сплав буде мати низьку рідиноплинність і при литті фасонних виливків будуть утворюватися недоливи.

В процесі підвищення вмісту вуглецю з 0,49%С до 1,3%С масовий вміст твердої фази поступово зменшується з 27% до 10% і рідиноплинність повинна підвищуватись згідно теорії лиття, але концентраційний і температурний інтервал має великі значення, тобто збільшується ширина твердо-рідкої зони та можливо утворення усадкових дефектів, тріщин, збільшується ліквация хімічних елементів, а фізико-механічні властивості по перетину виливку стають неоднорідними.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ШАРУ НА ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ КОКІЛЮ НА ПРОЦЕС ТВЕРДІННЯ БОЧКИ ЧАВУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Валєєв П.А., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

Формування усадкової пористості в осьовій зоні окремих типорозмірів валків, не дивлячись на те, що бочка валка твердне першою, а живлення усадки з надливу не порушується, призводить до поломок прокатного валку і завод виробник несе чималі втрати. Для зменшення внутрішнього відбілу можливо змінювати конструкцію частин ливарної форми, але це краще робити за допомогою математичного моделювання, бо маса прокатних валків дуже велика, що ускладнює проведення експериментів.

У роботі встановлено, що 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. Також 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 металокерамічної частини кокілю.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕФЕКТУ «ЧОРНІ ПЛЯМИ» У МАСИВНИХ ВИЛИВКАХ ІЗ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ДЛЯ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Волков О.Д., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

Дослідження проводили на АТ «Дніпропетровський завод прокатних валків». Було відлито прокатний валок з високоміцного чавуну масою 2,2 т, з якого вирізали диски і робили сірчані відбитки.

Кількісну обробку розподілу неметалевих включень MgS на сірчаному відбитку проводили за допомогою програми Image Expert Pro 2. Встановлено, що більшість сульфідів магнію спливає з нижньої шийки у надлив валка. Тому хімічний склад чавуну за вмістом сірки, наведений у паспорті валка, завищений, а для надливу - занижений.

Рекомендовано для зниження браку «чорні плями» при шихтуванні плавок чавунних прокатних валків враховувати підвищений у кілька разів вміст сірки у надливі і коригувати кількість магнію, що вводиться при модифікуванні. Також при шихтуванні необхідно враховувати, що у валках, відпрацьованих на виробництві та повернутих у переплав, вміст сірки менший, ніж у хімічному складі, наведеному в паспорті валка.

РОЗРОБКА СКЛАДІВ СУМІШЕЙ, ЯКІ НЕ ПОТРЕБУЮТЬ СУШІННЯ, ДЛЯ УТЕПЛЕННЯ НАДЛИВІВ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ

Іванов Д.С., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

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

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.

Запропоновано для утеплення надливів сталевих виливків використовувати склад 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.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ МОДИФІКУВАННЯ ЗА СЕНДВІЧ -ТЕХНОЛОГІЄЮ ЧАВУННОГО ВИЛИВКА «КРИШКА ЛЮКА»

Соколюк О.В., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

Для виробництва виливка «Кришка люку» з ВЧ45 було обрано сендвіч-технологію модифікування, яка є досить простою при цьому рівень засвоєння модифікатору достатньо високий і цей метод не потребує дорогого обладнання.

Розраховано час заливки однієї форми і повний час заливки усіх трьох форм, з урахуванням технічних операцій, а також температуру чавуну в ківші перед заливкою, яка склала 1394 0С, температуру випуску «вихідного чавуну» з печі - 14480С і температуру заливки - 1350 0С. У якості сфероїдируючого модифікатору обрано ФСМг 9, графітизуючого - феросиліцій з барієм марки ФС65Ba17. Визначено потрібний хімічний склад чавуну: С - 3,4-3,9%, Si - 1,06-1,56%, Mn - 0,3-0,5%, Mg - 0,03-0,04, S - не більше 0,04%, P не більше 0,08%, Cr - не більше 0,1% і розміри ківшу для обробки 1000 кг рідкого металу: d = 0,6 м, D = 0,68 м, H = 0,76 м, h = 0,15 м, a = 0,41 м.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБІГРІВУ ДЗЕРКАЛА МЕТАЛА НАДЛИВУ СТАЛЕВОГО ЗЛИТКА ДЛЯ УСУНЕННЯ ТЕРМІЧНИХ ВУЗЛІВ

Дмухівський М.І., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

Для створення умов спрямованого твердіння кристалізації застосовують надливи, які утеплюють екзотермічними сумішами. Але для сталевих злитків, маса яких є великою і метал твердіє декілька годин використання екзотермічних сумішей не забезпечує виключення усадкових дефектів. У роботі було використано кінетичні криві твердіння у кокоті циліндричних виливків зі сплавів Fe-C, згідно експериментів, проведених у роботі Гуляєва Б.Б. та ін.

Встановлено перший етап електрошлакового обігріву з максимальною силою струму відповідає максимальній усадці сплаву і відбувається у період досягнення межі виливання до осі виливка. Запропоновані режими обігріву дзеркала надливу дозволять усунути термічні вузли і зменшити витрату електроенергії при литті масивних сталевих злитків.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ШАРУ НА ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ КОКЛЮ НА ПРОЦЕС ТВЕРДІННЯ БОЧКИ ЧАВУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Максимович В.В., керівник проф. Меньяло О.В.

Український державний університет науки і технологій

Для подібнення евтектичних виділень (твердий розчин α –кремній) і усунення надлишкових кристалів кремнію заевтектичні сплави системи алюміній-кремній проводять модифікація. 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 легкокиплячим матеріалом. Експерименти по модифікуванню проводили на силуміні заевтектоїдного складу Al+18% Si.

Встановлено, що карбамід і сірка можуть бути застосовані у якості модифікаторів для заевтектичних силумінів, але треба провести ще серію експериментальних плавок для встановлення кількості модифікатору, отриманих структур та інше.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІПСОВИХ ФОРМ,ЩО ЗМІЦНЕННІ РІДКИМ СКЛОМ

Шендриков В.М., керівник доц. Мазорчук В.Ф.

Український державний університет науки і технологій

Проведені дослідження впливу рідко скляного зміцнювача на технологічні властивості гіпсових форм. Встановлено час схоплення сумішей, що розробляли, близько 19 ... 21 хв. Визначені показники міцності при стиску та на вигін після прокалювання при 600 °С. Максимальні показники у суміші з пилоподібним кварцом ~1,95 МПа та ~1,78 МПа відповідно. Показники міцності перевищують показники стандартних сумішей ~1 МПа. Встановлено, що використання зміцнювача зменшує газопроникність сумішей у порівнянні з стандартними сумішами близько на 0,7 одиниць. Проведені дослідження показали перспективність подальшого дослідження впливу різних вітчизняних матеріалів на властивості гіпсових форм у заміні зарубіжних. Для отримання якісних гіпсових форм, що не поступаються зарубіжним аналогам, необхідно більш детально відпрацювати технологічний процес (методики та устаткування для змішування експериментальних сумішей, режими прокалювання та ін.).

ВПЛИВ ГЛИНИСТОЇ СКЛАДОВОЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ОБОЛОНКОВОЇ ФОРМИ

Коваленко О.О., керівник доц. Мазорчук В.Ф.

Український державний університет науки і технологій

Вміст глинястою складової є важливим фактором для отримання якісної вогнетривкої суспензії, що у свою чергу дозволить надавати у широкій межі вплив на характеристики міцності й теплофізичні параметри керамічної оболонки.

Глини – це землянисті обломочні горні породи осадового походження, що складаються, у основному, з високодисперсних гідроалюмосилікатів. Основна фракція часток тонко дисперсних глин – менш 0,001 мм. Додатки глини використовують для

суспензій, що містять у якості зв'язуючої рідини й гідролізований розчин етилсилікату й рідке скло та кремнезоль.

У роботі проведені дослідження впливу глинястої складової властивості суспензії та міцність керамічної оболонки. Встановлено, що з підвищенням вмісту глини у суспензії седиментаційна стійкість її знижується, час перемішування зменшується до близько 5 хв. Визначена міцність на стиск від вмісту у суспензії глинястої складової. Міцність на стиск сирової КО при 10% глини склала близько 9,1 МПа, при 12% близько 7,8 МПа, при 15% близько 5,7 МПа, а оболонки після прокалювання при 10% близько 8 МПа, при 12% близько 6,8 МПа, при 15% близько 5,3 МПа.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХУДОЖНЬОГО ВИЛИВКА «САЛАМАНДРА»

Кобіков Д.О., керівник доц. Мазорчук В.Ф.

Український державний університет науки і технологій

Кремнезоль (або колоїдний кремнезем) представляє собою колоїдний розчин полікремневої кислоти з високою молекулярною масою, з розмірами часток $>5\text{нм}$ і для агрегативної стійкості та адсорбційної здатності поверхні часток, стабілізується різноманітними іонами Na^+ або NH_4^+ , або Al^{3+} . Для кремнезоль, що стабілізовані іонами натрію, відмічається стійкість у межі рН 9-10,5, іонами NH_4^+ - рН 9-9,5, іонами Al^{3+} - рН 4-6.

Наведений технологічний процес виготовлення художнього виливку «Саламандра», методом лиття за витоплювальними моделями на кремнезольному зв'язуючому. Проаналізовані різні способи виготовлення вогнетривких суспензій на основі кремнезоль та вплив їх на властивості керамічних оболонок. Наведено вплив температури суспензії на її умовну в'язкість. З аналізу показників умовна в'язкість має пряму залежність з якістю КО, тому що суспензія є зв'язуючим при виготовленні КО. У відповідності з стандартами наповненість суспензії вимірюють за допомогою в'язкості. Встановлено, що з підвищенням температури в'язкість суспензії знижується, що треба враховувати при виробництві КО. В'язкість суспензії повинна бути для першого шару повинна бути близько 55...60 с, для другого та наступних 29 с., тому необхідно коректувати вміст рідких компонентів та вогнетривкого наповнювача у суспензії. Для підвищення показників міцності вміст наповнювача повинен бути близько 80%, а кремнезоль близько 10%. Встановлено, що з підвищенням вмісту кварцу пилоподібного основні технологічні показники зростають.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ МОДЕЛЬНИХ СКЛАДІВ

Мандрика В.О., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Стійкість модельних складів є важливим аспектом у різних галузях науки та промисловості. Вивчення їхніх фізико-хімічних характеристик дозволяє прогнозувати поведінку матеріалів у складних умовах експлуатації та вдосконалювати технологічні процеси. Визначення чинників, що впливають на стабільність модельних складів, сприяє підвищенню їхньої ефективності та довговічності.

Серед основних аспектів дослідження варто виділити вплив температури, вологості, механічних навантажень та хімічних реагентів. Важливим є аналіз структурних змін у модельних складах під дією цих факторів, що дозволяє визначити оптимальні умови їхнього використання. Дослідження кінетики змін та механізмів

деградації допомагає розробляти стабілізаційні методи та прогнозувати термін служби матеріалів.

Для оцінки стійкості застосовуються різні методи, серед яких фізико-хімічний аналіз, спектроскопія, мікроскопія та комп'ютерне моделювання. Ці підходи дозволяють не лише виявити потенційні проблеми, а й знайти ефективні рішення для покращення характеристик матеріалів. Оптимізація складу та введення стабілізуючих добавок сприяють підвищенню стійкості модельних систем.

Дослідження у цій сфері мають велике значення для промислового виробництва, фармацевтики, будівництва та інших галузей. Розвиток методів оцінки та вдосконалення матеріалів сприяє створенню більш надійних і довговічних систем. Подальші дослідження дозволять глибше зрозуміти механізми змін модельних складів і розробити нові підходи до їхньої стабілізації.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЛИТТЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ

Похиленко В.А., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Лиття є одним із найпоширеніших методів виготовлення металевих виробів. Традиційні технології лиття мають низку обмежень, зокрема нерівномірність охолодження та утворення дефектів. Використання електричних і електромагнітних полів дозволяє покращити якість виливків, знизити рівень браку та оптимізувати структуру матеріалу.

Методи електричного впливу в литті включають використання електричного нагріву для рівномірного розплавлення металу, контроль кристалізації сплавів шляхом подачі електричного струму та зменшення утворення оксидів і домішок завдяки електрофізичному очищенню.

Застосування електромагнітного впливу сприяє електромагнітному перемішуванню рідкого металу для забезпечення рівномірної структури, використанню магнітогідродинамічного ефекту для контролю руху розплаву в формі та підвищенню якості відливків за рахунок зниження пористості та покращення механічних характеристик.

Застосування електричного та електромагнітного впливу в литті сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат матеріалів і покращенню фізико-механічних характеристик виробів. Подальші дослідження у цій галузі відкривають перспективи для автоматизації та оптимізації процесів лиття у промисловості.

Використання електричних та електромагнітних методів у литті є перспективним напрямком розвитку металургійної галузі. Це дозволяє не лише підвищити якість продукції, але й зменшити вплив виробництва на навколишнє середовище.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОМШОК НА ВЛАСТИВОСТІ РІДКИХ САМОТВЕРДЮЧИХ СУМІШЕЙ

Кравченко С.Д., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Рідкі самотвердіючі суміші широко застосовуються в будівництві, ливарному виробництві та інших галузях промисловості. Визначення впливу домішок на їхні фізико-хімічні та механічні властивості є важливим для підвищення ефективності та якості матеріалів. Дослідження цього впливу дозволяє оптимізувати склад сумішей, покращити їхню міцність, довговічність і технологічні характеристики.

Основними факторами, що визначають вплив домішок, є їхній хімічний склад, концентрація та взаємодія з основними компонентами суміші. Деякі домішки можуть сприяти прискоренню або уповільненню процесу твердіння, впливати на реологічні властивості та адгезію. Важливо враховувати можливі негативні ефекти, такі як зниження міцності або підвищена усадка, що може призводити до появи дефектів.

Методи дослідження включають фізико-хімічний аналіз, рентгеноструктурний аналіз, електронну мікроскопію та спектроскопію. Ці методи дозволяють оцінити мікроструктуру сумішей, вплив домішок на процеси кристалізації та їхню роль у формуванні кінцевих властивостей матеріалу.

Оптимізація складу рідких самотвердіючих сумішей із урахуванням домішок дозволяє розробити більш надійні та довговічні матеріали. Впровадження стабілізаторів та модифікаторів може значно покращити експлуатаційні характеристики, що особливо важливо для промислового використання. Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть розширенню сфер застосування таких матеріалів і покращенню їхньої екологічної безпеки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕЛІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ 3-D ПРИНТЕРУ

Науменко В.В., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Застосування 3D-друку у виготовленні моделей відіграє важливу роль у сучасному виробництві. Використання цієї технології дозволяє значно скоротити час виготовлення, знизити матеріальні витрати та забезпечити високу точність відтворення деталей. Дослідження впливу технології 3D-друку на кінцеві характеристики моделей є актуальним питанням для різних галузей промисловості.

Одним із ключових аспектів є вибір матеріалу для друку, оскільки різні полімери, композити та метали мають свої унікальні властивості, що впливають на міцність, термостійкість та довговічність моделей. Також важливим фактором є параметри друку, такі як товщина шару, швидкість друку та температура екструзії, які можуть суттєво змінювати кінцеві характеристики виробів.

Методи дослідження включають механічні випробування, аналіз мікроструктури та термостійкості, що дозволяє оцінити якість виготовлених моделей та їхню відповідність технічним вимогам. Крім того, застосування сучасних комп'ютерних технологій дозволяє проводити числове моделювання процесу друку та прогнозувати поведінку матеріалів у реальних умовах експлуатації.

Оптимізація технології виготовлення моделей із використанням 3D-принтера сприяє підвищенню ефективності виробництва та створенню більш надійних конструкцій. Подальші дослідження у цій сфері дозволять розширити можливості 3D-друку, покращити якість матеріалів і знайти нові способи їхнього застосування в промисловості.

АНАЛІЗ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЧАВУНОЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Свободін О.О., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Чавуноливарне виробництво є однією з найважливіших галузей металургії, що забезпечує промисловість високоякісними литими деталями. Сучасні технології дозволяють покращити якість продукції, зменшити витрати матеріалів та підвищити

ефективність виробничих процесів. Аналіз прогресивних технологій у цій сфері є важливим для вдосконалення виробничих потужностей та розширення можливостей чавуноливарного виробництва.

Одним із ключових напрямів розвитку є використання модифікованих чавунів, зокрема високоміцного та жаростійкого чавуну, що дозволяє отримати вироби з покращеними механічними характеристиками. Важливим є також впровадження технологій прецизійного лиття, що забезпечує високу точність деталей і знижує рівень механічної обробки.

Застосування автоматизованих систем управління литтям дозволяє покращити контроль за процесами охолодження та кристалізації, що знижує ризик виникнення дефектів. Крім того, використання екологічно чистих формувальних і стрижневих сумішей сприяє зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

Важливим аспектом є цифрове моделювання та 3D-друк литникових систем і моделей, що дає змогу швидко розробляти та тестувати нові конструкції. Впровадження цих технологій значно скорочує час виробничого циклу та підвищує точність готових виробів.

Розвиток прогресивних технологій у чавуноливарному виробництві дозволяє підвищити конкурентоспроможність продукції, покращити якість виробів і знизити витрати. Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть інтеграції інноваційних рішень у промисловість та вдосконаленню процесів лиття.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З СІРОГО ЧАВУНУ «КОЛЕСО»

Шевцов І.В., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Виготовлення вилівка «Колесо» із сірого чавуну є складним технологічним процесом, що включає кілька основних етапів. Правильний вибір матеріалу, методів лиття та параметрів обробки дозволяє отримати виріб із високими механічними властивостями та мінімальною кількістю дефектів.

На першому етапі розробляється конструкція вилівка та виконується комп'ютерне моделювання процесу лиття. Це дозволяє оптимізувати форму та визначити потенційні місця утворення дефектів. Далі обирається відповідний метод лиття, зокрема піщано-глинисті форми або холоднотвердіючі суміші, які забезпечують високу точність та якість поверхні.

Формувальні матеріали підбираються з урахуванням теплопровідності, усадки та можливості утворення газових включень. Важливим є контроль складу сірого чавуну, що містить графітові включення, які покращують зносостійкість і знижують крихкість. Додатково можуть застосовуватися модифікатори для покращення структури чавуну.

Процес заливання металу контролюється параметрами температури та швидкості подачі розплаву, що впливає на якість лиття. Охолодження має бути рівномірним, щоб запобігти виникненню тріщин та деформацій. Після затвердіння відливка проходить механічну обробку, що включає очищення відливка, видалення ливникової системи та шліфування.

Остаточна перевірка якості виконується за допомогою неруйнівного контролю, такого як ультразвукова або рентгенографічна діагностика. Завершальним етапом є контроль відповідності розмірів і механічних характеристик, що гарантує відповідність готового виробу технічним вимогам.

Впровадження сучасних технологій лиття та обробки дозволяє досягти високої якості виливка «Колесо», зменшити виробничі витрати та підвищити ефективність виробничого процесу.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З МІДНОГО СПЛАВУ «КРИШКА КОРПУСУ»

Андрєєв А.О., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Виготовлення виливка «Кришка корпусу» із мідного сплаву є складним технологічним процесом, що включає кілька важливих етапів. Вибір матеріалу, методів лиття та параметрів обробки визначає якість кінцевого виробу, його механічні та експлуатаційні властивості.

На першому етапі виконується розробка конструкції виливка та комп'ютерне моделювання процесу лиття. Це дозволяє оптимізувати форму виробу, мінімізувати ризик утворення дефектів та підібрати оптимальний метод лиття. Для мідних сплавів часто використовують лиття в піщані форми або кокільне лиття, що забезпечує високу якість поверхні та мінімальну пористість.

Формувальні матеріали підбираються з урахуванням високої теплопровідності міді, її схильності до утворення оксидів та усадки під час охолодження. Важливим є контроль складу сплаву, який може містити додаткові елементи (наприклад, цинк, олово або нікель) для покращення механічних властивостей та корозійної стійкості.

Заливання розплаву контролюється за температурними параметрами, щоб уникнути утворення гарячих тріщин та газових включень. Охолодження повинно бути рівномірним для запобігання внутрішнім напруженням та деформаціям. Після затвердіння проводиться механічна обробка, яка включає очищення, видалення ливникової системи та шліфування поверхонь.

Контроль якості здійснюється за допомогою неруйнівного контролю, зокрема ультразвукової або рентгенографічної діагностики, що дозволяє виявити внутрішні дефекти. Завершальним етапом є перевірка розмірної відповідності та механічних характеристик, що гарантує відповідність виробу технічним вимогам.

Впровадження сучасних технологій лиття та механічної обробки дозволяє отримати високоякісні виливки з мідного сплаву, знизити виробничі витрати та покращити ефективність виробничого процесу.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З МІДНОГО СПЛАВУ «КРИШКА КОРПУСУ»

Безрученко В.С., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Виготовлення виливка «Корпус насосу» з алюмінієвого сплаву є важливим технологічним процесом, що включає кілька ключових етапів. Правильний вибір матеріалу, методів лиття та параметрів обробки дозволяє отримати виріб із високими механічними властивостями, корозійною стійкістю та мінімальною кількістю дефектів.

На першому етапі виконується розробка конструкції виливка та комп'ютерне моделювання процесу лиття. Це дозволяє оптимізувати форму виробу, оцінити розподіл температур і напружень під час охолодження та підібрати відповідний метод лиття. Для алюмінієвих сплавів широко застосовуються лиття під тиском, кокільне лиття та лиття у піщані форми.

Формувальні матеріали вибираються з урахуванням високої теплопровідності алюмінію, його усадки та схильності до утворення газових включень. Важливим є контроль складу сплаву, зокрема вмісту кремнію, магнію або міді, що впливають на міцність і корозійну стійкість виробу.

Заливання розплаву здійснюється під контролем температури, швидкості подачі та умов охолодження, що дозволяє мінімізувати ризик утворення мікропорожнин і тріщин. Охолодження має бути рівномірним, щоб уникнути внутрішніх напружень і деформацій. Після затвердіння проводиться механічна обробка, включаючи очищення, видалення ливникової системи, фрезерування та шліфування поверхонь.

Контроль якості здійснюється методами неруйнівного контролю, такими як рентгенографія та ультразвукова діагностика, що дозволяє виявити внутрішні дефекти. Завершальним етапом є перевірка відповідності розмірів і механічних характеристик технічним вимогам.

Впровадження сучасних технологій лиття та механічної обробки дозволяє виготовляти високоякісні виливки з алюмінієвого сплаву, зменшити виробничі витрати та підвищити ефективність виробничого процесу.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З МІДНОГО СПЛАВУ «ВТУЛКА»

Колядін Д.Ю., керівник доц. Білий О.П.

Український державний університет науки і технологій

Виготовлення виливка «Втулка» з мідного сплаву є важливим технологічним процесом, що включає кілька ключових етапів. Вибір матеріалу, методів лиття та параметрів обробки визначає якість кінцевого виробу, його механічні та експлуатаційні характеристики.

На першому етапі розробляється конструкція виливка та виконується комп'ютерне моделювання процесу лиття. Це дозволяє оптимізувати форму виробу, оцінити розподіл температур та напружень під час охолодження, а також підібрати відповідний метод лиття. Для мідних сплавів широко застосовуються відцентрове лиття, лиття в кокіль та лиття у піщані форми.

Формувальні матеріали вибираються з урахуванням теплопровідності міді, її схильності до утворення оксидів та усадки під час охолодження. Контроль складу сплаву є критичним, оскільки додавання олова, цинку або алюмінію може покращити зносостійкість, міцність і корозійну стійкість втулки.

Заливання розплаву здійснюється під контролем температури, швидкості подачі та рівномірного охолодження для запобігання утворенню дефектів, таких як пористість або гарячі тріщини. Охолодження має бути контрольованим, щоб уникнути внутрішніх напружень і деформацій. Після затвердіння виливок піддається механічній обробці, включаючи очищення, видалення ливникової системи, токарну та шліфувальну обробку.

Контроль якості виконується за допомогою неруйнівних методів, таких як ультразвукова або рентгенографічна діагностика, що дозволяє виявити внутрішні дефекти. Завершальним етапом є перевірка відповідності розмірів і механічних властивостей згідно з технічними вимогами.

Впровадження сучасних технологій лиття та механічної обробки забезпечує виготовлення високоякісних втулок із мідного сплаву, що сприяє зниженню виробничих витрат і підвищенню ефективності виробничого процесу.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА З МІДНОГО СПЛАВУ «КОЛЕСО»

**Мандрика Д.В., керівник доц. Білий О.П.
Український державний університет науки і технологій**

Розробка технологічного процесу виготовлення вилівка з мідного сплаву «Колесо» передбачає ретельне планування кожного етапу, щоб забезпечити високу якість виробу та відповідність технічним вимогам. Початково визначаються конструктивні особливості деталі, включаючи її форму, розміри та функціональні характеристики. Комп'ютерне моделювання допомагає оптимізувати процес лиття, враховуючи розподіл температур та напружень.

Вибір методу лиття відіграє ключову роль: для виробів із мідного сплаву часто застосовують лиття в кокіль або в піщані форми. Основними параметрами є теплопровідність та усадка матеріалу, що враховуються під час вибору формувального матеріалу. Контроль складу сплаву також є критично важливим – додаткові компоненти, наприклад олово чи алюміній, покращують корозійну стійкість та міцність готового виробу.

Етап заливання розплаву виконується з дотриманням температурного режиму та швидкості подачі металу, щоб уникнути дефектів. Контрольоване охолодження зменшує ризик виникнення внутрішніх напружень, тріщин чи пористості. Затвердіння супроводжується механічною обробкою – очищенням, видаленням ливникової системи та шліфуванням.

Завершальним етапом є контроль якості, який включає неруйнівні методи діагностики, такі як ультразвукова перевірка. Завдяки сучасним технологіям виготовлення та обробки, можливо отримати високоякісний вилівок, що відповідає стандартам і знижує витрати на виробництво.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ФОРМ ЛВМ НА ЕТАПІ ЗАЛИВКИ

**Ступак А.О., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Проведення досліджень, що спрямовані на вдосконалення технологічних процесів, що реалізуються на всіх етапах формування, прогартування, заливки керамічних форм ЛВМ, є актуальним завданням. Відповідно, найбільш «вузькими» місцями в литті по витоплюваним моделям є процеси формування, прогартування, заливки форм і охолодження виливків, а також підготовчі інженерні роботи, пов'язані з розробкою ливниково-живильних систем. Тому метою даної роботи є аналіз даних досліджень, проведених бюро ливарної технології ВО ПМЗ і фахівцями кафедри ливарного виробництва УДУНТ, в завдання яких, зокрема, входила розробка способу формування керамічних оболонок, забезпечуючого скорочення циклу прогартування і збільшення тривалості витримки прогартованих форм на повітрі до заливки без втрати температури керамічних оболонок, а також дослідження режимів охолодження керамічних форм залежно від способу їх формування.

Аналіз даних, що характеризують вплив способу формування на охолодження керамічних форм після прогартування показав, що найбільш тривала стабільність температури форми спостерігається при способах формування керамічних форм в зернистий опорний наповнювач і термостат. Причому, змінюючи товщину або матеріал теплоізоляційного шару термостата, можна регулювати тривалість термостатування керамічної форми в широких межах, і тим самим керувати процесами формування

вливка і його якістю. Шляхом математичної обробки експериментальних даних встановлені залежності тривалості збереження температури форми від товщини теплоізоляційного шару термостату і швидкості нагріву керамічних оболонок в термостатах від початкової температури в прогартувальній печі. В результаті охолодження керамічної оболонки в термостаті без кришки на ливниковій чаші протягом 140 с і більше, внутрішні напруги в оболонці призводять до руйнування її і уходу металу при заливці форм. Загалом, при формуванні в термостаті, достатня тривалість прогартування керамічних оболонок при 950...980 °С становить близько 1 години.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ПРИ ЛИТТІ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

**Семенюк А.Ю., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Основними дефектами виливків, отриманих литтям під тиском, є повітряна (газова) шпаристість, обумовлена захватом повітря при великих швидкостях впуску металу в порожнину форми, і усадкова шпаристість (або раковини) у теплових вузлах. На утворення цих дефектів великий вплив мають як параметри технології лиття - швидкість пресування, тиск пресування, тепловий режим прес - форми, так і вміст газу у сплаві, що заливають, і газове середовище в прес - формі й камері пресування.

Були проаналізовані експериментальні дані щодо впливу методів рафінування на газосовміст, механічні властивості й формозаповнюваність алюмінієвого ливарного сплаву АК12 при литті під тиском на машині з холодною камерою пресування.

Найбільш стабільний результат по зниженню рівня газовмісту й шпаристості забезпечує комбінований спосіб (DEGASAL T200 + вакуум). При комплексному рафінуванні на розплав спочатку діє хімічний реагент, що уведений на дно тигля в "дзвіночку". У результаті цього відбувається барботація розплаву й підйом у верхню частину тигля не тільки дрібних, алі й великих неметалевих комплексів ($m \cdot \gamma \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}$). Тому послідуєчий вплив вакууму на розплав стає більш ефективним: знижений тиск повітря над розплавом (Р) підсилює дію гідродінамічної сили впливання неметалевих включень; неметалеві включення більш повно впливають на зеркалі металу у вигляді пліни (шлаку).

Проаналізовано технологію вакуумування порожнини прес-форми при її заповненні рідким металом, що розроблена швейцарською фірмою FONDAREX SA (Швейцарія). Технологія відрізняється наявністю надійних вакуумних насосів, простотою керування, контролем вакууму при ко-жнім заливанні, контролем забруднення клапана, системою аварійного відключення у випадку збоїв у роботі машини. Встановлено, що дана система дозволяє зменшити газову шпаристість, товщину стінок виливка, підвищити механічні властивості й проводити термообробку виливків отриманих методом лиття під високим тиском, а також продовжити термін служби прес-форми.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА РОЗПЛАВ В ФОРМІ ЛВМ

**Свіріда Д.О., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Питання, пов'язані з розробкою нових технологічних процесів лиття, що використовують різні фізичні методи впливу на розплав у ливарній формі, привертають

все більшу увагу технологів і дослідників. Тому актуальним представляється аналіз даних досліджень і моделювання способів фізичного впливу на розплав, що кристалізується в ливарній формі, що дозволяють знизити непродуктивні втрати, підвищити якість металу при дотриманні високого ступеню екологічності і мінімальних змінах в діючому технологічному процесі. Зокрема, використання газодинамічного впливу на розплав у ливарній формі, є одним з ефективних способів отримання якісного вилівка 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 сталі Р18Л для виготовлення ріжучого інструменту, а також перспективність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Проведене моделювання в СКМ ЛП "Полігон" процесу герметизації блоку циліндричних виливків із сталі Р18Л, що виготовляються за діючою технологією у формі ЛВМ показало, 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 ґрунтується на відповідності товщини затверділого шару створюваному тиску в системі виливок-пристрій для введення газу. Розрахунки показали, що при діючій конструкції блоку ЛВМ можливо використати тільки міцнісні властивості матеріалу ливарної форми. Відповідно, реалізація технології газодинамічного впливу можлива в діапазоні тисків до 0,3 МПа.

Встановлена можливість зміни конструкції блоку виливків, що дозволить, згідно з результатами проведеного моделювання, здійснювати повноцінний газодинамічний вплив на розплав, що твердіє в керамічній формі ЛВМ.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ НАДЛИВІВ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ТА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ОБІГРІВУ

**Мірошніченко М.І., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Розроблена на кафедрі ливарного виробництва УДУНТ технологія газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі, дозволяє підвищити якість литого металу та може бути використана при виробництві виливків майже усіма відомими способами (в т.ч. спеціальними: в кокіль, при литті по витоплюваним моделям тощо) і, практично, не має обмежень за масою виливків та видами сплавів.

Комбінована технологія газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву (КТГДВ-ЕШО) металу в надливі з успіхом може бути реалізована при виробництві, зокрема, якісних ковальських зливків різної маси, що заливаються у виливницю через сифонну ливникову систему. 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 вилівка та більш ефективно здійснювати процес газодинамічного впливу. 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 вилівка 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, 0,65 та 0,7. Розрахунки виконані для циліндричних виливків масою 300 – 15000 кг діаметром 0,25 – 0,7 м. Це дає можливість визначати технологічні параметри виготовлення литих заготовок в найкоротший час без проведення додаткових громіздких розрахунків.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ СТВОРЕННЯ ПОНАДАТМОСФЕРНОГО ТИСКУ В ГЕРМЕТИЗОВАНОМУ ОБ'ЄМІ СИФОННОЇ ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ КРУПНОГО СТАЛЕВОГО ВИЛИВКА

Кравцов О.В., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.

Український державний університет науки і технологій

Одним з найбільш поширених типів ливникових систем, широко використовуваних в ливарному виробництві, є сифонна система. В основному сифонне підведення металу застосовують для отримання масивних виливків з високими службовими властивостями. Проте, чим масивніше виливок, тим більша кількість металу витрачається на ливникову систему. У зв'язку з цим, економія металу на ливникову систему є одним з шляхів підвищення ефективності виробництва крупних сталевих виливків, що мають сифонну ливникову систему.

Використовуються різні технологічні методи зменшення непродуктивних втрат металу. Одним з таких способів є використання газодинамічного впливу на розплави в ливниковій системі з метою його витиснення в робочу порожнину форми.

Метою даної роботи є аналіз можливих технологічних способів витиснення рідкого металу у виливок і, відповідно, зниження непродуктивних втрат металу.

Введення газу в приведені конструкції 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 вбудовані в діючий технологічний процес. Встановлена також можливість занурення пристрою в рідку сталь у разі потрапляння шлаку в стояк.

В результаті аналізу технологічних особливостей роботи різних конструкцій пристроїв, що забезпечують газодинамічне витиснення розплаву із сифонної ливникової системи встановлено, що для крупного сталевого виливка 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 знову здійснюється витиснення розплаву у виливок.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИВУ ПОНАДАТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КРУПНОГО СТАЛЕВОГО ВИЛИВКА

**Гудименко Д.Д., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Зменшення непродуктивних втрат металу, зокрема на живлячу систему при виробництві крупних сталевих виливків є однією з актуальних проблем ливарного виробництва. При виробництві сталевих литва вихід годного складає до 60% від маси металу, що заливається, що обумовлено, в основному, необхідністю компенсації усадки і установки надливів. Одним з технологічних методів зменшення непродуктивних втрат металу на надлив є використання надливів під газовим тиском. 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. Ця технологія дозволяє значно знизити брак по усадкових раковинах і рихлості, забезпечити отримання виливків з підвищеними механічними властивостями.

Встановлений склад речовин, які можуть бути використані як заряд стрижня газового тиску і проведена оцінка їх фізико-технологічних властивостей. При використанні крейдо-графітової суміші в якості газотворюючої речовини для надливу масивного сталевих виливка з високою тривалістю твердіння відбувається практично повна дисоціація заряду. Крім того, суміш карбонату кальцію з графітом є найбільш дешевою. Тому використання суміші $\text{CaCO}_3 + \text{C}$, в даному випадку, є доцільним. Проведений розрахунок необхідної кількості газотворюючої речовини. Створюваний тиск в порожнині надливу - 3 атм. (~ 0,3 МПа).

Визначені технологічні параметри виготовлення сталевих виливків масою більше 16 т з конструкцією форми надливу зі стрижнем газового тиску та з використанням цехової системи стисненого повітря. Маса надливу з використанням стрижня газового тиску на 40 % менша у порівнянні з діючою технологією.

АНАЛІЗ ВИДІВ ТА СПОСОБІВ ЗАПОБІГАННЯ БРАКУ СТАЛЕВОГО ЛИТВА

**Горбатовський К.Н., керівник проф. Селівьорстов В.Ю.
Український державний університет науки і технологій**

Виготовлені будь-яким способом виливки контролюють за параметрами якості, контроль здійснюють працівники ливарного цеху, ВТК і, в окремих випадках, представники Держприманства.

Залежно від якості виливків, вимог стандартів і ТУ їх підрозділяють на придатні, умовно придатні (поправний брак) і брак. Виливки, у яких сукупність регламентованих показників якості (ДСТУ) відповідають ТУ й іншій документації, відносять до придатних. Виливки, що мають незначні дефекти, виправлення яких економічно доцільно, відправляють на виправлення. Виливки, дефекти яких виправити не можна або економічно не вигідно, вважають бракованими і їх відправляють на переплав. У відповідності до ДСТУ, виливки із чавуну й сталі можуть мати 50 різновидів дефектів, які підрозділяють на 5 груп.

У даній роботі проведений аналіз дефектів лиття, що зустрічаються у сталеливарних цехах, зокрема, при литті із сталі 110Г13Л. Дані рекомендації з усунення й попередження дефектів поверхні у виливках. Проаналізовані експериментальні дані щодо впливу методу плавки на якість сталі 110Г13Л. Розроблені заходи по

вдосконаленню технології виплавки сталі 110Г13Л, зокрема: рекомендовано прогресивний процес No-bake (виготовлення форм і стрижнів з холоднотвердіючих сумішей). Якість виливків, виготовлених у формах, отриманих No-bake процесом, відповідає світовим стандартам; для заварки дефектів і зварювання литих виробів з високомарганцевих сталей запропоновані порошкові дроти ВЕЛТЕК-210Г и ВЕЛТЕК-Н220М. За допомогою системи комп'ютерного моделювання ливарних процесів (СКМ) «Полігон» було проведено моделювання процесу затвердіння виливка цехової номенклатури «Кронштейн» зі сталі 110Г13Л. Результати моделювання показали, що в досліджуваному місці виливка буде утворюватися усадкова шпаристість, що, у свою чергу, може призвести до браку по даній оснастці. Для попередження утворення виявлених дефектів рекомендовано внести зміни в конструкцію виливка.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ МОДИФІКУВАННЯ АЛЮМІНІСВИХ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ ТУГОПЛАВКИМИ МОДИФІКАТОРАМИ

Потуріді Х.О., керівник доц. Доценко Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

В даний час велика увага приділяється застосуванню ультрадисперсних порошків (УДП) хімічних сполук. Розмір частинок УДП не перевищує 100 нм, унаслідок чого їх часто називають нанопорошками (НП). Особливістю таких частинок є сумірність кількості атомів, що знаходяться в поверхневому шарі, кількості атомів, що містяться в їх об'ємі. В результаті цього вони володіють унікальними фізико-хімічними і механічними властивостями, що істотно відрізняються від властивостей матеріалів того ж хімічного складу в масивному стані, які можуть певною мірою впливати на якість одержуваних з них або з їх участю виробів.

Проведений аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що введення дисперсного модифікатора SiC, виготовленого у вигляді пігулок, в ливарний сплав АК9 сприяє підвищенню якості виливків з модифікованих силумінів. При співвідношенні SiC:Al=1:3 забезпечує максимальну межу міцності на стиснення 5 МПа. Застосування дисперсного модифікатора карбіду кремнію полегшує технологічний процес лиття, є екологічно безпечним, призводить до підвищення фізико-механічних і технологічних властивостей, а також подрібнення структури виливків з ливарних силумінів.

При модифікуванні скандійвмісними флюсами ультрадисперсні частинки скандійвмісних з'єднань, рівномірно розподіляючись в алюмінієвій матриці, викликають перерозподіл елементів між структурними складовими і сприяють обмеженню зростання кремнієвої фази, і, отже, подрібнюють зерно металу виливків.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПІЩАНО-БЕНТОНІТОВИХ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Скременський М.О. 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 протипригарними 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.

ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ НА ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВИХ ЧАВУНІВ

Філяк М.П. 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 клітках 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 відбілюваністю 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 корективку хімічного складу чавуну з метою отримання валків з необхідною твердістю робочого шару.

Підвищення твердості робочого шару вище 470 НВ призводить до зниження міцнісних 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 транс кристалічності розглянуто вплив на структуру і властивості хромонікелевого валкового чавуну карбідотворюючих елементів – молібдену, ніобію, титану. Встановлено, що присадки ніобію у вигляді чистого металу і феросплаву, а також молібдену сприяє збільшенню відбілювання чавуну, при цьому ніобій, особливо присаджений у вигляді чистого металу, діє більш інтенсивно, ніж молібден. Вміст титану до 0.08% сприяє зменшенню 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

Константинов О.М. 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

Капалін М.В. 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 використанні внутрішньофрменного модифікування. У виробництві виливків з сірого чавуну застосовуються, головним чином, графітізуючі модифікатори для подрібнення графіту, усунення відбіла транскристалічності, а іноді і частково сфероїдізуючі для утворення графіту сприятливої форми. Тому модифікування СЧ доцільно тільки при низькому вмісті вуглецю, кремнію та інших графітізуючих елементів, або при підвищеній концентрації елементів, що перешкоджають графітизації, а також при високій термочасовій обробці рідкого чавуну, швидкому охолодженні, застосуванні в шихті великої кількості стали і передільного чавуну. В умовах високого ΔT і, отже при виробництві чавунів високих марок.

ВНУТРІШНЬОФОРМЕННЕ МОДИФІКУВАННЯ МАСИВНИХ ВИЛИВКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Клименко 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 корективки 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 і властивості виливок на прикладі прокатних валків, показує, що робота за цим питанням потребує додаткової уваги та може стати новим ошадливим способом впливу на структуру і властивості виливків для металургійного обладнання.

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВАЛКОВОГО ЧАВУНУ
Мелех О.О., керівник доц. Хитько О.Ю.
Український державний університет науки і технологій

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, Cr. 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 ліквідації в розплаві, що робить можливим їх широке застосування.

МЕХАНІЧНА ОБРОБКА

ПІДСЕКЦІЯ «ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»

ЗМІЦНЕННЯ ПРЕСОВИХ МАТРИЦЬ ЗІ СТАЛЕЙ З РЕГУЛЬОВАНИМ АУСТЕНІТНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Губа Р. В., керівник доц. Коноводов Д.В.
Український державний університет науки і технологій

Суттєвий вплив на економічну ефективність процесу гарячого пресування заготовок оказує стійкість пресового інструменту, який виготовляють зі штампових сталей. Наявні штампові сталі, що застосовуються для виготовлення робочого інструменту, не здатні задовольняти повною мірою експлуатаційні вимоги до інструменту через високу вартість компонентів, які входять до складу сталі та інтенсивне знеміцнення інструменту під час експлуатації. Сталі з регульованим аустенітним перетворенням під час експлуатації (сталі з РАПЕ) у вихідному стані мають структуру на базі α -твердого розчину і легко обробляються різанням. Під час нагрівання до температур 700-850°C ці сталі зазнають α - γ -перетворення і зберігають аустенітну структуру протягом усієї високотемпературної експлуатації. Ці сталі мають схильність до гарячого наклепу, тобто можуть зміцнюватися під час гарячої деформації. При цьому стійкість матриць, які виготовлені зі сталі з регульованим аустенітним перетворенням під час експлуатації, підвищується до 10 разів, у порівнянні з матрицями з традиційних штампових сталей. Тому, пресовий інструмент, який виготовлений зі сталей з РАПЕ, можна ефективно застосовувати при пресуванні

профілів з мідних і титанових сплавів, де інструмент розігрівається до температур 600 – 850 °С.

В роботі запропоновано технологічну схему зміцнення пресової матриці зі сталі з РАПЕ. Схема передбачає: нагрівання в печі до температури 950-1000°С, витримка протягом 30 хвилин, охолодження на повітрі до температури 500°С, повторна посадка металу в піч та витримка в печі для вирівнювання температури по перерізу, деформація зони калібрувального отвору матриці шляхом трьох-чотириразового обтиску зі ступенем до 3% за цикл, нагрівання матриці до температури експлуатації. Зміни розмірів отвору матриці під час попередньої гарячої деформації, враховуються під час розробки калібрування матриці.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПРУТКІВ НА СТАНАХ ПОПЕРЕЧНО ГВИНТОВОЇ ПРОКАТКИ

**Григоренко В.В., Литвиненко С.В. , керівник доц. Ремез О.А.
Український державний університет науки і технологій**

Промодельовано на станах поперечно гвинтової прокатки дві заготовки 130 мм та 105 мм у програмі QForm по 12 та 8 проходів відповідно. За результатом моделювання проведено аналіз напружено деформованого стану. Показник напруженого стану має схожі значення. Ступінь деформації при прокатці заготовки 130 мм домінує в приповерхневих шарах, при прокатці заготовки 105 мм спостерігається опрацювання центральної зони прутка та приповерхневих шарів. Довжина утяжини при прокатці із заготовки 105 мм менша, ніж при прокатці 130 мм. Зменшення довжини утяжини знижує ймовірність появи браку, пов'язаного з утворенням утяжин на кінцях заготовки після прокатки, що є причиною відриву кільцевих відшарування. Різниця температур по останніх проходах пов'язана з різною кількістю самих проходів, але в обох випадках вона не опускається нижче за інтервал деформування. Порівняння енергосилових параметрів показали незначну різницю, яка не впливає на роботу стану.

На підставі проведеного моделювання в програмному комплексі QForm, виконаних розрахунків та аналізу напружено деформованого стану можна зробити висновок, що показник напруженого стану, розподіл ступеня деформації, розміри утяжини, температурний інтервал прокатки у двох випадках з титанового сплаву ВТ22 діаметром 130 мм та 105 мм показують невеликі розбіжності, пов'язані з різною кількістю проходів. Більш значну різницю можна простежити в енергосилових параметрах, які показують, що для прокатки з діаметром 105 мм потрібний більший момент та сила прокатки.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ТРУБ З НАРУЖНИМИ ПОЗДОВЖНИМИ РЕБРАМИ

**Березницький М.А., керівник доц. Бояркін В.В.
Український державний університет науки і технологій**

Товстостінні труби з поздовжніми ребрами часто використовуються в машинобудування та будівництві. Для їх виробництва використовують гаряче пресування завдяки схемі напружено-деформованого стану. Технологічний процес пресування профільних труб аналогічний процесу пресування звичайних труб. Нагріта порожниста заготовка разом із прес-шайбою поміщається в контейнер преса. З одного кінця контейнера встановлюють матрицю, внутрішній канал якої відповідає формі поперечного перерізу готової труби, з іншого кінця вводять оправку (голку) і прес-штемпель. Таким чином, між внутрішньою поверхнею матриці та зовнішньою

поверхнею оправки утворюється щілина, форма й розміри поперечного перерізу якої відповідають формі й розмірам поперечного перерізу готової труби.

Закріплений на пресувальній траверсі прес-штемпель спочатку осаджує гільзу до заповнення зазорів між гільзою, оправкою та втулкою контейнера, витісняючи метал у щілину, утворену між матрицею та оправкою. Механічні характеристики металу та коефіцієнт зовнішнього тертя є основними чинниками, що впливають на витікання металу. За оптимального технологічного змащення зона деформації концентрується в області матриці.

Процес витікання металу під час пресування профільних труб відрізняється від пресування круглих труб значною нерівномірністю деформації через суттєву відмінність форми заготовки і готової труби в поперечному перерізі. Наявність оправки частково вирівнює нерівномірність деформації по перерізу заготовки за рахунок дії сил тертя.

У зв'язку зі значними розтягувальними напруженнями, що виникають через різну швидкість витікання металу, та для запобігання надривам на ребрах рекомендується застосовувати матриці з живильниками, наявність яких полегшує витікання металу в порожнину ребра. Основна деформація при пресуванні труб спрямована вздовж осі пресування, що призводить до різних механічних властивостей у поздовжньому та поперечному напрямках. Кут вхідного конуса та ширина циліндричного пояса матриці, швидкість і ступінь деформації істотно не впливають на процес формоутворення профілю пресованої труби.

Проектування матриць для виробництва ребристих труб потребує численних подальших коригувань, зменшити кількість яких допоможе чисельне моделювання процесу витікання металу з матриці. Для подальшого дослідження нерівномірності деформації при виробництві труб з високими поздовжніми ребрами створена модель процесу в програмному середовищі QForm UK, яке успішно використовується для моделювання процесів обробки металів тиском.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ ПРИ ТЕРМОМЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ КАТАНКИ

Бойко М.Г., керівник доц. Бояркін В.В.

Український державний університет науки і технологій

Термомеханічна обробка (ТМО) часто використовується при виробництві катанки. Метою її застосування є формування нової мікроструктури і досягнення заданих властивостей за рахунок змін у кристалічній структурі сталі як результат поєднання деформації з термообробкою. Різноманіття можливих умов поєднання термічного та деформаційного впливу на структуру відкриває численні шляхи формування кінцевих властивостей і свідчить про широкі перспективи ефективного отримання дроту. Одним із таких способів є поєднання швидкого електронагріву, деформації аустеніту та патентування, що дозволяє відмовитися від соляних і травильних ванн та суттєво підвищити продуктивність.

Такий процес, вперше запропонований відомим вченим Кідінім І. М., передбачає дуже швидкий електронагрів (контактний або індукційний), деформацію прокаткою або волочінням через роликову волоку в температурному інтервалі від температури вище A_{c3} до температури A_{c1} . У цьому випадку відбувається ізотермічний евтектоїдний розпад на повітрі, що дозволяє виключити подальше використання соляних ванн.

Термомеханічну обробку овальної катанки виконують у прокатних валках з круглими калібрами. Охолодження дроту по перерізу під час проходження через валки

відбувається нерівномірно: поверхня охолоджується швидше, ніж внутрішні шари. При цьому важливо, щоб температура на виході з деформаційної зони залишалася вищою за температуру мартенситного перетворення для даної сталі.

Після виходу з валків поверхня катанки нагрівається за рахунок тепла з внутрішніх шарів і деякий час температура катанки залишається незмінною. Такий вихід на ізотерму є результатом балансу між тепловіддачею з поверхні катанки та надходженням тепла зсередини, а також теплом, що виділяється під час подальшого розпаду аустеніту. Ступінь охолодження можна регулювати параметрами нагріву та внутрішнього охолодження прокатних валків або роликів.

Через високу дрібнозернистість, наявність субструктури та мікронеоднорідність аустеніт, що формується при швидкому нагріві, має меншу стійкість до евтектоїдного розпаду. Криві ізотермічного розпаду такого аустеніту на діаграмах зміщуються вліво для вуглецевих сталей і вліво та вгору — для деяких легованих сталей.

Якщо структура аустеніту, утвореного при швидкому нагріванні, додатково ускладнена деформацією, його стійкість ще більше знижується. Швидкість охолодження в зоні деформації повинна бути достатньо високою, щоб запобігти розпаду аустеніту на цій стадії процесу.

Вихід на ізотерму має відбутися або до початку розпаду аустеніту, або на самій початковій його стадії. Тривалість розпаду не повинна перевищувати час існування ізотермічного стану. Процес розпаду має завершитися в межах цього часу.

Відомо, що розпад аустеніту починається через 1,5–2 с після досягнення температури ізотерми і завершується за 3–4 с. Це дозволяє завершити процес сорбітизації на ізотермі в повітряному середовищі без потреби у додаткових засобах для ізотермічного розпаду аустеніту. Тривалість ізотермічного етапу можна збільшити шляхом регулювання параметрів електронагріву.

Застосування такого процесу забезпечує більшу однорідність механічних властивостей катанки. Завдяки зміщенню фазових перетворень у зону вищих температур суттєво зменшується розмір зерна і усувається зерниста неоднорідність аустеніту. У дрібнозернистому субструктурному аустеніті в процесі деформування формується ще дрібніша текстура.

Велика кількість факторів, що впливають на процес (швидкість нагріву та прокатки, розмір катанки, ступінь деформації), ускладнює розробку оптимальних режимів такої термомеханічної обробки. Застосування моделювання на основі методу скінченних елементів значно скорочує кількість експериментальних досліджень. Розроблена в програмному середовищі QForm UK модель дозволяє на першому етапі визначити оптимальні температури нагріву й охолодження для досягнення необхідної температури катанки після виходу із зони деформації.

ВИРОБНИЦТВО БЕЗШОВНИХ ТРУБ: КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ І ПЕРЕВАГИ ПРОЦЕСУ PQF

Зятіна В.І., керівник доц. Бобух О.С.

Український державний університет науки і технологій

Безшовні сталеві труби використовуються в багатьох галузях економіки завдяки своїм високим службовим властивостям: стійкості до високих тисків і температур, різних видів корозії тощо. Саме тому застосування безшовних труб є незамінним у ситуаціях, де важливі високі технічні характеристики і тривалість служби.

За класичною класифікацією, безшовні труби виготовляються трьома основними способами: гарячою прокаткою, холодною прокаткою та екструзією. Залежно від фізико-хімічних властивостей вихідного матеріалу, сортаменту труб і вимог до їх

якості гарячу деформацію здійснюють різними способами, кожному з яких властиві свої особливості, переваги та недоліки. Незалежно від способу виробництва гарячедеформованих труб, технологічна схема включає наступні загальні елементи: нагрівання металу, отримання порожнистої заготовки (гільзи) і чорнової труби (розкочування гільзи), остаточне формування стінки та діаметра труби (редукування або калібрування). При цьому перед кожною технологічною операцією, при необхідності, проводять підігрів труби.

Щороку у світі виробляється близько 40 мільйонів тон безшовних труб, близько половини з яких становить високоякісна продукція, отримана на станах PQF. Основним замовником є нафтова та газова промисловість, яка використовує труби OCTG (Oil Country Tubular Goods), переважно виготовлені за процесом PQF. У міру того, як умови видобутку викопних джерел енергії стають дедалі екстремальнішими, труби також повинні відповідати підвищеним вимогам щодо якості та технічних характеристик. Ще однією сферою застосування високоякісних труб виробництва на станах PQF є конструкційні труби. Особливістю стану PQF, завдяки якій можливе досягнення таких високих показників щодо отримуваних труб, є те, що він об'єднує до шести клітей з трьома приводними валками кожна. Таким чином досягається більш рівномірний розподіл зусилля деформації відносно всього периметра валків, ніж це відбувається за технологією, коли задіюється звичайне розташування двох валків.

ВИРОБНИЦТВО ЕКСТРУЗІЄЮ БІМЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОБУДІВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ревякін Д.О., керівник доц. Кузьміна О.М.

Український державний університет науки і технологій

Отримання біметалевих виробів за допомогою процесів обробки металів тиском є сучасним напрямом у науці і технології. Досить активно розробляються теорія і технологія отримання таких виробів за допомогою процесів прокатки, але за комплексом деформаційних параметрів перспективною виглядає інший процес обробки металів тиском – екструзія. Традиційно процес екструзії використовується для отримання довгомірних профілів, однак при виробництві біметалевих заготовок виникають проблеми, пов'язані з різними властивостями з'єднаних профілів, і ці проблеми тим більші, чим довше отримуваний профіль. Тому доцільно розглядати цей процес на відносно невеликих довжинах, які можуть бути використані для подальшого використання наприклад у машинобудуванні. Для визначення раціональних схем виробництва біметалевих заготовок вказаного призначення необхідно дослідити процес екструзії біметалевих композицій на основі алюмінію; визначити спосіб екструзії, проаналізувати вплив основних параметрів деформації на характеристики якості виробу. Огляд сучасної літератури на дану тематику показав, що найбільш досліджуваними є сполучення у біметалевих композиціях алюмінієвих сплавів з мідними та магнієвими сплавами, а також алюмінієвих, мідних та магнієвих сплавів зі сталлю.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПАЛИВНИХ СЕКЦІЙНИХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО НАГРІВУ ТА ТЕРМООБРОБКИ ТРУБ

Мамедов Елмир Хикмат, керівник проф. Єрьомін О.О.

Український державний університет науки та технологій

Сучасні паливні печі, що широко використовуються для термообробки та швидкісного нагрівання труб діаметром більше 100 мм (або круглих заготовок

діаметром не більше 200 мм) зазвичай спроектовані та працюють на природному газі, що є на даний момент дефіцитним та вартісним паливом. Цей факт стає більш актуальним зважаючи, що джерелом такого палива багато років була Російська федерація, яка веде загарбницьку війну з Україною. Таким чином дефіцит природного газу призведе до необхідності реконструювати паливні печі, в тому числі і печі секційного типу, з метою застосування в них або альтернативного палива, відмінного від існуючого джерела енергії або суттєвої реконструкції системи опалення, що може призвести до вагомій економії енергетичних ресурсів.

Високі існуючі показники витрати пального, питомих витрат енергії та палива пояснюється рядом факторів.

1. Необхідність підтримання в робочому просторі високої температури 1350 – 1500 °С, що передбачається технології швидкісного нагрівання заготовок та термообробки труб.

2. Висока продуктивність печі, чому заважає сама конструкція агрегату, що передбачає розташування металу в один потік.

3. Вимога рівномірного нагрівання всієї поверхні металу.

4. Інтенсивне спалювання палива в порівняно невеличкому об'ємі робочого простору, що вимагає опалювати печі газом з високою теплоотою згоряння та високими витратами.

Таким чином, більшість існуючих секційних печей мають такі недоліки, як підвищену питому витрату палива (близько 85 – 140 кг у.п./т металу), високу температуру продуктів згоряння, які виходять з секцій печі, неефективну систему утилізації фізичної теплоти димових газів (у секційних печах зазвичай застосовують рекуператори блочного типу, що встановлюються для кожної зони печі. Рекуператори забезпечують неефективне нагрівання повітря до 200 °С, мають низькі експлуатаційні характеристики, морально застарілі) та інші недоліки. Крім того не виключена можливість перегріву металу при аварійних ситуаціях, пов'язаних із зупинкою в його русі, місцеві перегріви поверхні труби.

В роботі розроблені заходи щодо зниження витрат палива в секційних печах.

З теплового балансу печі, можливо зробити висновки, що існують три напрями енергозбереження:

1. зменшення теплового дефіциту металу, тобто кількості теплоти, яку повинен поглинути 1 кг металу в печі, щоб нагрітися від початкової до кінцевої температури;

2. мінімізація втрат теплоти з робочого простору печі через футерування та вікна в навколишнє середовище, а також на розігрів футерування до робочої температури;

3. підвищення коефіцієнта використання теплоти палива (КВП), тобто частини теплоти згоряння палива, яку вдається використовувати в рамках робочого простору печі. Витрата палива на піч обернено пропорційна величині КВП.

Для підвищення КВП застосовують наступні заходи: зниження температури вихідних газів, зменшення об'єму продуктів згоряння на одиницю палива з допомогою збагачення повітря киснем, шляхом підвищення теплоти згоряння палива, а також шляхом повного спалення палива з мінімальним надлишком повітря, ущільнення робочого простору та регулювання тиску газів у печі з метою усунення підсосів атмосферного повітря.

Також до заходів щодо зменшення витрат палива в секційних печах можна віднести:

- заміну двопровідних пальників на швидкісні пальники, спрямовані безпосередньо на поверхню металу, що реалізують струменевий (струменево-факельний) нагрів і забезпечують інтенсифікацію конвективного теплообміну в секціях печі,

- застосування волокнистих вогнетривких матеріалів, малоінерційного футерування секцій, гофрування і зачорніння футерування, з метою зменшення втрат тепла теплопровідністю та зниження теплоаккумуляційної здатності кладки,
- збільшення довжини секцій до 1,5 – 2,5 метра з зменшенням числа тамбурів і втрат теплоти на охолодження роликів;
- застосування регенеративної системи опалення секцій з використанням кулькових насадок для підігріву повітря. Це дозволить уникнути розбавлення диму перед рекуператором холодним повітрям і повністю утилізувати фізичну теплоту диму;
- перехід з водяного на повітряне охолодження роликів, особливо, при низьких температурах нагріву металу. Застосування рекуперативних роликів дозволяє знизити витрату палива на піч;
- використання дуття, збагаченого киснем. В результаті збільшується ступінь чорноти диму, зменшується температура вихідного диму
- поліпшення перемішування повітря і газу з метою недопущення догорання палива в регенераторах. Для цього необхідно вдосконалювати верхню будову насадок газового і повітряного регенераторів;
- переведення печі на інший спосіб опалення (наприклад електричне нагрівання).

Вибір способу підвищення ефективності роботи секційної печі може бути здійснений шляхом математичного моделювання теплової роботи агрегату.

Математична модель повинна містити наступні розрахункові блоки: розрахунок генерації теплоти (спалювання палива, електричний нагрів), розрахунок зовнішнього теплообміну, нагрівання металу, визначення техніко-економічних показників печі та аналіз теплового балансу визначених варіантів реконструкції системи опалення.

Пропонований алгоритм дозволить отримати обґрунтоване рішення щодо модернізації секційної печі, розрахувати орієнтовні показники її роботи.

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕОРІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ»

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИК ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНОК ХОЛОДНОЇ РОЛИКОВОЇ ПРОКАТКИ

Петров К.В., Серпокрил В.М., Селезенєв В.С., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.

Український державний університет науки і технологій

Для удосконалення методик розрахунків параметрів деформації при проектуванні ділянок холодної роликаної прокатки виконали регресійно-кореляційний аналіз узагальнених експериментальних та практичних даних для виробництва труб з нержавіючих аустенітних та феритних сталей загального призначення, підвищеної якості та особотонкостінних. Ретельно проаналізували різні апроксимаційні моделі та обрали найточніші, за якими було розроблено відповідне програмне забезпечення. Математичні моделі дають можливість розрахувати розміри заготовки для даних розмірів готової труби при проектуванні маршрутів та технологічних карт виробництва труб для всіх типорозмірів станів ХПТР.

Програмне забезпечення розроблено в програмному середовищі MS EXCEL та вирішує питання проектування нових маршрутів виробництва холоднодеформованих труб на станах ХПТР.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ДОВІДНИКА ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНОК ВОЛОЧІННЯ З КЛАСИФІКАТОРОМ ДЕФЕКТІВ ХОЛОДНОТЯГНУТИХ ТРУБ

Лучанов О.О., Пічурін В.В., Дьячкова Я.О., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.

Український державний університет науки і технологій

Проаналізовані основні процеси виробництва холоднотягнутих вуглецевих та нержавіючих труб волочінням, типи оправочного волочіння (волочіння на закріпленій короткій оправці та на самовстановлювальній оправці), а також технологічні операції при виробництві холоднотягнутих труб та основний інструмент. Представлені методики розрахунків напруження волочіння, яке з'являється у кінці труби, що вийшов з волоки; тягового зусилля волочильного стану та продуктивність трубоволочильного стану. Розроблена комп'ютерна програма, яка є електронним довідником для технологічного проектування ділянок волочіння широкого сортаменту труб на оправках і складається з автоматизованих розрахунків маршрутів, технологічних карт, тягового зусилля, продуктивності волочильних станів, технологічного циклу виробництва, креслень, каталогу дефектів волочіння. Комп'ютерні розрахунки виконані у програмному середовищі MS EXCEL. Технологічні інструкції, режими роботи обладнання, розрахунки, каталог дефектів впроваджені в систему управління проектами MS Project, що робить її електронним довідником з проектування ділянок волочіння. Програма є корисною при проектуванні технологічного циклу виробництва, управлінні процесами виробництва та аналізі навантаження на обладнання та ресурси.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ДОВІДНИКА З ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Бибик Н.М., Білик М.З., Покинтелиця М.В., керівники: доц. Соловйова І.А., ст. викл. Николаєнко Ю.М.

Український державний університет науки і технологій

Трубне виробництво є однією з найважливіших під галузей чорної металургії – визначної галузі народного хазяйства, тому розробка ефективної технології виробництва труб при проектуванні технологічних ліній є важливим етапом при проектуванні трубних цехів.

Проаналізовано технологію виробництва холоднодеформованих труб при проектуванні ділянок ХПТ. Розроблена методика та комп'ютерна програма розрахунку таблиць прокатки. Визначені технологічні параметри для розрахунку таблиці прокатки для станів ХПТ. В математичну модель внесені зміни та спрощення, які уточнюють розрахунок товщини стінки заготовки та діаметра заготовки при прокатці для станів холодної прокатки нового покоління: ХПТ 40-8, ХПТ 6-20, КРВ25LC. Розроблена комп'ютерна програма розрахунку маршрутів виробництва холоднодеформованих труб з вуглецевих та нержавіючих сталей, технологічних карт, створена база даних сучасних видів обладнання для цеху. Розроблено проекти технологічного циклу виробництва із застосуванням нового обладнання, що є корисним при проектуванні та управлінні ділянками холодної прокатки.

Всі технологічні розрахунки, проект технологічного циклу виробництва, база даних обладнання зосереджені в єдиному програмному продукті – довіднику з технологічного проектування.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ З СТАЛЕЙ ТИПУ X18H10T СПОСОБОМ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

**Тумашевич М.В., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.
Український державний університет науки і технологій**

Холоднодеформовані труби з сталей типу X18H10T з різним вмістом вуглецю застосовують для відповідальних елементів конструкцій в енергомашинобудуванні, в яких вимоги по геометрії, якості поверхні, фізико-механічним властивостям більш жорсткі по відношенню до труб загального призначення.

Проведений аналіз показав, що найбільш енергоємним процесом в технологічному циклі виробництва безшовних холоднодеформованих труб є отримання трубної заготовки. Прокатка таких труб здійснюється шляхом чергування численних операцій деформації, термічної і хімічної обробки. Визначено, що значну частину усього технологічного циклу займають операції нагріву, отже, скорочення цих операцій дозволить понизити енергоємність усього технологічного процесу.

Значний технічний прогрес в області виробництва труб був досягнутий у нашій країні завдяки найбільш влаштованим схемам розподілу деформації між основними агрегатами, застосування раціональних калібровок валків, використання обчислювальної техніки для розрахунків технологічних процесів та маршрутів виробництва, втілення заходів, які забезпечують комплексну автоматизацію і механізацію процесів.

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕПРОСОВАНИХ ТРУБ З ВАЖКОДЕФОРМОВАНИХ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ

Царенко І.Ю., Розумовський Р.В. керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловйова І.А.

Український державний університет науки і технологій

Одним з провідних способів виробництва сталевих труб є виробництво гарячепресованих труб на пресі зусиллям 44,1 МН, що забезпечує високу якість труб (чистота зовнішньої та внутрішньої поверхонь, точність заданого замовником діаметра труби, товщини стінки та механічних властивостей, відповідно призначенню).

Перевагою процесу пресування труб є пресове устаткування, яке легко і швидко може бути переналаштоване на виробництво труб іншого розміру.

Процес пресування характеризується найбільш сприятливою схемою напруженого стану металу при деформації всебічним нерівномірним обтисненням, що значно підвищує пластичність металу і дозволяє деформувати більш важкодеформовані сталі і сплави.

Проведений аналіз якості труб випресованих на трубопресовій установці зусиллям 44 МН, показав, що основним видом їхнього браку є підвищена різностінність і низька якість зовнішньої поверхні.

На підставі вищевикладеного, можна сказати, що розробка нових режимів пресування, що забезпечують підвищення якості зовнішньої поверхні та зниження рівня різностінності готових труб є актуальною задачею.

За допомогою програмного середовища MS Excel виконані основні технологічні розрахунки параметрів пресування для існуючої пресової установки та побудовані

тривимірні моделі інструменту для пресування за допомогою програми Autodesk Inventor.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАСТИЛ НА ПРОЦЕС ДЕФОРМАЦІЇ ТРУБ НА АГРЕГАТАХ З БЕЗПЕРЕРВНИМ СТАНОМ

Шефнер М.А. Ослам І.І., керівники: ст. викл. Николаєнко Ю.М., доц. Соловійова І.А.

Український державний університет науки і технологій

Вплив технологічних мастил на процес деформації труб, на агрегатах з безперервним станом, мало вивчений і висвітлений в літературі. Правильний вибір складу технологічного мастила сприяє збільшенню продуктивності прокатних станів і поліпшенню якості продукції, а також знижує знос інструменту.

У світовій практиці, в основному, застосовують графітні мастила на основі високодисперсних емульсій і високомолекулярних вуглеводів. На вітчизняних безперервних станах застосовується фосфатне мастило з добавками неорганічних або органічних речовин. Добавки до мастила забезпечують необхідну рівномірність нанесення шару на поверхню оправок, зниження температури плавлення змащувальної композиції та інші фізичні властивості. Деякі добавки знижують коефіцієнт тертя на контакті металу з оправкою, що приводить до зменшення поверхневого зносу оправок.

При прокатці труб на безперервному оправочному стані застосовуються мастила, що працюють в особливих умовах високотемпературного фрикційного контакту. Оправка при цьому піддається інтенсивній тепловій дії, джерелами якої є перенесення тепла від розігрітого металу та місцеве розігрівання від роботи сил тертя на контакті метал-оправка.

Величина розігрівання від роботи сил тертя залежить, в основному, від трьох факторів: величини тиску металу на поверхню оправки; швидкості ковзання металу по її поверхні; коефіцієнта тертя в парі тертя метал-оправка.

На підставі проведеного аналізу можна відзначити, що технологічне мастило повинно володіти високими теплоізолюючими і антифрикційними властивостями в умовах високих робочих температур і високою змащувальною здатністю.

МАШИНОБУДУВАННЯ

ПІДСЕКЦІЯ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

ТИПОВА ІСТОРІЯ НАВАНТАЖЕННЯ ГОЛОВНИХ ЛІНІЙ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ ШИРОКОШТАБОВИХ СТАНІВ

Осипов Д.С., керівник проф. Білодіденко С.В.

Український державний університет науки і технологій

При прогнозуванні ресурсу слід виходити з того, що процес зміни напружень в деталях машин не може бути стаціонарним в принципі, оскільки, щонайменше, цьому сприяє нерівності взаємодіючих поверхонь. У результаті з-за впливу багатьох факторів процес навантаження є випадковим. Такі процеси, які описуються кореляційною функцією чи енергетичним спектром, недиференційовані, в результаті чого неможливий їх структурний аналіз і розрахунок на опір втомі. Тому необхідна додаткова обробка реального процесу, якщо мова йде про управління безпекою.

При чисто випадковому навантаженні періодичність відсутня, що не характерне для технологічного обладнання. Встановлена технологія виконання робіт робить

процес навантаження псевдовипадковим, а усталена частота приводів характеризує експлуатаційний процес періодично-випадковим. Тому їх можна схематизувати формалізованими блоками, що відбивають історію навантаження.

Навантаженість об'єктів металургійного обладнання, зокрема головних ліній широкоштабових станів, представляється підсумковим спектром, який формується методом синтезу. Основа його полягає в знаходженні технологічної операції, при якій процес навантаження буде ергодичним. Далі на підставі статистичних досліджень повторюваності режимів (організаційний фактор) визначається закон розподілу навантажень. Подібні підсумкові спектри мають високий коефіцієнт варіації навантажень $V_Q \approx 0.5$, що не дає можливості уточнювати розрахунок і підвищувати безпеку при експлуатації. Високий коефіцієнт варіації обумовлений многорежимністю експлуатації. Варіація навантажень по амплітуді протягом одного режиму навіть з урахуванням динамічних явищ, як правило, становить $V_Q = 0,1 \dots 0,15$. Слід встановити параметри такого первинного випадкового процесу, що відображає природну експлуатаційну нестаціонарність навантаження.

Більш ефективно методом синтезу формувати багаторежимні макро-блоки, що складаються з мікроблоків підсумкової послідовності навантажень λ , відносна тривалість яких C_λ визначиться як різниця між імовірністю $C_\lambda = P_\lambda - P_{\lambda 1}$, які відповідають квантилям σ .

ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ГАЛЬМУВАННЯ РУХОМИХ ЧАСТИН ПОДАВАЛЬНОГО АПАРАТА ПІЛІГРИМОВОГО СТАНА

Колесников О.С., керівник доц. Мазур І.А.

Український державний університет науки і технологій

Одним з основних факторів, від яких залежить успішна прокатка труб на пілігримових станах є робота подавальних апаратів, що визначає в значній мірі продуктивність станів та якість труб.

Розглянувши недоліки подавальних апаратів пілігримових станів, котрі експлуатуються в Україні було встановлено, що одним з основних недоліків цих подавальних апаратів є значна швидкість рухомих частин при зустрічі гільзи з валками, що обумовлено поганими умовами гальмування рухомих мас. Розглянуто основні напрямки поліпшення умов гальмування рухомих мас подавального апарата при задачі гільзи у валки пілігримового стана.

В роботі розглянуті, серед інших, такі напрямки, як використання додаткових гальмівних пристроїв до основного гідравлічного гальма і удосконалення конструкції гідравлічного гальма.

Одним з напрямків поліпшення гальмування рухомих частин є включення додаткового пружинно-гідравлічного буфера у систему гідравлічного гальмування. Представлено графік, який дозволяє обґрунтовано вибрати момент початку роботи буфера.

Запропоновано подавальний апарат, у якому за рахунок зниження сили гальмування зменшується збурюючий вплив рухомих мас на каретку подавального апарата, внаслідок чого зменшується коливання каретки і розхід подачі гільзи у валки в кожному пільгерному кроку. У новому подавальному апараті між гальмівною камерою і гідравлічною (водною) камерою замість дросельного клапана і двох зворотних клапанів вбудовані переливні клапани плунжерного типу.

Виконані розрахунки режимів гальмування рухомих частин подавального апарата. Визначені параметри пружини переливного клапана, прохідні перерізи каналів і клапанів, що забезпечують постійність сили гальмування на усьому шляху

гальмування, за рахунок чого величина цієї сили зменшується приблизно у два рази. Наслідком цього є зменшення коливань каретки подавального апарата і поліпшення якості труб.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАЛОК
ХОЛОДИЛЬНИКІВ НА МАШИНІ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК**
Перевертайло Є.Є., керівник доц. Мазур І.А.
Український державний університет науки і технологій

За надійною та безпечною експлуатацією металоконструкцій машини неперервного лиття заготовок (МБЛЗ) виконується традиційними, неруйнівними методами контролю, а саме: візуально –оптичний, ультразвуковий, радіаційний, капілярний, магнітопорошковий. На сучасному етапі розвитку технологічних процесів та комплексної оцінки діагностування машин та механізмів явно недостатньо.

У останні роки великий інтерес проявляється до непрямих магнітних методів контролю напружено-деформованого стану (НДС) сталених конструкцій. Які засновані на тісній кореляційній залежності магнітних та механічних властивостей параметрів металу. Запропонований метод контролю вимірювання НДС за допомогою величини коерцитивної сили H_c який має значні переваги для діагностування.

У роботі досліджувались балки кантуючих холодильників на МБЛЗ. За допомогою трьох гідроциліндрів відбуваються процес переміщення заготовок. Балки кантуючих холодильників постійно переміщують заготовки, де таким чином відбувається процес охолодження заготовок на повітрі. В процесі роботи балки піддаються навантаженням до 150 - 180 тон. В зоні кріплення гідроциліндрів до балки, почали з'являтися видимі тріщини.

Балки кантуючих холодильників виготовлена з марки сталі 09Г2С.

Вимірювання коерцитивної сили виконувалось магнітним структуроскопом КРЦ-К2М на верхній та нижній частині балки через 0,6 метрів та в зоні кріплення гідроциліндрів.

За результати вимірювання встановлено, що вище точки $H_c=6,7A/cm$, пластичної деформації $Q=5,6$ т знаходяться деформовані ділянки балки. Коерцитивна сила у зоні кріплення циліндрів ділянок досягає величини H_c 7,8-7,9 A/cm, що значно вище точки плинності для даної марки сталі. Це показує, що є зони підвищеної концентрації напруження як на верхній та і на нижній частині балки, та особливо в зоні кріплення гідроциліндрів.

З вимірювань можливо обґрунтовано міркувати про відпрацьований ресурс та точніше спрогнозувати остаточний ресурс до початку руйнування. Перевищення H_c вище певного значення (для кожної марки) є зараз єдиним вісником втомних змін у металі балки. Покращення достовірності оцінки втомленого стану металу при діагностиці самих різних об'єктів дає корисний ефект при діагностиці металоконструкцій що дозволяє своєчасно вивести об'єкт з експлуатації та тим самим попередити руйнування.

**ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДКОГО
ШЛАКУ**

Яйчук О. О., Васькін Д.С., керівник доц. Поворотній В.В.
Український державний університет науки і технологій

В доменних і сталеплавильних цехах металургійних підприємств, для зливу шлаку та його транспортування застосовуються шлаковози. Основною і найдорожчою

частиною шлаковоза є чаша, що являє собою сталевий виливок у вигляді товстостінної оболонки різної конфігурації.

Нині в доменних цехах найбільшого поширення набули чаші об'ємом 16м³, що базуються на рамах з лафетами і переміщуються за допомогою двовісних ходових візків залізничного типу. Водночас на металургійних підприємствах почали впроваджувати шлаковози автомобільного типу, що перевозять одну чашу[1].

Метою даної роботи є підвищення ефективності експлуатації шлаковозів шляхом мінімізації випліскування рідкого шлаку. Досягнення цієї мети передбачає дослідження взаємозв'язку між режимами транспортування, конструкцією чаші та властивостями шлаку, що впливають на динаміку коливань рідкого розплаву. Отримані результати будуть використані для розробки оптимальних режимів експлуатації, які забезпечать мінімальний ризик випліскування шлаку. Запропоновані рішення базуватимуться на комплексному аналізі динамічних процесів, що відбуваються в шлаковій чаші під час транспортування шлаку.

Авторами були проведені чисельні моделювання коливання рідкого шлаку на базі тривимірних моделей шлакових чаш та усереднених фізико-хімічних властивостей розплавленого шлаку[2].

Результати чисельного моделювання виявили суттєві відмінності в характері коливань рідкого шлаку в чашах різної конструкції. Для доменного шлаку спостерігалася більш виражена залежність часу досягнення першого сплеску від величини прискорення в чаші на автомобільному ході, ніж в чаші на залізничному ході, що свідчить про більшу чутливість доменного шлаку до геометрії чаші. Сталеплавильний шлак, навпаки, демонстрував більш однорідну поведінку в чашах обох конструкцій.

Незважаючи на відмінності в характері коливань, для всіх досліджених випадків була встановлена загальна тенденція: виплеск після першого сплеску рідкого шлаку відбувається при прискоренні 1 м/с² і більше. Даний результат свідчить про наявність критичного значення прискорення, при якому починається активне випліскування шлаку з чаші, незалежно від типу шлаку та конструкції чаші. Це є важливим фактором для розробки стратегій безпечного транспортування рідкого шлаку.

Література:

1.Viktor Povorotnii, Iryna Shcherbyna, Serhii Zdanevych, Nina Diachenko, Tetiana Kimstach, Lyudmila Solonenko, Ruslan Usenko Determining the thermally-stressed state of motor-driven bowls for transporting liquid slag (2024) Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 1/7 (127), pp. 99 – 106. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.299180.

2.Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н., Хамхотько А.Ф., Степаненко Д.А. Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем. Днепропетровск: Пороги, 2013. – 344 с., ISBN 978-617-518-267-3

ПРО МОДЕРНІЗАЦІЮ ЕКСКАВАТОРУ НА СПЕЦІАЛЬНОМУ ШАСІ

Гончар Д. В., керівник доц. Богомаз В. М.

Український державний університет науки і технологій

В умовах сьогодення під час воєнного стану в нашій країні велика увага приділяється будівництву військових інженерно-технічних та фортифікаційних споруд в районах, які наближені до зони активних бойових дій або до державного кордону. З цією метою виконується великий об'єм земляних робіт, що спонукає до активного залучення засобів механізації дорожніх та земляних робіт до будівництва. Проте велика кількість наявних зразків такої техніки є застарілими як морально, так і фізично, та потребують великих витрат на підтримання їх у готовності до використання.

Враховуючи той факт, що внаслідок бойових дій техніка, яка залучається для виконання таких завдань, часто виходить з ладу внаслідок мінно-вибухових уражень, від безпілотних літальних апаратів, артилерійських обстрілів та за інших причин. В деяких випадках наявні пошкодження торкаються лише базової машини або робочого обладнання зразків техніки, а інші частини є повністю цілими, хоча сама одиниця є непридатною до використання за призначенням в цілому. Наявність справних частин від різних марок техніки дає можливість використати вціліле обладнання для ремонту або модернізації інших зразків техніки з аналогічним призначенням. Отже, необхідність успішного виконання вищеперелічених завдань будівництва спонукає до ефективних технічних рішень в сфері модернізації різних зразків техніки.

Як приклад, розглянута можливість модернізації екскаватору ЕОВ-4421, який призначений для виконання земляних та навантажувально-розвантажувальних робіт в немерзлих ґрунтах I...IV категорій. Всі екскаватори такої марки мають вже великий термін використання та досить застаріле робоче обладнання, але базова машина є надійною та відрізняється великою прохідністю, що при роботі в польових умовах є суттєво важливим. Отже, розглянута можливість заміни поворотної платформи екскаватору з робочим обладнанням зворотної лопати. Для цього з базової машини демонтовано стару поворотну платформу, виконано дообладнання обв'язочної рами, встановлено новий опорно-поворотний пристрій та поворотна платформа з пневмоколісного екскаватору Hyundai з зруйнованим ходовим пристроєм.

Таке технічне рішення дало можливість ефективного використання сучасної екскаваторної установки на повнопривідній базовій машині високої прохідності з високим кліренсом, що сприяє ефективному залученню екскаватору в польових умовах (на нестійких та вологих ґрунтах) при можливості раптового виникнення активних бойових дій. Внаслідок такої модернізації покращились основні параметри екскаватору: глибина копання, висота розвантаження, радіус копання, продуктивність. При цьому значно знизився рівень шуму під час виконання земляних робіт, а умови роботи машиніста екскаватору покращились за рахунок сучасного оснащення кабіни. Вона обладнана ергономічної конструкцією пульта керування. Підвіска сидіння забезпечує комфорт машиністу під час виконання робіт.

Модернізований екскаватор, на відміну від попередньої конструкції, оснащений централізованою електронною системою, що дозволяє машиністу побачити одним поглядом стан та умови роботи машини. Вона оснащена сигнальною системою безпеки для раннього виявлення несправностей машини та оповіщення про них оператора. На робочому місці машиніста екскаватору знаходиться панель дисплеїв та сенсорних перемикачів, що дозволяє в реальному часі контролювати роботу екскаватору та бачити основні робочі параметри екскаватору, швидко змінюючи їх за необхідністю із забезпеченням плавності дій при виконанні робочих операцій.

Проведено порівняльний аналіз модернізованого екскаватору зі старою конструкцією методом прогресуючого еталону, в основу якого покладено розрахунок значень комплексного показника, який враховує основні технічні характеристики порівняльних зразків такі як: продуктивність, глибина та радіус копання, висоту вивантаження, ємність ковша, тривалість робочого циклу, потужність двигуна, питому витрату пального. При виконанні розрахунків пріоритетність технічних характеристик обиралась однаковою. Аналіз отриманих результатів показав перевагу модернізованого зразку за комплексним показником.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Новіков С. І., керівник ас. Брильова М. Г.

Український державний університет науки і технологій

Сфера застосування оптимізаційних методів в інженерному проєктуванні доволі широка: від проєктування окремих структурних елементів технічних систем до проєктування вузлів устаткування та складання попередніх проєктів промислових підприємств загалом. Для того, щоб використовувати методи оптимізації, необхідно розробити «принципову схему» функціонування системи або виявити її структуру; тоді завдання оптимізації зводиться до вибору таких значень змінних, що характеризують розміри окремих пристроїв та режими їхньої роботи, яким відповідає найкраще значення характеристичного показника якості функціонування системи. Оптимізація під час планування та аналізу функціонування систем - це друга найважливіша сфера застосування оптимізаційних методів в інженерній практиці, яка пов'язана з удосконаленням наявних систем і розробленням виробничих планів для багатопродуктових техніко-економічних процесів. Завдання аналізу функціонування систем зазвичай виникають у тих випадках, коли потрібно адаптувати наявну виробничу систему до нових умов функціонування, відмінних від тих умов, які були передбачені проєкт цієї системи. Причини, що породжують вимоги такого роду, як правило, пов'язані з необхідністю: збільшення загального обсягу випуску продукції; використання інших видів сировини та розширення асортименту виробів; удосконалення технологічних операцій, що вирізняються низьким рівнем проєктних рішень. У зв'язку з розв'язанням зазначених завдань потрібно вибрати нові підхід, режим, або характеристики потоку, встановити додаткове обладнання, розробити нові технологічні операції. Методи оптимізації у виробничому плануванні орієнтовані головним чином на складання програм виробництва кількох видів продукції на окремому підприємстві, а також на координування виробничих планів підприємств, які пов'язані господарськими відносинами. Оскільки в таких додатках передбачається, що основне обладнання встановлено і функціонує, предметом дослідження є тільки функції змінних витрат. Завдання, що виникають при цьому, найчастіше можна сформулювати за допомогою лінійних і квазілінійних моделей. Оптимізація для аналізу й опрацювання ще одна широка сфера застосування оптимізаційних методів в інженерній практиці пов'язана із завданнями інженерного аналізу, зокрема із завданнями нелінійного регресійного аналізу. Серед найзагальніших проблем, що виникають у процесі розроблення інженерних моделей, можна виділити проблему визначення параметрів деякої напівемпіричної моделі на основі заданої множини експериментальних даних. Такого роду задачі опрацювання інформації, або задачі регресійного аналізу, шляхом нескладних перебудовань приводяться до вигляду оптимізаційних задач, оскільки вибір значень параметрів моделі здійснюється відповідно до критерію якості та опису наявних даних за допомогою цієї моделі.

РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВІДВАЛА БУЛЬДОЗЕРА ДЛЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пікало А. О., керівник доц. Главацький К. Ц.

Український державний університет науки і технологій

Актуальність роботи пояснюється необхідністю наочної демонстрації процесу копання ґрунту при виконанні лабораторних робіт і практичних занять студентами, а також під час наукових досліджень, спрямованих на розробку енергоефективного

робочого обладнання бульдозерів, необхідних для підтвердження результатів теоретичних досліджень.

Мета роботи – розширення технологічних можливостей бульдозерного обладнання у процесі копання ґрунту і забезпечення серед іншого таких видів робіт, як: традиційне копання ґрунту; косе копання вліво чи вправо; шляхопрокладання; накопичення ґрунту перед відвалом (шляхопрокладання навпаки); вібраційне копання ґрунту; вібраційне ущільнення ґрунту; зміна ширин відвала телескопуванням (висувними пластинами на лобовому листі).

Наукова гіпотеза роботи – підвищення енергоефективності робочого обладнання бульдозера за рахунок зменшення коефіцієнта питомого опору копання ґрунту та зменшення сили тертя ґрунту по ґрунту і збільшення продуктивності роботи бульдозера за рахунок зменшення втрат ґрунту, прискорення набору призми перед відвалом, скорочення часу циклу з урахуванням вібраційного копання ґрунту.

Основними задачами роботи є: огляд і аналіз аналогів; авторські пропозиції (ескізні рішення); силовий і конструктивний розрахунок; розробка діючої моделі робочого обладнання; дослідження процесу копання ґрунту моделлю бульдозерного обладнання; висновки та рекомендації на перспективу.

До запропонованого конструктивного рішення моделі бульдозерного обладнання ставиться ряд вимог, основними серед яких є: простота і надійність конструкції; висока технологічність її виготовлення; зручність і простота налаштування на заданий режим роботи; простота обслуговування; низька собівартість виготовлення; безпечність у користуванні; наочність роботи; модульний принцип конструювання; невелика маса для зручності ручного монтажу-демонтажу однією людиною; ремонтпридатність; зручність розміщення контрольно-вимірювальних пристроїв.

На базі запропонованої конструкції бульдозерного обладнання передбачена можливість встановлення як традиційної ножової системи, так і ряд інших типів ножових систем, розроблених на кафедрі «Прикладна механіка та матеріалознавство» УДУНТ, які використовуються на інших моделях бульдозерного обладнання.

Дана розробка дозволить дослідити роботу бульдозерних відвалів різних типів в лабораторних умовах та напрацювати матеріали для виготовлення їх натурних зразків для бульдозерів на базі промислових тракторів, що дозволить суттєво збільшити ефективність використання бульдозерів при виконанні різнопланових робіт з копання та наступного переміщення ґрунтових мас.

В подальшому доцільно розглянути дану конструкцію з метою оптимізації її маси за рахунок вибору матеріалів.

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТУ: ПЕРЕВАГИ, ВИКЛИКИ ТА ПОТЕНЦІЙНІСТЬ ІННОВАЦІЙ

Більцан К. М., керівник доц. Босий Д.О.

Український державний університет науки і технологій

Українська транспортна система перебуває в складному стані через війну, що триває в країні. Вантажний автотранспорт, згідно з даними Державної служби статистики України, займає друге місце за обсягами перевезень вантажів, проте в контексті конфлікту його функціонування та розвиток значно ускладнені. Незважаючи на це, важливо враховувати, що, навіть у військових умовах, вантажний автотранспорт лишається важливою ланкою у транспортній системі країни. Для майбутнього розвитку екологічно чистих транспортних технологій, як електричний транспорт, інноваційні рішення можуть стати ключовими, коли ситуація в країні дозволить відновити мир та стабільність.

Згідно з даними Державної служби статистики України станом на 2021 р., автомобільний транспорт є одним з основних гравців, посідаючи друге місце за обсягами перевезень вантажів у країні. Вантажний автомобільний транспорт забезпечує 36% обсягу перевезень вантажів, що свідчить про його значну роль у транспортній системі. Вантажовласники віддають перевагу автотранспорту для перевезень через декілька причин. По-перше, автомобільні перевезення не обмежені фіксованими шляхами, як залізничний транспорт, що дозволяє доставляти вантажі безпосередньо до кінцевого пункту. По-друге, автотранспорт має високу маневровість, що дозволяє легше організовувати маршрути та доставлення вантажів. По-третє, на ринку існує різноманіття типів вантажних автомобілів, що спрощує вибір оптимального транспортного засобу для конкретного завдання та зменшує кількість логістичних операцій. У результаті вантажні автомобілі здатні перевозити практично будь-який вид вантажів навіть на значні відстані, автоперевізники успішно конкурують із залізницями, коли є важливою швидкістю доставки та невеликі обсяги вантажу.

У світі наразі спостерігається тренд до електрифікації приватного автотранспорту, що обумовлено загостренням екологічних проблем, зокрема забруднення повітря та зміни клімату. Електричні автомобілі вважаються більш екологічно чистими порівняно з традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння, оскільки не виділяють в атмосферу викидів шкідливих газів. Крім того, розвиток технологій дозволив збільшити запас ходу електромобілів і полегшити їхнє використання, експлуатація електроавтівок зменшує шумове забруднення населених пунктів та відкриває додаткову сферу для використання альтернативних та відновлювальних джерел електроенергії, що сприяє зниженню залежності від нафтопродуктів та зменшенню викидів парникових газів.

Наступним еволюційним етапом розвитку вантажного автотранспортного сектору є електрифікація, яка відкриває шлях до більш сталого та екологічно чистого перевезення вантажів. Здійснення цього переходу вимагає вивчення і досліджень на даному етапі для визначення оптимальних шляхів впровадження електрифікованих систем у вантажній автомобільній промисловості та інфраструктурі. Очевидною є проблема забезпечення безперервних перевезень на великі відстані. Сучасні технології накопичувачів електроенергії, на сьогодні, не забезпечують оптимальних рішень, спроможних забезпечити повну автономність транспортних засобів, відповідно, існує необхідність в розгляді питання електрифікації автомобільних доріг між населеними пунктами.

Отже, використання інноваційних технологій спільно з розвитком електричного транспорту є **необхідним кроком** до зменшення негативного впливу на довкілля, підвищення енергонезалежності та розвитку сучасних технологій. Незважаючи на існуючі труднощі, впровадження **інноваційних рішень** та **розвиток інфраструктури** може зробити цей процес **ефективним та вигідним у довгостроковій перспективі**. Україна, маючи значний потенціал у відновлюваній енергетиці, може стати частиною **глобального тренду на зелений транспорт** та зробити внесок у створення **екологічно сталого майбутнього**

**ЗАСТОСУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ТРАНСПОРТНО -
ЛОГІСТИЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

**Соболевський Є.В., керівник ст. викл. Сидоренко В.К.
Український державний університет науки і технологій**

Багаторічний досвід локальних війн, збройних конфліктів та особливо події в ході війни російської федерації проти України свідчать, що автомобільний транспорт має ряд переваг перед іншими видами транспорту: він без відриву може пересуватись за своїми військами, знаходитись у їх бойових порядках, забезпечувати транспортування великої кількості матеріальних засобів безпосередньо у війська, а також виконувати евакуаційні перевезення. Завдяки своїй маневреності, гнучкості, високій прохідності та меншій уразливості автомобільний транспорт є вирішальним засобом, що забезпечує тісний взаємозв'язок усіх інших видів транспорту під час їх комплексного використання при організації всебічного забезпечення військ.

Автомобільний транспорт у військових з'єднаннях та частинах Збройних Сил (ЗС) України є основним транспортом для логістичного забезпечення. Основними завданнями автомобільних військових частин та підрозділів ЗС України є виконання військових автомобільних перевезень. Виконання автомобільних перевезень здійснюється автомобільним транспортом військових частин логістичного забезпечення ЗС України. Як правило, автомобільні частини (підрозділи) використовуються для підвезення вантажів, відповідно автомобільні військові частини ЗС України – для перевезень матеріальних засобів від військових частин (органів) логістичного забезпечення ЗС України до підрозділів логістичного забезпечення військових з'єднань та частин, в окремих випадках – до вогневих позицій артилерії, минаючи проміжні ланки. Підвезення матеріальних засобів в ЗС України організовується за принципом «зверху вниз» («від себе»), а евакуація – «знизу вверх» («на себе»).

В залежності від призначення автомобільні військові частини та підрозділи ЗС України укомплектовуються: вантажними автомобілями та причепами (бортовими), сідельними тягачами з напівпричепами, автоцистернами, автопаливозаправниками та наливними причепами, сідельними тягачами з важковозними напівпричепами для перевезення великогабаритних вантажів, спеціальними автомобілями, а для проведення ремонту та технічного обслуговування автомобільної техніки всі частини та підрозділи укомплектовуються рухомими ремонтними майстернями та засобами буксирування (евакуації).

Окремі автомобільні військові частини, укомплектовані автопоїздами великої вантажопідйомності, використовуються для транспортування інженерного та спеціального наземного обладнання, ракетного озброєння, танків, бойових броньованих машин, пускових установок на гусеничному шасі та іншої військової техніки на важковозних причепах та напівпричепах. Такі перевезення здійснюються як правило в нічний час після вивантаження з залізничного транспорту за 50 – 100 кілометрів від районів бойових дій з метою збереження запасу моторесурсів та забезпечення безпеки руху.

Автопоїзда при відповідному обладнанні можуть використовуватися для перевезення пального в металевих резервуарах та суховантажів в контейнерах. Автомобілі зі спеціальним обладнанням кузовів використовуються для транспортування комплектів труб та обладнання трубопровідних частин, засобів переправи інженерних військ, ракетного озброєння, палива та іншого майна. По

призначенню (спеціалізації) автомобільні транспортні засоби розділяються на: – підвозу суховантажів (бортові); – підвозу пального (наливні); – підвозу спеціальних вантажів (ракет та боєприпасів); – важких машин; – багатоцільового призначення (мультиліфт). Для евакуації поранених, хворих військових, а також евакуації мирного населення з прифронтової полоси та з районів бойових дій використовуються броньовані автомобілі.

В цілому автомобільний транспорт виконує більшість завдань транспортно – логістичного забезпечення у військових з'єднань та частин Збройних Сил України.

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПО ПІДВИЩЕННЮ НАДІЙНОСТІ НАСОСІВ ПІДЖИВЛЕННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН

Гончаров М.Д., керівник ст. викл. Лосіков О.М.

Український державний університет науки і технологій

В гідравлічних трансмісіях мобільних машин гірничо-металургійного комплексу широке застосування знайшли аксіально-поршневі гідронасоси і гідромотори. В аксіально-поршневих гідронасосах, для регулювання їх робочого об'єму та компенсації об'ємних втрат в гідравлічній трансмісії, встановлюються насоси підживлення (НП) шестеренного типу з зовнішнім зацепленням.

Очевидним є те, що надійність НП буде суттєво впливати на надійність, як аксіально-поршневого гідронасоса так і на гідравлічну трансмісію в цілому.

Дослідження експлуатаційної надійності НП, проведені в роботі [1], свідчать, що основними причинами втрати їх роботоздатності є гідроабразивне зношення деталей у спряженнях: «торець шестерні – верхня кришка», «торець шестерні – нижня кришка». Зміна структурних параметрів деталей у цих двох спряженнях призводить до збільшення торцевого зазору в качаючому вузлі насоса. Це спричиняє зростання об'ємних втрат робочої рідини, що, у свою чергу, зменшує подачу насоса та його об'ємний коефіцієнт корисної дії.

Проведений аналіз конструктивних особливостей НП аксіально-поршневих гідромашин показав, що в конструкції качаючого вузла НП відсутні конструктивні рішення з компенсації торцевого зазору.

Для стабілізації торцевого зазору в качаючому вузлі НП пропонується встановлення в верхній кришці насоса пластину для компенсації торцевого зазору (рис. 1) [2].

Запропоноване конструктивне рішення дозволяє збільшити довговічність НП за рахунок поглинання вібрацій пружнодемпфуючим елементом компенсаційної пластини при запуску та зменшення об'ємних витрат робочої рідини за рахунок компенсації торцевого зазору в качаючому вузлі.

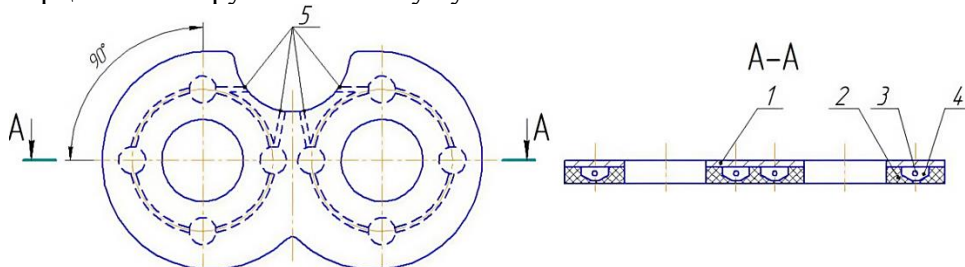


Рисунок 1 – Конструкція пластини компенсації торцевого зазору.

1 - робоча поверхня; 2 - опорна поверхня; 3 - пружнодемпфуючий елемент;

4 – камери гідростатичного піджиму; 5 – канали для подачі рідини.

Література:

1. Лосіков О. М. Вид та характер зношення деталей качаючого вузла насоса підживлення аксіально-поршневої гідромашини. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. №7. С. 170-173.

2. Насос підживлення аксіально-поршневої гідромашини./ Мельянцов П.Т., Єрмократьєв В.О., Назарець В.С., Лосіков О.М.: пат. 109472 Україна: МПК (2015.1) F04C 2/04 (2006.01), F04C 2/08 (2006.01), F04C 15/00. № а201308781; заявл. 12.17.2013; опубл. 25.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РУКАВІВ ВИСОКОГО СТИСКУ ПРИ СКЛАДАННІ КІНЦЕВОЇ АРМАТУРИ В ПРОЦЕСІ ЇХ РЕМОНТУ

Плюгін Д.О., керівник доц. Мельянцов П.Т.

Український державний університет науки і технологій

На мобільних машинах, які використовуються в різних галузях промисловості, для забезпечення автоматизації виробничих процесів широко застосовуються гідравлічні системи. Невід'ємною складовою яких являються гідравлічні рукава високого тиску. Від їхньої надійності залежить стабільність роботи машин та безпека персоналу. Аналіз експлуатаційної надійності гідравлічних рукавів високого тиску показує, що в середньому їх наробіток не перевищує 2000 мото-год. [1]. Згідно проведених досліджень надійності складових гідравлічних систем на рукави високого тиску припадає близько 25% усіх поломок гідравлічного устаткування машин. Такий високий показник пов'язаний з кількома чинниками: механічним навантаженням та вібрацією, які рукав постійно відчуває в умовах експлуатації; ризиком неправильного монтажу або обтиску арматури, що викликає розгерметизацію; впливом агресивних середовищ і перепадів температур, які пришвидшують старіння матеріалів та ін.

Детальний аналіз поломок показав, що найбільш вагомим дефектом являється розрив стінок гідравлічних рукавів напірних контурів гідравлічних систем.

В роботі [2] автори також відмічають, що до основних причин, які обумовлюють руйнування гідравлічних рукавів слід віднести наявність втомної напруги в матеріалі рукавів, від тиску, вібрації, температурних навантажень і неякісного складання (монтажної неточності), а також конструктивні недоліки в з'єднаннях і запірних пристроях.

З аналізу відмов, можна зробити висновок, що їх низька довговічність обумовлена недостатньою надійністю з'єднання рукавів з нерозбірною приєднувальною арматурою і зменшенням міцності рукавів в зоні опресування їх в цю арматуру. Такий стан справи вказує на те, що питання з'єднання рукава з арматурою опресуванням не достатньо досліджені.

Метою роботи являється – забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних рукавів високого тиску від якості складання кінцевої арматури з застосуванням метода опресування з'єднання.

Для досягнення запланованої мети, розв'язуються такі завдання: визначити зусилля обтиску муфти гідравлічних рукавів, враховуючи критерій залишкових деформацій; проаналізувати забезпечення міцності з'єднання кінцевої арматури з рукавом відповідно до критерію руйнівного тиску.

Визначимо силу, що діє на ділянці одного осередку потоку обплетення при опресуванні за виразом [3,4]:

$$F_{я} = \left(\frac{\sigma_{\max}}{\alpha_{\text{від}}} \right)^3 \cdot \frac{k \cdot l_{\text{оп}} \cdot R_{\text{оп}}}{E}, \quad (1)$$

Позначення які входять до виразу (1): де $\alpha_{\text{від}}$ - коефіцієнт, що залежить від відхилення радіусів кривизни поверхонь; σ_{max} - допустиме контактне напруження матеріалу муфти; $F_{\text{я}}$ - сила, що прикладається при опресуванні, H ; E - модулі пружності матеріалу; $R_{\text{др}}$ - радіус перерізу дроту усилення, мм ; k - кількість дротів в потоці обплетення; $l_{\text{др}}$ - довжина дроту в осередку, мм .

Для розрахунку прийняті наступні вихідні дані: $\sigma_{\text{max}} = 160 \text{ МПа}$, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$, $\alpha_{\text{від}} = 0,418$, $k = 7$, $l_{\text{др}} = 8 \text{ мм}$, $R_{\text{др}} = 0,15 \text{ мм}$.

За результатами розрахунків на ділянці одного осередку потоку обплетення усилення буде діяти сила - $F_{\text{я}} \approx 2243 \text{ Н}$. Тоді тиск на ділянку осередку обплетення при $d_{\text{др}} = 0,30 \text{ мм}$ буде дорівнювати $q_{\text{я}} = 133,5 \text{ Н/мм}^2$. Сила нормального тиску на одному деформаторі при геометричних параметрах його контактної поверхні $7 \times 10 \text{ мм}$, складе - $N_{\text{д}} \approx 9347 \text{ Н}$, а загальна сила обтиску муфти при кількості деформаторів $n_{\text{д}} = 8$, буде дорівнювати - $N_{\text{м}} = 74777 \text{ Н}$.

Міцність з'єднання арматури з рукавом буде забезпечена тоді, коли сила, яка прагне зірвати арматуру $F_{\text{зр}}$, урівноважиться з силами тертя на поверхнях контакту рукава з ніпелем $F_{\text{н}}$ і з втулкою $F_{\text{вт}}$.

Сила $F_{\text{зр}}$, яка зриває рукав з арматури з внутрішнім діаметром рукава d_o при критичному тиску (тиск руйнування рукава ($P_{\text{руйн}}$)), визначиться за виразом:

$$F_{\text{зр}} = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot P_{\text{руйн}} \quad (2)$$

Загальну силу обтиску втулки $N'_{\text{м}}$ з врахуванням коефіцієнтів тертя гуми по сталі - $f_{\text{рс}}$ та коефіцієнту тертя сталі по сталі - $f_{\text{сс}}$ можна знайти з виразу:

$$N'_{\text{м}} = \frac{F_{\text{зр}}}{f_1 + f_2} \quad (3)$$

При руйнівному навантаженню рукава з внутрішнім діаметром 12 мм $P_{\text{руйн}} = 75 \text{ МПа}$ [3] і коефіцієнтах тертя $f_{\text{рс}} = 0,35$, $f_{\text{сс}} = 0,15$ [3] загальна сила обтиску втулки буде дорівнювати - $N'_{\text{м}} = 18850 \text{ Н}$, а сила зриву - $F_{\text{зр}} = 8482 \text{ Н}$.

Отримані результати дозволяють встановити, що для забезпечення міцності з'єднання кінцевої арматури з рукавом за критерієм руйнівного тиску, достатня сумарна сила обтиску муфти ($N'_{\text{м}} = 18850 \text{ Н}$), що в 4 рази менше значення, отриманого розрахунковим шляхом з урахуванням критерію залишкових явищ деформації на досліджуваних ділянках зразків обтисень арматури рукавів високого тиску. Опресовування кінцевої арматури існуючими методами проводиться з підвищеним рівнем стиснення внутрішнього гумового шару рукава, що значно скорочує експлуатаційний ресурс гідравлічних рукавів.

Література:

1. Мельянцов П. Т., Шуть О. В. Теоретичні передумови обґрунтування впливу конструктивних елементів гідравлічних рукавів і деталей приєднувальної арматури на міцність та герметичність їх з'єднань // Zbiór raportów naukowych «Nauka I Utworzenie XXI Stulecia: Teoria, Praktyka, Innowacje», - Opole: «Diamond trading tour», 2013. S. 80-84.
2. Мельянцов П. Т., Коваленко В. О. Вплив динамічного згину на ресурс гідравлічних рукавів високого тиску // Zbiór raportów naukowych «Inżynieria i technologia. 2014. Osiągnięcia, projekty, hipotezy» – Warszawa, «Diamond trading tour», 2014 S. 38-43
3. Петренко, В. С., Черненко, І. М. - Опір матеріалів: навчальний посібник. Львів: Світ, 2017. 368 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

**Косенко Д. С., керівник ст. викл. Черкудінов В. Е.
Український державний університет науки і технологій**

Сучасні автомобілі, трактори та комбайни оснащені складними системами електрообладнання, які визначають не лише комфорт, а й безпеку руху. За даними Нацполіції та МНС України, понад 40% пожеж на транспорті спричинені несправностями електрообладнання. У зв'язку з цим забезпечення технічно справного стану проводки та електроніки є критично важливим для автосервісної інфраструктури України.

Станом на 2024 рік середній вік транспортних засобів в Україні перевищує 15 років. Частка пожеж, пов'язаних з електропроводкою, на комбайнах становить до 45%. Особливо критичним є стан ізоляції ПВХ-дротів, що при температурі понад 70°C втрачають свої властивості. Через старіння дротів, неякісний монтаж і відсутність запобіжників зростає ризик коротких замикань та загорянь. У цьому контексті важливо запроваджувати адаптивне технічне обслуговування, яке враховує реальний технічний стан агрегатів.

На основі досліджень СТО "Автотрейдинг-Дніпро" та ДТЕК "Дніпровські енергетичні мережі" виявлено, що найбільш критичними є відмови електродротів стартера, генератора, фар ближнього світла та кермового підсилювача. Найчастіші причини — термічне старіння, перевантаження, механічне тертя та волога. Більшість відмов належать до першої групи складності і можуть бути усунені профілактичними заходами.

Пропоновані заходи удосконалення ТО: впровадження інфрачервоної термографії для виявлення нагрітих ділянок проводки, встановлення датчиків температури та струму в ключових вузлах, регламентне тестування ізоляції дротів із використанням теплових камер, введення модульного підходу до ТО — обслуговування не за пробігом, а за фактичним зношенням.

Розгляд математичної моделі оптимізації періодичності ТО показав, що необхідно враховувати залежність ресурсу від температури та струмового навантаження:

Модель дозволяє прогнозувати вихід з ладу ізоляції й оптимізувати строки перевірки систем.

Переоснащення сервісних станцій діагностичним обладнанням на основі нейромережі для визначення типу несправностей за параметрами дротів дозволить знизити частоту відмов. Перспективними є також дроти з термостійкою ізоляцією (наприклад, з поліетилену зшитого типу — XLPE), що витримують до 130°C.

Модернізація ТО із застосуванням новітніх методів діагностики дозволить зменшити кількість аварій та підвищити безпеку експлуатації техніки.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КАРДАННОГО ВАЛУ АВТОМОБІЛЯ

**Марченко В. А., керівник ст.викл. Черкудінов В. Е.
Український державний університет науки і технологій**

Ремонтні підприємства часто стикаються з нестачею запасних частин, що знижує технічну готовність автопарку. Близько 75% деталей, вибракуваних після капітального ремонту, є ремонтпридатними. Особливо актуальним є вторинне використання деталей карданної передачі, яка зазнає значних навантажень у процесі експлуатації.

Сучасні умови господарювання вимагають від автотранспортних підприємств максимального зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт. Відновлення зношених деталей — це стратегічний напрямок підвищення ефективності роботи сервісних центрів, що дозволяє скоротити залежність від імпорتنих запчастин, зменшити споживання металу та знизити витрати на утилізацію. У цьому контексті використання прогресивних методів наплавки, таких як наплавка в середовищі CO₂, відкриває нові перспективи для розвитку сервісних підприємств. Актуальність роботи також полягає в необхідності підвищення надійності транспортних засобів у складних дорожніх і кліматичних умовах. Крім того, розвиток технологій відновлення сприяє екологізації автомобільного сервісу шляхом зменшення кількості відходів виробництва.

Карданна передача складається з карданного вала, скользячої вилки, двох карданних шарнірів, фланців і підшипників. Важливим елементом є система змащування, яка забезпечує нормальну роботу підшипників і зменшує зношування.

Детально розглянуто питання синхронності обертання валів, розрахунки навантаження на шипи та вилки, визначено запас міцності деталей за показниками згину, зрізу та кручення. Встановлено, що при дотриманні регламентів обслуговування ресурс карданного вала відповідає нормативам.

Описано послідовність дій з дефектації, сортування, вибору методів відновлення та обробки дефектних деталей. Перевага надається наплавці в середовищі CO₂ з наступним шліфуванням. Такий підхід дозволяє ефективно усувати зношення шийок та торців шипів хрестовини, зберігаючи геометрію та міцність.

Розрахунки підтвердили ефективність запропонованої методики. Наплавка забезпечує необхідну твердість, а економічна доцільність зумовлена нижчими витратами в порівнянні з придбанням нових деталей.

Відновлення карданного вала методом наплавки є технічно доцільним. Використання CO₂-полуавтоматичної наплавки дозволяє знизити витрати та підвищити ресурс.

Розроблений маршрут відновлення забезпечує контрольовану якість ремонту й може бути впроваджений у серійному виробництві.

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ АВТОПОЇЗДА НА ЙОГО МАНЕВРЕНІСТЬ

**П'ятков С. К., керівник ст.викл. Черкудінов В. Е.
Український державний університет науки і технологій**

Маневреність автопоїздів є однією з ключових характеристик, яка впливає на їх здатність працювати в обмежених умовах міської інфраструктури, складських зонах, портових терміналах. На фоні зростання обсягів логістичних перевезень, актуальним є питання удосконалення конструкцій автопоїздів з метою зменшення габаритної смуги повороту.

Основні показники, що характеризують маневреність:

- зовнішній габаритний радіус повороту;

- внутрішній габаритний радіус повороту;
- смуга сліду коліс;
- габаритна смуга руху.

Ці характеристики визначаються як геометрично, так і на основі математичного моделювання силової взаємодії та динаміки зв'язків автопоїзда при русі по дузі. Результати моделювання залежать від кількості осей, бази, радіусів повороту, мас та інших експлуатаційних параметрів.

Для опису руху використано рівняння рівноваги сил та моментів для тягача і причепа. Обчислення здійснено в середовищі Mathcad. Коефіцієнти опору уводу визначалися відповідно до конструктивних параметрів шин (ширини профілю, кількості шарів корду, тиску в шині) з урахуванням впливу сили тяжіння, зчеплення з покриттям та поперечних реакцій. Моделювання охоплює як седельні, так і причепні автопоїзди (двох- і трьохвісні).

На прикладі автопоїзда MAN з напівпричепом розраховано було доведено, що найбільше на маневреність впливають:

- довжина бази тягача;
- число осей у напівпричепі;
- величина кута повороту передніх коліс;
- жорсткість шарнірного з'єднання.

Інноваційні підходи в галузі підвищення маневреності включають:

- застосування керованих осей у причепах;
- системи активного управління поворотом (Active Trailer Steering);
- застосування електрогідравлічних актуаторів для зміни траєкторії в режимі реального часу;
- зменшення габаритної смуги руху за рахунок оптимізації схеми розміщення осей.

За даними компаній ZF та Schaeffler, впровадження активних рульових систем у комерційних автопоїздах дозволяє зменшити радіус повороту на 10–15% без зміни габаритів автопоїзда.

Сучасні технології активного управління відкривають перспективи вдосконалення конструкцій автопоїздів без втрати їх вантажопідйомності.

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ НА ЙОГО ВЛАСНІ ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ

Телятник І. С., керівник ст.викл. Черкудінов В. Е.
Український державний університет науки і технологій

Коливання в автомобільній техніці відіграють подвійну роль — з одного боку, це прояв природних властивостей пружних елементів, а з іншого — джерело дискомфорту, зношення та навіть небезпеки для пасажирів і конструкції.

Особливої актуальності ця тема набуває на фоні зростання кількості ДТП, де причинами виступають технічні несправності через вібрації або акустичні резонанси. Встановлення взаємозв'язку між конструктивними характеристиками автомобіля та його власними частотами коливань дозволяє реалізувати системи технічної діагностики нового покоління.

Дослідження довели, що жорсткість ресор (передніх та задніх), маса кузова та радіус інерції центру мас мають критичний вплив на частоти коливань. Із підвищенням жорсткості спостерігається зростання частот, що вказує на жорстке динамічне налаштування системи. Зі збільшенням маси кузова та інерційних параметрів —

навпаки, частоти знижуються, що може викликати резонанс із дороговими нерівностями.

Коливання розглядалися у вигляді продольних рухів, що описуються рівняннями Лагранжа другого роду. Було розв'язано прямі та зворотні задачі — від визначення частот за відомими параметрами до ідентифікації характеристик за спектром коливань. Важливою новизною є отримання аналітичних виразів для визначення маси кузова та жорсткостей рессор по відомих власних частотах.

Результати можуть бути використані:

- у проектуванні пасажирських авто з покращеною вібраційною комфортністю;
- оцінці стану підвіски без розбору шляхом аналізу акустичного сигналу;
- у віброакустичних сенсорних системах нових автомобілів.

Зокрема, алгоритм реалізовано у середовищі Delphi, а результати ідентифікації характеристик рессор можуть бути інтегровані у бортові діагностичні системи.

Застосування даних досліджень відкриває нові шляхи в:

- створенні систем активної підвіски з автоадаптацією до умов руху;
- прогнозуванні резонансних режимів для уникнення руйнування кузовних елементів;
- розвитку цифрових двійників транспортних засобів із віртуальним моделюванням динаміки.

Коливання з частотами в межах 4–8 Гц можуть негативно впливати на здоров'я людини (головний біль, нудота, швидка втома). Деякі резонансні режими здатні викликати механічне руйнування зварних швів або швидке зношення підвіски. Особливу небезпеку становить не діагностована зміна жорсткостей рессор унаслідок старіння — вона може знижувати частоти до рівня дорожніх нерівностей, спричиняючи небезпечний резонанс.

Впровадження результатів у системи віброакустичного контролю дозволить підвищити безпеку й комфорт транспорту.

ШЛЯХИ ЗАПОБІГАННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ РОБОТИ БУДІВЕЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА НАВКОЛІШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Безнощенко Є. Ф., керівник доц. Щєка І. М.

Український державний університет науки і технологій

В мирний час та умовах воєнного стану відповідно вимог нормативно-правових документів, в тому числі вимог міжнародного гуманітарного права, завжди особливої уваги необхідно приділяти забезпеченню екологічної безпеки, підтримання екологічної рівноваги, мінімізації негативного впливу на довкілля.

Вивчення динаміки екологічної обстановки у закладах, установах, організаціях, підприємствах показує, що суттєвими факторами негативних наслідків впливу будівельно-відновлювальної техніки на природні ресурси є забруднення втратами паливно-мастильних матеріалів та відходами роботи двигунів. Для запобігання цього негативного впливу необхідно дотримуватися заходів системи технічних оглядів та ремонтів (ТОіР), а саме:

своєчасно і на високому технічному рівні проводити технічні огляди, поточні та капітальні ремонти, які забезпечили б попередження витікання паливо-мастильних матеріалів;

правильно регулювати паливну апаратуру і системи запалювання технічних засобів;

підвищити контроль над двигунами та паливними системами шляхом регулювання подачі пального та мастильних матеріалів, запобігаючи їх витіканню.;

скорочення шкідливих викидів в атмосферу (встановлення пиловловлюючих і газоочисних установок);

вжиття інших заходів щодо зниження токсичності вихлопних газів бойової та іншої техніки).

Додатково до заходів ГОіР доцільно ємкості з нафтопродуктами встановлювати під землею, що порівняно з наземним розміщенням значно зменшує втрати за рахунок випаровування.

Військовим частинам, закладам, установам, організаціям, підприємствам необхідно вести облік потенційно небезпечної БВТ та вживати заходи щодо запобігання негативному впливу їх на навколишнє середовище.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ СИСТЕМОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ

Пономаренко Д. А., керівник доц. Щека І. М.

Український державний університет науки і технологій

Забезпечення працездатності автомобільної техніки Державної спеціальної служби транспорту в сучасних умовах відновлення та будівництва національної транспортної інфраструктури є надзвичайно важливим завданням. Одним із способів підвищення безвідмовності функціонування будь-якої машини є застосування принципів резервування. Тривалість життєвого циклу автомобіля від моменту випуску його із заводу-виготовлювача до списання залежить не тільки від рівня його початкової якості, а також від прийнятої стратегії резервування при ремонтах у процесі експлуатації.

Аналізі існуючих стратегій експлуатаційного резервування показує, що можливе і агрегатне резервування, і навіть резервування повнокомплектних машин. Можна говорити про систему резервування, яка складається з підсистем різних рівнів резервування (ієрархії резервування):

нижчий рівень – ремонтний комплект;

середній рівень – агрегат;

найвищий рівень – машина.

Результати проведеного аналізу виконаних у цьому напрямі робіт показують, що є більше теоретично і практично розроблених та реалізованих положень щодо резервування для середнього та вищого рівнів ієрархії резервування. Але кожен рівень експлуатаційного резервування має свою економічно ефективну сферу застосування. У зв'язку з цим при проектуванні будь-якого нового автомобіля необхідно обґрунтовувати стратегію експлуатаційного резервування на весь життєвий цикл машини, в тому числі з урахуванням нижчого рівня резервування – ремонтним комплектом. Створення підсистеми рекомендованих ремонтних комплектів для забезпечення працездатності автомобіля, як у доремонтній, так і в ремонтний періоди експлуатації дозволить не тільки здійснювати поточні ремонти на рівні вимог заводу-виробника, а й робити капітальні ремонти методом ремонтних комплектів.

Розробка оптимальної системи експлуатаційного резервування для кожного типу автомобілів дозволить відновлювати повністю їх працездатність при виконання ремонтних впливів.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ГАЗОБАЛОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Плішак Ю. М., керівник доц. Анофрієв П. Г.

Український державний університет науки і технологій

Зростання вартості дизельного палива змушує шукати шляхи зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси. Одним із перспективних напрямів є переведення тракторів на роботу з використанням стисненого природного газу (СПГ) у газодизельному циклі. Такий підхід дозволяє зменшити експлуатаційні витрати до 30% та покращити екологічні показники.

Дослідження свідчать, що для колісних тракторів, зокрема тягового класу 1,4, недостатньо розробок щодо їх переобладнання на газомоторне паливо. Серед стримуючих факторів – недостатня кількість АГНКС, віддаленість заправних станцій та тривалість заправки.

Об'єктом дослідження є трактор ЮМЗ-8244, обладнаний газобалонною системою. Проведено теоретичний аналіз зміщення центра тяжіння при різних варіантах розміщення балонів, експериментальні випробування на стійкість і зчіпні властивості, а також економічну оцінку.

Результати проведеної оцінки показали, що збільшення маси трактора за рахунок встановлення балонів для СПГ не призводить до значного підвищення тиску на ґрунт високої вологості, що пояснюється збільшенням плями контакту шин з ґрунтом, а також ефектом дислокації, який призводить до роздавлювання ґрунту і зниження його твердості. Під час досліджень спостерігається збільшення тиску на ґрунт на 7,8%, опору під час руху на 2,4%. Дані незначні негативні ефекти усуваються у випадку комплектації трактора шинами більшого розміру.

Оптимальним варіантом розміщення газових балонів виявилось встановлення знімної касети у передній частині трактора. Такий підхід дозволяє зберегти стійкість машини при роботі на схилах, зменшити навантаження на задню вісь та забезпечити зручність обслуговування обладнання.

Розроблена методика заправки із використанням пересувних модулів з дотискними компресорами забезпечує зменшення витрат палива та скорочення часу заправки. Економічна ефективність підтверджена зниженням витрат на ПММ до 30% та окупністю обладнання за 1–1,5 року при збереженні технічних характеристик.

Запропоноване розміщення газобалонного обладнання забезпечує безпечність і ефективність роботи на схилах.

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ШТОКІВ ГІДРОЦИЛІНДРІВ

Гриньов С. П., керівник доц. Главацький К. Ц.

Український державний університет науки і технологій

Гідроциліндри є розповсюдженими виконавчими елементами гідромеханізмів будівельних і колійних машин. Їх особливістю є потреба в ущільненні вузла виходу штока з корпусу гідроциліндра з метою запобігання витоку масла з гідросистеми.

До деталей, що найбільш інтенсивно спрацьовують при роботі гідроциліндра, належать: гільза циліндра, шток, поршневі кільця, ущільнення поршня і штока, підшипникові вузли провусин кріплення гідроциліндра до гідромеханізму. За собівартістю виготовлення вказані деталі поділяються на дві групи: перша – деталі низької собівартості (поршневі кільця, ущільнення поршня і штока, підшипникові вузли корпусу і провусини штока та ін.); друга – базові деталі відносно високої

собівартості (корпус і шток). Деталі першої групи застосовуються одноразово і призначені для захисту від інтенсивного спрацювання базових деталей. Для забезпечення максимально можливої тривалості роботи деталей другої групи їх ремонтують з відновленням до номінального чи ремонтного розміру.

Шток гідроциліндра працює в більш невідповідних умовах з точки зору контакту з кородуючими і абразивними матеріалами оточуючої атмосфери, особливо в зоні роботи гідромеханізмів, а тому досить швидко втрачає номінальну точність і шорсткість поверхні, що призводить до більш інтенсивного спрацювання його ущільнень і більш часті їх заміни навіть при задовільному стані інших деталей.

Відомі технології відновлення номінальних розмірів штоків гідроциліндрів напиленням таких матеріалів, як хром, срібло, цинк. Вибір параметрів технологічного процесу, матеріалів для напилення і області їх ефективного застосування залежить від багатьох конструктивних, технологічних та економічних факторів.

Покриття, отримані напиленням на поверхню штока, мають свої переваги і недоліки, які слід проаналізувати, оскільки абсолютні, відносні, узагальнюючі і сумарні показники відповідних технологічних процесів достеменно не проаналізовані. Відсутні співставні результати відновлення спрацьованих поверхонь штоків гідроциліндрів вказаними матеріалами. Щодо режимів технологічних процесів напилення слід зауважити, що від правильного взаємного вибору їх параметрів суттєво залежить кінцевий результат, зокрема, міцність, мінімальна товщина та довговічність роботи покриття, витрата відповідного матеріалу на одиницю продукції, продуктивність установок для напилення, собівартість ремонту, можливі області застосування розроблених технологічних процесів для відновлення спрацьованих поверхонь інших базових деталей. Для аналізу параметрів технологічних процесів напилення хрому, срібла, цинку на спрацьовану зовнішню циліндричну поверхню штоків гідроциліндрів слід, перш за все, вивчити види і періоди спрацювання, звернувши особливу увагу на характерні ознаки спрацювання і, при наявності, на особливості стосовно тих чи інших гідромеханізмів машин, зважаючи на умови їх роботи.

Необхідно з'ясувати і проаналізувати способи виявлення дефектів штоків гідроциліндрів, а також встановити розміри граничних спрацювань згідно їх номенклатури. Кінцевою метою теоретичних досліджень, як правило, є оптимізація параметрів, що суттєво впливають на якість кінцевих результатів, зокрема, на експлуатаційні властивості покриття, утвореного на поверхні штока напиленням. У цьому випадку будуть досить жорстко окреслені граничні значення технологічних режимів процесу нанесення покриття.

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ГІДРОМЕХАНІЗМІВ АВТОСАМОСКИДІВ **Лісний В. А. керівник доц. Главацький К. Ц.** **Український державний університет науки і технологій**

Актуальність роботи – обумовлена сучасною стратегією раціонального використання енергоресурсів і, зокрема, раціонального використання потужності базового автотранспортного засобу, зниження енерговитрат і часу на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, а також поліпшення безпечності і зручності їх виконання.

Мета – підвищення енергоефективності роботи гідромеханізмів автосамоскидів.

Основними задачами, що вирішуються у роботі є: огляд і аналіз технічних рішень аналогів та їх співставна оцінка; критичні зауваження щодо значимих недоліків роботи гідромеханізмів автосамоскидів; вибір базових аналогів і прототипів гідромеханізмів автосамоскидів для удосконалювальних пропозицій; авторські

пропозиції з поліпшення роботи гідромеханізмів автосамоскидів стосовно виконання поставленої мети; виконання теоретичних розрахунків абсолютних і відносних показників роботи гідромеханізмів автосамоскидів та їх співставна оцінка; напрацювання рекомендацій стосовно практичного використання результатів досліджень і продовження науково-дослідних робіт на перспективу.

Існує шість найбільш розповсюджених принципових схем самоскидів з гідравлічним підйомним механізмом. Схеми відрізняються між собою напрямком дії сили, яка виникає від ваги платформи, розташуванням гідроциліндра і будовою підйомного механізму.

Найбільшого розповсюдження набули самоскидні установки, які виконані за схемою, коли платформа розвантажується на одну сторону – назад; гідроциліндр розташований під платформою і передає зусилля безпосередньо на її основу. Така схема застосовується у самоскидах вантажністю 6...10 т.

Самоскид, що має розвантаження платформи назад, використовує гідроциліндр, розташований між кабіною і платформою, який діє на її передній борт. Для самоскидної установки для розвантаження платформи на три сторони, гідроциліндр розташований під платформою. Така самоскидна установка забезпечує найбільшу універсальність автомобіля–самоскида: він може працювати, як тягач з причепом–самоскидом (розвантаження на бічну сторону), так і одиночно (розвантаження назад і на бокові сторони).

У самоскидній установці, яка, має розвантаження платформи тільки на дві бічні сторони (направо і наліво), гідроциліндр розташований під платформою. Така схема застосовується на автомобілях–самоскидах, які призначені для систематичної роботи з причепом–самоскидом.

Самоскид з двостороннім розвантаженням платформи може бути укомплектований двома гідроциліндрами, розташованими попереду і позаду платформи. Гідроциліндри передають зусилля відповідно на передній і задній борти.

У схемі самоскидної установки з важільною системою підйому платформи назад і поршневым гідроциліндром зусилля гідроциліндра передається не безпосередньо на днище платформи, а через систему важелів.

На великовантажних причепах–самоскидах застосовуються здвоєні платформи з телескопічними гідроциліндрами, розташованими під центрами основ платформи. Передня платформа розвантажується на дві бокові сторони, а задня – на три: дві бокові та задню. Розвантаження по черзі передньої і задньої платформ забезпечує стійкість причепа при розвантаженні на бокові сторони.

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕХАНІЗМІВ КЕРУВАННЯ ЗАДНІМ БОРТОМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Філоненко А. С., керівник доц. Главацький К. Ц.

Український державний університет науки і технологій

Вантажні автомобілі з гідробортами на сьогодні дуже поширені. Гідроборт - це підйомний механізм, який встановлюється в задній або бічній частинах кузова, призначений для підйому важких вантажів в кузов автомобіля та вивантаження з нього. Багато європейських компаній виробляє та продає такий вид обладнання.

Асортимент гідробортів включає моделі з вантажопідйомністю 300 ... 9000 кг.

Основною перевагою вантажних автомобілів, оснащених гідробортами, є можливість завантаження і розвантаження без естакади або вилочного навантажувача, що значно спрощує ці процеси. До того ж, монтаж і демонтаж гідробортів неважкий,

оскільки виконаний за допомогою болтів або зварювання. Через це гідроборт можна досить легко переставити з одного автомобіля або причепа на інший.

До позитивних властивостей гідроборта відноситься і простота його технічного обслуговування щодо заміни масла в гідросистемі відповідно сезону та поповнення мастил в підшипниках і шарнірах, перевірки зарядку акумуляторних батарей, миття всіх елементів гідроборта.

Гідроборт – це суворо регламентоване обладнання для установки на автомобіль або причіп. Виробники, установники і постачальники схем гідробортів несуть юридичний обов'язок гарантувати, що агрегати сконструйовані і встановлені відповідно до стандартів, а також забезпечені інформацією, що дозволяє їх безпечно використовувати. Кожна сторона в ланцюжку поставок відіграє життєво важливу роль в наданні гідроборта, щоб гарантувати його безпеку у використанні. У разі поломки гідроборта він повинен бути швидко і якісно відремонтований, з мінімізацією часу простою. Знаходження авто на сервісі через несправний гідроборт зазвичай дорого обходиться експлуатаційникам у вигляді упущеної вигоди.

У фокусі нашої уваги – декілька з варіантів підйомного обладнання, що працює в режимі перевантажувальної платформи. Даний тип підйомника зроблено за принципом автомобільного «гідроборту», робочий майданчик якого може перебувати у вертикальному положенні, коли не проводиться вивантаження.

Мета кваліфікаційної роботи: підвищення енергоефективності роботи гідромеханізмів борта вантажних автомобілів, надійності роботи гідромеханізму борта вантажного автомобіля, підвищення коефіцієнту запасу міцності.

Проблематика використання машин з гідробортами включає різні аспекти, пов'язані з їх ефективністю, безпекою, станом устаткування та впливом на навколишнє середовище. Деякі з цих проблем включають: безпеку використання машини; технічний стан устаткування; ефективність його застосування, особливо з урахуванням потужності приводу, вплив на довколишнє середовище; вартість впровадження та підтримку машин з гідробортами у технічно справному стані.

Конструктивне рішення гідроборта полягає в створенні спеціального механізму для підйому і переміщення вантажів на вантажних автомобілях або інших транспортних засобах. Одним з відомих конструктивних рішень гідроборта є система гідропідйому, що включає в себе насос, гідроциліндр та інші гідравлічні елементи. Даний механізм працює за принципом гідравлічного підйому і дозволяє піднімати вантаж з землі до рівня платформи автомобіля. Аналогічні конструктивні рішення гідробортів можуть використовувати механізми на основі пневматичного підйому, електромеханічних систем або комбінації різних принципів.

ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕХНІЧНА МЕХАНІКА»

ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТОК КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

Яровой Ф. Р., керівник доц. Урсуляк Л. В.

Український державний університет науки і технологій

З ризиками людство стикалося протягом всієї своєї історії. Первісні люди вірили, що майбутнє визначається богами (духами, долею, фатумом). «Управління ризиками» зводилося до жертвоприношень, заклинань, молитв або носіння амулетів.

В процесі розвитку людства відношення людей до ризиків змінювалося, відповідно до зміни відношення людей до майбутнього.

На цьому шляху можна виділити кілька ключових етапів:

1. Перехід від існуючого у давніх людей уявлення, що майбутнє однозначно визначено волею богів, до розуміння факту, що можливе різне майбутнє, і що воно значною мірою (хоча, звичайно, не повністю) залежить від дій та поведінки людей.
2. Спроби в XVII-XIX століттях логічного наукового передбачення за рахунок виявлення закономірностей у випадкових подіях (перш за все тих, що носять масовий характер). В цей період були закладені основи теорії ймовірностей, що дозволило давати кількісні оцінки майбутнього як частково прогнозованого. Саме в кінці XIX століття виникло управління ризиками як специфічний вид діяльності. Перший план з управління ризиками був складений в США в 1890 роках для компанії, яка займалася будівництвом залізниці. Однак до другої світової війни управління ризиками не знайшло широкого використання.
3. Активне застосування методів прогнозування і управління ризиками почалося з початком другої світової війни, спочатку у військовій сфері, поширившись в другій половині XX століття на інші сфери (при створенні складних технічних систем, в економіці, головним чином, щодо роботи на фінансових ринках).
4. В кінці XX - початку XXI століття загострилися проблеми забезпечення безпеки в технічній сфері, які вимагали розроблення та використання нових методів прогнозування і управління ризиками.

Таким чином, до появи сучасних концепцій управління ризиками призвело послідовне усвідомлення людством трьох основних положень:

- 1. Майбутнє не визначено.
- 2. Майбутнє частково прогнозовано і точність прогнозів залежить від рівня вивчення і розуміння розглядуваних явищ.
- 3. Майбутнім не тільки можна, але й потрібно керувати тією мірою, якою дозволяє сучасний рівень знань та наявних засобів.

На сьогодні є кілька концепцій менеджменту ризиків:

- ризик як небезпека чи загроза,
- ризик як можливість (шанс),
- ризик як результат впливу на результат, можливість його відхилення від цілі

Кожна з концепцій застосовується у відповідних сферах:

- основи безпеки життєдіяльності, техніка безпеки, страхування,
- ризик-менеджмент при роботі на фінансових ринках, азартні ігри тощо,
- техніка (точність виготовлення деталей), управління якістю, системи озброєнь (виявлення цілей, попадання в ціль).

ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ

Кисиль О.Б., керівник доц. Урсуляк Л. В.

Український державний університет науки і технологій

Рухомий склад на залізницях України обладнаний пружньофрикційними поглинаючими апаратами, не стабільними в роботі, тому часто міжвагонні зв'язки мають різні характеристики. Проте при експериментальних дослідженнях перехідних режимів руху поїздів виявлено загальні, інтегральні властивості всієї системи.

Значення параметрів системи, отримані при розгляді процесів, що відбуваються в ній, коли виявляються властивості всієї сукупності амортизаторів одного типу, називатимемо інтегральними.

Інтегральні значення жорсткосних характеристик рухомого складу необхідні для теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання перехідних режимів руху поїздів. Вони можуть визначатися за характером поширення збуджень у поїзді, тобто за швидкістю поширення збуджень уздовж рухомого складу, по дисперсії хвиль збуджень різного рівня, по згасанню коливань тощо. При цьому враховується, що параметри, які характеризують згасання коливань, залежить від роду вантажу, способів кріплення, температури довкілля, пори року.

Для визначення інтегральних характеристик деяких параметрів, які необхідні під час вирішення диференціальних рівнянь руху поїзда проводились спеціальні експерименти з однорідними по масі вагонів та типу поглинаючих апаратів автозчеплення поїздами в межах станційних шляхів.

Одним з таких параметрів є граничний зазор міжвагонних з'єднаннях, який може змінюватись в діапазоні від 45 мм для нових вагонів до 120 мм для вагонів, які вже були в експлуатації. За допомогою спеціальних експериментів визначалась різниця між сумою всіх зазорів, знайдених у розтягнутому поїзді та аналогічною сумою, отриманою в стиснутому поїзді. Ця різниця становила величину зазору в даному міжвагонному з'єднанні. Подібні виміри робились під кожним із вагонних з'єднань поїзда. Таким чином для даного поїзда можна знайти середньостатистичне значення зазорів. Подібні виміри, зроблені в поїздах, дають можливість сформуванню досить велику вибірку, що дозволяє знайти достовірне значення середнього зазору в міжвагонному з'єднанні поїзда даного типу.

На підставі проведених досліджень було встановлено, що для вантажних поїздів, сформованих з вантажних вагонів, що тільки вийшли із заводу, цей зазор становить 45 мм. У поїздах, сформованих із вантажних вагонів, що знаходяться в експлуатації, такий зазор дорівнює 65 мм. У пасажирських поїздах проміжок міжвагонного сполучення дорівнює 45 мм. Ці величини зазорів і були використані при вирішенні диференціальних рівнянь руху поїздів під час математичного моделювання поздовжніх коливань екіпажів поїзду.

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У СТРУМОПРИЙМАЧАХ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Савчук В.О., керівник доц. Баб'як М.О.

Національний університет "Львівська політехніка"

Яровой Ф.Р., керівник доц. Недужа Л.О.

Український державний університет науки і технологій

Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1194. Він був розроблений на основі вимог Директиви 2004/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 29 квітня 2004 р. про безпеку залізниць у Співтоваристві та Директиви 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 р. про оперативну сумісність залізничних систем в межах Співтовариства.

Цей технічний регламент визначає основні вимоги до рухомого складу залізничного транспорту, що виготовляється та модернізується: до його складових і запасних частин під час проєктування, виробництва, монтажу, налагодження, введення в експлуатацію, ремонту, що використовуються на залізничних коліях загального та незагального користування з шириною колії 1520 міліметрів із швидкістю руху до 200 кілометрів на годину включно. Відповідно до цього Регламенту рухомий склад залізничного транспорту повинен забезпечувати біологічну, екологічну, вибухову,

механічну, пожежну, промислову, термічну, електричну безпеку, а також електромагнітну сумісність та єдність вимірювання.

Конструкційні рішення рухомого складу залізничного транспорту повинні забезпечувати його безпеку протягом устанавленого виробником строку експлуатації та витримувати усі впливи, які мають місце у процесі його експлуатації.

Надійність електрорухомого складу залізниць (зокрема електровозів, як системи в цілому) характеризується ймовірністю безвідмовної роботи окремих елементів цієї системи. Наприклад, відмова одного струмоприймача може привести до відмови як підсистеми, так і електровоза в цілому. Проте, отримане обмеження у відповідності до Правил технічної експлуатації залізниць України треба класифікувати як відмову системи в цілому і електровоз повинен бути поставлений на позаплановий ремонт.

Авторами даної теми проведено дослідження проблеми взаємодії струмоприймачів електрорухомого складу та контактної мережі з метою збільшення їх терміну експлуатації.

На струмоприймачах електрорухомого складу постійного струму в якості струмоз'ємних матеріалів здебільшого використовують металеві композиційні матеріали на основі міді або заліза. Такі ковзні контактні елементи можуть містити до 20 % графіту.

Для ділянок змінного струму та на електропоїздах застосовують композиційні струмоз'ємні елементи на основі вуглецю, у яких може бути до 50 % металевих складових, головним чином мідь.

Аналізуючи характеристики сучасних накладок для струмоприймачів, що використовуються в Україні на ділянках постійного струму, на основі відкритих для загального користування відомостей про хімічний склад (представлений в технічній документації), а також відкриті дані результатів експериментальних поїздок, можемо сказати, що найбільш оптимальним в гірській місцевості є використання бронзо-залізо-графітових накладок типу БрЗГ. Основними компонентами матеріалу БрЗГ є бронза, залізо і природний графіт, співвідношення яких забезпечує утворення самовідновлювальної політури на поверхні тертя "накладка – контактний дріт", та постійне змащення зони контакту.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОГО ОКОПНОГО УКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ВСУ ВІД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ.

Хрипко І.С., керівник доц. Костриця С.А.

Український державний університет науки і технологій

В умовах військової агресії російської федерації проти України особливого значення набуває будівництво оборонних рубежів. Одним з основних видів оборонних споруд є окопи. Підготовка окопних укриттів є критично важливою задачею для збереження життя військовослужбовців. Окопні споруди дозволяють вести оборонний вогонь, маневрувати та забезпечують базовий захист від осколків та стрілецької зброї.

Одним з елементів окопної споруди є ніші, які відкопують у бокових стінах окопу та які, як правило, використовуються для розміщення та зберігання запасу боєкомплекту та їстівних припасів. Обвал ніш під час бомбардування та артобстрілів унеможливує їх використання у якості укриття для особового складу.

В даній роботі пропонується конструкція мобільного укриття для особового складу, яке встановлюється у відкриті в боковій стіні окопу нішу та забезпечує базовий захист від обвалів. Крім того, таке мобільне укриття забезпечує захист від таких сучасних засобів ураження, як напалм та FPV дрони.

Запропонована конструкція представляє собою сталевий паралелепіпед (без передньої стінки), який укріплено ребрами жорсткості. Габаритні розміри зібраної конструкції 1500x500x600 мм, розібраної 1500x500x6 мм. Основні конструктивні елементи виконані із сталевого гарячекатаного листа товщиною 3мм та рівнобічних кутників 40x4 мм, 63x5 мм. Матеріал – сталь ст.3. Вага конструкції складає 70 кг. Для з'єднання конструктивних елементів використовуються болти з гайками М8. Час збірки конструкції та встановлення її в нішу окопу складає 45 хв., час демонтажу -15 хв.

У якості методу дослідження напружено-деформованого стану конструкції мобільного укриття обрано метод скінчених елементів (МСЕ), який в теперішній час є основним інструментом інженерного аналізу завдяки наявності пакетів комп'ютерних програм, які не тільки реалізують 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.

В залежності від типу конструкції і характеру її деформації СЕ можуть мати різну форму: стержні, пластини (трикутні і прямокутні) та об'ємні СЕ (тетраедри або паралелепіпеди). Для побудови скінчено-елементної моделі укриття використано стержньові та пластинчаті СЕ.

Розрахунки проведено за першим граничним станом при дії вертикальних навантажень від тиску насипного ґрунту вагою 3 тони та власної ваги конструкції.

Аналіз результатів проведених розрахунків показав, що максимальні еквівалентні (за 4-ю теорією міцності) напруження в конструктивних елементах укриття складають 210 МПа та не перевищують границю текучості сталі ст.3 – 245МПа.

На теперішній час виготовлено дослідний зразок мобільного укриття та передано в одну з бригад ВСУ, яке веде боротьбу проти російської агресії на Лиманському напрямку.

КЛЮЧОВІ ПЕРЕВАГИ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Звездов І.О., керівник доц. Каряченко Н.В.

Український державний університет науки і технологій

Сучасне машинобудування знаходиться в постійному пошуку матеріалів, які дозволяють створювати більш легкі, міцні та довговічні конструкції. Композитні матеріали, що є поєднанням двох або більше компонентів з різними фізико-механічними властивостями, стали інноваційним рішенням для багатьох інженерних завдань. Композити характеризуються унікальною комбінацією властивостей, які можуть бути досягнуті під час використання традиційних матеріалів. Висока питома міцність, жорсткість, стійкість до корозії та втомного руйнування роблять їх незамінними в сучасних машинах і механізмах.

Ключові переваги композитних матеріалів у машинобудуванні: 1) зниження маси конструкцій за умови збереження або підвищення їх механічних характеристик; 2) підвищена корозійна стійкість та хімічна інертність; 3) покращені демпфуючі властивості, що знижують вібрації; 4) можливість створення деталей складної форми з

інтегрованими функціями; 5) висока втомна міцність і довговічність; 6) можливість проектування матеріалу під конкретне задачу.

Застосування композитних матеріалів у машинобудуванні дозволяє вирішити багато проблем, пов'язаних з обмеженнями традиційних металевих сплавів. Зниження ваги конструкцій призводить до зменшення енергоспоживання, підвищення ефективності та зниження впливу на довкілля.

ОСНОВНІ МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

Москаленко А.І., керівник доц. Каряченко Н.В.

Український державний університет науки і технологій

Механічні властивості композитних матеріалів визначають їх застосування в різних конструкціях машин і механізмів. На відміну від металів, композити мають анізотропію властивостей – їх характеристики можуть істотно відрізнятися в різних напрямках.

Низькотемпературні підшипники та інші деталі з композитних матеріалів мають унікальні механічні властивості, які забезпечують їхню працездатність в екстремальних умовах: питома міцність у 3-5 разів вища, ніж у сталі, що дозволяє знизити вагу конструкції при збереженні міцності; модуль пружності може змінюватись у широких межах, що дає можливість проектування жорсткості конструкції; втомна міцність вища, ніж у металів, що збільшує термін служби в циклічних навантаженнях; багатоступінчастий механізм руйнування (в'язкість руйнування); демпфуюча здатність у 6-10 разів вища, ніж у металів, що сприяє зниженню вібрацій та шуму в конструкціях.

КЛЮЧОВІ ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

Стародуб М.М., керівник доц. Каряченко Н.В.

Український державний університет науки і технологій

Фізичні властивості композитів визначають їхню поведінку в різних умовах експлуатації. Для багатьох застосувань, включаючи високотемпературні підшипники ключове значення мають теплофізичні характеристики.

Ключові фізичні властивості композитних матеріалів: 1) щільність – як правило, нижча, ніж у металів ($1.4-2.0 \text{ г/см}^3$ проти 7.8 г/см^3 для сталі); 2) теплопровідність – може змінюватись від дуже низької до надвисокої залежно від складу; 3) коефіцієнт теплового розширення – часто нижчий, ніж у металів, що забезпечує стабільність розмірів; 4) електричні властивості – від ізоляторів до провідників, залежно від наповнювачів; 5) хімічна стійкість – як правило, вища, ніж у більшості металів.

Анізотропія властивостей композитних матеріалів може бути як перевагою, і недоліком. З одного боку, вона дозволяє оптимізувати матеріал під конкретні умови навантаження, з іншого – вимагає складніших методів розрахунку та проектування. Роликові підшипники з композитних матеріалів проектуються з урахуванням цієї особливості для забезпечення оптимальних експлуатаційних характеристик.

ОСОБЛИВОСТІ ПРЕФАБ-ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА

Звездов С.О., керівник доц. Каряченко Н.В.

Український державний університет науки і технологій

Новітні технології дарують досить широкий простір конструктивних, планувальних рішень для архітекторів і будівельників, вибору фасадного оздоблення. У класичній формулі будівництва, до якої більше звикла вітчизняна галузь, важливо

швидко розпочати процес на рівні буріння на ділянці, встановлення паль для фундаменту, тощо; потім триває будівництво.

Off-site construction потребує досконалого проекту, який буде повністю продуманий не тільки архітектурно, але й технологічно. Архітектори мають працювати у зв'язці з технологіями із виробництва, щоб розуміти всі можливості, яким чином може бути втілене те чи інше архітектурне рішення. Стадії тут ніби міняються місцями: для префаб-будівництва характерний довший період створення проекту і швидша реалізація на відміну від класичного будівництва.

Щодо економіки, прийнято вважати, що префаб-будівництво є вигіднішим, ніж монолітно-каркасне. Насправді вартість матеріалів часто зіставна з тими, що використовуються в класичних варіантах. А ось час і кількість фахівців, зайнятих на будівництві, мають значення. Коротші строки передбачають менші витрати на оплату робітникам (їх штат також менший), оренду обладнання й транспорту, витратні матеріали для офісів, тощо.

РОЗРАХУНОК КРИВОГО БРУСА ВЕЛИКОЇ КРИВИЗНИ

Гаращенко А.Е., керівник ст. викл. Федоров Є.Ф.

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

$$\varepsilon = \frac{y}{r_0 + y} \cdot r_0 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right), \quad \sigma = E \cdot \frac{y}{r_0 + y} \cdot r_0 \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right)$$

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 :

$$r_0 = \frac{A}{\int_A \frac{dA}{u}}$$

Інтеграл, що стоїть в знаменнику, являє собою геометричну характеристику перетину, таку ж, як, наприклад, статичний момент або момент інерції.

Для прямокутника маємо:

$$\int_A \frac{dA}{u} = b \cdot \int_{\rho_0 - h/2}^{\rho_0 + h/2} \frac{du}{u} = b \cdot \ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}$$

$$r_0 = \frac{b \cdot h}{b \cdot \ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}} = \frac{h}{\ln \frac{\rho_0 + h/2}{\rho_0 - h/2}}$$

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.

ПОРІВНЯННЯ ОПОРНИХ МЕХАНІЗМІВ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ

Грап В.В., керівник доц. Сьомічев А.В.

Український державний університет науки і технологій

Стани холодної пільгерної прокатки вітчизняного та зарубіжного виробництв містять у своєму складі кривошипно-повзунний механізм приводу робочої кліті. Наявність такого приводу спричиняє появу значних навантажень, і як наслідок, інтенсивне зношування опорних брусків та направляючих. З появою зазорів зношування зростає. Тому, стани таких конструкцій потребують багато часу на заміну опорних брусків під робочу кліть.

В процесі роботи станів шатун змінює своє положення відносно напрямку прокатки, що призводить до нерівномірного зношування опорних та направляючих брусків. Це, в свою чергу, стає причиною виникнення значних сил в елементах приводу робочої кліті та негативно впливає на якість готової продукції. Недоліком опорних брусків та направляючих при виробництві труб для кілець підшипників є періодична їх заміна кожні 5 днів.

Відомі стрижневі механізми приводу робочої кліті: інверсор Гарта, механізм Еванса, конхондний механізм. Також відомо використання опорного механізму робочої кліті у вигляді чотириланкового прямильного механізму. Цей механізм забезпечує рух робочої кліті на довжині ходу по кривій з максимальним відхилом від прямої лінії на величину 1,2 мм. Однак, для потреб виробництва високоточних труб цього недостатньо. Тому, необхідно розробити механізм, який за своїми характеристиками забезпечить виробництво якісних труб.

Мета роботи полягає у створенні працездатного опорного механізму робочої кліті станів холодної пільгерної прокатки для виробництва труб з підвищеними вимогами до точності.

Запропоновано новий опорний механізм станів холодної пільгерної прокатки у вигляді прямої. На основі аналізу сил, що діють в кінематичних парах, встановлено, що прямою забезпечує менший рівень сил реакцій в порівнянні з чотириланковим прямильним механізмом. При використанні такого механізму у якості опорного для робочої кліті станів ХПТ він менший за своїми габаритними розмірами.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУБЧАСТО-ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ВАЛКІВ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ

Щербина Р.О., керівник доц. Сьомічев А.В.

Український державний університет науки і технологій

Існуючий механізм приводу валків на станах холодної пільгерної прокатки труб приводить до появи осьових сил, що є причиною гофрів та інших дефектів. Особливо осьові сили впливають при прокатці тонкостінних труб. Необхідно знизити осьові сили для отримання тонкостінних труб високої якості.

Для зниження осьових сил запропоновано використовувати змінні деталі для кожного маршруту прокатки. Однак невирішеною є проблема отримання тонкостінних труб за допомогою механізмів, які дозволяють регулювати кутову швидкість обертання валків. Швидкість обертання валків залежить від швидкості робочої кліті. Тому, необхідно розробити механізм, який має окремий привод.

Метою розробки є створення та дослідження зубчасто-важільного механізму приводу валків, що забезпечить зниження осьових сил при прокатці тонкостінних труб.

Механізм приводу повинен забезпечувати необхідний кут оберту валка, та кутова швидкість повинна змінюватись за законом, який забезпечує максимальне зменшення осьових сил. Важливо також, що напрямок обертання ротора двигуна приводу валків не змінюється при зміні напрямку переміщення робочої кліті. Це позитивно впливає на працездатність механізму.

Моделювання показало, що характер зміни моменту на валу електродвигуна відповідає зміні моменту на валку. Отже, на основі структурного аналізу механізмів встановлено, що зубчасто-важільний механізм працездатний. Окремий привод зубчасто-важільного механізму дозволяє регулювати швидкість обертання валків незалежно від швидкості робочої кліті. Зубчасто-важільний механізм забезпечить зміну кутової швидкості обертання валків, регулювання кутової швидкості та зменшення

осьових сил. Це дозволить отримувати якісні тонкостінні труби з можливістю розширення сортаменту.

ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

ІНЖЕНЕРНЕ 3D СКАНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ МАШИНОБУДУВАННЯ **Присяжнюк Т.В, керівники проф. Анісімов В.М. ст. викл. Бончук С.В.** **Український державний університет науки і технологій**

Інженерне 3D-сканування швидко набуває популярності в галузі виробництва та ремонту деталей для машинобудування. Одним із прикладів використання цієї технології є сканування та відтворення зношених деталей, таких як шестерні або крильчатки, які мають складні профілі та поверхні.

Ця технологія дозволяє створити точну копію будь-якої оригінальної деталі, що значно спрощує та прискорює процес ремонту об'єктів зі складною геометрією. У випадку з криволінійними поверхнями 3D-сканування дає змогу відтворити їхню форму та розміри з максимальною точністю, що є надзвичайно важливим для забезпечення надійної заміни та безпечної роботи відновлених вузлів.

Процес інженерного 3D-сканування потребує спеціалізованого обладнання. Для цього зазвичай використовуються високоточні сканери, які дозволяють створювати докладні тривимірні моделі деталей. Після отримання такої моделі її можна додатково опрацювати за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке усуває можливі неточності, покращує відтворення або ж модернізує конструкцію, якщо це необхідно.

Основні етапи процесу інжинірингу з використанням 3D-сканування наступні:

Етап 1. Підготовка проекту. Перед початком робіт важливо визначити цілі та завдання інжинірингу. Залежно від вимог підбирається відповідний 3D-сканер та налаштовуються необхідні параметри його роботи.

Етап 2. Підготовка об'єкта до сканування. Це може включати очищення поверхні, при необхідності проводяться нанесення покриттів, що матують, особливо для об'єктів з блискучою або прозорою поверхнею.

Етап 3. 3D-сканування. Сканування вибраного об'єкта за допомогою відповідного пристрою. У процесі сканер фіксує координати мільйонів точок у тривимірному просторі, формуючи так звану "хмару точок".

Етап 4. Обробка хмари точок. Отримана хмара точок підлягає обробці, що включає видалення шумів, виправлення пропусків та оптимізацію щільності даних. Цей етап виконується за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє підготувати дані для подальшого створення 3D-моделі.

Етап 5. Генерація сітки. На основі оброблених даних створюється трикутна сітка, що представляє геометричну форму об'єкта.

Етап 6. Створення CAD-моделі. Створена 3D-сітка імпортується у програмне забезпечення для створення CAD-моделей. Формується цифровий прототип, що максимально відповідає реальному об'єкту.

Етап 7. Редагування та покращення CAD-моделі. Імпортована модель CAD редагується з метою досягнення заданих вимог. Вносяться зміни до параметрів розміру, коригуються можливі неточності, згладжуються поверхні та додаються необхідні елементи конструкції.

Етап 8. Фінальна перевірка. Реалізована модель перевіряється на відповідність проектним вимогам порівняння з початковим фізичним об'єктом. Випробування проводяться для підтвердження точності моделі та її готовності до використання у подальших процесах.

Процес інжинірингу через 3D-сканування є багатоетапним завданням, що забезпечує перетворення фізичних об'єктів в цифрові моделі. Це дає конструкторам та ремонтникам інструменти для розробки, удосконалення та інтеграції деталей у виробничому процесі. Завдяки цьому підходу можна суттєво скоротити час на виконання деталей та забезпечити високу якість ремонту. Особливо цінною технологія стає для відтворення деталей, які вже не виробляються, коли технічна документація недоступна.

Наприклад у контексті заміни вал-шестерні інженерне 3D-сканування є ключовим етапом особливо коли відсутнє креслення та технічна документація. Завдяки створенню точної тривимірної моделі можливо виготовити новий вал-шестерну, яка повністю відповідатиме параметрам оригінальної. Це гарантує безпечність і комфортну експлуатацію відновленої деталі у складі робочої системи (рис. 1 та рис. 2).



Рисунок 1 – 3Д сканування валу-шестерні

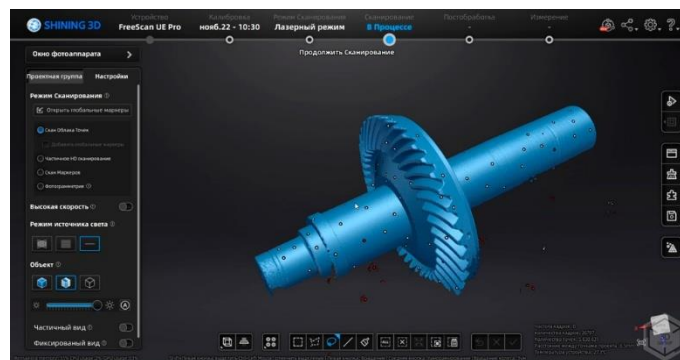


Рисунок 2 – Обробка хмари точок та генерація сітки сканованого об'єкту

Україна активно освоює технологію інженерного 3D сканування в машинобудуванні. Чимало промислових підприємств і компаній вже ефективно застосовують цей метод для виробництва та заміни деталей у авіабудуванні, верстатобудуванні, автомобілебудуванні й інших галузях промисловості. Крім того, у країні діють спеціалізовані компанії, що займаються 3D скануванням та виготовленням деталей із використанням технологій 3D-друку.

Загалом інженерне 3D сканування є потужним інструментом, який значно спрощує процеси ремонту та заміни деталей, а також дає змогу відтворювати компоненти, що більше не випускаються. Очевидно, що ця технологія матиме ще ширше використання в майбутньому.

ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ТОЧНОГО 3D-СКАНУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

Сатиренко Д.О., керівник ст. викл. Бончук С.В.

Український державний університет науки і технологій

3D-сканування складних об'єктів вимагає використання спеціалізованих інструментів та технологій, що забезпечують високу точність та деталізацію.

Основний інструмент, вибір якого залежить від типу об'єкта та умов сканування, це спосіб і обладнання для сканування. Існує кілька способів та типів обладнання для точного 3D-сканування.

1. Лазерні 3D-сканери. Використовують лазер для вимірювання відстаней до поверхні. Вирізняються високою точністю (до 0,01 мм). Підходять для технічних деталей, металообробки, інжинірингу. Приклади: FARO, Creaform HandySCAN.

2. Оптичні (структуроване світло) 3D-сканери. Використовують проекцію світлових патернів та камеру для аналізу форми об'єкта. Добре працюють із матовими поверхнями. Приклади: GOM ATOS, Artec Eva, Shining 3D.

3. Контактні (координатно-вимірювальні машини, КВМ). Фізично торкаються об'єкта для створення 3D-моделі. Застосовуються для прецизійних вимірів. Приклад: Hexagon CMM.

4. Фотограмметрія. Використовує багато фотографій для створення 3D-моделі. Підходить для об'єктів (архітектура, археологія). Програми: Agisoft Metashape, Reality Capture.

Для 3D-сканування використовуються також різні допоміжні інструменти, які допомагають покращити якість сканування, прискорити процес та підвищити точність. Ось основні категорії таких інструментів.

1. 3D-скануючий спрей.

Спрей для 3D сканера - аерозоль для застосування перед 3D скануванням блискучих, прозорих, глянсових, темних і дзеркальних поверхонь.

Спреї просто наносяться, не псують якість поверхні, не залишають слідів на об'єктах після сканування. Тобто такі спреї повністю можна застосовувати, де важливо дбайливо поставитися до об'єкта, що сканується, або важливо не залишати нальоту на навколишніх приладах і обладнанні. Існує безліч самовипарних сучасних спреїв для сканування, які зникають через 4 години, при цьому немає необхідності в очищенні поверхні після сканування.

При розпиленні спрей для сканування покриває поверхню тонким матовим шаром, який не впливає на геометрію об'єкта, що сканується. Оброблена таким чином поверхня стає більш виразною для обладнання і її краще розрізняє промінь сканера, що дає змогу більш якісно та повно відобразити характер об'єкту сканування. Таким чином, виходить оптимально контрастна поверхня для найкращих результатів сканування (рис. 1). Приклади: AESUB, Qtest 3-D, Reflecon.

2. Маркери для 3D-сканування. Маркери для 3D-сканування – це спеціальні точки (зазвичай у вигляді самоклеючих наліпок або відбиваючих міток), які використовуються для підвищення точності сканування. Вони допомагають сканеру відстежувати положення об'єкта у просторі та коректно поєднувати хмари точок (рис. 2). Звісно, що з кількістю точок теж слід бути обачними і не ліпити їх більше необхідної кількості, щоб неперевантажувати програмні ресурси. Приклади: Creaform, Scantech.



Рисунок 1 – Матування деталі для 3Д сканування
Рисунок 2 – Деталь з нанесеними маркерами на поверхні

3. **Обертові столи.** Обертові столи – це просте, але дуже ефективне пристосування для сканування об'єктів малого та середнього розміру. Із застосуванням таких допоміжних пристроїв забезпечується плавний обертальний рух для рівномірного сканування. Такі столи дозволяють сканувати об'єкти з усіх проєкцій без необхідності ручного переміщення. Стіл для 3д сканування використовується, як опора для маркерів, що покращує позиціонування сканера, зменшує кількість артефактів і спрощує подальшу обробку 3D-моделі (рис. 3).



Рисунок 3 – Поворотні столи для 3Д сканування

4. **Програмне забезпечення обробки сканованих даних.** Програмне забезпечення відіграє ключову роль у подальшій постобробці відсканованого об'єкта, його суміщення та перетворення хмари точок у цифрову модель. По суті, наскільки грамотно ви оберете програмне забезпечення для 3д сканування та подальшої обробки даних, наскільки простим і якісним буде процес сканування. Програми: Geomagic Design X, MeshLab, PolyWorks.

Таким чином, для точного 3D-сканування поверхонь та об'єктів важлива комбінація обраного обладнання та набору допоміжних інструментів. Оптимальний вибір залежить від типу об'єкта, вимог до точності та умов роботи.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Кроленко Д.І., керівник ст. викл. Карабут В.М.

Українського державного університету науки і технологій

Програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК є складним процесом, який складається із створення керуючої програми (КП), а також із перевірки КП на можливість появи зарізів на заготовці і зіткнень інструменту із заготовкою і елементами кріплення.

В ході процесу програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК виникають помилки. Ці помилки призводять до бракованих деталей, до поломки інструменту, до поломки обладнання. Все це знижує продуктивність виготовлення деталей, зменшує якість їх обробки і веде до втрати часу.

Для зменшення помилок при процесі програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК використовуємо комп'ютерну програму Autodesk Inventor CAM.

У ознайомчій версії комп'ютерної програми Autodesk Inventor CAM змодельований процес програмування обробки деталі на фрезерному верстаті з ЧПК. Процеси програмування обробки деталей на верстатах з ЧПК у комп'ютерній програмі Autodesk Inventor CAM складаються із створення керуючої програми (КП), а також із перевірки КП на можливість появи зарізів на заготовці і зіткнень інструменту із заготовкою і елементами кріплення.

Комп'ютерна програма Autodesk Inventor CAM – це САМ-система, яка призначена для розробки КП для верстатів з ЧПК. Вона дозволяє автоматизувати розробку КП для верстатів з ЧПК.

Застосування комп'ютерної програми Autodesk Inventor CAM дозволить зменшити кількість помилок при програмуванні обробки деталей на верстатах з ЧПК і як наслідок підвищити продуктивність виготовлення деталей, збільшити якість їх обробки і скоротити втрати часу.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВИХ ПОВЕРХОНЬ В РАМКАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВАЛУ ТРАКТОРНОГО РЕДУКТОРА

Рябов Д.Є., керівник доц. Бондаренко С.В.

Український державний університет науки і технологій

Вал тракторного редуктора є складовим елементом тракторної трансмісії. Розглянута в роботі трансмісія трактора застосовується для передачі крутного моменту з валу двигуна на осі ведучих коліс і до валів відбору потужності. Швидкість обертання валів тракторних двигунів лежить у межах 600 - 1600 об/хв, що відповідає швидкості обертання ведучих коліс в діапазоні від 0,5 об/хв до 120 об/хв. Для забезпечення такого перепаду чисел обертів трансмісія має низку редукторів. Відповідно до передаточного числа встановлених редукторів змінюється і крутний момент, що передається від валу двигуна до ведучих коліс. Розглянутий вал призначено для передачі крутного моменту при створенні знижених швидкостей. Конструктивно він представлена як ступінчастий вал, діаметри ступенів якого зменшуються до кінців валу. Крім місць встановлення та фіксації підшипників та шестерень на валу також присутнє нарізне з'єднання для фіксації підшипника з валом у кронштейні редуктора. Матеріалом валу є сталь 45, прокат.

В рамках роботи проведено аналіз існуючих способів отримання шліцьових поверхонь валів, за допомогою яких крутний момент передається на шестерню. Аналіз

стану розвитку машинобудівної галузі дозволяє стверджувати про два основні напрямки способів отримання шліцьових поверхонь, а саме: метод обробки різанням, метод обробки пластичною деформацією.

До найбільш відомих методів отримання шліцьових поверхонь на валах є: обробка дисковими профільними фрезами, обробка шліців струганням, обробка протягуванням, обробка черв'ячними шліцьовими фрезами, поздовжнє накочування багатороликовою головкою, ударне накатування обертовими роликотими головками, накатування зубчатими рейками. Всі ці методи мають свої недоліки та переваги.

Крім огляду існуючих методів обробки шліцьових поверхонь в роботі також проведено аналіз та співставлення продуктивності різних методів обробки шліців. На рисунку 1 наведено порівняльний графік продуктивності деяких методів обробки.

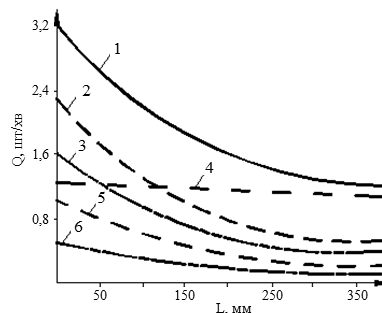


Рисунок 1 - Продуктивність різних методів обробки шліців ($z \times h = 8 \times 4$) на валах:
1 - накочування багатороликовою головкою; 2 - контурне стругання головкою;
3 - фрезерування дисковими фрезами; 4 - протягування блоковими протяжками;
5 - точіння; 6 - фрезерування черв'ячною фрезою.

Виконаний огляд дозволяє стверджувати про важливість приймання до уваги особливостей процесів обробки шліців в одному ряді з типом виробництва та конструктивними особливостями деталі. Такий підхід дозволяє підвищити якість продукції та її конкурентоздатність на ринку.

СТВОРЕННЯ ФАЙЛУ СХЕМИ 3D МОДЕЛІ В AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL

Шаповалов О.Р., керівник ст. викл. Вишневський І.В.

Український Державний університет науки та технологій

Процес розробки технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей складається з наступних етапів: аналізу креслення деталі і її технологічності; вибору методу отримання заготовки; креслення заготовки; формуванню маршруту виготовлення деталі; формуванню операцій виготовлення деталі; вибору технологічних і вимірювальних баз; визначення припусків, операційних розмірів і допусків на операції; вибору устаткування на операції технологічного процесу; вибору пристроїв на операції технологічного процесу; вибору різальних інструментів на операції технологічного процесу; вибору вимірювальних інструментів на операції технологічного процесу; визначення режимів обробки і норми часу на операції; оформленню технологічних карт.

На процес розробки ТП виготовлення деталей витрачається багато часу. Для зменшення часу на процес розробки ТП виготовлення деталей використовуємо комп'ютерну програму СПРУТ-ТП. У ознайомчій версії комп'ютерної програми СПРУТ-ТП змодельований процес розробки ТП виготовлення деталі у діалоговому режимі, який складається з наступних етапів: вибору матеріалу деталі, вибору методу

отримання заготовки; формуванню маршруту виготовлення деталі; формуванню операцій виготовлення деталі; вибору устаткування на операції технологічного процесу; вибору пристроїв на операції технологічного процесу; вибору ріжучих інструментів на операції технологічного процесу; розрахунку режимів обробки і нормуванням операцій, а також з оформленням бланків технологічної документації та виведенням їх на друк.

Програма СПРУТ-ТП призначена для автоматизації процесу розробки ТП виготовлення деталі, включаючи формування технічної документації: від конструкторської специфікації до виробничих документів. Використання програми СПРУТ-ТП дозволяє значно зменшити час на процес розробки ТП виготовлення деталі та швидко сформувати комплект технологічної документації.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ З УРАХУВАННЯМ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Дікарев К.Б., керівник доц. Мовчан О.Ю.
Український державний університет науки і технологій

Постановка проблеми. В умовах швидкого та масштабного відновлення після руйнувань будівель і споруд виникає потреба у спрощених конструктивних рішеннях, що дозволяють мінімізувати витрати часу і людських ресурсів[1-5]. Традиційна практика зведення за допомогою тимчасових опалубних систем є трудомісткою і потребує додаткових операцій, пов'язаних із монтажем, демонтажем та повторним використанням допоміжних матеріалів. У поєднанні з дефіцитом кваліфікованих робітників[6-9] та обмеженими технічними ресурсами це загальмовує реконструкцію та ускладнює досягнення необхідної економічної ефективності. Незнімна опалубка спроможна зняти низку таких обмежень, оскільки вона передбачає використання готових блоків, які залишаються частиною конструкції без додаткових витрат на вилучення. З іншого боку, з'являється завдання розробити ці блоки у форматі, придатному для швидкого монтажу без залучення громіздкої техніки та складного інструменту. Критично важливо, щоб цей підхід забезпечував достатню точність та надійність з'єднань, а також відповідав умовам оптимального використання доступних матеріалів і місцевої робочої сили.

Мета дослідження. Основною метою є створення та обґрунтування проекту незнімної опалубки, яка складається з легких блоків, придатних для самостійного збирання робітниками без спеціальної підготовки. Передбачається, що така опалубка буде універсальною для вертикальних (колони) та горизонтальних (ригелі й балки) елементів, матиме зручні механізми з'єднання і забезпечуватиме швидко та точну установку в польових умовах. Досягнення цього вимагає оптимального конструювання геометрії та вузлів кріплення, щоб обмежити масу одного блока 25 кілограмами, а також створити систему підтримки, яка гарантуватиме стійкість споруди під час заливання й твердіння бетону. До уваги береться можливість використання сумішей, перевірених у лабораторних умовах, де було підтверджено достатню міцність бетонів із локальними заповнювачами: гранітним відсівом та відвальним шлаком (близько 9,5–11 МПа на стиск і 2 МПа на згин).

Результати дослідження. У центрі уваги перебувала розробка спеціалізованих елементів незнімної опалубки для колон і балок, що мають уніфіковані розміри та максимально просту конфігурацію. Для колон передбачено дві висоти блоків (300 та 600 мм), які з'єднуються за допомогою системи «шип-паз». Це дає змогу точно фіксувати блоки без додаткової механічної обробки, одночасно забезпечуючи достатню

міцність стиків. У верхній і нижній частинах конструкції передбачено куточки, зварені з одного боку й обладнані зворотними струбцинами чи болтовими стяжками з іншого, що створює жорсткий каркас та спрощує регулювання вертикальності. Така схема кріплення підвищує точність монтажу колон і надійність їхньої роботи під час заповнення бетоном.

Для балкових елементів розроблено U-подібний блок, конструкція даного профілю спрощує процес укладки арматурного каркаса та подальшого заливання бетонної суміші, а також зменшує кількість окремих елементів, які потрібно з'єднувати. З метою зберегти точність позиціонування балок і не допустити зсувів під час твердіння розчину була спроектована система підтримки з полегшених елементів, сумісна з U-подібними блоками. Вона легко складається та розбирається без спеціальних інструментів, що дає змогу додатково економити час і ресурси.

Для підтвердження працездатності конструкції виконано чисельне моделювання методом скінченних елементів (ANSYS) на прикладі характерної балки, яка в поперечному перерізі має висоту 250 мм, ширину 300 мм та довжину 600 мм. Моделювання засвідчило, що максимальні деформації за робочих навантажень не перевищують 0,02 мм, а найбільше напруження наближається до 1,06 МПа, що становить лише приблизно половину експериментально встановленої межі міцності на згин. Такий показник унаочнює достатній запас надійності в контексті можливих перепадів навантажень чи помилок монтажу, отже балкові блоки здатні витримувати передбачувані експлуатаційні впливи.

Висновки. Запропонована система незнімної опалубки, що складається з полегшених блоків для колон і U-подібних елементів для балок, забезпечує високу швидкість і зручність монтажу, оскільки не вимагає використання важкої техніки чи складних інструментів. Удосконалені вузли з'єднань зі сталевими куточками, струбцинами та болтовими стяжками гарантують точність позиціонування і стабільність конструкції під час бетонування. Результати чисельного аналізу свідчать про достатній запас несучої здатності й рівномірний розподіл напружень, що узгоджується з лабораторними даними про міцнісні властивості використовуваних бетонів. Завдяки модульній побудові та мінімізації трудомістких операцій, дана технологія розкриває значний потенціал для масового впровадження в реконструкції зруйнованих об'єктів. Вона сприяє економії часу, ресурсів і витрат на оплату праці, що надзвичайно актуально в умовах обмежених людських і фінансових можливостей. Інтеграція легкодоступних матеріалів локального походження додатково підвищує екологічну й економічну ефективність, пропонуючи оптимальний шлях до швидкої та надійної відбудови.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nilimaa, J.; Gamil, Y.; Zhaka, V. Formwork Engineering for Sustainable Concrete Construction. *CivilEng* 2023, 4, 1098-1120.
2. Yang, Yibo & Chen, Baixi & Chen, Yong & Zhou, Huanyang & Liu, Fucai & Xie, Xiangming & Chen, Junsheng & Guo, Wenying & Wang, Hengchang. (2023). Performances of Concrete Columns with Modular UHPC Permanent Formworks Under Axial Load. *International Journal of Concrete Structures and Materials*.
3. Li, Wei & Lin, Xiaoshan & Bao, Ding Wen & Xie, Yi. (2022). A review of formwork systems for modern concrete construction. *Structures*.
4. Nathan Johnson, The pros and cons of permanent formwork systems for single dwelling wall construction
5. Mahdi Hosseini, Bingyu Jian, Haitao Li, Dong Yang, Ziang Wang, Zixian Feng, Feng Shen, Jian Zhang, Rodolfo Lorenzo, Ileana Corbi and Ottavia Corbi A Review of

Fibre Reinforced Polymer (FRP) Reinforced Concrete Composite Column Members Modelling and Analysis Technique, Tech Science Press

6. State Statistics Service of Ukraine; Ministry of Economy of Ukraine – official demographic and economic data (2021–2023).

7. Balázs Égert, Christine de La Maisonneuve – The impact of the war on human capital and productivity in Ukraine, 2023

8. Thomas Escritt – Ukraine's population has fallen by 10 million since Russia's invasion, 2024

9. Judith Kohlenberger, Isabella Buber-Ennser, Konrad Pędziwiatr, Bernhard Rengs, Ingrid Setz, Jan Brzozowski, Bernhard Riederer, Olena Tarasiuk, Ekaterina Pronizius – High self-selection of Ukrainian refugees into Europe: Evidence from Kraków and Vienna, 2023

ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЖЛИВИХ МЕХАНІЗМІВ

Коваль М. А., керівник доц. Погребняк Р.П.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Оптимальне проектування важливих механізмів неможливе без оцінки схеми критеріями передавання руху [1] або індексів передачі [2], які повинні базуватися суто на геометричних залежностях.

Використовують декілька критеріїв якості передачі руху: на основі відносних величин реакцій у кінематичних парах, геометричної кінематики, потужностей, кутів тиску та передавання, погрешностей, чутливість до зміни розмірів ланок механізму, існування збірок механізму, швидкостей, пришвидшень та ривка окремих і вихідних ланок механізму. Більшість критеріїв взаємопов'язані, наприклад малі кути тиску (великі кути передачі) практично гарантують невеликі швидкості та пришвидшення і відсутність ривків, нечутливість механізму до відхилення розмірів ланок від номінальних, інших погрешностей.

Енергетичні та силові критеріями якості руху [2, 3] використовують швидкісну передавальну функцію, яка від швидкостей не залежить, а залежить від положення, розташування та відносних розмірів ланок механізму. Визначення нормалізованого індексу передачі сили виконується за умов, що механізм піддається впливу тільки статичної сили. Дія сил тяжіння, інерції і сил тертя не враховується. Коли сила передається від ведучої ланки до веденої, лише частина сили може бути залучена до врівноваження зовнішнього навантаження на вихідній ланці. Ця частина сили є ефективною силою, решта сили неефективна, оскільки вона викликає лише сили реакції від стояка. Відношення повної сили до її ефективної частини є основою нормалізованого індексу передачі сили й часто визначається кутом передачі. Коли це відношення дорівнює одиниці, вихідна ланка одержує повну величину ефективної сили. У такому разі ефективна сила максимально передається на вихідну ланку у заданій конфігурації механізму.

Отримати механізм, параметри якого задовільнять усім критеріям передавання руху утруднено, тому при проектуванні у першу чергу задовольняються вимоги більш вагомих критеріїв (важливих) і, по можливості, задовільняються вимоги інших.

Список використаної літератури:

1. Sutherland G., Roth B. A Transmission Index for Spatial Mechanisms // ASME Journal of Engineering for Industry Transactions of ASME, Ser. B., Vol.95, 1973. &2. P.589-597.

2. Lin, C. C. and Chang, W. T. The force transmissivity index of planar linkage mechanisms. Mech. Mach. Theory, 2002, 37(12), 1465–1485.

3. Gosselin, C. Optimization of Planar and Spherical Function Generators as Minimum-Defect Linkages./ C. Gosselin, C. Angeles. - Mech. and Mach. Theory.Vol.24, No.4, 1986, pp.293-307.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРІВ УДАРУ ПНЕВМАТИЧНОГО МЕХАНІЗМУ БУРОВОГО ПЕРФОРАТОРУ

Волковий О.В., керівник доц. Зданевич С.В.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Вивчення ударних процесів відноситься до найбільш актуальних проблем механіки, пов'язаних з аналізом поведінки різних конструкцій в умовах впливу інтенсивних імпульсних навантажень, що виникають при експлуатації багатьох сучасних споруд та механізмів.

Розрахунок ударних систем технологічного призначення включає в себе рішення задачі про формування та розповсюдження імпульсів пружної деформації при зіткненні бойка з хвилеводом, про проходження ударного імпульсу по хвилеводу в оброблюване середовище і перетворення його енергії в роботу руйнування.

Руйнування матеріалу при ударі наступають при швидкостях набагато нижче за швидкість звуку в даному матеріалі. Ефект впливу на середовище при поздовжньому ударі по хвилеводу-інструменту визначається не тільки масою і початковою швидкістю тіла, що ударає, але і його формою.

Досліджується пневматичний механізм бурового перфоратора з порожнистою штангою та енергетичні характеристики параметрів удару. Складено розрахункову схему перфоратора зі змінною геометрією розташування опорних вузлів штанги та визначені характеристики ударного навантаження.

Розрахунки виконані при: довжині штанги 4,6 м, ході штанги 3,5 м, частоті ударів перфоратора 2200 уд/хв, робочому тиску повітря 4...6 атм, поздовжньому навантаженні на штангу 40 кН та орієнтовній енергії удару 300 Дж.

Виконано порівняльну оцінку енергетичних характеристик перфоратора з існуючими прототипами та наведені рекомендації про можливість підвищення енергії удару за рахунок зміни конструкції вузлів перфоратора.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ

ПІДСЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ НА ЕВТЕКТИЧНИХ КАРБІДАХ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Комеристий І.В., керівник проф. Миронова Т.М.

Український державний університет науки і технологій

Після кристалізації структура сталей складається з дендритів первинного твердого розчину і евтектики, що розташовується в міжгалузевих ділянках.

Карбідні фази, граючи, як правило, роль лідера у формуванні евтектичних колоній, визначають архітекtonіку евтектики. Від морфології евтектичних структурних складових залежить властивості білих чавунів і сталей ледебуритного класу. У переважній більшості випадків у практиці металургійного виробництва евтектики утворюються з урахуванням метастабільних карбідів. При наступних нагріваннях і в ході обробки тиском в цих евтектиках здійснюються фазові та структурні перетворення, що істотно впливають на їх властивості.

В результаті досліджень карбідних перетворень в швидкорізальних сталях, які проводились школою матеріалознавців ДМЕТІ під керівництвом академіка Тарана Ю.М, було виявлено, що у трикомпонентних системах Fe—C—M, де M — карбідоутворюючий елемент, два види карбідних перетворень: 1)-трансформація метастабільних карбідів у стабільні; 2) - розпад пересичених твердих розчинів на основі карбідів.

Фазові переходи першого виду можна розділити на два типи перетворень: перетворення зсувом та нормальні перетворення. У першому випадку нова фаза утворюється всередині вихідної та зростання здійснюється міграцією міжфазного кордону. Перебудова ґраток відбувається в результаті зміщення структурних елементів вихідного карбіду і супроводжується дифузійним перерозподілом компонентів між карбідами і твердим розчином. У другому випадку карбідне перетворення здійснюється зародженням стабільних карбідів поза вихідною карбідною фазою, розчиненням евтектичних карбідів і зростанням стабільних фаз шляхом по атомного переносу компонентів через твердий розчин.

Перетворення другого виду - розпад пересичених легуючими компонентами карбідів або старіння карбідних фаз здійснюється через ряд стадій, які можуть включати розшарування за типом спинодального розпаду.

У складнолегованих карбідах високолегованих сталей карбідного класу здійснюються перетворення першого або другого виду, які можуть бути одночасно або по черзі. Механізм перетворення та морфологія продуктів розпаду істотно залежать від вихідного стану та температури перетворення.

Як приклад розглянемо перетворення в евтектиці аустеніт + карбід M_2C швидкорізальної сталі Р6М5. Евтектичний карбід M_2C є метастабільним і при високотемпературному відпалі розпадається з утворенням карбідів M_6C та MC . У граничному випадку це перетворення відбувається за наступною реакцією: $(V,W,Mo)_2C+A \rightarrow (W,Mo,Fe)_6C+VC$.

Перетворення починається на поверхні розділу евтектичний карбід/аустеніт і поступово просувається углиб вихідної карбідної фази. При прискореному нагріванні до високих температур (вище $1100^\circ C$) зразків литої сталі Р6М5 першим зароджується карбід M_6C і утворює практично безперервну оболонку навколо кристалів карбідної фази (рис. 1.а). Після визначеної тривалості витримки, кожної температури, евтектичний карбід стає шаруватим. Частинки карбіду MC виділяються на межі карбідів M_6C та M_2C , найчастіше, у вигляді переривчастих прошарків. При збільшенні часу витримки ці прошарки утворюють оболонки, які поступово збільшуються, а розміри неперетворених серцевини зменшуються (рис.1.б)

Надалі здійснюється пульсуючий ріст фаз, що полягає в попереминому збільшенні об'ємної частки карбіду M_6C , то карбіду MC . Шарувату будову зберігають лише великі карбідні пластини, що розташовуються на периферії евтектичних колоній. Кількість цих шаруватих карбідів постійно зменшується. Але це відбувається повільно. Тривалий час у структурі зустрічаються карбідні пластини або стрижні, що мають шарувату будову. При збільшенні тривалості витримки всі карбіди набувають двофазної будови і складаються з карбідів M_6C і MC (рис.1 в). Надалі відбувається їх розділення міжфазними кордонами, сфероїдизація і коалесценція карбідних частинок (рис.1.г).

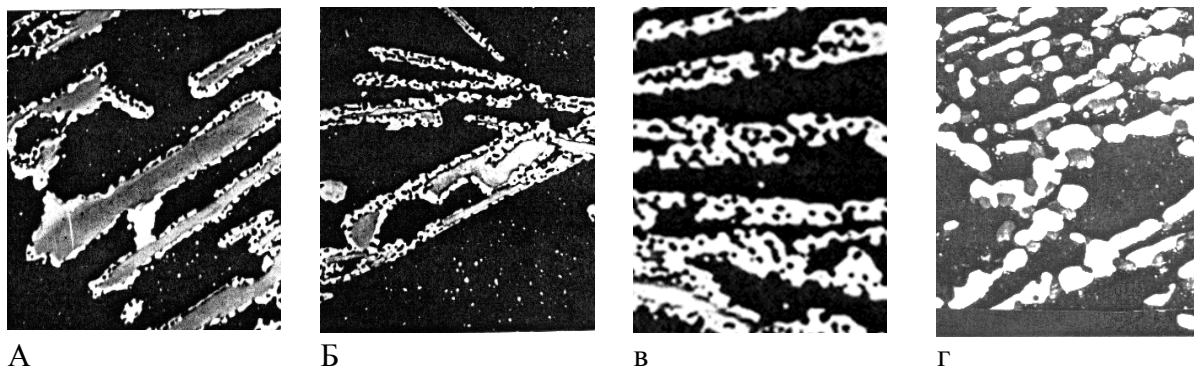


Рисунок 1 - Карбідне перетворення в евтектиці аустеніт + карбід M_2C сталі P6M5 в процесі витримки при $1150\text{ }^\circ\text{C} \times 850 \times 2$: а - 0,5 год. ; б - 2 год.; в – 20 год.; г – 100 год.

Лімітує ланкою процесу є доставка атомів заліза від аустеніту до фронту реакції шляхом об'ємної дифузії через шар карбиду M_6C . Схематично це перетворення показано на рис.2.

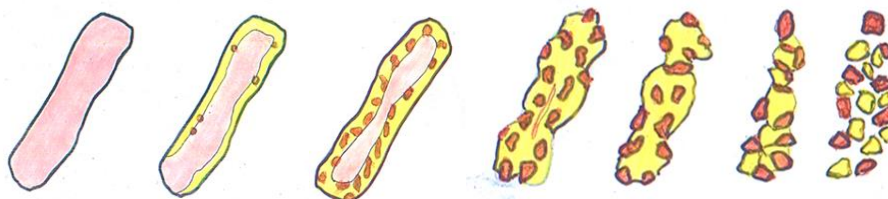


Рис.2. Схематичне зображення перетворення карбідів M_2C на карбіди M_6C і MC .

При нижчих температурах, у зв'язку з упорядкуванням розташування атомів вуглецю та звуженням області гомогенності, з карбиду M_2C виділяються кристали MC . Потім починається перекристалізація M_2C в M_6C і додаткове виділення фази MC . У зв'язку з наявністю центрів MC на поверхні розділу аустеніт/ M_2C формується тонко диференційований фронт продуктів реакції. Надалі перетворення розвивається шляхом зростання карбідних агрегатів углиб кристалів M_2C . Ванадій, вольфрам, молібден і хром перерозподіляються між M_6C та MC шляхом фронтальної дифузії, а залізо дифундує з аустеніту міжфазними межами M_2C/MC . Попередній низькотемпературний відпал, в ході якого відбувається розшарування карбиду M_2C є ефективним способом прискорення карбідного перетворення. Регулювання процесами карбідних перетворень відкриває широкі можливості для варіювання властивостями сплавів.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ З ВИСОКОХРОМИСТОЇ СТАЛІ

Семенчевський Є.О., керівник проф. Погребна Н.Е.
Український державний університет науки і технологій

Мета роботи полягає в дослідженні впливу температури на структуру і схильність до ламкого руйнування металу, вивченні впливу режимів гарячого скручування на схильність зразків зі сталі 04X25T ламкому руйнуванню, виявлення процесів розміцнення та рекристалізації, які забезпечують найбільший опір ламкому руйнуванню зразків із сталі 04X25T.

Дослідження структури сталі здійснювали методом фазового аналізу, хімічним аналізом, а також за допомогою метода світової кількісної та якісної мікроскопії.

Схильність до ламкого руйнування гарячODEформованих труб із сталі 04X25T визначається, головним чином, величиною зерна аустеніту. Одержання дрібнозернистої

структури в гарячодетформованих трубах з цієї сталі, що не перетерплює поліморфних перетворень, може бути досягнуте при визначених режимах механіко-термічної обробки. Одержання дрібнозернистої структури труб після гарячої деформації деякою мірою залежить від розміру зерна, безпосередньо після нагрівання перед деформацією. У випадку застосування заготовки зі значною різнозернистістю, по-різному протікають процеси зміцнення і знеміцнення в різних зернах у процесі гарячої деформації

Різна величина зерна визначає трохи більший опір ламкому руйнуванню металу катаної заготовки в порівнянні з кутою.

Температура ламкого руйнування металу катаної заготовки відповідає температурі +160°C, а кутої - +185°C.

Визначення частки в'язкої складової в зламах катаного і кутого металу після руйнування зразків в інтервалі температур +100°-300°C також показує, що опір ламкому руйнуванню трохи вище у катаного металу.

Електронномікроскопічне дослідження зламів металу катаної і кутої заготовки також показує, що в зламі металу катаної заготовки вже при ударних випробуваннях зразків при температурі +100°C спостерігаються окремі ділянки в'язкого руйнування, тоді як у зламі металу кутої заготовки ділянки в'язкого руйнування при цій температурі не виявлені. При температурі випробування +200°C метал як кутої, так і катаної заготовки руйнується в'язко.

Механічні властивості металу кутої (пл. 121776) і катаної (пл. 120959) заготовель приведені в таблиці. Механічні характеристики металу кутої і катаної заготовок практично однакові, хоча відносно подовження металу катаної заготовки все-таки трохи вище, ніж металу кутої заготовки.

Механічні властивості металу кутої і катаної заготовок

| Марка сталі | Плавк а | Розмі р, мм | σ_b МПа | σ_T МПа | δ_5 , % | ψ , % |
|-------------|-------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 04X25T | 12095 9 катан. | 085 | 560 | 460 | 33,0 | 65,5 |
| | | | 570 | 440 | 32,0 | 65,0 |
| | | | 555 | 445 | 32,0 | 64,5 |
| | 12177 6 кут. | | 550 | 465 | 29,5 | 67,5 |
| | | | 555 | 465 | 28,0 | 65,0 |
| | | | 560 | 480 | 26,0 | 60,5 |

Для дослідження структурних змін металу заготовок зі сталі 04X25T при нагріванні й одержання необхідної інформації про структуру заготовок перед прошиванням, зразки нагрівали в інтервалі температур 950-200°C (через 50°C), витримували при цих температурах протягом 1 години, і швидко прохолоджували у воді.

З аналізу мікроструктур доведено, що помітні зміни в структурі зразків катаної заготовки спостерігаються при температурі 1000°C. При цій температурі протікають процеси збірної рекристалізації зерен, особливо у зразків, вирізаних з периферійних ділянок, і в значно меншому ступені у зразків, виготовлених з центральної частини заготовок. При температурах нагрівання 1000-1050°C і зазначеній вище витримці формується більш менш равноосна структура, з величиною зерна, що відповідає 3 балу.

При температурі нагрівання 1050°C у зразках з металу кутої заготовки величина зерна, а також ступінь різнозернистості більше, ніж у зразків з катаного металу, нагрітих до цих же температур. При температурах нагрівання вище 1050°C значною мірою розвивається вторинна рекристалізація. Особливо інтенсивне зростання окремих зерен має місце при температурі 1150°C та вище.

Отримані дані дозволяють укласти, що оптимальна температура нагрівання заготовки діаметром 85 мм зі сталі 04X25T, при якій виникає однорідна по величині зерна структура, не повинна перевищувати 1050°C.

Встановлено що досліджувані заготовки діаметром 85мм зі сталі 04X25T мають найбільшу пластичність у інтервалі температур 1000-1100°C . Разом з тим, максимальне число скручувань у зазначеному інтервалі температур у металу катаних заготовок трохи вище, ніж у кутих, що, очевидно, обумовлюється меншою різнозернистістю металу катаної заготовки при зазначених температурах. Тому технологічна пластичність при гарячій деформації катаного металу трохи вище кутого

ВИБІР МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕНКЕРА ДЛЯ ОБРОБКИ М'ЯКИХ МЕТАЛІВ

Натха Я.С., керівник доц. Аюпова Т.А.

Український державний університет науки і технологій

Значення різального інструменту в машинобудуванні важко переоцінити. Високопродуктивне різання металів з великими швидкостями та подачами значно скоротило машинний час при виготовленні деталей на металообробних верстатах. Особливе місце в машинобудуванні займає інструмент для обробки отворів, для чого використовуються свердла, які утворюють отвір, та при розсвердлюванні його, зенкери для доведення отвору до необхідних розмірів та отримання заданої шорсткості поверхні, зенковки – для зенкування з метою формування заглиблення для головок кріпильних елементів та розгортки - чистовий інструмент при обробці поверхонь отворів.

Розглянуто типи, конструкцію, умови експлуатації зенкерів, причини втрати їхньої працездатності та основні вимоги до них: теплостійкість, зносостійкість, механічна міцність, твердість. Методом порівняльного аналізу хімічного складу, комплексу механічних, технологічних властивостей та розрахунку вартості швидкорізальної сталі встановили, що оптимальною для виготовлення зенкерів для різання м'яких металів , є швидкорізальна сталь Р6М5.

Хімічний склад швидкорізальної сталі Р6М5 встановлений таким чином, щоб забезпечити максимальну теплостійкість, для цього в сталь вводять вуглець в кількості 0,86...0,94%, вольфрам в кількості 5,5...6,5% та молібден у кількості 4,8...5,3%; та ванадій, який знаходиться у сталі в кількості 1.7...2,1%.МС (VC). В результаті утворюються твердіга тугоплавкі спеціальних карбіди типу Me_6C (W_6C , Mo_6C) та VC. Також зазначені елементи, а також Cr, якого міститься в сталі близько 4%, переходячи при аустенізації до твердого розчину, забезпечують отримання після гартування легованого мартенситу, підвищуючи його теплостійкість. Хром додають у кількості 3,8...4,4% для підвищення прогартовуваності та отримання однорідної мартенситної структури. Він також впливає на процеси карбідоутворення при відпустці.

При проведенні аналізу ізотермічної діаграми розпаду переохолодженого аустеніту сталі Р6М5 встановлене розділення областей перлітного та бейнітного перетворень за рахунок наявності у складі сталі карбідоутворювачів – вольфраму, молібдену, ванадію, хрому. Спостерігається утворення області підвищеної стійкості аустеніту між першою та другою сходинками перетворення аустеніту. Температура початку мартенситного перетворення M_n для сталі Р6М5 становить 150°C.

Для сталі Р6М5 запропонована термічна обробка, яка складається з попередньої, яка проводиться з метою пом'якшення сталі перед механічною обробкою (сфероїдируючий відпал при 840...860°C, витримка 2 год, з додатковою витримкою при 720...730°C, 4 год), та завершальної обробки, метою якої є отримання необхідного рівня теплостійкості та

твердості (загартування з 1210...1230°C з підігрівом при 800...850°C, охолодження в олії до 540...600°C, далі - повітря, та триразова відпустка при 540...560°C, 1 год, що забезпечує високий рівень механічних та експлуатаційних властивостей, зокрема твердості 64-65HRC та теплостійкості при 620°C 58HRC, межа міцності $\sigma_{\text{виг}}=3200\text{...}3600\text{МПа}$).

Вивчене структуроутворення в сталі Р6М5 на основних етапах виготовлення зенкера. В литому стані сталь Р6М5 має структуру сорбітоподібного перліту та карбідної евтектики зі значною карбідною неоднорідністю. Після гарячої обробки тиском та сфероїдизаційного відпалу в структурі наявний зернистий перліт. В результаті загартування на мартенсит та трикратної відпустки структура сталі Р6М5 характеризується мартенситом відпуску, дрібнодисперсних рівномірно розподілених спеціальних карбідів та залишкового аустеніту в кількості 1...2%.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФРЕЗИ ДЛЯ РІЗАННЯ М'ЯКИХ МЕТАЛІВ

**Стародуб М.М., керівники доц. Аюпова Т.А., доц. Котова Т.В.
Український державний університет науки і технологій**

Перед інструментальним виробництвом стоїть важливе завдання – значно збільшити випуск продукції машинобудівної та металообробної промисловості. Досягти цього можна лише через перехід на методи масового виробництва інструментів з впровадженням передової технології, механізації та автоматизації процесів, використання вдосконалених та розробки нових інструментальних матеріалів.

До інструментальних сталей відносяться ті, що застосовуються для обробки металів різанням та тиском і мають специфічний набір властивостей (твердість, теплостійкість, зносостійкість тощо). Ці сталі можуть бути як низьколегованими, так і високолегованими, з вмістом щонайменше 4-5 легуючих елементів, що забезпечує їх універсальність для різних видів обробок та матеріалів.

При раціональному виборі матеріалу, який є одним з ключових факторів якості продукції, необхідно керуватися наявністю необхідного рівня комплексу властивостей при мінімальному легуванні та економічній ефективності. Причому, допускається подорожчання матеріалу за умов, якщо отриманий економічний ефект перевищуватиме зазначені витрати.

Розглянуто типи, конструкцію, умови експлуатації фрез, зокрема черв'ячних, вивчено причини виходу з ладу та встановлені вимоги до матеріалу фрез: твердість, зносостійкість, механічна міцність, теплостійкість. Окрім високого комплексу механічних властивостей до матеріалу фрез пред'являють ряд вимог до його технологічних властивостей: здатність до гарячої деформації, добра оброблюваність різанням, шліфуємість.

Вивчено основні етапи виготовлення черв'ячних фрез. Встановлено марки сталей для виготовлення черв'ячних фрез, що використовують для різання м'яких металів, вивчено їх хімічний склад: в якості матеріалу фрез використовують швидкорізальні сталі.

В результаті порівняльного аналізу хімічного складу, механічних та технологічних властивостей обраних сталей та розрахунку їхньої відносної вартості в якості оптимального матеріалу черв'ячних фрез для різання м'яких металів обрали швидкорізальну сталь Р12. Вона задовольняє всім вимогам до матеріалу черв'ячної фрези для різання м'яких металів при мінімальній вартості.

Встановлені основні принципи легування сталі Р12: хімічний склад швидкорізальної сталі Р12 встановлений таким чином, щоб забезпечити максимальну теплостійкість, для цього у сталь додають: вуглець приймає участь в утворенні твердих та тугоплавких карбідів; вольфрам є основним легуючим елементом, який забезпечує теплостійкість; він утворює в сталі карбід Me_6C , який при аустенітизації частково переходить до

твердого розчину, забезпечуючи отримання після гартування легованого вольфрамом мартенситу. Вольфрам істотно підвищує стійкість сталі проти відпуску. Молибден у кількості до 1,0% додають для підвищення продуктивності різання. Молибден підвищує стійкість проти відпуску, теплостійкість, а також дозволяє уникнути крихкості при відпуску. Ванадій утворює в сталі найтвердіший карбід MeC (VC) (HV 2700...2800). Він підвищує зносостійкість сталі. Хром у всіх швидкорізальних сталях міститься в кількості біля 3-5%. Основна роль хрому у швидкорізальних сталях складається у приданні сталі високої прогартуваності. Також хром сприяє отриманню однорідної мартенситної структури. Він також впливає на процеси карбідоутворення при відпусці.

Для сталі P12 пропонується термічна обробка, яка складається з попередньої, яка проводиться з метою пом'якшення сталі перед обробкою тиском (сфероїдизуючий відпал при $840...860^{\circ}C$ з додатковою витримкою при $720...730^{\circ}C$), та завершальної обробки, метою якої є отримання необхідного рівня теплостійкості та твердості (загартування з $1240-1260^{\circ}C$ з підігрівом при $800-850^{\circ}C$, охолодження в олії до $500^{\circ}C$, дали на повітрі, та трикратний відпуск при $550-570^{\circ}C$, що забезпечує високий рівень механічних та експлуатаційних властивостей, зокрема твердості більшої за 61-64HRC та теплостійкості при $620^{\circ}C$ 58HRC). В якості альтернативи триразовій відпустці можна проводити криогенну обробку при $-100^{\circ}C$, 1 год і одноразову відпустку при $560^{\circ}C$ 1 год.

Прослідковано формування структури сталі P12 від вихідної, яка характеризується сорбітоподібним перлітом та карбідною евтектикою, до остаточної, сформованої в результаті загартування на мартенсит та трикратного відпуску, яка характеризується наявністю мартенситу відпуску, дрібнодисперсними рівномірно розподіленими карбідами та вмістом залишкового аустеніту в межах 1...2%. Розглянуто морфологію спеціальних карбідів M_6C та MC в литому стані.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕКАТАНОГО ЛИСТА

**Коваленко І.С., керівники доц. Котова Т.В., доц. Аюпова Т.А.
Український державний університет науки і технологій**

Тонколистовий прокат из низьковуглецевих сталей використовується в багатьох галузях промисловості для виготовлення деталей методом холодної штамповки та глибокої витяжки. При невеликій товщині листа складно витримати високу температуру деформації, тому розробляються способи прокатки в субкритичному інтервалі температур для забезпечення отримання рівномірної структури металу, що визначає рівень його механічних властивостей та якість штампованих деталей. ДСТУ 2834-94 регламентує якість гарячекатаного тонколистового прокату. Проблема формування різнозернистої структури вирішується шляхом регулювання температурно-деформаційних параметрів виробництва, що дозволяє отримати оптимальні характеристики кінцевої структури та підвищити комплекс механічних властивостей прокату.

В роботі досліджено особливості формування та кількісні параметри структури в поверхневих та центральних зонах зразків сталі 08пс після прокатки в аустенітній та ферито-перлітній областях температур за один та два проходи з охолодженням на повітрі та з піччю. Показано, що однопрохідна прокатка при температурі нижче точки A_{r1} в області ферито-перлітної структури металу з охолодженням металу на повітрі забезпечила отримання рівномірної структури по товщині листа.

Встановлено, що для формування однорідної структури в зразках, охолоджених разом з піччю ($T_{зм} = 600^{\circ}\text{C}$), сприятливим є режим з високою 900°C (вище критичної точки Ar_3) та низькою 650°C (нижче точки Ar_1) температурами закінчення прокатки.

Деформація зразка сталі 08пс товщиною 1,5 мм, охолодженого на повітрі після обробки в першому проході в аустенітній області, в другому проході в субкритичному інтервалі температур (сумарний ступінь деформації 27%) забезпечила отримання комплексу механічних властивостей відповідно до ДСТУ 2834-94: $\sigma_b = 400$ МПа; $\sigma_T = 300$ МПа; $\delta = 24\%$; HRB 60. Визначені раціональні режими для сталі 08пс: двопродісна прокатка (в аустенітній області при температурі 900°C і в ферито-перлітній області при температурі 700°C) та охолодження листа на повітрі.

Використання раціональних режимів обробки дозволить забезпечити отримання оптимальних характеристик кінцевої структури та необхідного рівня механічних властивостей металу відповідно до ДСТУ 2834-94.

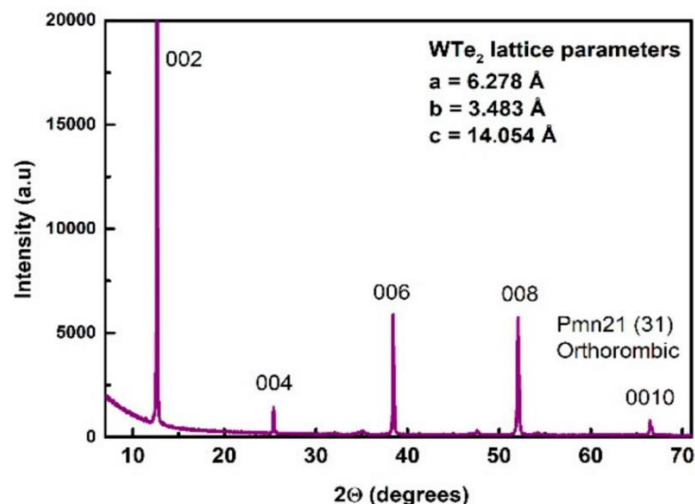
ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ WTe_2 -ПЛІВОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

Рязанцева В.С., керівник доц. Аміруллоєва Н.

Український державний університет науки і технологій

Вольфрам дителурид (WTe_2) є перехідним металічним дихалькогенідом, що привертає значну увагу завдяки своїм унікальним електронним і топологічним властивостям. Дослідження тонких плівок WTe_2 є важливим для розуміння їхньої структури та потенційних застосувань у наноелектроніці та спінтроніці. Основними методами аналізу таких плівок є рентгенівська дифракція (XRD) та сканувальна електронна мікроскопія (SEM) [1].

XRD використовується для визначення кристалічної структури та фазового складу матеріалу. При дослідженні плівок WTe_2 методом XRD можна отримати дифрактограми, які відображають характерні піки, що відповідають певним міжплощинним відстаням у кристалічній решітці. Ці піки дозволяють ідентифікувати фазу матеріалу та оцінити ступінь його кристалічності. Приклад XRD-аналізу плівки WTe_2 наведено на [рис.1](#):



- 1.
2. Рис.1 XRD аналіз зразка WTe_2 з основними ідентифікованими піками переважної кристалографічної орієнтації [2].
- 3.

Дифрактограми плівок WTe_2 показали інтенсивні піки, що відповідають орторомбічній структурі з параметрами ґратки $a = 6,25$ Å, $b = 3,50$ Å та $c = 14,02$ Å.

Найбільш інтенсивний пік спостерігається при $2\theta = 12,75^\circ$, що відповідає (002)-відбиттю, вказуючи на переважну орієнтацію кристалів вздовж осі с.

SEM дозволяє отримати зображення поверхні плівок з високою роздільною здатністю, що дає змогу аналізувати морфологію, розмір зерен та наявність дефектів. Це особливо важливо для епітаксійних плівок, оскільки їхні властивості сильно залежать від якості поверхні та структури (рис. 2).

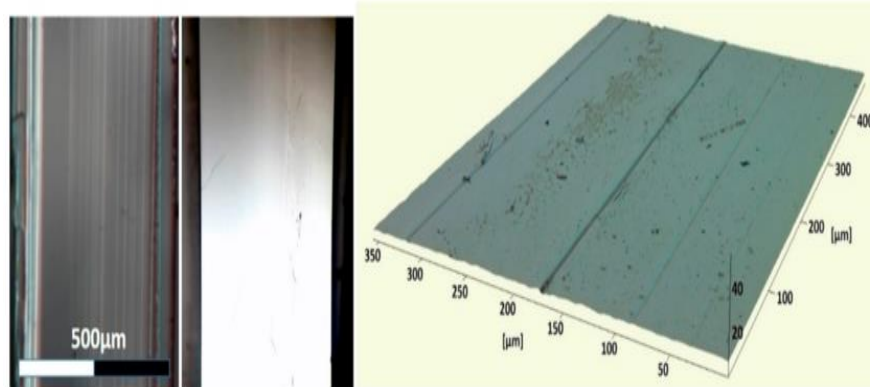


Рис. 2. Оптичні зображення (під збільшенням $\times 5$) вибраного кристала WTe_2 з нативною поверхнею (ліворуч), сколеною поверхнею (посередині) та топографічною профілометрією (праворуч) над сектором нативної поверхні в масштабі мкм. [3]

Зображення поверхні плівок WTe_2 виявили плоскі області разом із дрібними кристалітами. Також спостерігалися тріщини, шаруватий ріст та поширення шарів кристалу, що свідчить про специфічні умови росту та можливі внутрішні напруження в плівках (рис. 3).

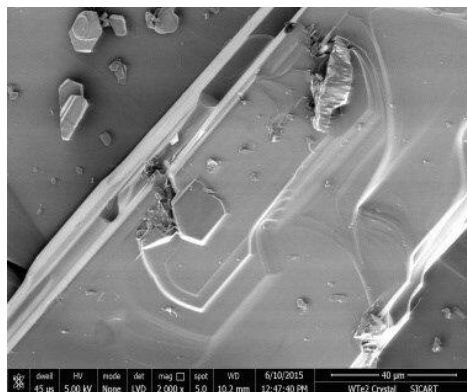


Рис.3 SEM-зображення кристалів WTe_2 [5].

Використання XRD та SEM у комплексі дозволяє отримати повну картину про структуру та властивості плівок WTe_2 . XRD надає інформацію про кристалічну структуру та фазовий склад, тоді як SEM дає змогу детально вивчити морфологію поверхні та мікроструктуру матеріалу. Такий підхід є ключовим для оптимізації процесів вирощування плівок та покращення їхніх фізико-хімічних властивостей.

Сучасні методи аналізу, такі як комбінація XRD і SEM з енергетично-дисперсійною спектроскопією (EDS), дозволяють більш детально оцінити хімічний склад плівок WTe_2 та розподіл елементів у зразках. У перспективі планується розширення досліджень у напрямку впливу температурного відпалу на кристалічну структуру WTe_2 , що може призвести до покращення електронних властивостей матеріалу.

Перелік посилань:

1. Ковтун, Б. Ю. Сканувальна електронна мікроскопія для дослідження епітаксійних плівок : дипл. робота бакалавра : 153 Мікро- та наносистемна техніка – Київ, 2024. – 80 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67522>

2. K. Buchkov, R. Todorov, P. Terziyska, et al. Anisotropic Optical Response of WTe₂ Single Crystals Studied by Ellipsometric Analysis / *Nanomaterials* 2021, 11, 2262. <https://doi.org/10.3390/nano11092262>
3. D. Dimitrov, K. Buchkov, V. Marinova, V. Strijkova et al. CVT Growth and Characterization of WTe₂ Crystals / *Proceedings* 15 November 2020 <https://pdfs.semanticscholar.org>
4. Vijay Dixit, G.K. Solanki, Chirag Vyas, K. D. Patel. Structural and optical properties of WTe₂ single crystals synthesized by DVT technique <https://www.researchgate.net/publication/325040170>

СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ WTe₂

Танчик А. А., керівник доц. Аміруллоєва Н. В.

Український державний університет науки і технології

Наноструктурні матеріали, зокрема вольфрам дителурид (WTe₂), викликають значний науковий інтерес завдяки їхнім унікальним властивостям. WTe₂ має надзвичайні електронні, оптичні та топологічні властивості, що робить його перспективним для застосування в електроніці, оптоелектроніці, каталізі та сенсориці [1, 2].

WTe₂ (твердий телурид вольфраму) – матеріал класу дихалькогенідів перехідних матеріалів (TMDs). WTe₂ може існувати в різних кристалічних фазах, що впливає на його електронні властивості. Він проявляє цікаві електронні властивості, такі як надпровідність, топологічні властивості та велику магнітоопірність [3].

WTe₂ має високу термоелектричну ефективність, що робить його перспективним для застосування в термоелектричних пристроях.

Дителурид вольфраму WTe₂ застосовується для перетворення теплової енергії на електричну (термо-ЕРС близько 57 мкВ / К).

WTe₂ є топологічним матеріалом, що означає, що він має унікальні електронні стани на своїй поверхні.

Потенційні застосування включають електроніку, спінтроніку, квантову електроніку, оптоелектроніку, нанотехнології та каталіз.

Особливості включають високі термоелектричні властивості та здатність працювати як каталізатор у хімічних реакціях.

Для отримання наноструктур WTe₂ використовується широкий спектр методів синтезу, включаючи:

1. Хімічне осадження з парової фази (CVD) - розкладання газових прекурсорів на субстраті; переваги: висока якість матеріалу, можливість контролю товщини шару; обмеження: необхідність точного контролю параметрів процесу.

2. Молекулярно-променеву епітаксію (MBE) - переваги: висока контрольованість, точність; обмеження: складність у налаштуванні процесу та висока вартість обладнання.

3. Механічне подрібнення - синтез наноструктур шляхом механічного подрібнення матеріалу; переваги: простота, доступність; обмеження: можливе утворення дефектів у матеріалі.

4. Гідротермальний метод - передбачає використання води під високим тиском для отримання наночастинок; переваги: простота, низька температура синтезу; обмеження: можливі контамінації і дефекти.

5. Мікрохвильовий синтез - використання мікрохвильового поля для ініціації реакцій в реакційних системах для отримання наноструктур; переваги: висока швидкість процесу; обмеження: необхідність використання спеціального обладнання для мікрохвильових полів. [4]

Кожен метод має свої переваги та недоліки, і вибір методу залежить від конкретних вимог до матеріалу. До вимог належить: товщина, якість, розмір і форма структури, а також від умов виробництва.

Методи CVD і MBE – найбільш поширені для створення високоякісних матеріалів. Тим часом, механічне виділення і лазерний абляційний синтез підходять для отримання однієї або кількох шарів WTe₂ [5].

WTe₂ демонструє унікальні електронні властивості, зокрема надпровідність та топологічні фази, що робить його перспективним для створення нових електронних та оптоелектронних пристроїв

Наноструктури WTe₂ можуть бути використані як ефективні каталізатори для різних хімічних реакцій, зокрема для реакцій гідродесульфуризації та водневого виробництва.

WTe₂ проявляє високі термоелектричні властивості, що робить його перспективним для використання в пристроях для перетворення теплової енергії в електричну.

Наноструктури WTe₂ можуть бути використані для створення високочутливих сенсорів для виявлення різних газів та хімічних сполук.

Нанокompозитні матеріали на основі WTe₂ можуть бути використані в різних галузях, таких як аерокосмічна, автомобільна та будівельна.

Для реалізації перспектив необхідно подолати технічні перешкоди, пов'язані з виробництвом і обробкою WTe₂.

Наноструктури WTe₂ мають значний потенціал для розвитку в різних галузях технологій.

Методи синтезу мають свої специфічні характеристики, впливаючи на фізико-хімічні властивості матеріалу.

Розмір та морфологія наноструктур WTe₂ суттєво впливають на їхні властивості.

Список використаних джерел

1. Стріха М.В., Корж А.О. «Фізичні, хімічні та інші явища, на основі яких можуть бути створені сенсори» - Київ. 2022. [с. 5-15]
<http://semst.onu.edu.ua/article/view/282724/277997>
2. Довідник по металу Вольфрам. http://metalelit.com.ua/ua/volfram_ukr.html
3. Гусинін В., Локтєв В., Шарапов С. «Графен: неймовірне стало можливим» / Вісник НАН України № 12. - 2010. [с. 51-57]
https://bitp.kiev.ua/files/doc/lectures/Visnyk2010N12_51.pdf?utm_source=chatgpt.com
4. Поп М.М., Біланич В.С. «Фізика та технології наноструктур» / Навчальний посібник / Ужгород. - 2024.
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/58149/1/NANO.pdf>
5. Ткач О.П. «Наноматеріали та нанотехнології в приладобудуванні» / Навчальний посібник / Суми. 2014. [с. 17-19]
URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/141443183.pdf>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИБУХОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГРАФІТ У ЧАВУНАХ

Прокопенко М.В., керівник проф. Губенко С.І.

Український державний університет науки і технологій

Метою досліджень стало вивчення та аналіз структурних і фазових змін, що спостерігаються у графітних включеннях при ударному стисканні чавунів з подальшою термоциклічною обробкою. Дослідження проводили на синтетичних чавунах з різною формою графіту та з феритною або аустенітною металевою матрицею [1 - 4].

Експериментально встановлено, що при ударному стиску та подальшому термоциклюванні чавуну в межах контурів грубих первинних включень графіту утворюються поля дисперсних графітних частинок переважно сферичної форми. Нові включення графіту мали середній розмір в поперечнику до 10^{-6} м. Дифузійне дроблення графіту може проходити з оплавленням та без оплавлення; можливе утворення комірчастої структури.

Виявлено явище відбілу чавуну у зв'язку з утворенням під час вибухового впливу на межах графіт-матриця метастабільних карбідів складного хімічного складу.

Показана можливість поліморфного перетворення графіту в алмаз при ударному стисканні та подальшому термоциклюванні. Вивчено вплив типу металевої матриці як ростового середовища на нарощування алмазу динамічного синтезу.

Отримані результати дослідницької роботи розкривають перспективи розробки способів впливу на розміри та розподілення у чавунах графітних включень.

Перелік посилань:

1. Бунін К.П., Малиночка Я.Н., Таран Ю.М. Основи металографії чавуну. М., Металургія, 1969, 415 с.
2. Соболев В. В., Таран Ю. М., Губенко С. І. Синтез алмазу у чавуні. – Металознавство та термічна обробка металів. 1993, № 1, С. 2 - 6.
3. Губенко С. І., Соболев В.В. **Відбіл чавуну при ударно-хвильовому стиску.** Праці VI Міжнародної науково-практичної конференції «SCIENCE AND EDUCATION: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS» 3-5 березня 2021 року. - Кіото, Японія, с. 246-256
4. Губенко С. І. Дифузійне дроблення графіту за комплексної обробки чавуну. Металознавство та термічна обробка металів, 2021, №2 (93), с. 26-32

ПІДСЕКЦІЯ «ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ»

ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНОГО БЕЙНІТУ В СТАЛЯХ

Шпортко Ю. В., керівник проф. Дейнеко Л. М.

Український державний університет науки і технологій

Для задоволення постійно зростаючі потреби промисловості в інструментальних і конструкційних матеріалах, нові розробки передових машинобудівних сталей спрямовані на одночасне підвищення міцності, пластичності та в'язкості при зменшенні рівня жолоблення та деформацій виробів в процесі їх зміцнюючої або комбінованої термічної обробки. Поліпшення механічних властивостей сталей намагаються досягти шляхом утворення винятково тонких мікроструктур, які досягають нанорозміру, це забезпечує суттєве підвищення міцності без шкоди для в'язкості. Сьогодні наноінженерія використовується для розробки надвисокоміцних сталей як ключової технології в металургії.

Передові високоміцні сталі третього покоління мають композитні мікроструктури, які складаються з високоміцних фаз (наприклад, бейніту або мартенситу) і високої частки більш м'якої фази (наприклад, аустеніту), для оптимізації компромісу між міцністю та пластичністю. Це призвело до нових концепцій, таких як, нанобейнітові [1], безкарбідні бейнітні [2], або Q&P (Quenching and Partitioning) [3] сталі та мікроструктури.

Бейніт не є фазою, це композит фаз, що складається переважно з пластинок фериту, але з вкрапленнями незначних фаз, таких як карбіди та/або залишковий аустеніт. Це структура може бути створена рівномірно у величезних конструкціях, таких як парові

турбіни, або може використовуватися мікроскопічно як обробка поверхні для покращення трибологічних властивостей. Ця структура піддається ретельному контролю – наприклад, її масштаб можна регулювати від сотень мікрометрів до десятків нанометрів. Такі варіації відображаються на властивостях, підкреслюючи її універсальність.

Bhadeshia та ін. [4] розробили нанобейнітну структуру з чудовими властивостями у високовуглецевій та висококремнієвій сталі за допомогою простого процесу термічної обробки. Відтоді нанобейнітна сталь привертає широку увагу.

Сталі зі структурою нанобейніту характеризуються унікальним поєднанням високої міцності, пластичності та ударної в'язкості, що робить їх перспективними для використання у відповідальних конструкціях, які працюють в умовах високих навантажень та агресивних середовищ.

Отримання нанобейніту можливе в сталях та сплавах з різним вмістом вуглецю та легуючих елементів. Легування кремнієм, алюмінієм пригнічує утворення цементиту та забезпечує стабілізацію залишкового аустеніту, марганець ще підвищує прогартовуваність, що покращує механічні властивості сталі.

Однак, високовуглецеві наноструктуровані бейнітні сталі зазвичай виготовляються шляхом тривалої ізотермічної термічної обробки при низьких температурах, вищих за початкову температуру мартенситу. Тому багато дослідників вивчали можливість скоротити час виготовлення високовуглецевих наноструктурованих бейнітних сталей. Згідно з дослідженнями, бейнітне перетворення безкарбідних бейнітних сталей прискорюється додаванням легуючих елементів, *ausforming* або попереднім утворенням мартенситу перед ізотермічним бейнітним перетворенням.

Технологічна схема термічної обробки сталі «Quenching and Partitioning – Q&P» («Гартування та розподіл») є одним з різновидів ізотермічного гартування. Зважаючи на свою перспективність, базова Q&P-технологія постійно розвивається, розробляються різні її модифікації, метою яких є усунення недоліків та подальше підвищення комплексу властивостей сталі.

Однією з розроблених модифікацій Q&P-технології є BQ&P (B – bainite) – суть даної технології полягає в отриманні безкарбідного бейніту на стадії первинного гартування.

Інноваційна багатоступенева термічна обробка, яка поєднує процеси бейнітизації та гартування і розподілу (BQ&P), може бути застосована для отримання багатофазної мікроструктури, яка містить безкарбідний нанобейніт. Можливість регулювати механічні та експлуатаційні властивості сталі шляхом контролю частки певних фаз, а також значне скорочення часу термічної обробки може зробити процес BQ&P придатним для промислового застосування.

Створення режимів та технологій зміцнюючої термічної обробки різноманітних сталевих деталей зі структурою бейніту (або бейніту і мартенситу та бейніту і фериту) підтверджує доцільність широкого розвитку такого напрямку. Він дозволяє збільшити термін експлуатації механізмів та конструкцій при зменшенні їх матеріаломісткості, а також знизити збитки від можливих відмов деталей машин та елементів металевих споруд.

Список використаних джерел

1. Rosalia Rementeria, Jose A Jimenez, Sébastien YP Allain, Guillaume Geandier, Jonathan D Poplawsky, Wei Guo, Esteban Urones-Garrote, Carlos Garcia-Mateo, Francisca G Caballero. Quantitative assessment of carbon allocation anomalies in low temperature bainite. *Acta Materialia*, 2017. Vol. 133. P. 333-345. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.05.048>
2. Jean-Christophe Hell, Moukrane Dehmas, Sébastien Allain, Juscelino Mendes Prado, Alain Hazotte, Jean-Philippe Chateau. Microstructure-properties relationships in

carbide-free bainitic steels. *ISIJ international*, 2011. Vol. 51(10). P.1724–1732, <https://doi.org/10.2355/isijinternational.51.1724>

3. Samy Aoued, Frédéric Danoix, Sébastien YP Allain, Steve Gaudez, Guillaume Geandier, Jean-Christophe Hell, Michel Soler, Mohamed Gouné. Microstructure evolution and competitive reactions during quenching and partitioning of a model Fe-C-Mn-Si alloy. *Metals*, 2020. 10(1):137,. <https://doi.org/10.3390/met10010137>

4. Bhadeshia, H.K.D.H. The first bulk nanostructured metal. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 2013, Vol. 14, 014202. <https://doi.org/10.1088/1468-6996/14/1/014202>

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗВАРЮВАЛЬНОГО ДРОТУ Данильчук В.О., керівник доц. Перчун Г.І. Український державний університет науки і технологій

Зварювальний дріт є важливим матеріалом для зварювальних робіт, оскільки його характеристики безпосередньо впливають на якість зварного шва. Для виготовлення зварювального дроту використовують високоякісні сталі з вмістом вуглецю до 0,15% для низьковуглецевих марок та до 0,45% для середньовуглецевих марок сталей. Вибір конкретної марки сталі залежить від виду зварювання та експлуатаційних вимог.

В якості заготовки для волочіння дроту застосовується продукція прокатного виробництва - катанка, що одержується прокатом литих заготовок певного перерізу. Найбільш поширений розмір катанки, що використовується для подальшої обробки волочінням – 5,5-6,5 мм. Перед волочінням низьковуглецеву катанку, вироблену без порушення технологічного процесу, термічній обробці зазвичай не піддають, оскільки вона має ферито-перлітну структуру і добре деформується волочінням у гарячекатаному стані.

Технологія виробництва зварювального дроту включає низку послідовних технологічних операцій: підготовку поверхні катанки до волочіння, яка полягає у видаленні поверхневих дефектів, очищенні поверхні від окалини, промиванні, нанесенні підзмащувального шару; холодне волочіння; термічну обробку (проміжну/фінішну) та нанесення покриття.

В роботі розглянуто процес виробництва зварювального дроту зі сталі Св-08Г2С, загальна схема виробництва якого надана на рис. 1.

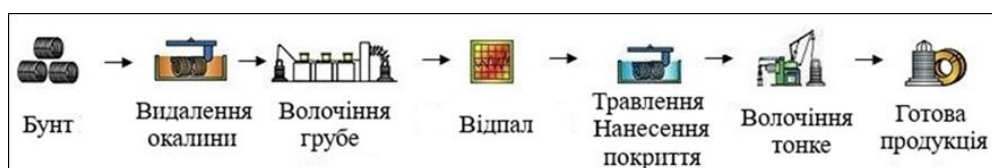


Рисунок 1 – Загальна схема виробництва зварювального дроту

Хімічний склад сталі Св-08Г2С і механічні властивості сталі в вихідному стані наведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі Св-08Г2С

| Вміст елементів, % мас. | | | | | | |
|-------------------------|------------|------------|---------|----------|---------|--------|
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr |
| 0,05 – 0,11 | 0,7 – 0,95 | 1,8 – 2,10 | до 0,25 | до 0,025 | до 0,03 | до 0,2 |

Таблиця 2 – Механічні властивості сталі 08Г2С в вихідному стані

| Діаметр, мм | σ_T , МПа | σ_B , МПа | σ_B/σ_T | δ_5 , % | δ_p , % |
|-------------|------------------|------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 6,5 | 336,85 | 549,8 | 1,64 | 38,29 | 22,5 |

Середньовуглецеву нелеговану катанку піддають сорбітизації з прокатного нагріву або патентуванню на переробних заводах (метизних, сталепрокатних та ін.). Залежно від марки сталі найкращу деформованість забезпечує: ферито-перлітна структура в низьковуглецевій, низько- і середньолегованій катанці; структура тонкопластинчастого перліту (сорбіту) в середньовуглецевій катанці; структура зернистого перліту в високовуглецевій катанці.

Процес волочіння є основним етапом виробництва зварювального дроту. Параметри волочіння (температура, швидкість, ступінь деформації) визначають кінцеві характеристики дроту. В процесі холодного волочіння відбувається деформаційне зміцнення дроту, що супроводжується значним зниженням технологічної пластичності сталі, тобто відбувається явище наклепу. З метою відновлення пластичних властивостей дроту, необхідних для подальшого здійснення процесу волочіння, дріт піддають термічній обробці. В якості проміжної термічної обробки зварювального дроту використовують рекристалізаційний відпал, який відноситься до відпалу першого роду. Основною метою цієї термічної обробки є відновлення деформованої мікроструктури металу завдяки процесу рекристалізації. Пластичність сталі підвищується, а міцність зменшується, що дозволяє продовжувати далі холодну деформацію волочінням дроту на готовий розмір. Графік режиму термічної обробки зварювального дроту наведено на рис.2.

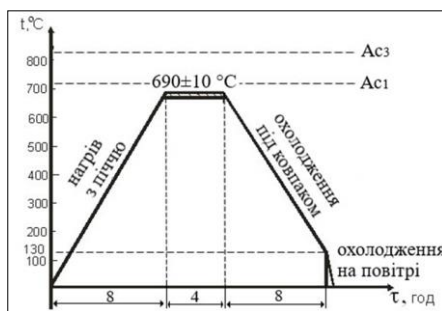


Рисунок 2 – Графік режиму термічної обробки дроту зі сталі Св-08Г2С

Мікроструктура катанки, дроту після волочіння та після рекристалізаційного відпалу наведена на рис.3.

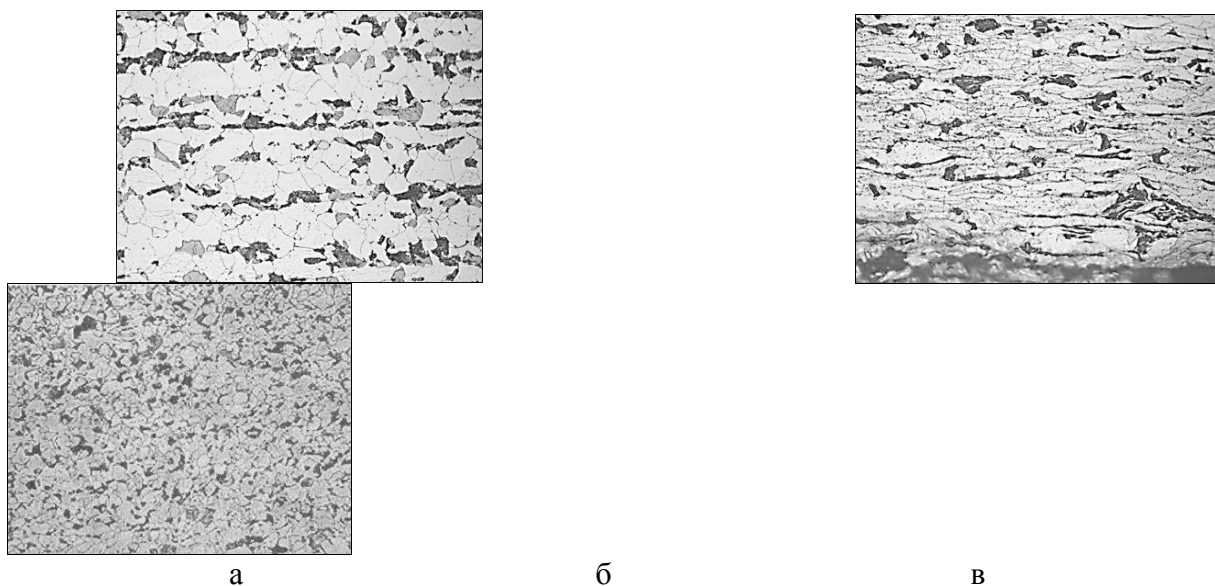


Рисунок 3 - Мікроструктура дроту зі сталі Св-08Г2С
 а - катанка Ø5,6мм у вихідному стані, х500; б – дріт після волочіння на Ø3,8мм (холодна деформація, $\epsilon = 54\%$), х500; в – дріт після рекристалізаційного відпалу, х200

Основним технологічним обладнанням для рекристалізаційного відпалу дроту в автоматичному режимі є ковпакова багатостопна двостендова піч, до якої дріт завантажують у вигляді мотків. Найчастіше на метизних підприємствах здійснюють світлий відпал - відпал дроту під муфелем в захисній атмосфері, до складу якої входять гази відновники H_2 і CO . Результатом термообробки в режимі «Світлий відпал» є покращення якості продукції, зниження витрат металу на угар, волочіння передільної заготовки на готовий розмір без попереднього травлення.

Контрольні операції якості дроту залежать від його призначення. До загальних контрольних операцій відносяться контроль хімічного складу сталі, геометричних розмірів (діаметра), овальності по перетину, якості поверхні, макро- і мікроструктури, числа перегинів до руйнування, випробування на скручування. Випробування дроту на розтягнення для визначення тимчасового опору розриву проводять за ДСТУ ISO 6892-1:2019.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АРМАТУРИ ЗА МЕТОДОМ STRETCHING-ПРОЦЕСУ

Івченко А.О., керівник. доц. Перчун Г.І.

Український державний університет науки і технологій

Stretching-процес — це один з методів механічної обробки металів, що застосовується для зміцнення та підвищення механічних властивостей матеріалів. Арматура, виготовлена за допомогою stretching-процесу, використовується в залізобетонних конструкціях, де потрібна висока міцність на розтягування, зокрема в мостах, висотних будівлях та інших важливих об'єктах. Даний метод обробки сталей також застосовується в інших галузях промисловості, де потрібна висока міцність матеріалу при деформації. Stretching-процес є важливою технологією для виробництва арматури, яка дозволяє підвищити міцність, зносостійкість та експлуатаційні характеристики матеріалу. Мікроструктура арматури є важливою характеристикою, яка визначає її механічні властивості, зокрема міцність, пластичність і зносостійкість. Вона залежить від складу матеріалу, технології виробництва (наприклад, прокатка, термічна обробка, деформація) та умов експлуатації.

Основні етапи технології stretching-процесу для арматури:

1) попередня підготовка матеріалу: арматура (зазвичай виготовлена з низьковуглецевої сталі або низьколегованої сталі) проходить через кілька попередніх етапів, таких як прокатка, розмотування і розрізка на потрібну довжину;

2) процес розтягування (stretching): арматура, що піддається stretching-процесу, розтягується під механічним навантаженням. Це розтягнення може бути виконано як холодним, так і гарячим способом, залежно від вимог до кінцевих властивостей. Під час розтягування арматура може збільшуватися в довжину на кілька відсотків, що дозволяє збільшити її міцність і твердість через зміни в структурі металу;

3) контроль за параметрами розтягування: важливими параметрами в stretching-процесі є швидкість розтягування, температура та ступінь деформації. Вибір цих параметрів залежить від марки сталі та від того, які саме властивості арматури повинні бути досягнуті в кінцевому результаті;

4) остаточна термічна обробка: після stretching-процесу може бути проведена додаткова термічна обробка, щоб покращити пластичність сталі і знизити внутрішні напруження;

5) остаточне формування: після stretching-процесу арматура може бути піддана додатковим етапам обробки, таким як прокатка, намотування або відрізка, щоб отримати потрібну геометрію та розміри;

б) перевірка якості: після завершення stretching-процесу проводиться контроль якості матеріалу, який включає в себе перевірку на відповідність міцності, пластичності, жорсткості та інших механічних властивостей, які є критичними для подальшого використання арматури в будівельних конструкціях.

Таким чином, мікроструктура арматури має великий вплив на її механічні властивості та експлуатаційні характеристики. При stretching-процесі мікроструктура арматури змінюється за рахунок накопичення дислокацій, утворення дислокаційних скупчень та формування особливої субструктури металу. Stretching-процес зазвичай створює в сталі ефекти деформаційного старіння, які призводять до зміни її дислокаційної структури, що дозволяє отримати підвищену міцність на розтягнення. Ці зміни покращують міцність, твердість і зносостійкість матеріалу, але можуть знижувати пластичність і гнучкість. Оптимізація мікроструктури через контролювання хімічного складу сталі, процесів деформації та термічної обробки дозволяє досягти бажаних властивостей, таких як висока міцність, пластичність і зносостійкість, що критично важливо для використання арматури в будівництві та інших галузях.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАТЕНТОВАНОГО ДРОТУ З ВУГЛЕЦЕВИХ МАРОК СТАЛІ

Якушев О.С., керівник доц. Перчун Г.І.

Український державний університет науки і технологій

Патентований дріт застосовується переважно для подальшого волочіння з метою виготовлення високоякісного пружинного або арматурного дроту, канатів тощо. Виробництво патентованого дроту з вуглецевих марок сталі — це складний процес, що включає наступні технологічні операції: очищення поверхні катанки (механічне/хімічне); промивку і сушку; нагрів до температури аустенізації; патентування (охолодження в свинцевій/соляній ванні); витримку при температурі патентування; остаточне охолодження (на повітрі); намотування в бухти (мотки) для подальшого транспортування чи волочіння; контроль якості готового виробу.

В якості заготовки для виробництва патентованого дроту зазвичай використовується катанка діаметром 5,5–6,5 мм, виготовлена з вуглецевих марок сталі (Ст70, Ст80, У7–У10). В залежності від марки сталі дріт нагрівають до температури аустенізації, з аустенітного стану дріт швидко охолоджується у свинцевій або соляній ванні до температури ізотермічного перетворення аустеніту для утворення структури тонкопластинчастого перліту. Охолодження дроту у свинцевій ванні забезпечує найкращу рівномірність структури і високу якість металу, однак недоліком охолоджуючого середовища є його токсичність. Соляне патентування використовується як екологічно безпечніша альтернатива свинцю, має схожі зі свинцем переваги, але тут дещо складніше контролювати стабільність сольової ванни і температуру ізотермічного перетворення аустеніту.

Основною проблемою при виробництві дроту з високовуглецевих марок сталей є отримання високої пластичності дроту при підвищеній міцності металу. Існуюча технологія волочіння високовуглецевого дроту не завжди дозволяє отримувати дріт з одночасно високими властивостями міцності і пластичності, і досить часто високоміцний дріт бракується саме через передчасну втрату пластичності та розшарування металу.

Дослідження проводили на сталі марки С72D2 (С-0,72%, Мп-0,6-0,67%, Si -0,170-0,2%, S-0,04-0,05%, Р-0,08-0,12%). При патентуванні в безперервному агрегаті дріт нагрівається в прохідній печі до температури аустенізації (920-960⁰С); час аустенізації складає 11-16с; надалі відбувається ізотермічний розпад аустеніту протягом 10-20с в свинцевій ванні при температурі 550-590⁰С. Швидкість руху дроту в агрегаті досягає 25-30 м/хв. Швидкість охолодження дроту може сягати 170-200⁰/с, що забезпечує формування 92-98% структури високодисперсного трооститу та 2-8% ділянок фериту та верхнього бейніту по границям колишніх аустенітних зерен. Мікроструктура катанки і дроту зі сталі С72D2 наведені на рис.1.

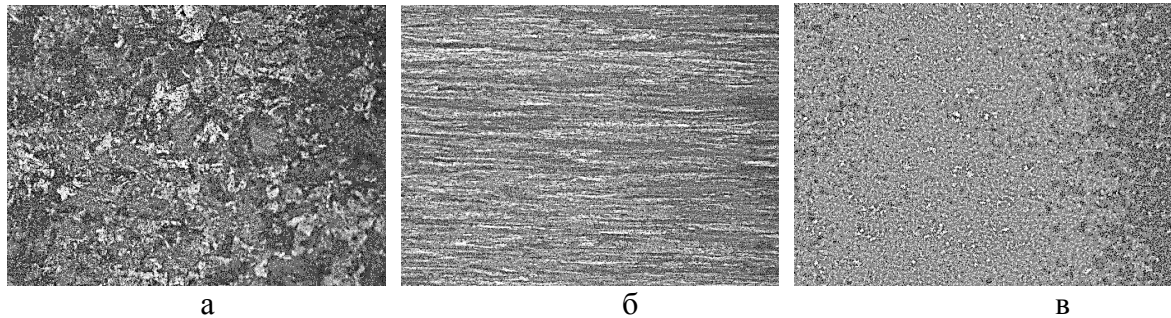


Рис. 1 Мікроструктура катанки і дроту зі сталі С72D2 а) катанка Ø5,5мм; б) дріт холоднодеформований Ø1,8мм (ступінь деформації ε=89%) ;в) дріт Ø1,8мм після патентування; х500

Однорідність структури та механічних властивостей по всій довжині дроту досягається за умови дотримання сталості температурного режиму роботи нагрівальної печі, печі-ванни ізотермічного розпаду та сталості швидкості протягування дроту через лінію. Патентування забезпечує високу пластичність сталі при волочінні, а після його завершення - високу міцність дроту при достатньому рівні пластичності.

Волочіння, як і будь-який процес холодної пластичної деформації, супроводжується зміною фізичних і механічних властивостей металу, що деформується: збільшуються межа міцності та опір деформуванню і зменшуються показники пластичності.

Тимчасовий опір розриву патентованого дроту розраховується технологом і заноситься в режимну картку агрегату.

Розрахунок тимчасового опору розриву патентованої заготовки визначається за такою формулою:

$$\sigma_v = (100C + 53 - d \pm 5) \times 9,8 \text{ у Н/мм}^2;$$

де σ_v - тимчасовий опір розриву, С - вміст вуглецю, %, d – діаметр заготовки, мм.

Однорідність механічних властивостей по всій довжині дроту досягається за умови дотримання сталості температурного режиму роботи нагрівальної печі, печі-ванни ізотермічного розпаду та сталості швидкості протягування дроту через лінію. При порушенні температурного режиму ізотермічного перетворення аустеніту, наприклад, зниження температури свинцевої ванни нижче 540⁰С призводить до збільшення кількості верхнього бейніту, який стає основною структурною складовою частиною мікроструктури дроту. Таке порушення температурного режиму ізотермічного перетворення аустеніту призводить до погіршення пластичних властивостей дроту і при подальшому холодному волочінні відбуваються обриви дроту вже на перших проходах волочіння, що унеможливує отримання дроту необхідного діаметру. Якість готової продукції не відповідає вимогам існуючих стандартів і, в такому випадку, продукція відбраковується.

У випадку, коли температура аустенізації дроту завищена, ізотермічне перетворення аустеніту призводить до появи в структурі патентованої заготовки

поверхневих дефектів при гарячій механічній обробці та до знеуглецювання. В результаті знеуглецювання зовнішньої поверхні ресори різко знижується їх опір тривалим навантаженням. Тому нагрів ресор необхідно проводити з запобіганням від знеуглецювання або (для усунення шкідливого впливу знеуглецьованого шару) піддавати їх після термічної обробки обробкою дробом (для зміцнення поверхні та утворення на поверхні стискаючих напружень).

Марганцевиста сталь (65Г) в порівнянні з крем'янистою сталлю має деякі особливості. До цих особливостей відносяться: отримання чистішої поверхні при гарячій механічній обробці, велику прогартовуваність і меншу схильність до знеуглецювання. Недоліками марганцевистої сталі є: підвищена чутливість до перегріву, до утворення гартівних тріщин, схильність до відпускнуої крихкості.

Діючий на більшості заводів технологічний процес виробництва листових автомобільних ресор включає рубку гарячекатаних смуг на мірні заготовки, додаткові операції (видавлювання фіксуєчих кнопок, пробивку отворів для стягуючих болтів, відгинання кінців, загинання вушок), термічну обробку, в процесі якої проводять згинання смуг, дробоструминний наклеп (двосторонній або, принаймні, з боку угнутої поверхні), осідання і контроль.

Для нагріву під гартування використовують газові або електричні печі. З метою підвищення продуктивності виробничих ліній використовують форсований нагрів, що передбачає значний перепад температур між піччю і металом, що нагрівається. З урахуванням допустимих меж можливої точності підтримки температури в печі і швидкості проходження конвеєра через піч температуру в печі підтримують в межах $980-1000^{\circ}\text{C}$ для листів із сталі 60С2 і в межах $880-900^{\circ}\text{C}$ - із сталі 50ХГ. При цьому тривалість нагріву листів завтовшки 6-10 мм під гартування вибирають в інтервалі 10-25 хв. Нагріті листи укладають в згинально-гартівний штамп, встановлений на багатопозиційному (на 8-12 позицій) барабані. Штамп закривають і цим забезпечують згинання листа; барабан повертається, занурюючи лист в гартівне масло. Для запобігання деформації листів тривалість їх охолодження в штампі повинна становити 40-60с. З гартівного штамп листи потрапляють на транспортер, що переміщає їх із масляного бака до відпускнуої печі. Швидкість транспортера і його протяжність у масляному баку визначаються часом, необхідним для охолодження листів до температури $140-150^{\circ}\text{C}$. В результаті гартування утворюється структура мартенсита, яка є перенасиченим твердим розчином вуглецю в α -залізі, має високу твердість (~HRC 50-60), але високій рівень внутрішніх напруг і низьку пластичність. Для формування комплексу властивостей готового виробу ресори підлягають відпуску при температурі $400-480^{\circ}\text{C}$ (в залежності від марки сталі).

Відпуск листів здійснюється в конвеєрній електропечі з укладанням листів на ребро перпендикулярно напрямку руху конвеєра. Температура відпуску для сталей 60С2 і 50ХГ відповідає $450-480^{\circ}\text{C}$. Після відпуску листи охолоджуються у воді (у душовому пристрої), що дозволяє прискорити технологічний цикл, а також сприяє усуненню схильності до відпускнуої крихкості другого роду. В результаті правильно проведеної термічної обробки ресорна сталь набуває мікроструктури троосто-сорбіту, яка забезпечує високу пружність, твердість і зносостійкість.

Режими термічної обробки і механічні властивості ресорно-пружинних сталей наведені в таблиці 1.

Описана технологія є основою в практиці діючих заводів. Проте їй властивий ряд недоліків, пов'язаних з трудністю комплексної автоматизації всього процесу. Подальше вдосконалення технології виробництва ресор вимагає створення комплексно автоматизованих агрегатів і нових технологічних схем, що ґрунтуються на

використанні сучасних методів зміцнення. Прогресивним напрямом зміцнення ресор і пружин є термомеханічна обробка пружинних сталей.

Таблиця 1 - Режими термічної обробки і механічні властивості (мінімальні) ресорно-пружинних сталей загального призначення

| Марка сталі | Критичні точки | | Режим термічної обробки | | | Механічні властивості | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------|------|
| | As ₁ | As ₃ | t _{зак} , °C | гартівне середовище | t _{отп} , °C | σ _{0,2} , МПа | σ _в , МПа | δ, % | φ, % |
| 65 | 727 | 782 | 840 | Масло | 470 | 800 | 1000 | 10 | 35 |
| 85 | 730 | - | 720 | ->- | 470 | 1000 | 1150 | 8 | 30 |
| У10А | 730 | - | 770-810 | Масло або вода | 300-420 | - | - | - | - |
| 65Г | - | - | 830 | Масло | 470 | 800 | 1000 | 8 | 30 |
| 55С2 | 775 | 840 | 870 | Масло або вода | 470 | 1200 | 1300 | 6 | 30 |
| 60С2 | 750 | 820 | 870 | Масло | 470 | 1200 | 1300 | 6 | 25 |
| 50ХГ | 750 | 775 | 850 | ->- | 470 | 1200 | 1300 | 7 | 35 |
| 50ХГР | 750 | 790 | 850 | ->- | 470 | 1200 | 1300 | 7 | 35 |
| 50ХФА | - | - | 850 | ->- | 470 | 1100 | 1300 | 8 | 35 |
| 60С2Н2А | - | - | 870 | ->- | 470 | 1350 | 1500 | 8 | 30 |
| 70С3А | - | - | 850 | ->- | 470 | 1500 | 1700 | 6 | 25 |

Практична реалізація цієї обробки можлива при включенні деформації в технологічний цикл виготовлення ресор і пружин, виконуючи гарячу деформацію при виготовленні пружинного дроту і прутків (гаряче плющення і волочіння), при плющенні ресорних смуг, а також при гарячому навиванні пружин.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО МАТЕРІАЛУ КОРПУСУ ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСУ
Буторін О.Є., керівник доц. Романова Н.С.
Український державний університет науки і технологій

Плунжерні насоси призначені для перегонки різних рідин, які не мають підвищеної в'язкості і не вступають в хімічну реакцію з металом. Плунжерні насоси застосовують у тих випадках, коли необхідно створити дуже високий тиск. Принцип їх роботи аналогічний поршневим насосам. Відмінність полягає в конструкції поршня. У плунжерних насосів довжина поршня в кілька разів більше діаметра (рис.1). В робочій камері плунжер переміщається вільно, не торкаючись стінок, а ущільнення розміщене нерухомо в корпусі камери. Плунжер здійснює зворотно-поступальний рух.

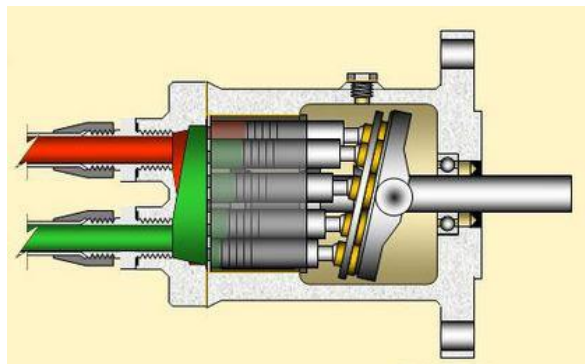
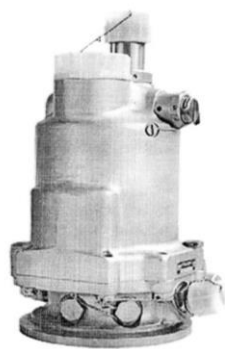


Рис.1 Корпус та принцип роботи аксіально-плунжерного насоса НП

Виходячи з умов експлуатації НП розглянута корпусна деталь виконує роль несучої конструкції плунжерного насоса. Ця деталь повинна мати максимальну питому міцність, при цьому мати достатню конструктивну міцність і жароміцність. З точки зору властивостей матеріалів для деталей цього типу бажано мати високі показники питомої міцності, тобто відношення межі міцності (граничі текучості) до маси деталі повинно бути максимальним. Особливо важливий цей показник в авіабудуванні, де можуть встановлюватись аксіально–плунжерні насоси

Показниками високої питомої міцності володіють алюмінієві і титанові сплави. Економічно доцільно для корпусних деталей використовувати алюмінієві сплави. Серед алюмінієвих сплавів найменшою питомою міцністю і достатньою для даної деталі міцністю і жароміцними володіють сплави на основі діаграми стану Al-Si-Cu.

Корпусна 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 відрізняються ливарними властивостями та 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 порожнини ливарної форми.

Зазначені 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 жароміцністю (робочі температури 250–275°C), але поступаються сплавам Al-Si і Al-Si-Mg за ливарними властивостями, корозійної стійкості та герметичності; не вимагають модифікування і кристалізації під тиском. 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 (наприклад, головки циліндрів двигунів повітряного охолодження, деталі агрегатів і т. д.). Сплав АК5М відноситься до сплавів евтектичного типу з високими показниками рідкотекучості.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ФУТЕРУВАЛЬНОЇ ПЛИТИ З ЧАВУНУ ЧХ1 ДЛЯ ВАГОНІВ МОКРОГО ГАСІННЯ КОКСУ

Герасименко А.М., керівник доц. Романова Н.С.

Український державний університет науки і технологій

Плита відливається з чавуну ЧХ1 методом лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ). Технологія виробництва виливки передбачає її термічну обробку таку, як нормалізація при температурі 1133...1153 з витримкою 2-3 години. Режим нормалізації показаний рисунку 1. Мікроструктура ЧХ1 після нормалізації показана на рис.2

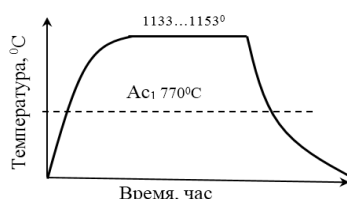


Рис.1. Режим нормалізації відливки футерувальної плити

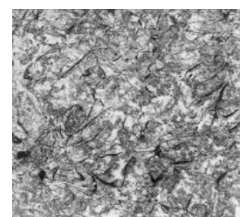


Рис.2 Мікроструктура ЧХ1 після нормалізації, ×200

Хімічний склад представлений у таблиці №1

Таблиця 1. Хімічний склад чавуну марки ЧХ1

| C, % | Si, % | Mn, % | P, % | S, % | Cr, % |
|---------|---------|-------|------|------|-----------|
| 3,0-3,8 | 1,5-2,5 | 1,0 | 0,3 | 0,12 | 0,4 – 1,0 |

Креслення та від чавунної виливки футерувального плити представлений на рисунку 3

Перліт є основною структурною складовою, що забезпечує зносостійкість сірого чавуну. З підвищенням дисперсності перліту зносостійкість чавуну збільшується. Основний внесок у зносостійкість сірого чавуну роблять фосфідна евтектика, цементит і карбіди, як найбільш тверді структурні складові. Корозійна стійкість перлітної матриці знижується зі зростанням дисперсності перліту.

Розмір плити дозволяє розглядати цей об'єкт, з погляду теорії теплопровідності як необмежену пластину. Відповідно що при розмірах пластини, коли її товщина в 10 і більше разів менше висоти та ширини, то її можна розглядати як необмежену пластину, в якій теплові потоки та температурне поле є одномірними ($655\text{мм}/25\text{мм} = 26$ та $550\text{мм}/25\text{мм} = 22$ відповідно). При загартуванні в деталі виникають значні внутрішні напруження - термічні та структурні. Тим більше, що нижча температура поверхні. Період охолодження, коли різниця температур досягає максимуму, є найімовірнішим для розвитку внутрішньої напруги. У цей період охолодження в поверхневих шарах деталі виникатимуть термічні напруження розтягування, а в серцевині – термічні напруження стиснення.

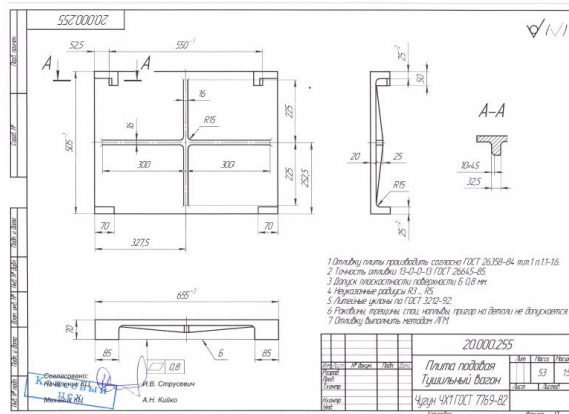


Рисунок 3. Креслення подової плити вагона мокрого гасіння коксу

У процесі подальшого охолодження відбувається перерозподіл напружень і після закінчення охолодження: при температурі до 20°C поверхні шари деталі будуть відчувати термічні напруження стиснення, а серцевина – термічні напруження розтягування. Ці напруження називаються залишковими. На термічні напруження можуть накладатися структурні напруження, які є наслідком фазових перетворень при термічній обробці

Для математичного моделювання виникаючих внутрішніх напружень в подовій футерувальній плиті необхідно знати теплофізичні та реологічні властивості чавуну ЧХ1, такі як теплоємність, теплопровідність, щільність, коефіцієнт тепловіддачі у воду, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного розширення та термодинамічну діаграму фазового перетворення. Ці дані представлені у таблиці 2

Таблиця 2 Теплофізичні та реологічні властивості чавуну ЧХ1

| Чавун | $\gamma \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ | $\lambda, \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ | $c, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$ | $\alpha \cdot 10^6 \text{ (°C)}^{-1}$ |
|-------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| ЧХ1 | 7,1 | 54 | 480 | 9,5 |

Найважче визначною вихідною величиною при теплових розрахунках термічної обробки є коефіцієнт тепловіддачі. Величина цього коефіцієнта залежить від наступних чотирьох основних факторів: 1) природи нагрівального або охолодного середовища; 2) температури середовища; 3) циркуляції середовища; 4) температури нагрітої або охолоджуваної поверхні виробу. Коефіцієнт тепловіддачі залежить також від форми та розмірів виробу та стану його поверхні.

Плита зазначених розмірів при вивантаженні коксу в об'ємі декількох тон з температурою 1100-1300 °С протягом декількох хвилин призводить до прогріву плити футеровки до температури не нижче 1100 С. Подальший режим гасіння пов'язаний з охолодженням коксу водою в тушільних вежах протягом 2-3 хвилин під струменями води і з подальшим стіканням води і остиганням і просиханням коксу до кімнатної температури на повітрі. Футерувальні плити тушільного вагона при цьому піддаються інтенсивному зношуванню, корозійному та хімічному впливу, а також значним термічним навантаженням при гасінні коксу. У своїй сукупності всі ці процеси призводять до розтріскування подових футерувальних плит протягом 2-3 вивантажень

Важливим є моделювання рівня внутрішньої напруги, що виникає в подовій плиті тушільного вагона при термічних навантаженнях і процесах, які можуть протікати в низьколегованому чавуні ЧХ1 у процесі гасіння коксу. Знання та оцінка термічних навантажень дозволить зрозуміти причини руйнувань та низької зносостійкості, що дозволить скоригувати технологію виробництва плити та/або технологію процесу гасіння.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДИСКІВ БОРОНИ

**Вислоцький Я.О., керівники доц. Кімстач Т.В., ст. викл Карпова Т.П.
Український державний університет науки і технологій**

Виробництво та експлуатація високоякісної сільськогосподарської техніки є однією з ключових передумов ефективного функціонування та рентабельності всіх галузей агропромислового комплексу.

Із кожним роком зростають вимоги до машин: підвищується швидкість їх роботи, продуктивність та, відповідно, інтенсивність експлуатації.

Одним із наймасовіших елементів робочих органів сільськогосподарської техніки є диски борін. У процесі взаємодії з ґрунтом їх ріжучі крайки зазнають інтенсивного абразивного зношування. Через обмежений ресурс роботи таких дисків спостерігається високе споживання запасних частин, виготовлення яких потребує значних обсягів високоякісного металу.

На сьогоднішній день не існує універсальних методик або рекомендацій щодо підвищення довговічності дисків борін. Їх ресурс значною мірою визначається умовами експлуатації, характеристиками ґрунту, матеріалом основи, співвідношенням товщини шарів, кутами заточування тощо.

Для підвищення надійності та довговічності роботи дисків необхідно забезпечити раціональний вибір матеріалів, оптимальні параметри термічної обробки, а також застосування сучасного обладнання для її реалізації.

З метою покращення загартовуваності, зносостійкості, експлуатаційної стабільності та якості дисків, а також для підвищення технологічності процесу термообробки, у роботі запропоновано використовувати в якості загартовувального середовища полімерний розчин «ПК-М» замість традиційного індустриального масла. Зазначений

розчин вирізняється низькою вартістю, високою технологічністю та екологічною безпечністю.

Крім того, для зменшення енерговитрат до 30%, покращення експлуатаційних характеристик теплових агрегатів та створення комфортніших умов праці, рекомендовано замінити традиційне футерування з шамотної цегли на футерування з сучасних волокнистих теплоізоляційних матеріалів. Таке технологічне рішення також дозволить зменшити товщину футерування орієнтовно вдвічі та знизити масу теплового агрегату в цілому приблизно на 60%.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ШТАМПІВ ЗІ СТАЛІ 5ХНМ

Ожигін А.Д., керівник доц. Кімстач Т.В.

Український державний університет науки і технологій

Гаряче об'ємне штампування полягає в деформуванні попередньо нагрітої заготовки за допомогою спеціалізованого інструменту — штампа, внаслідок чого метал заповнює формоутворюючу порожнину (струмок) відповідно до геометрії майбутньої поковки.

Штамп є інструментом для обробки тиском, поверхня або контур однієї або обох частин якого відповідають деталі або заготівлі, яка обробляється. Конструкції штампів залежать від їх призначення (відрізні, прошивні для об'ємної штамповки, накатки, висадочні та ін.), способу навантаження (молотові, пресові та ін.) та інших факторів.

Виходячи з умов експлуатації сталі для виготовлення штампів гарячого деформування повинні мати наступний комплекс механічних і технологічних властивостей: високу теплостійкість (до 600–700 °С); підвищену в'язкість, що забезпечує стійкість до крихкого руйнування після термічної обробки на твердість HRC 45–50; опір термічній втомі; окалиностійкість та стійкість до корозії під дією напружень; добрі технологічні властивості: низьку схильність до деформацій при термообробці, стійкість до знеуглецювання, задовільну оброблюваність різанням і шліфіваність. Марка сталі та режим термічної обробки визначаються відповідно до умов експлуатації штампа.

У даній роботі розглядається вплив термічної обробки на структуру та властивості штампового інструменту, виготовленого зі сталі 5ХНМ.

Технологічний процес отримання штампового інструменту включає попередню термічну обробку, механічну обробку, остаточну термічну обробку, зачистку гравюри та шліфування по опорних і настановних поверхнях.

Метою попередньої термічної обробки є зниження твердості поковок для покращення їх оброблюваності різанням, подрібнення зерна, зменшення залишкових напружень та підготовку структури до подальшого загартування. Як правило, в якості попередньої термічної обробки, застосовується відпал або високий відпуск. Оптимальною структурою вважається зернистий перліт з рівномірним розподілом фаз.

Остаточна термічна обробка штампів має на меті отримання в готовому інструменті оптимального поєднання основних властивостей: твердості, міцності, зносостійкості, в'язкості та теплостійкості.

Найбільш поширений технологічний процес остаточної термічної обробки штампів для гарячого деформування включає загартування в маслі, відпуск гравюри та хвостовика.

Враховуючи недоліки масла, як гартівного середовища, а також у зв'язку з тим, що при охолодженні в маслі можуть виникати гартівні напруги і деформація інструменту у роботі запропоновано ізотермічне загартування штампів у суміші 45%NaNO₃+55%KNO₃ при температурі 275-325 °С. При такому охолодженні на гравюрі відбувається бейнітне перетворення аустеніту, що забезпечує кінцеву твердість у межах 38–40 HRC. Хвостова частина штампа, яка охолоджується повільніше завдяки встановленню захисного

короба, набуває твердості 32–35 HRC. Після ізотермічного гартування додатковий відпуск не потрібен.

Застосування ізотермічного гартування призводить до значного скорочення тривалості циклу термічної обробки, економії електроенергії, зменшення викривлення та підвищення стійкості штампів із сталей 5ХНМ.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Лебідь В.А., керівники Малік В.Е., керівник, ст. викл. Соболєнко М.О.

Український державний університет науки і технологій

В даний час термічна обробка (ТО) металу є найбільш перспективним і технологічно легко реалізованим способом корінного покращання якості металовиробів. Сьогодні ТО як спосіб підготовки сталеві заготовки для виготовлення металовиробів холодною пластичною деформацією (висадкою), реалізується різними технологічними процесами.

Прогресивними способами ТО сталеві заготовки, які дозволяють інтенсифікувати процеси структуроутворення за рахунок використання природи матеріалів та особливостей їх структурних перетворень, є електротермічна обробка сталі. Відмінною особливістю електротермічної обробки металовиробів є високі швидкості нагрівання. На відміну від традиційних методів ТО при електротермічній обробці з'являються додаткові джерела впливу на утворення структурних складових, основними з яких є градієнти температури, термічні напруги тощо, які обумовлені різницею теплофізичних характеристик сталі. Така технологія забезпечує отримання більш високого комплексу властивостей оброблюваного металу порівняно з пічним нагрівом. Вказані особливості необхідно враховувати при розробці швидкісних режимів сфероїдируючої обробки сталей. Тому знання закономірностей формування структури, а значить і властивостей матеріалу при швидкісному нагріванні та інтенсивному охолодженні сталеві заготовки є актуальним завданням.

Необхідно відзначити, що в останні роки швидко розвиваються уявлення та з'являються нові методики кількісного опису параметрів структурних складових різних марок сталей. Пропонуються різні підходи та методи побудови математичних моделей прогнозування механічних властивостей сталі під час проведення ТО.

Для розробки математичної моделі вибору параметрів процесу ТО побудували термокінетичні діаграми сталей марки 20Г2Р і 30Г1Р на яких представлені криві охолодження із зазначенням твердості у одиницях за Віккерсом. Температуро-часові інтервали процесу охолодження, в межах структурних перетворень за вказаними сталями для створення математичної моделі, складали: температурний інтервал від $A_{c1} - (30 - 120^{\circ}\text{C})$ до $A_{c1} + (30 - 70^{\circ}\text{C})$; час виконання перетворень від 0,1 до 3000 с.

На підставі проведених досліджень отримано якісну картину структуроутворення борвмісних сталей 20Г2Р і 30Г1Р. Зіставлення кривих для відповідних структурних складових показує, що утворення об'ємної частки фериту, бейніту або перліту, як сталі 20Г2Р так сталі 30Г1Р, (а також низьковуглецевих та низьколегованих сталей марок 10, 20, 20Х, 20Х13 тощо) здійснюється за кривими, які мають загальний характер змін.

Ідентична поведінка у розподілі відповідних структурних складових для близьких за призначенням марок сталей дає підставу вважати, що існують групи сталей, які характеризуються приблизно однаковими умовами формування фазових перетворень.

Аналіз отриманих графічних залежностей показав, що криві відповідності мають значну нелінійність. Застосування цих залежностей при моделюванні вимагає як найточнішого їх опису. Це досягається методами наближеного представлення функцій – математична проблема, що лежить у галузі додатків. Ця проблема виникає з двох причин. Перша передбачає наявність аналітичного, але важко здійснюваного об'єкта,

який слід замінити більш простим, можливо, програвши при цьому в точності обчислень, але вигравши в економічності. Друга причина полягає в тому, що вихідні дані дискретні, а завдання може вимагати деякого функціонального подання кривої. У зв'язку з цим, завдання побудови моделі розбивається на два послідовні етапи: із застосуванням математичного апарату методом інтерполювання функцій необхідно отримати найкраще наближення теоретичних кривих з експериментальними; остаточне побудова моделі параметрів ТО.

У наведених дослідженнях виконано аналіз трьох підходів: застосування регресійних моделей, інтерполяційних моделей та формування математичних моделей за допомогою сплайн функцій третього порядку. Проведене моделювання та аналіз відповідних залежностей показало, що найбільш корисним є варіант моделювання за допомогою сплайн функцій третього порядку

DYNAMIC AGING OF 5KHV2S STEEL AS A RESULT OF THERMOMECHANICAL TREATMENT, INCLUDING RADIAL-SHEAR ROLLING AND SUBSEQUENT CONTROLLED COOLING

Useev T.A., supervisor prof. Lezhnev S.N.

Rudny Industrial University

The number of scientific papers in such areas of research as obtaining a gradient ultrafine-grained structure in various ferrous and non-ferrous metals and alloys using radial-shear rolling (RSR) is growing from year to year. Moreover, in recent years, a great emphasis in these works has been placed on studying the effect of RSR on the evolution of microstructure and changes in the mechanical properties of various experimental or complex-alloyed alloys, such as: Co-Cr-Mo, Al-Mg-Sc, Al-Zn-Mg-Ni-Fe, Al-Mn-Cu-Zn-Cr-Fe, etc. At the same time, a review of the scientific and technical literature shows that currently there are not so many papers in scientific journals devoted to the study of the effect of radial-shear rolling, both simply cast and combined with heat treatment, on changes in the structure and properties of conventional tool steels.

This work is devoted to the study of the effect of thermomechanical treatment, including RSR and subsequent controlled cooling, on the change in the structure of 5KHV2S steel. The interest in the study of this steel grade is due to the fact that reducing the carbon content by 0.1% (compared with its ledeburite counterpart – 6KHV2S) significantly expands the range of effects that can be obtained during its thermomechanical treatment.

The physical experiment was carried out on a radial shear rolling mill SVP-08 (Fig. 1). During the experiment, the resistances were preheated in a tubular furnace to a temperature of 1200°C (and kept at this temperature) blanks made of 5KHV2S steel with a diameter of 36 mm were deformed at a RSR mill according to a reversible scheme in 6 passes to a diameter of 18 mm. Rolling was carried out without intermediate heating of the workpieces. After performing 6 deformation passes at the RSR mill, the temperature of the obtained rods decreased to 830-850°C (the temperature was recorded using a high-temperature thermal imager). Further, according to the technological scheme, the obtained rods with a diameter of 18 mm were cooled to room temperature in free air without blowing.



Figure 1 – Radial-shear rolling mill SVP-08

According to the results of the evaluation of the morphology of the alloy, it was revealed that in the radial direction of the workpieces, structural changes can be associated with the diagram of residual stresses created by radial-shear rolling. The main feature of such a structural gradient is the formation of martensitic structures in the area of the axis of the workpieces (Fig. 2a). The size of the alpha-phase needles indicates a rather coarse-grained metal structure in this area. At the same time, the surface layer, which does not contain signs of auto-hardening, retains a fine-grained structure, mainly of a ferritoperlite structure (Fig. 2b), which indicates the course of the recrystallization process in the specified zone. At the same time, it is obvious that it was the outer layer of the workpiece in contact with air that had to undergo a martensitic transformation due to accelerated cooling. While the inner layer accumulating heat, according to the conditions of thermodynamics of austenite decomposition, should have acquired a ferritoperlite structure to a greater extent. The revealed structural differences contradict the traditional mechanism of structural transformation. In accordance with the diagram of the isothermal decomposition of austenite, the uneven cooling rate of different sections of the workpiece determines the qualitative and quantitative calcination patterns.

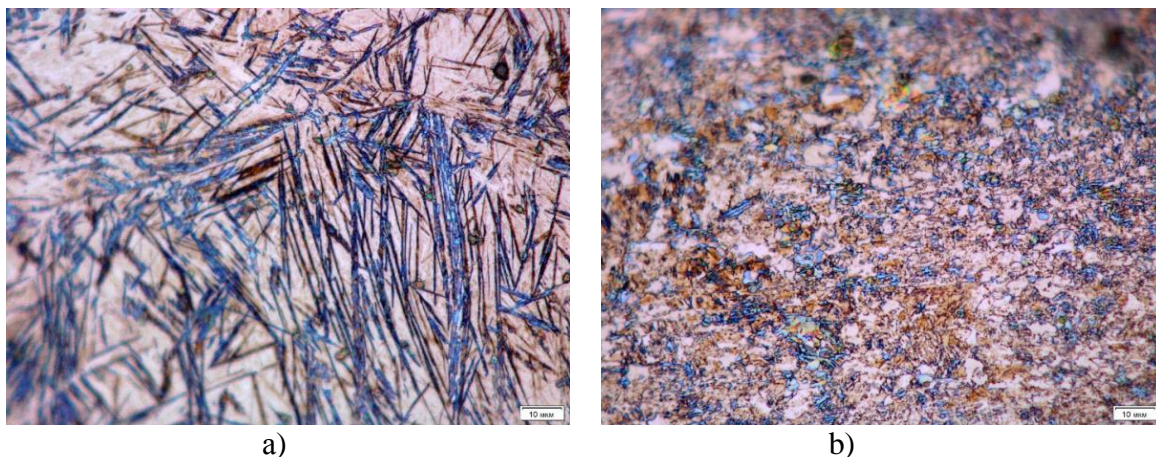


Figure 2 - Structure of 5KHV2S steel rods subjected to thermomechanical treatment: a – center; b – surface

In our case, the cooling feature combined with the isothermal cooling diagram of 5KHV2S steel led to stabilization of the austenite core. Subsequently, the core metal was in a comprehensive deformed state on the part of the outer layers of the metal, which were undergoing shrinkage from two simultaneously acting factors – the temperature gradient and the deformation gradient. The obtained result makes it possible to formulate the requirements for the preliminary thermomechanical treatment of the axial tool. Nomenclature units such as reverse extrusion punches, stitching punches and similar types of tools can significantly improve their performance when developing combined technologies for processing workpieces based on thermomechanical and subsequent thermal treatments. The scientific and technological niche for the development of a list of technologies are the modes of finishing heat treatment. Isothermal types of quenching with different temperatures of intermediate exposure of the workpiece during cooling are widely used for this class of steels. In our opinion, it is this parameter that is able to control the gradient of the structure over the cross-section of the workpiece, as well as to form a favorable distribution of residual stresses over the cross-section.

The results show that for axial tool blanks made of 5KHV2S steel using radial-shear rolling, conditions are created for obtaining new distribution options for the structure and properties across the section.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ТА СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ РОЛИКОВИХ ПІДШИПНИКІВ ЗІ СТАЛІ ШХ15

**Бермес І.В., Ластовський М.М., Тараненко А.О., керівник проф. Дейнеко Л.М.
Український державний університет науки і технологій**

Одним з актуальних напрямів сучасного матеріалознавства для машинобудування, металургії, аерокосмічної та інших галузей є підвищення ресурсу роботи тонкостінних прецизійних виробів, таких як підшипники кочення, які використовують в більшості високонавантажених вузлів машин і агрегатів.

Деталі підшипників працюють в умовах циклічних контактних навантажень в сукупності з інтенсивним зносом, а також в умовах дії агресивних середовищ. Тому до сталей, з яких виготовляють деталі підшипників, нормативними вимогами пред'являються високі вимоги щодо твердості, контактної витривалості, зносостійкості, коефіцієнту тертя, стабільності розмірів у впродовж строку їх експлуатації та інш. При виконанні роботи досліджували (згідно до вимог ДСТУ ISO 683-17 і ГОСТ 801) структурний стан, наявність (та кількість) залишкового аустеніту і твердість металу зовнішньої і внутрішньої об'єми та циліндричних роликів опорних підшипників різних виробників зі сталі ШХ15, як одного з основних матеріалів для цих виробів. Закордонними аналогами цієї сталі є 100Cr6 (Німеччина, DIN 17230), 52100 (США, ASTM A295), SUJ2 (Японія, JIS G4805). При цьому досліджували топографію поверхні деталей, їх макро- та мікроструктуру металу як нових (без експлуатації), так і зруйнованих у процесі експлуатації підшипників. Дослідження мікроструктури металу деталей підшипників виконували за допомогою світлового мікроскопу Neophot-2 при збільшеннях 100, 500 и 800 крат після травлення поверхні металографічних шліфів в 4% розчині азотної кислоти. Випробування твердості металу деталей проводили на приборах: ПМТ-3 по методу Віккерсу при навантаженні 200 гр. та ТК-2М для визначення твердості за методом Роквеллу. Рентгенофазовий аналіз проводили на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 в монохроматизованому Со-Ка випромінюванні ($I=1.7902A$). Ідентифікацію фаз проводили шляхом порівняння міжплощинних відстаней (d, A) та відносних інтенсивностей ($I \text{ отн-} I_0$) експериментальної кривої с даними електронної картотеки PCPDFWIN.

З урахуванням постійного розвитку техніки та технологій і вимог до вдосконалення властивостей матеріалів, розуміння впливу процесів термічної обробки на структуру, фазовий склад металу, властивості високоміцної сталі та виробів з неї знабувають ще більшої важливості при виробництві конкурентоспроможної продукції. Розміри та клас точності виготовляемого підшипника визначаються також кількістю залишкового аустеніту в структурі сталі після загартування та фінішного відпуску у зв'язку з тим, що в процесі експлуатації від цього залежить стабільність розмірів деталей підшипника та його експлуатаційна стійкість (див., наприклад, Сталі для виготовлення підшипників кочення спеціального призначення (огляд) DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-11-3). При виборі режимів загартування, відпуску необхідно урахувати не лише технічні аспекти, але і економічні фактори, які впливають на ефективність виробництва продукції. Удосконалення цих параметрів може призвести до підвищення продуктивності виробництва та ефективного використання матеріалу. Підшипники з високоміцної сталі займають ключову позицію у машинобудуванні та інших галузях сучасній індустрії, їх використовують при виробництві різноманітних машин і механізмів, де високі показники міцності, зносостійкості є вирішальними.

У зв'язку з складними умовами експлуатації деталей підшипників від металу, з якого вони виготовляються, вимагаються наступні характеристики:

-високий рівень міцності (оцінюється по рівню межі пропорційності або пружності - для забезпечення високого рівня супротиву малим пластичним деформаціям, що відповідає твердості металу після відповідної фінішної термообробки кілець і роликів становить 60... 65 HRC, а кульок – 62...66 HRC). Відповідно до діючих стандартів твердість труб (заготовка для деталей) у стані поставки повинна бути HB 187...207 для сталі ШХ15 і HB 197...217 для сталі ШХ15СГ, а структура повинна відповідати однорідному зернистому перліту 1- 4 балу стандартної шкали. На практиці це досягається за рахунок отримання в металі дрібної аустенітної структури, наскрізної мартенситної прогартованості після фінішного загартування при мінімальній кількості залишкового аустеніту (не більше 5-6% згідно DIN 17230 Ball and Roller Bearing Steels. Technical conditions of delivery). Такі вимоги забезпечують мінімальні зміни розмірів деталей за рахунок перетворення залишкового аустеніту в процесі експлуатації. З відомих факторів, що підвищують опір металу невеликим пластичним деформаціям, стосовно до сталей, які можуть використовуватись в якості підшипникових, можна назвати наступні:

а) твердорозчинне зміцнення матриці легуючими елементами, що підвищують навантаження тертя решітки та опір руху дислокацій, що підвищують стійкість сталі проти відпуску;

б) зміцнення завдяки мартенситному перетворенню з подальшим відпуском, що створює оптимальну субструктуру та реалізує дисперсійне (а для легованих сталей і вторинне) твердіння сталі;

в) суміщення деформацій мартенситу (бейніту) з подальшим відпуском;

г) зниження внутрішніх напруг (особливо локальних пікових мікродеформацій);

д) зменшення кількості залишкового аустеніту в структурі металу;

е) зменшення розміру зерна аустеніту (відповідно і вторинної структури);

ж) отримання дисперсних частинок вторинної фази та рівномірний їх розподіл в матриці.

При реалізації будь-якого із перерахованих механізмів зміцнення межі пружності та пропорційності буде тим вище, чим менше буде в структурі сталі залишкового аустеніту та нижче рівень мікродеформацій (залишкових напружень) при максимальній кількості дисперсних частинок вторинної фази, в умовах рівномірного розподілу їх в матриці.

Аналіз вказаних механізмів зміцнення сталей показує, що підвищення комплексу механічних властивостей металу для підшипників доцільно здійснювати насамперед за рахунок термічної або комбінованої обробки, при якій реалізуються найбільш універсальні фактори – подрібнення зеренної структури, повна заміна перлітної та бейнітної складових структури на мартенсит, створення в металі субструктури на кшталт комірчастої або полігонізованої та отримання в структурі великої кількості дисперсних частинок карбідної фази, рівномірно розподілених по об'єму металу за рахунок правильно обраної температури відпуску. Аналіз джерел інформації показав доцільність отримання в металі заготовки на стадії попередньої термічної обробки структури зернистого (точкового) перліту або структури дрібнозернистого пластинчатого перліту.

Використані джерела інформації:

1. <https://metinvest-smc.com/ru/articles/podshipnikovye-stali-vidy-svoystva-primeneniye/>
2. <https://galp.com.ua/supload/cms/Catalogs/Bearing/Podshipniki-Katalog-SKF-Ru-2006.pdf>

3. Матеріали брошури "Повреждения подшипников и их причины", авторские права принадлежат фирме SKF

4. Спектор А. Г., Зельбет Б. М., Киселева С. А. Структура и свойства подшипниковых сталей. М.: Металлургия, 1980, 264 с.

5. Черменский О. Н. Федотов Н.Н. Подшипники качения: Справочник-каталог. М.: Машиностроение, 2003. 575 с.

ПІДСЕКЦІЯ «ПОКРИТТЯ, КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗАХИСТ МЕТАЛІВ»

ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО НАПИЛЕНОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛІ ТИПУ «КОЛІНЧАСТІЙ ВАЛ»

Лебідь Ю.В., керівник доц. Ковзик А.М.

Український державний університет науки і технологій

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних та трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів та охорону навколишнього середовища. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно у 5-8 разів менше технологічних операцій порівняно з виготовленням нових деталей. Тому відновлення деталей автомобілей типу «колінчастий вал» є задачею актуальною.

Прийнята технологія включає наступні технологічні операції:

1) приймання; 2) мийка; 3) розбракування; 4) шліфування; 5) контроль розмірів; 6) мийка; 7) піскоструєння; 8) повторне піскоструєння; 9) напilenня; 10) контроль покриття; 11) мийка; 12) шліфування; 13) здатковий контроль.

Операції 1-8 виконуються за традиційними схемами напilenня проводиться після встановлення валу в токарний верстат. Для напilenня застосовується комплекс плазмового напilenня ТСЗП – MF – P – 1000. Матеріал покриття – дріт 40X13 або 65Г. Режим нанесення: струм 300±50 А; напруга 35±10 В; витрата аргону 35±10 л/хв; дистанція напilenня 100±20 мм; швидкість обертання 25±5 об/хв; товщина напilenного шару за один прохід не більше 0,3 мм. Товщина напilenного покриття має бути 1,25±0,05 мм.

Після огляду напilenного шару проводять шліфування корінних і шатунних шийок на шліфувальних верстатах.

Відремонтвані колінчасті вали контролюють та передають до складу.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛЕВОГО ПОРОШКУ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Скряга Д.О., керівник доц. Голуб І.В.

Український державний університет науки і технологій

Дослідження і аналіз різних технологій виробництва металевих порошків для адитивного виробництва, їх характеристика та вплив на якість готових виробів є актуальним завданням для порошкової металургії у теперішній час. З розвитком адитивних технологій до виробництва порошкових матеріалів висуваються все більше суттєві вимоги до якості порошків, що в свою чергу потребує суттєвих змін у технології виробництва не тільки порошків, а також і до матеріалів з яких вони виробляються.

Адитивні технології дозволяє виготовляти вироби будь-якої складності, мінімізуючи кількість матеріальних витрат і часу на виробництво. Однак, ефективність і якість кінцевого продукту значною мірою залежить від якості та властивостей порошкових матеріалів. Металеві порошки, зокрема зі сталі, алюмінію, титану та їхніх сплавів, є основними матеріалами для адитивного виробництва [1-4], але зараз нараховує досить невеликий набір сталей, таких як: інструментальні, нержавіючі, жароміцні, конструкційні, що містять хром, кобальт, титан; а також спеціальні суміші та склади, що розробляються під конкретне завдання. Значна частина адитивних технологій базується на використанні характеристик порошкових матеріалів, таких як розмір частинок, морфологія, хімічний склад і фізичні властивості, залежить не тільки якість друку, але й продуктивність процесу в цілому. Це робить процес виготовлення порошків одним із найбільш критичних етапів у всьому ланцюзі адитивного виробництва.

Однак, разом із широкими можливостями, існує низка технологічних викликів, пов'язаних із виготовленням порошкових матеріалів, що мають необхідні характеристики для забезпечення високої якості кінцевого продукту. Це необхідність створення досконалого контакту між окремими шарами, отримання структури, що відповідає вимогам, та інше. Саме тому при розробці виробу, який буде експлуатуватися в конкретних умовах необхідно обирати порошок з заданими властивостями експлуатації виробу та вдосконалену технологію виробництва, які б відповідали вимогам та забезпечували високу якість кінцевих виробів.

Вплив основних структурних і технологічних факторів на механічні властивості порошкових нержавіючих сталей є об'єктом численних досліджень, значно менше вивчена корозійна стійкість. Однак слід зазначити, що порівняти корозійні властивості порошкових матеріалів досить важко у зв'язку з відсутністю єдиної методики випробувань. Також відомо, що висока корозійна стійкість нержавіючих порошків обумовлена пасивацією поверхні часток і порушення плівки призводить до різкого зниження опору матеріалу корозії.

При аналізі зразків на корозійну стійкість, виявлено, що масометричний показник дорівнює $2,07 \text{ г/м}^2\cdot\text{рік}$, а глибинний показник становить 6 балів по 10 бальній шкалі і відповідає IV групі стійкості (відносно стійкі метали). Разом с тим спостерігалось скупчення окисної плівки, що утворилася, та нерівномірний її розподіл по поверхні зразків. Такий показник задовольняє умовам експлуатації виробу, але не є відмінним, а з урахуванням нерівномірності розподілу окисленої плівки може привести до зниження корозійної стійкості в цілому.

Список використаних джерел:

1. Callister, W. D. (2018). Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley.

2. Levy, G. N., Schindel, R., & Kruth, J. P. (2003). "Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives." CIRP Annals, 52(2), 589-609.

3. Порошкова металургія – основа 3D-друку металевих виробів <https://metinvest-smc.com/ua/articles/poroskova-metalurgiia-osnova-3d-druku-metalevix-virobiv/>

Zäh M.F. Proceedings of the 26th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference / Zäh, M.F., Lutzmann, S. // University of Texas at Austin. 2015. - 123-125 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НАНЕСЕНОГО НАПИЛЕННЯМ

Косоногов Р.О., керівник доц. Голуб І.В.

Український державний університет науки і технологій

Існує кілька методів нанесення захисних покриттів на металеві поверхні:

- гарячий метод.
- термомеханічний метод.
- напилення.

гальванічний метод.

Чіткого розподілу конкретних технологічних процесів між зазначеними методами немає, в різних джерелах можливе віднесення однієї технології до різних груп [1]. Технологічний процес напилення складається з таких основних операцій: підготовка поверхні до напилення та розпилення; механічна обробка покриття; контроль якості покриття.

Також в даний час існує багато різних типів установок для напилення. Зі зміною характеру та збільшенням масштабів виробництва підвищуються потужності та розміри апаратів для напилення, зростає їхня продуктивність удосконалюється механізація процесів напилення. По типу джерела теплової енергії, яка використовується для розплавлення матеріалу, який напилюють, існуючі конструкції апаратів можна розділити на два види: газополум'яні та електричні. В газополум'яних апаратах використовується теплота, горіння кисню, а в електричних використовується теплота електричної дуги. Одним із спеціальних видів газополум'яного напилення є напилення, при якому використовується енергія детонації суміші ацетилену з киснем. Цей вид напилення дозволяє наносити покриття із матеріалів із ще більш високою температурою плавлення. В останні роки були розроблені і почали застосовувати в промисловості плазмові розпилювачі та установки для високочастотного індукційного напилення, які в порівнянні з тими що існували раніше, мають набагато більше технологічних можливостей для напилення поверхонь деталей практично з будь-яких матеріалів.

Електродугове напилення є важливим методом поверхневої обробки, що використовується для захисту і зміцнення матеріалів у багатьох галузях промисловості. Зокрема, цей метод дозволяє створювати покриття з високою зносостійкістю, корозійною стійкістю та іншими корисними властивостями. Експериментальна частина дослідження полягала у проведенні серії тестів для оцінки якості покриття, нанесеного різним обладнанням електродугового напилення. В результаті проведеного випробування з використанням нейтрального соляного туману були порівняні покриття за способом нанесення двох види обладнання для електродугового напилення. Обидва види обладнання використовувалися для нанесення цинкового та алюмінієвого

покриттів на металеві зразки. Випробування проводилися протягом 90 циклів по півгодини кожен, після чого зразки були проаналізовані на наявність корозії.

Результати показали, що алюмінієві зразки піддалися корозії після закінчення циклів випробувань, тоді як цинкові зразки повністю пройшли випробування без жодних ознак корозії.

Список використаних джерел:

1. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / [П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ НІКЕЛЕВОГО ПОКРИТТЯ НА МЕТАЛОПРОДУКЦІЮ

Ковтун О.М., керівник доц. Біла О.В.

Український державний університет науки і технологій

Сучасні вимоги до надійності обладнання при збільшенні навантажень на нього, необхідність у захисті металевих деталей від агресивних середовищ і досить високих або, навпаки, низьких температур призводять до все більшого зацікавлення всіх галузей промисловості щодо застосування гальванічних покриттів.

Найбільш гальванічні покриття застосовують в автомобілебудуванні, будівництві, авіаційній, радіотехнічній та електронній промисловості. Проте естетичний вигляд і велика колірна гамма разом із захистом від несприятливого зовнішнього впливу привертають увагу і дизайнерів приміщень, наприклад, при обробці ручок дверей, меблів і карнизів, деталей інтер'єру й екстер'єру. Тонкі (від 2-6 до 12-20 мікрон) і міцні шари хромових і нікелевих гальванічних покриттів збільшують термін служби та покращують якість побутових, медичних, штампувальних і пресових інструментів, деталей вузлів тертя.

Метою випускної кваліфікаційної роботи бакалавра є вибір технології нанесення нікелевого покриття на металопродукцію.

В роботі був проведений аналіз існуючих металевих захисних покриттів. Встановлено, що найбільш ефективним є нанесення гальванічного нікелевого захисного покриття.

Наведена схема технологічного процесу нанесення нікелевого покриття. Зроблено вибір технологічного обладнання, а також обґрунтовано вибір захисного покриття, зроблено розрахунок календарного часу роботи ділянки.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВТУЛОК З ТИТАНОМІСТЯЧИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Строгецький М.Ю., керівник доц. Біла О.В.

Український державний університет науки і технологій

Розвиток сучасної техніки пред'являє усе більш жорсткі вимоги до матеріалів, що працюють в умовах високих тисків, швидкостей, деформацій, агресивних середовищ і так далі Використання методів порошкової металургії при створенні нових матеріалів дозволяє забезпечити оптимальне поєднання технології здобуття, структурних і робочих характеристик, при цьому забезпечується мінімум втрати металу, знижується собівартість виробів.

Тверді сплави є типовими виробами порошкової металургії і є продуктом спікання формованої суміші порошків карбідів тугоплавких металів і цементуючого (з'єднувального) матеріалу. Карбіди твердих сплавів містять елементи четвертої, п'ятої,

шостої груп таблиці Менделєєва. Сюди відносяться титан і цирконій (четверта група); ванадій, ніобій і тантал (п'ята група); хром, молібден і вольфрам (шоста група).

Твердий сплав – гетерогенний кераміко-металічний матеріал, що характеризується комплексом високих фізико-механічних властивостей, особливо зносостійкістю і високою пружністю матеріалу, і що знайшов широке застосування в промисловості у якості ріжучого інструменту.

При отриманні твердих сплавів реалізуються такі переваги методу порошкової металургії, як можливість отримувати композиційні матеріали з компонентів із явним вирізненням температури плавлення, можливість досягнення унікального комплексу фізико-механічних властивостей матеріалу, а також вживання безвідходної технології виробництва і підвищення коефіцієнта використання металу. Спінання твердих сплавів проводять в присутності рідкої фази.

Розрізняють вольфрам-кобальтові (WC-Co), титано-вольфрамові (WC-TiC-Co), титано-тантало-вольфрамові (WC-TiC-TaC-Co) і безвольфрамові тверді сплави.

Велика частина наявних твердих сплавів призначена для обробки різанням декількох тисяч видів матеріалів, у тому числі всіляких чавунів, легованих, високолегованих корозійностійких (неіржавіючих), жароміцних, спеціальних сталей і сплавів, кольорових металів і сплавів (латуні, бронзи, алюмінієвих, магнієвих, титанових сплавів), неметалічних сплавів, неметалічних матеріалів (пластмаси, фарфору, деревини) і композиційний метал-пластмаса, метал-кераміка.

Безвольфрамові тверді сплави також діляться на декілька груп залежно від вигляду твердої тугоплавкої складової і з'єднувача, оскільки даний дипломний проект передбачає проектування ділянки по виробництву спечених виробів які містять вольфрам, то класифікація безвольфрамових твердих сплавів не наводиться.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ТВЕРДИХ ПОРІД ДЕРЕВА **Бондаренко Є.С., керівники доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.** **Український державний університет науки і технологій**

Об'єкт розробки – матеріал та режим термічної обробки фрези для обробки твердих порід дерева та формування його структури і властивостей.

Мета роботи – обґрунтування вибору матеріалу для виготовлення фрез для обробки твердих порід дерева та формування його структури і властивостей.

Застосовані методи: аналіз науково-технічної літератури та нормативної документації з метою зіставлення характеристик інструментальних сталей відповідно до вимог до матеріалу для виготовлення фрези для обробки твердих порід дерева.

Розглянуто типи, конструкцію, умови експлуатації фрез для обробки деревини, сили, що діють на них під час експлуатації, причини втрати працездатності та основні вимоги до матеріалу фрези по дереву: зносостійкість, міцність, висока втомна міцність, твердість, яка визначає стійкість металу до стирання, корозійна стійкість, що дозволить обробку сирової деревини, пластичність, оброблюваність різанням, шліфуємість, необхідні для виконання ряду технологічних операцій по підготовці інструменту.

Вивчено основні етапи виготовлення фрез для обробки деревини. Опрацьовано хімічний склад сталей, що застосовуються для їх виготовлення – інструментальних легованих та швидкорізальних сталей.

Методом порівняльного аналізу хімічного складу, комплексу механічних, технологічних властивостей та розрахунку відносної вартості сталі встановили, що найефективнішим матеріалом для виготовлення фрези для обробки твердих порід дерева, є швидкорізальна сталь P12Ф3.

Вивчені принципи легування сталі Р12Ф3: хімічний склад швидкорізальної сталі Р12Ф3 встановлений так, щоб забезпечити максимальну твердість, зносостійкість та механічну міцність, для цього в сталі містяться: вуглець, що приймає безпосередню участь в утворенні спеціальних карбідів; та карбідоутворюючі елементи: вольфрам, молібден, ванадій, хром, які в результаті загартування та низького відпуску зумовлюють утворення легованого за цими елементами мартенситу, а також спеціальних карбідів Me_6C , MeC , $Me_{23}C_6$.

Проведено аналіз ізотермічної діаграми розпаду переохолодженого аустеніту сталі Р12Ф3. Встановлене розділення областей перлітного та бейнітного перетворень за рахунок наявності у складі сталі карбідоутворювачів – вольфраму, хрому, ванадію, молібдену. Виявлено утворення області підвищеної стійкості аустеніту між першою та другою сходинками перетворення аустеніту. Спостерігається підвищення інкубаційного періоду розпаду переохолодженого аустеніту. Температура початку мартенситного перетворення M_n для сталі Р12Ф3 складає $160^\circ C$.

Для сталі Р12Ф3 пропонується термічна обробка, яка складається з попереднього пом'якшувального сфероїдаційного відпалу при $860...880^\circ C$ з додатковою витримкою при $720...730^\circ C$, > 4 год), та завершальної обробки, метою якої є отримання необхідного рівня твердості та зносостійкості, яка складається з загартування з $1230-1260^\circ C$ з підігрівом при $800-850^\circ C$, охолодження в олії або KNO_3 до $500^\circ C$, далі на повітрі, та трикратного відпуску при $550-570^\circ C$. Це забезпечує високий рівень твердості більшої за 63-66HRC, зносостійкості та межі міцності при випробуванні на вигин $\sigma_{виг} = 3700...4000$ МПа.

Вивчені етапи формування структури сталі Р12Ф3 від литого стану, який характеризується сорбітоподібним перлітом та карбідною евтектикою, до фінальної, після загартування на мартенсит та трикратного низького відпуску, яка складається з легованого мартенситом відпуску, дрібнодисперсними рівномірно розподіленими спеціальними карбідами M_6C та MeC . Вміст залишкового аустеніту складає 1...2%.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕНКЕРА ДЛЯ ОБРОБКИ ТВЕРДИХ МЕТАЛІВ

Жирний Є.О., керівники доц. Аюпова Т.А., доц. Носко О.А.
Український державний університет науки і технологій

Об'єкт розробки – матеріал та режим термічної обробки зенкера для обробки твердих металів та формування його структури і властивостей.

Мета роботи – обґрунтування вибору матеріалу для виготовлення зенкерів для обробки твердих металів та формування їх структури і властивостей.

Застосовані методи: аналіз науково-технічної літератури та нормативної документації з метою зіставлення характеристик інструментальних сталей відповідно до вимог до матеріалу для виготовлення зенкера для обробки твердих металів.

Розглянуто типи, конструкцію, умови експлуатації зенкерів, причини втрати їхньої працездатності та основні вимоги до них: теплостійкість, зносостійкість, механічна міцність, твердість.

Методом порівняльного аналізу комплексу механічних, технологічних властивостей та розрахунку відносної вартості сталі встановили, що найефективнішим матеріалом для виготовлення зенкерів для обробки твердих металів, є швидкорізальна сталь Р8МЗК6С.

Проаналізовані основні принципи легування сталі Р8МЗК6С: хімічний склад швидкорізальної сталі Р8МЗК6С встановлений таким чином, щоб забезпечити максимальну теплостійкість, для цього у сталь вводять вольфрам, хром, ванадій, молібден, що утворюють спеціальні карбіди типу M_6C , MeC , $Me_{23}C_6$ та кобальт і кремній. Вольфрам та молібден утворюють в сталі карбід Me_6C , хром – $Me_{23}C_6$, а ванадій – MeC , які при аустенітизації частково переходять до твердого розчину, забезпечуючи отримання після гартування

легованого вольфрамом, молібденом та хромом мартенситу. Вони утруднюють розпад мартенситу при нагріві, забезпечуючи необхідну теплостійкість. Частина карбідів Me_6C та MC , що не розчинилася, приводить до підвищення зносостійкості сталі. Кобальт найзначніше підвищує теплостійкість та вторинну твердість (67...70HRC). Крім того, кобальт підвищує теплопровідність сталі. Вплив кобальту у швидкорізальних сталях наступний: кобальт посилює стійкість твердого розчину проти знеміцнення при нагріві, підвищуючи температуру $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення; уповільнює сфероїдизацію карбідних частинок, що виділяються з мартенситу, це підвищує теплостійкість, проте знижує міцність та в'язкість; визиває виділення з мартенситу при відпуску поряд з карбідами також і невеликих кількостей інтерметаліду $(Co,Fe)_7W_6$. Зменшення концентрації вольфраму та молібдену в мартенситі, що відбувається в цьому випадку, підвищує теплопровідність, вторинну твердість, проте знижує міцність та в'язкість;

Проведено аналіз ізотермічної діаграми розпаду переохолодженого аустеніту сталі P8M3K6C. Встановлене розділення областей перлітного та бейнітного перетворень за рахунок наявності у складі сталі карбідоутворювачів – вольфраму, молібдену, хрому та ванадію. Спостерігається утворення області підвищеної стійкості аустеніту між першою та другою сходинками перетворення аустеніту. Температура початку мартенситного перетворення Mn для сталі P8M3K6C і складає 140°C.

Для сталі P8M3K6C пропонується термічна обробка, яка складається з попередньої (сфероїдизуючий відпал при 860...880°C з додатковою витримкою при 720...730°C), та завершальної обробки, метою якої є отримання необхідного рівня теплостійкості та твердості (загартування з 1200-1220°C в олії до 600°C, далі на повітрі, та чотириразова відпустка при 540...560°C, що забезпечує високий рівень механічних та експлуатаційних властивостей, зокрема твердості більшої за 66-69HRC та теплостійкості при 630°C 58HRC).

Прослідковано формування структури сталі P8M3K6C для виготовлення зенкера для обробки твердих металів від литої, яка характеризується сорбітоподібним перлітом та карбідною евтектикою, до фінальної, сформованої в результаті загартування на мартенсит та чотириразової відпустки, яка характеризується наявністю мартенситу відпуску, дрібнодисперсними рівномірно розподіленими карбідами та вмістом залишкового аустеніту в межах 1...2%.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ МАРКИ СТАЛІ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПИЛКІВ ДЛЯ ОБРОБКИ М'ЯКИХ МЕТАЛІВ

**Казаков В.В., керівники доц. Аюпова Т.А., ст. викл. Кушнір Ю.О.
Український державний університет науки і технологій**

Об'єкт розробки – матеріал та режим термічної обробки для виготовлення напилка для обробки м'яких металів та формування його структури і властивостей.

Мета роботи – обґрунтування та вибір матеріалу для виготовлення напилка для обробки м'яких металів та формування їх структури і властивостей.

Застосовані методи: аналіз науково-технічної літератури та нормативної документації з метою зіставлення характеристик інструментальних сталей відповідно до вимог до матеріалу для виготовлення напилка для обробки м'яких металів.

Розглянуто типи, конструкцію, умови експлуатації напилків, види їх зносу, причини втрати їхньої працездатності та основні вимоги до них: зносостійкість, механічна міцність, твердість.

Методом порівняльного аналізу комплексу механічних, технологічних властивостей та розрахунку відносної вартості аналізованих інструментальних сталей встановили, що раціональним матеріалом для виготовлення напилка для обробки м'яких металів, є низьколегована інструментальна сталь 13X.

Встановлені основні принципи легування сталі 13X: хімічний склад низьколегованої сталі 13X встановлений таким чином, щоб збереглися усі переваги вуглецевих сталей (збереження меншої, ніж у легуваних сталей, кількості залишкового аустеніту, низька твердість після відпалу, що полегшує виготовлення інструменту пластичною деформацією та механічну обробку і т. д.), та зменшилися їхні недоліки: низька прогартовуваність та чутливість до перегріву. Для попередження зазначених недоліків сталь легують хромом та марганцем.

Проведено аналіз ізотермічної діаграми розпаду переохолодженого аустеніту сталі 13X. Визначена тенденція до розділення областей перлітного та бейнітного перетворень за рахунок наявності у складі сталі хрому в кількості 0,4...0,7%. Утворення області підвищеної стійкості аустеніту між першою та другою сходинками перетворення аустеніту не спостерігається. Температура початку мартенситного перетворення M_n для сталі 13X складає 200°C.

Для сталі 13X пропонується термічна обробка: сфероїдизуючий відпал при 750...790°C з додатковою витримкою при 670...700°C протягом 2...3 год, охолодження до 550°C зі швидкістю 50°C/год і потім на повітрі, загартування з 810...830°C в олії та низький відпуск при 150...170°C, що забезпечує високий рівень механічних та експлуатаційних властивостей, зокрема твердості 62...65HRC.

Вивчено формування структури сталі 13X для виготовлення напилків від вихідної, яка характеризується перлітом та розташованими по межах зерен цементитом, до остаточної, сформованої в результаті загартування на мартенсит та низького відпуску, яка характеризується наявністю мартенситу відпуску, дрібнодисперсними рівномірно розподіленими карбідами та мінімальним вмістом залишкового аустеніту.

АЛЬТЕРНАТИВНІ СПОСОБИ ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ

Батиченко О.В., керівник ст. викл. Гуцалова В.І.

Український державний університет науки і технологій

Для поліпшення експлуатаційних властивостей виробів необхідно додатково захистити метал від корозії. Сучасні технології обробки спрямовані на припинення розвитку цих процесів, збереження і підтримання працездатності сталевих елементів протягом тривалого періоду, тобто збільшення терміну служби до 50 і більше років.

Найбільш ефективними та надійними є комбіновані покриття, які складаються з двох шарів – напиленого металевого та лакофарбового. У разі, якщо верхній шар фарби пошкоджується, металевий шар перебирає функції ізолюючого покриття. Якщо пошкоджені обидва шари, то напилений метал грає роль катодного захисту і, таким чином, запобігає корозії виробу. Результат захисту виробів у вигляді нанесення металевих покриттів досить високий. Якщо просте фарбування гарантує захист на 3-5 років, то оцинкована поверхня, яка потім була пофарбована та захищена від корозійних процесів – на 30-50 років.

Існує ще один ефективний спосіб захисту матеріалів від корозії за допомогою біметалів. При цьому підприємства використовують запатентовані формули та методи виготовлення сировини та продукції. Можливе не тільки нанесення захисних шарів на конструкції, які вже є, але й виготовлення нових, з удосконалених матеріалів. Це унікальні біметалічні листи SWIP, так звані також «бронеліст» або «бронеплита», та вироби з них. Переваги цього матеріалу очевидні: біметал захищає обладнання від корозії та будь-якого виду зносу; процес монтажу біметалічних листів простий та швидкий; збільшується термін служби та продуктивність обладнання; відсутні тривалі простої виробництва; відпадає необхідність оновлення обладнання; зменшуються

витрати на ремонт та реконструкцію. Правильно підібраний склад біметалу дозволяє назвати використання біметалів одним із основних методів захисту від корозії, а також надійним і довговічним.

МОДИФІКАЦІЯ КАУЧУКУ СКН-26 КОМПОЗИЦІЙНИМИ ДОБАВКАМИ

**Гаврилюк Ю.В, керівник проф. Євдокименко Н.М.
Український державний університет науки і технологій**

Для модифікації каучуку СКН-26 вивчали композиційні добавки (суміш олігомерів), що різняться ступенем спорідненості та рівнем хімічної взаємодії з каучуком [1-3].

Вивчали біологічно інертні олігомери такої будови:

- олігоєфіракрилат + олігосилан;
- олігоєфіракрилат + олігосилоксан;
- олігодієн + олігосилан;
- олігодієн + олігосилоксан.

У всіх дослідах вводили 10 мас. часток добавки на 100 мас. часток каучуку, як для індивідуальних олігомерів, так і композиційної добавки з олігомерів. Співвідношення олігомерів змінювали від 10/0 до 0/10 з інтервалом 1.0 мас. частка.

Розроблено біологічно інертні гуми з високим рівнем експлуатаційних та токсикологічних характеристик на основі полімер-олігомерних систем з заданою морфологією [4].

Розроблено методику прогнозування властивостей гуми за параметрами геометричної фазової морфології, що дозволяє визначити функціональну дію інгредієнтів. Уперше виявлено що гумова суміш містить структуроутворюючі інгредієнти: цинкові білила + стеаринова кислота (у співвідношенні 5.0 / 2.0 мас. часток).

Характер морфологічної будови гуми, що утворюється при модифікації бутадієн-нітрильного каучуку СКН-26 композиційними добавками вивчали методами світлорозсіювання, зворотної газової хроматографії, ІЧ-спектроскопії.

Перелік посилань:

- 1.Гаврилюк, Ю.В. Багатокомпонентні полімерні системи із заданою геометричною фазовою морфологією / Ю.В. Гаврилюк, К.М. Сухий, Н.М. Євдокименко // Міжнародна конф. з хімії, хімічної технології та екології. збірка тез доповідей. 26-29 вересня 2023 року .– К .– 2023 .– 115-116 с.
- 2.Павленко, А.А. Вплив алюмосилікатних порожнистих мікросфер на властивості шинних гум / А.А. Павленко, Н.М. Євдокименко, Ю.В. Гаврилюк // Технічні науки та технологія.– 2021 .– №3(25) .– С. 59-68.
- 3.Анісімов В.В. Прогнозування властивостей лінійних блок-кополіуретанів на основі олігоєстерів регулярної структури/ В.В. Анісімов, В.М. Анісімов // Вопросы химии и химической технологии. – 2021. – № 4. – С. 4–10.
- 4.Большаков, В.И. Применение фрактального моделирования при оценке структуры и свойств металлов / В.И. Большаков, В.Н. Волчук, Ю.И. Дубров // Металознавство та термічна обробка металів .– 2018 .– № 2 .– С. 50-55.

ЕНЕРГЕТИКА

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПУЛЬСАЦІЙНО-АКУСТИЧНОГО СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА В ГАЗОПОРШНЕВИХ АГРЕГАТАХ

Похілько А.С. , керівник проф. Біляєва В.В.

Український державний університет науки і технологій

Теплова енергія є помітним енергоносієм, що застосовується у всіх секторах господарства: для комунально-побутових потреб, промислових підприємств та ін. Основним джерелом теплової енергії є котельні системи тепlopостачання.

Для роботи котлів систем тепlopостачання характерним є невисока енергетична ефективність, тобто. невисокий К.К.Д., і як наслідок, підвищені витрати палива на вироблення теплової енергії, що відпускається споживачам. В значній мірі на зниження ефективності роботи котелень впливає коливання теплового навантаження, застаріле основне і допоміжне обладнання котельні, недоліки в експлуатації .

Основне завдання підвищення ефективності промислових ГПА полягає у покращенні показників їхньої теплової економічності, тобто. у підвищенні К.К.Д. котельних та зниження питомої витрати палива на вироблення теплової енергії для технологічних та комунально-побутових споживачів.

Актуальність вирішення цієї проблеми наголошується на тенденції до збільшення ціни на паливо, значна частина якого спалюється в котлах промислових котелень. На частку промислових котелень припадає близько 25% теплової енергії, яка споживається в системах тепlopостачання України. При цьому як паливо використовується переважно дефіцитний та дорогий природний газ. Серед методів підвищення ефективності спалювання палива помітно виділяється використання пульсацій газу, повітря або газоповітряної суміші при факельному спалюванні.

При великій кількості засобів, що забезпечують пульсаційне горіння, експериментальне та практичне підтвердження властивостей пульсацій, що інтенсифікують, в котельних агрегатах представляється проблематичним. Особливо це стосується встановлених у котельних серійних котлів, і зокрема це стосується пальникових пристроїв, які не розраховані на пульсації газу та повітря, що призводять до дестабілізації роботи пальників.

Мета дослідження: теоретичні дослідження методом математичного моделювання горіння палива при пульсаційному спалюванні в газопоршневому генераторі, яка враховує тепломасобмінні процеси в роботі насадок та газодинамічні режими. Експериментальні дослідження сумісної роботи газопоршневого генератору та пульсаційного методу спалювання палива та розробка оптимальних режимів горіння палива з різним коефіцієнтом окислювача.

Задачі дослідження: Для досягнення мети досліджень в роботі буде виконано:

- розробка математичної моделі спалювання палива пульсаційним методом в газопоршневим агрегаті, яка враховує тепломасобмінні процеси в топчній камері газопоршневого генераторі та газодинамічні режими. Що дозволить дослідити використання різних режимів пульсаційної подачі палива обрати оптимальну для умов систем тепlopостачання;
- розробка оптимальних режимів роботи газових генераторів сумісно з пульсаційним методом горіння.
- розробка енергоефективних технологічних схем спалювання палива в котельних агрегатах.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГЕНЕРАТИВНИХ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НА ОСНОВІ КОМПАКТНИХ НАСАДОК

Білий Р.В., керівник проф. Біляєва В.В.

Український державний університет науки і технологій

Великий досвід у розробці та впровадженні регенеративних систем опалення на базі компактних насипних насадок на даний час виконані дослідження на кафедрі енергетичних систем та енергоменеджменту та зарубіжні фірми. Переважно дослідження використання регенеративних насадок виконувались для промислових об'єктів. В даний час є актуальним розробка сумісної роботи регенеративних насадок для систем побутового теплопостачання. Це пов'язано з перебоями з постачанням електроенергії. Для виробництва електроенергії використовують газопоршневі електричні генератори. Пропонується дослідити та розробити схеми роботи газопоршневих генераторів з комбінованим використанням компактних насипних насадок.

Об'єкт дослідження газопоршневі генератори з використанням насипних компактних насадок для систем побутового теплопостачання. Предмет дослідження: процеси тепломасообміну впри роботі газопоршневих генераторів з компактними насипними насадками. Мета дослідження: теоретичні дослідження методом математичного моделювання компактної насадки та газопоршневого генератору, яка враховує тепломасообмінні процеси в роботі насадок та газодинамічні режими. Експериментальні дослідження сумісної роботи газопоршневого генератору та компактної насадки та розробка оптимальних режимів горіння палива з різним коефіцієнтом окислювача.

Задачі дослідження: Для досягнення мети досліджень в роботі буде виконано:

- розробка математичної моделі компактної регенеративної насадки з газопоршневим агрегатом, яка враховує тепломасообмінні процеси в компактній регенеративній насадці та газодинамічні режими в газопоршневому агрегаті. Що дозволить дослідити використання різних видів насадок та обрати оптимальну для умов систем теплопостачання;
- розробка оптимальних режимів роботи насадок сумісно з регенераторами.
- розробка енергоефективних технологічних схем спалювання палива в котельних агрегатах.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ТРУБОПРОВІДІВ, ПРОКЛАДЕНИХ У НЕПРОХІДНОМУ КАНАЛІ

Дейнека В. В., керівник проф. Біляєва В. В., доц. Губін О. І.

Український державний університет науки і технологій

Теплові втрати є важливим індикатором енергоефективності функціонування систем теплопостачання, оскільки вони мають суттєвий вплив на формування тарифів на теплову енергію для кінцевих споживачів. Зниження тепловтрат дає змогу не лише економити енергоресурси, а й оптимізувати витрати на експлуатацію теплових мереж. Саме тому точне визначення фактичних обсягів теплових втрат є одним із ключових завдань у рамках систем енергозбереження та підвищення ефективності теплопостачання.

На рівень теплових втрат у трубопроводах теплових мереж впливають численні чинники. Серед них – діаметр труб, спосіб та глибина їх прокладання, характеристики використаних теплоізоляційних матеріалів, а також фізичний стан трубопроводів,

зокрема наявність корозії, пошкоджень або зношеності. Крім того, важливу роль відіграє якість монтажу та технічне обслуговування інженерних мереж.

У більшості населених пунктів системи централізованого опалення базуються на використанні двотрубних теплових мереж, де один трубопровід подає гарячий теплоносії до споживача, а інший – повертає охолоджений теплоносії назад до джерела тепла. Такі теплові мережі найчастіше прокладаються під землею в спеціальних каналах, однак можуть використовуватись і інші способи прокладки – безканалний підземний метод або наземне розташування трубопроводів.

Значні теплові втрати, характерні для багатьох теплових мереж, пояснюються не лише недостатньо ефективною теплоізоляцією, а й високим ступенем фізичного зносу теплотрас. Старі системи, що працюють десятиліттями без капітального ремонту, часто мають тріщини, корозійні ушкодження та порушення герметичності, що призводить до втрат тепла й зниження ефективності роботи системи в цілому.

Проектування напрямку прокладки теплопроводів здійснюється на основі так званих теплових карт району. При цьому враховуються результати геодезичних досліджень, плани вже існуючих або запланованих інженерних споруд, характеристики ґрунтів та інші геотехнічні особливості місцевості. Остаточний вибір типу прокладки трубопроводу (надземний або підземний, у каналі або без нього) приймається на основі техніко-економічного аналізу та оцінки умов конкретної ділянки.

Таким чином, питання мінімізації теплових втрат у системах тепlopостачання залишається надзвичайно актуальним. З метою аналізу пропонується порівняти теплові втрати, що виникають у двох трубопроводах – подавальному та зворотному – за умов їх підземного безканалного розміщення. Результати цього дослідження зіставляються з аналогічними показниками трубопроводів, прокладених у непрохідних каналах. Розв'язання поставленої задачі досягається за допомогою сучасного програмного забезпечення для теплотехнічного моделювання, яке дозволяє точно враховувати комплекс факторів, що впливають на рівень теплових втрат, та знаходити оптимальні технічні рішення для зменшення енергетичних втрат у системі.

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ У СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ГРУНТУ

**Щербина С. А., керівник проф. Біляєва В. В.
Український державний університет науки і технологій**

Температурні умови у теплицях відіграють важливу роль у розподілі теплових потоків і, відповідно, значно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Це також впливає на економічну ефективність підприємств. Крім того, температурний режим ґрунту в теплицях також має велике значення для врожайності. Аналіз наукових публікацій показав, що при дослідженні температурних режимів найчастіше використовуються математичні моделі, які базуються на емпіричних даних або на аналітичному розв'язку рівняння теплопровідності. Дані моделі не враховують такі параметри, як форма теплиці, схема розміщення джерел тепла, вид опалення, що використовується і та інш., що дозволяє спростити розрахунки температурних потоків у приміщеннях і ґрунті.

Для отримання науково обґрунтованої інформації про температурні режими у теплицях необхідно створювати багатопараметричні моделі. На сьогодні таких моделей недостатньо. Тому розробка динамічних моделей з багатьма параметрами для прогнозування температурних режимів у теплицях є актуальним науковим завданням.

У цій роботі розглядаються два типи математичних моделей, призначених для аналізу температурних режимів у теплицях. На їх основі створено програмний комплекс для чисельного моделювання.

Перший тип моделей спрямований на прогнозування температурного режиму ґрунту. Для аналізу теплових потоків у ґрунті використовуються нестационарне рівняння енергії. Розв'язання цього рівняння здійснюється з використанням чисельних методів. Також реалізовано схему, що враховує різні режими обігріву.

Другий тип моделей аналізує розподіл температурних полів у повітряному середовищі теплиці. Для цього використовуються:

1. Рівняння для розрахунку повітряних потоків у теплиці під час роботи вентиляційної системи;

2. Рівняння енергії — для розрахунку температурних полів;

3. Рівняння масопереносу — для аналізу розподілу вологості у теплиці.

Для чисельного інтегрування вказаних моделюючих рівнянь використовуються різницеві схеми розщеплення.

Створено програмний продукт для чисельного моделювання теплових потоків у спорудах захищеного ґрунту. Наведено результати обчислювального експерименту.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗВАРНИХ ТРУБ

Шишко Є.С., керівник доц. Форись С.М.

Український державний університет науки і технологій

У сучасних умовах експлуатації промислового обладнання особливо актуальними стають задачі енергоощадності, надійності та автоматизованого контролю.

В процесі експлуатації згинально-формульної машини JCO-2000 має місце серйозна проблема стабільного перегріву гідравлічного масла. Під час інтенсивної роботи, температура в гідравлічній системі досягає $72 \div 75$ °С, що суттєво перевищує нормативний діапазон $50 \div 55$ °С. Це призводить до зниження в'язкості масла, зростання гідравлічних втрат, передчасного зносу елементів системи, частих відмов та втрати енергоефективності обладнання.

З огляду на це розглядаються технічні рішення, спрямовані на комплексну модернізацію гідравлічної системи. В основу підходу покладено поєднання технологій моніторингу, прогновної аналітики, чисельного теплового моделювання та оцінки економічної ефективності.

Передбачається впровадження на машині системи інтелектуального моніторингу, заснованої на типових промислових датчиках температури (ТСП-0879) і тиску (ДТ-100), підключених до контролера з передачею даних у середовище SCADA. Очікується, що це дозволить здійснювати зчитування параметрів з інтервалом 1 секунда, з подальшою обробкою у вигляді графіків та попереджувальних повідомлень.

Паралельно розробляється проста модель прогнозування аварійних станів на базі алгоритмів машинного навчання. Обробка зібраних даних планується в середовищі Python. Така модель зможе виявляти потенційні відхилення за 2 – 3 години до виходу параметрів за межі допустимих значень, що дасть змогу оперативно втручатися в процес.

Для виявлення теплових навантажень і оптимізації конструкції системи охолодження проводиться теплове моделювання. Попередні розрахунки свідчать, що найвищі температури спостерігаються в зоні регулюючих клапанів, де температура масла може сягати 78 °С.

У рамках симуляцій буде змодельовано різні варіанти конфігурації

теплообмінників із прогнозованим зниженням температури до $53 \div 55$ °С.

Згідно з попередніми оцінками енергетичних втрат і потенційного економічного ефекту, охолодження масла до нормативного рівня дозволить зменшити споживання електроенергії насосною станцією на $6 \div 8$ %. При середньому навантаженні в 12 кВт·год, це еквівалентно економії до 1150 кВт·год на місяць. Орієнтовна вартість впровадження системи оцінюється в $25 \div 30$ тис. грн, що забезпечує строк окупності менш ніж за один рік.

Комплексна реалізація запропонованих дозволить не лише вирішити проблему перегріву згинально-формуальної машини JCO-2000, а й зробити крок до цифровізації її технічного обслуговування та підвищення загальної енергоефективності промислового підприємства

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСАННЯ ГАЗО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ З ШАХТНИМ МЕТАНОМ В КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ГАЗОПОРШНЕВИХ УСТАНОВКАХ

Щур М.С., керівник доц. Форись С.М.

Український державний університет науки і технологій

Вирішення проблеми підвищення годин використання енергоджерел працюючих на газо-повітряної суміші з шахтним метаном збільшить як економічний так і екологічний ефект застосування таких технологій, а також підвищить ступінь енергозабезпечення та самостійності вугледобувного підприємства.

Наявність природного газу на енергетичному об'єкті необхідна для стабілізації теплової та електричної енергії під час коливань дебіту та концентрації МВС, що використовується як основне паливо. Дослідження показують високу ефективність подачі МВС каналу повітряного дуття, оскільки це зменшує витрати МВС та природного газу для збагачення. При змінній концентрації МВС підвищення його рівня в каналі повітряного дуття дозволяє використовувати суміш з нижчою концентрацією метану, забезпечуючи стабільність енергетичних показників.

У 2018-2020 роках ТОВ «ЦЕПЕЛІН УКРАЇНА» та ТОВ «Інститут ДніпроВНПенергопром» реалізували проект «Нове будівництво енергоджерела на базі когенераційної установки Caterpillar на шахті «Степова», який був введений в експлуатацію за участю ТОВ «РІДЖЕН» та ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ». На шахті встановлено енергоджерело на базі когенераційної установки Caterpillar CG170-16 потужністю 1,56 МВт. Основною метою проекту було дослідження можливості використання газо-повітряної суміші з шахтним метаном на вугледобувному підприємстві, виявлення проблем та їх вирішення. Енергоджерело забезпечує шахту двома формами енергії: електричною та тепловою. Установлено основне обладнання: когенераційна установка Caterpillar CG170-16, модуль підготовки газу GTS 2000, та тепловий пункт для утилізації тепла. Паливом є газо-повітряна суміш із шахтним метаном. Прогнозована витрата палива – $5400 \div 6000$ м³/год. Технологічний модуль підготовки газу знижує вологість газу до рівня, який підходить для використання в когенераційній установці. Газоповітряна суміш проходить через відцентрову газодувку, що підвищує її тиск, перед подачею на когенераційну установку.

На основі досліджень та реалізованих проектів, можливість будівництва енергоджерел на базі когенераційних установок, що працюють на газоповітряній суміші з шахтним метаном, в Україні є перспективною для подальших досліджень.

«Пілотний проект» підтвердив ефективність використання газоповітряної суміші як альтернативного палива. Використання цієї суміші дозволяє зекономити традиційні енергоресурси (природний газ, вугілля) і зменшити викиди метану в атмосферу.

Основні проблеми, що виникають при реалізації таких проектів:

- нестабільна концентрація метану. Для стабільної роботи когенераційних установок необхідно розробити схеми стабілізації концентрації метану, наприклад, через використання додаткових ємностей або підключення до газопроводів;
- інтеграція енергоджерел у теплові схеми підприємств. Теплові потужності когенераційних установок використовуються не повністю (10 ÷ 20 %), головню для гарячого водопостачання.

Загалом, вирішення цих проблем підвищить економічну та екологічну ефективність використання газоповітряної суміші з шахтним метаном, а також знизить залежність від зовнішніх енергоресурсів.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАРОВИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НИЗЬКОКАЛОРИЙНОГО ПАЛИВА

Максимчук С.А., керівник доц. Форись С.М.

Український державний університет науки і технологій

У господарському комплексі України грає дуже важливу роль електроенергетика. Приблизно половина всього первинного палива (вугілля, нафта, газ, уран), що добуває або імпортує Україна, а також енергія окремих рік використовується для виробництва електричної та теплової енергії. Розвиток електроенергетики стимулює створення нових промислових вузлів. Окремі галузі промисловості територіально наближені до джерел дешевої електроенергії, наприклад, кольорова металургія.

Висока енергоємність та обтяжлива залежність економіки України від значних обсягів традиційного органічного палива (газу – 44 %, нафти – 17 %, вугілля – 22 %) для потреб енергетичної галузі (що тепер мають бути імпортовані за цінами, що зросли до світового рівня), складна екологічна ситуація в країні, яка значною мірою зумовлена шкідливими викидами в атмосферу традиційної енергетики зумовлюють пошуки шляхів виходу із ситуації, що склалась. Велика різноманітність водогрійних котлів на газовому і рідкому паливі часто залишає осторонь такий перспективний клас теплогенерувального обладнання, як котли на твердому паливі. В нашій країні котли на твердому паливі частіше застосовуються в районах з низьким рівнем газифікації, для опалення будинків, дач, приміщень побутового призначення. Застосування такого обладнання доцільне як з економічної точки зору так і екологічної. За кордоном котли на різних видах твердого палива дедалі більше розповсюджуються в якості альтернативи установкам на імпортованих енергоносіях — природному газі та рідкому паливі. Великий інтерес до використання деревини в якості палива має декілька причин. По-перше, як зазначалось вище, можливість знизити залежність від імпортованих енергоносіїв; по-друге екологічна безпека рослинного палива, яке при спалюванні виділяє такий об'єм CO₂, який поглинається рослинами під час росту; по-третє, відходи деревообробної, сільськогосподарської та ін. галузей (відходи деревини, лушпиння с/г культур гречки, соняшнику і т.д.), розглядаються як різновид місцевого палива, використання якого поряд із місцем його отримання економічно ефективно. Метою даної роботи є систематизація наявної інформації по котлах та опалювальних печах потужністю до 100 кВт і сумісний аналіз їх показників.

Сьогодні в Україні існує гостра необхідність у технічному переозброєнні діючої пилувугільної теплоенергетики з урахуванням сучасних технологій паливопідготовки, спалювання, вискоєфективних способів зниження шкідливих викидів в атмосферу.

В роботі встановлено вплив використання НРЧ екранів в топочній камері

котельних агрегатів при різних видах палива. Використання екранів НРЧ і ВРЧ у вигляді вертикальних багатоходових підйомно-опускних панелей з нижнім підведенням і верхнім відводом середовища, що нагрівається та панелей НРЧ і ВРЧ кожного потоку дозволяє виконати регулювання температури вторинного перегріву пари та виконати підтримку певного співвідношення вода-паливо. Це дозволяє організувати оптимальні умови горіння палива та теплообміну.

Слід зазначити, що К.К.Д. котлів на твердом у паливі знаходиться на рівні $74 \div 85 \%$, в зв'язку з високою температурою відхідних газів ($150 \div 220^\circ\text{C}$), що пов'язана з властивістю твердих палив під дією високих температур утворювати смоли. При газифікації деревини, торфа, бурого вугілля, а також деяких видів кам'яного вугілля виділяється значна кількість смолянистих речовин, які конденсуються, якщо охолоджується газ. Смолянисті речовини важко виділити з газу, оскільки їх дрібні частинки являють собою заповнені газом бульбашки, що легко відносяться [4]. Якщо відсутні спеціальні пристрої для уловлювання смол, то з димових газів, що проходять по димоходу і охолоджуються, смоли осідають. Це призводить до засмічування димоходу, зменшення площі перерізу для проходу газів, а також до загорання димоходу. Тому для підвищення К.К.Д. котлів на твердому паливі необхідно розробляти технології ефективного спалювання палива, отримання безсмольного газу, ефективного уловлювання смол

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ШАХТНИХ ВАПНЯНО-ВИПАЛЮВАЛЬНИХ ПЕЧАХ

Форісь Ю.М., керівник проф. Федоров С.С.

Український державний університет науки і технологій

Виробництво вапна відноситься до енергоємних процесів. Значна частина вапна виробляється у шахтних печах, що пояснюється простотою конструкції печей, низькими капітальними витратами та високою тепловою ефективністю таких агрегатів.

Як правило, на підприємствах у шахтних вапняно-випалювальних печах використовують дорогий природний газ. У середньому, питома витрата природного газу на тону активного вапна дорівнює $200 \div 220$ кг у.п. При цьому частка витрат на паливо в собівартості вапна становить близько $50 \div 60 \%$. Актуальним є питання скорочення споживання покупного палива на підприємствах за рахунок використання власних енергоресурсів. Одним з можливих варіантів вирішення проблеми є переведення агрегатів на часткове або повне опалення низькокалорійним газом (доменним газом, біогазом, генераторним газом).

У роботі поставлено завдання розрахунково-теоретичного дослідження можливості заміни природного газу доменним у шахтних вапняно-випалювальних печах та виконано оцінку ефективності такої заміни. Дослідження впливу доменного газу на роботу вапняно-випалювальної печі було проведено з використанням математичної моделі агрегату. Математична модель враховує газодинаміку та теплообмін у шахтній протиточній вапняно-випалювальній печі з центральним та периферійним підведенням газоподібного палива.

Критерієм заміни природного газу стала умова збереження теплової потужності пальників печі. При цьому, як технологічне обмеження по максимальній витраті доменного газу розглядалися пропускання здатність існуючих пальникових пристроїв.

Згідно з виконаними оцінками гранично допустима об'ємна частка доменного газу в природно-доменній суміші становить близько $\gamma_{\text{дг}} = 0,8$. При цьому теплота згоряння такої суміші дорівнює $9,4$ МДж/м³. Як базовий був прийнятий оптимальний режим роботи печі на природному газі: сумарна витрата природного газу 1100 м³/год;

витрата повітря на центральний пальник 1000 м³/год.; витрата рециркуляту 750 м³/год.; витрата повітря на низ печі 9500 м³/год.; витрата вапняку 314 т/год.; ступінь випалювання вапняку 85 %.

Згідно з отриманими даними, залежно від подачі доменного газу, на центральну або периферійні пальники, піч поводить ся по-різному. Так, за інших рівних умов збільшення витрати доменного газу ($r_{дгц} = 0 \div 0,8$) на центральний пальник призводить до деякого погіршення роботи печі. Температура газів у центральній зоні падає і це сприяє погіршенню якості випалу вапняку. При цьому, хімічний недопал палива знижується, проте зростають втрати теплоти з газами, що йдуть. При подачі доменного газу ($r_{дгп} = 0 \div 0,8$) на периферійні горілки температура біля стінок печі в шарі знижується аналогічним чином. Проте, робота бічних пальників характеризується наявністю надлишку окислювача. З іншого боку, збільшення витрати природно-доменної суміші на периферії турбулізує пристінну область, покращуючи тим самим умови перемішування. Зрештою обидва фактори позитивно позначаються на роботі печі і сприяють збільшенню ступеня випалу матеріалу.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО СЕКТОРУ

Чистяков М.В., керівник доц. Усенко А.Ю.

Український державний університет науки і технології

В складний час для України, при повних блекаутах електромереж постала проблема в дослідженні автономних систем електропостачання приватних будинків на протязі значного проміжку часу, з метою підвищення енергоефективності, надійності та економічності.

Впровадження комбінованого енергопостачання в системах теплопостачання надає переваги щодо диверсифікації та надійності постачання теплової та електричної енергії, зменшення навантаження на об'єднану електромережу, зменшення нерівномірності навантаження електроенергетичної системи, посилення енергонезалежності країни.

В якості об'єкта дослідження був обраний приватний будинок площею 64 м², розташований у м. Дніпро, в якому проживає сім'я з 4-ох осіб.

В якості базової схеми електропостачання прийнята автономна схема на базі дизель-генератора. Обраховано середньорічне електричне навантаження об'єкта, яке склало 40 кВт·год/день, з піковим значенням 9,4 кВт.

Отже, для покриття цього електричного навантаження та організації автономного електропостачання будинку в базовому варіанті використовувався дизельний генератор потужністю 10 кВт.

Досліджували систему на протязі 25 років її експлуатації.

Поставлена задача вирішувалась за рахунок розробки комплексної системи електропостачання на базі відновлюваних джерел енергії, а саме сонячної та вітрової.

Моделювання проводилось з застосуванням інтерактивного програмного забезпечення «HOMER», яке розроблено американською Національною Лабораторією відновлюваних джерел енергії (NREL).

Розрахунки показали, що найбільш раціональною схемою автономного електропостачання заданого об'єкта може виступати комплексна система автономного електропостачання на базі дизель-генераторів 3 та 10 кВт, вітрової електричної установки на 11 кВт та сонячної електричної станції на 1 кВт з термоконтролером для скидання надлишку згенерованої електроенергії.

Приведена вартість згенерованої енергії автономною системою при цьому

склала $LCOE = 0,492 \text{ \$/кВт}$, що в 2,85 разів менше за базову версію. Річні витрати пального знизились на 8041 л/рік, при середньогодинній витраті 0,351 л/год. Термін окупності такої системи склав 1,04 року.

Сформовані рекомендації дозволяють у короткі терміни оптимізувати споживання органічного пального для генерації електроенергії, зменшити потужність генераторів, підвищити надійність системи та суттєво покращити екологічну ситуацію у регіоні.

АНАЛІЗ ЕФФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Журбін О.С., керівник доц. Форись С.М.

Український державний університет науки і технологій

При сучасному будівництві приватного будинку особлива увага приділяється його конструктиву. Це не просто, адже саме від його якості залежатиме енергоефективність системи кліматозабезпечення.

Основне завдання — мінімізувати тепловтрати через огорожувальні конструкції. Чим менше тепла втрачає конструкція будівлі, тим менше енергії використовується на опалення у приватному будинку.

Необхідність установки витяжних вентканалів відповідає за наявності припливно-витяжної системи рекуперацією. Тому, щоб уникнути тепловтрат, відповідно і додаткових навантажень на систему опалення, ми рекомендуємо використовувати систему вентиляції з рекуператором.

Найкращим варіантом сучасного опалення в будинку є система з використанням теплового насоса, який дозволить реалізувати не тільки систему опалення в холодний період, але й охолодження в теплий період, разом із системою цілорічного гарячого водопостачання. У принципі роботи теплового насоса закладено енергію невичерпних безкоштовних низькопотенційних джерел тепла (повітря, земля, вода) та електрики. Внаслідок цього система опалення будинку менш витратна при експлуатації. Основним показником ефективності теплового насоса під час роботи в зимовий період є С.О.Р. — це коефіцієнт, який характеризує співвідношення отриманої теплової енергії і витраченої електричної. Чим вищий показник С.О.Р., тим енергоефективніша робота інженерної системи. Переваги теплових насосів:

1. Універсальність. Тепловий насос здатний працювати як у бівалентному режимі (з використанням додаткових джерел тепла: електричного котла, сонячного колектору тощо), так і автономному (самостійно).

2. Екологічність. Через відсутність процесів горіння відсутні викиди диму, а також ризики займання.

3. Економія енергоресурсів. Тепловий насос споживає енергію навколишнього середовища.

4. Погодозалежне регулювання. Система опалення будинку регулюється з огляду на параметри навколишнього середовища та автоматично регулює свою потужність для підтримки необхідних параметрів. Погодозалежне регулювання дозволяє:

- економно витратити енергетичні ресурси;
- підтримувати оптимальні умови для мешканців.

Підсумуємо: тепловий насос підходить для енергоефективного будинку, оскільки саме в таких умовах обладнання здатне реалізувати свій потенціал.

Для високоефективної та економічної роботи системи необхідно передбачити:

1. Наявність конструкції припливно-витяжної вентиляції із рекуперацією. Нам

уже відомо, що система вентиляції необхідна для зниження тепловтрат та організації повітрообміну без відкритих вікон.

2. Наявність низькотемпературної системи опалення (теплої підлоги, стін). Тепла підлога є невід'ємною частиною реалізації ефективної системи опалення з тепловим насосом. Для найкращого результату роботи крок укладання теплої підлоги має становити 15 см.

ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОХОЛОДЖЕННІ

Новічек О., керівник доц. Усенко А.Ю.

Український державний університет науки і технологій

Після значного поширення використання холодоагентів у промисловості наукові дослідження виявили значний вплив їх на навколишнє середовище. Один з таких серйозних впливів – це парниковий ефект, що виникає внаслідок того, що деякі гази земної атмосфери затримують інфрачервоне випромінювання Землі. Якраз холодоагенти з вмістом хлору і належать до таких газів в значно більшій мірі, ніж пресловутий двоокис вуглецю. Ще більшу небезпеку для атмосфери планети несе здатність холодоагентів з вмістом хлору руйнувати озоновий шар Землі. Тому в кінці минулого століття на міжнародному рівні були прийняті рішення про скорочення і навіть заборону виготовлення і використання холодоагентів, що в тій чи іншій мірі руйнують озоновий шар нашої планети. Рада ЄС, Європарламент та Європейська Комісія наприкінці 2022 року ухвалили Спільну декларацію про законодавчі пріоритети ЄС на 2023 та 2024 роки. DiXi Group пропонує огляд ініціатив.

Зелені технології в охолодженні спрямовані на зменшення енергоспоживання та негативного впливу на довкілля під час процесів кондиціонування повітря. Деякі з таких технологій включають:

- використання відновлювальних джерел енергії: Заміна традиційних систем кондиціонування повітря на ті, що працюють на сонячних панелях або використовують геотермальну енергію, дозволяє значно зменшити споживання електроенергії та викиди в атмосферу;

- використання ефективних теплообмінників: Використання вискоефективних теплообмінників у системах кондиціонування дозволяє зменшити втрати тепла та підвищити загальну енергоефективність системи;

- використання водяного охолодження: Системи охолодження, які використовують воду для охолодження повітря, можуть бути більш енергоефективними та менш шкідливими для навколишнього середовища, ніж традиційні компресорні кондиціонери;

- використання технологій збереження енергії: Впровадження технологій збереження енергії, таких як теплові насоси з інтегрованими системами зберігання тепла, може допомогти знизити споживання електроенергії під час охолодження будинків;

- використання розумних систем керування: Впровадження розумних систем керування, які адаптують роботу кондиціонерів до реальних умов та потреб користувачів, може значно зменшити споживання електроенергії;

- використання натуральних систем охолодження: Використання природних методів охолодження, таких як використання вентиляції, штор або добре розроблених дизайнів будівель, може допомогти знизити потребу в електроенергії для кондиціонування повітря.

Відповідно до ASHRAE 34, холодоагенти поділяються на групи залежно від токсичності і горючості. Нетоксичні та легкозаймисті холодоагенти A2L набувають

популярності як відносно простий спосіб подальшого зниження потенціалу глобального потепління (GWP).

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ КАРБЮРИЗАТОРІВ

Форись О.М., керівник доц. Федоров С.С.

Український державний університет науки і технологій

Перехід світового виробництва до «зеленої» економіки потребує розвитку та впровадження нових інноваційних технологій у промисловості. У першу чергу, це стосується енергоємних галузей, зокрема металургії та супутніх процесів переробки. Метою експериментальних досліджень на кафедрі Енергетичних Систем та Енергоменеджменту УДУНТ є створення нового процесу високотемпературного синтезу карбюризаторів на основі вихідної сировини, вугілля високого ступеню метаморфізму, для потреб сталеплавильного виробництва за допомогою електротермічних печей з киплячим шаром (печей ЕКШ).

Експериментальні дослідження проводились на унікальній лабораторній печі, яка забезпечує відтворення технологічних умов печей ЕКШ, зокрема температури процесу до 3000°C, швидкості нагрівання (до 1000°C/хв) та витримки матеріалу (5-60 хв). Лабораторна піч являла собою тигель у середній резистивного нагрівача, створеного на основі композитного матеріалу; робота установки відбувалась в атмосфері інертного газу (аргону). Отримані зразки вуглецевого матеріалу досліджувались на вміст сторонніх домішок за допомогою XRF-аналізу.

Печі з електротермічним киплячим шаром (ЕКШ) для рафінування природнього графіту працюють у безперервному режимі бо не потребують додаткової витримки. Аналіз їх теплового балансу показав, що основним джерелом підвищення енергетичної ефективності роботи печей є використання вторинного теплового ресурсу – теплоти готового продукту. Особливістю утилізації теплових ВЕР є неможливість контакту очищеного матеріалу з металевими теплообмінними поверхнями та «брудним» проміжним теплоносієм. Саме таким вимогам відповідає підхід до класичної конструкції печі ЕКШ додатково має секцію теплоутилізатору з камерою підігріву сировини у киплячому шарі. Нагрів сировини відбувається за рахунок теплообміну від гарячих труб, по яких транспортується матеріал. У верхній частині камери основний вид теплообміну – випромінювання, у нижній частині теплообмін до киплячого шару який складається з випромінювання та конвекції. Для аналізу ефективності роботи теплоутилізатору на основі киплячого шару сировини було проведено математичне моделювання одного теплообмінного модулю що включає один канал для сходу обробленого матеріалу. Шляхом математичного моделювання доведено, що використання теплоутилізатору забезпечить підігрів сировини до 500 ÷ 700 °C та дозволить зменшення енерговитрат на 15 ÷ 23 % при рафінуванні природнього графіту у печі ЕКШ.

На основі експериментальних досліджень проведених для антрациту Донецького басейну, отримані кінетичні криві зміну вмісту хімічних елементів в карбюризаторі в залежності від часу витримки та температури обробки. Визначені раціональні технологічні режими печей ЕКШ, які дозволяють отримати карбюризатори певної якості з точки зору наявних сторонніх хімічних елементів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАРИЛЬНИХ ПАНЕЛЕЙ

Кирилов Д.О., керівник доц. Усенко А.Ю.

Український державний університет науки і технологій

Роботу спрямовано на дослідження енергетичної ефективності варильних панелей газового, індукційного і резистивного нагріву.

Проблеми політичного і економічного характеру загальмували розвиток енергетики, що призвело до зниження виробництва електроенергії. Гостро постала проблема забезпечення ТЕС України вугіллям антрацитової групи. На сьогодні головними завданнями енергетики є модернізація та реконструкція теплових станцій, подовження терміну експлуатації атомних електростанцій, зниження рівня шкідливих викидів в атмосферу, впровадження інноваційних технологій у всіх галузях промисловості, включаючи ЖКГ, зменшення втрат енергії, а також розвиток малої енергетики.

Також у роботі доведено, що енергозатрати у секторі ЖКГ, у тому числі, на приготування їжі в установах громадського харчування, складають вагомую частину у загальному енергетичному балансі країни. Тому, у розділі розглянуто основні типи варильних панелей, наведено основні переваги та недоліки.

Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дає можливість заощаджувати органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби споживачів, є зниження витрат викопного палива та електричної енергії шляхом застосування сучасних варильних панелей в установах громадського харчування та у побутових споживачів (індукційні варильні панелі).

В роботі наведено методику, результати експериментальних досліджень та порівняння ефективності використання трьох типів варильних панелей: газової, а також електричних – чавунної та індукційної.

Енерговитрати при використанні індукційної плити в середньому в 2 ÷ 3 рази нижче, ніж при використанні електричної чавунної плити аналогічної потужності і ступеня завантаження устаткування.

Енерговитрати при використанні індукційної та газової плит знаходяться практично на одному рівні, однак тут потрібно враховувати великі виділення теплової енергії при горінні газу, які повністю відсутні при роботі індукційної конфорки. Внаслідок чого необхідно забезпечувати приміщення, де встановлені газові плити, додатковими установками для кондиціонування повітря, а також потужними витяжними пристроями. Крім того, при використанні газових конфорок, велика ймовірність опіків працівників громадського харчування та вибухів газоподібного палива, що диктує додаткові умови і вимоги щодо охорони праці.

Таким чином, з огляду на все вищевикладене, можна дати рекомендації та зробити висновок про те, що на підприємствах громадського харчування найбільш доцільно використовувати для приготування їжі саме індукційні варильні панелі

Індукційні кухонні плити мають ряд переваг, які відсутні у газових та електричних чавунних аналогів. А саме: висока швидкість нагріву; високий ККД (до 90 %); конфорка працює тільки при наявності на ній спеціалізованої посуду; висока безпека; немає необхідності встановлювати потужні витяжні пристрої та здійснювати глибоке кондиціонування повітря для видалення надлишків тепла, що виділяється при роботі кухонного обладнання.

Крім того, це обладнання зручно в експлуатації, безпечно, володіє високими санітарно-гігієнічними характеристиками. Швидкість теплової обробки при використанні індукційної плити збільшується більш, ніж в 2 ÷ 4 рази. Незважаючи на

більш високу вартість, різниця у вартості з традиційними електро- та газовими плитами окупується не більше, ніж за 0,5 року. Тому, даний тип індукційних варильних панелей можна рекомендувати не тільки для ресторанів, кафе та їдальнь, а й для державних підприємств – харчоблоків шкіл та інших освітніх установ, дитячих садків, лікарень, санаторіїв, профілакторіїв та ін.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Гончаров Д.В., керівник доц. Усенко А.Ю.

Український державний університет науки і технологій

На даний час, одним з найбільш реальних та ефективних способів економії природного газу, теплової та електричної енергії в секторі житлово-комунального господарства є скорочення теплових втрат через закриті вікна окремих приміщень. Такі втрати в опалювальний період можуть досягати 70 % від усіх витрат теплової енергії, ціна й дефіцит якої безупинно зростає.

У роботі проведено аналітичні дослідження ефективності використання енергозберігаючої плівки. Монтаж такої плівки на віконну раму, що є, по суті, «третьім склом» й перетворює однокамерний (двокамерний) склопакет в двокамерний (трьохкамерний), дозволить мінімізувати основні теплові втрати у побутових, виробничих, офісних та інших приміщеннях.

Енергозберігаюча плівка є багатошаровим композитним матеріалом, кожен шар якого не перевищує кілька мікрометрів та покритий спеціальним захисним ультратонким шаром, що дозволяє не порушувати видимість й пропускну здатність світла, тоді як енергозбереження здійснюються на високому рівні, тому що плівка перешкоджає виходу тепла за межі приміщення.

Завдяки мікроскопічній товщині шарів, що наносяться, теплозберігаюча плівка має ефект переломлення, що дозволяє низько-емісійній плівці стати ефективним теплоізолятором. Унікальна структура продукту, що досягається за рахунок дотримання усіх правил виготовлення (суворе дотримання необхідної температури та тиску) не допускає зайвих втрат теплової енергії в зимовий час, зберігаючи оптимальну температуру всередині приміщення, тоді як в літній час перешкоджає притоку теплого повітря всередину приміщення ззовні, що також сприяє створенню комфортної температури в літні місяці.

Енергозберігаючий ефект досягається за рахунок низького коефіцієнта теплопередачі самої плівки та за рахунок додаткової повітряної подушки, що утворюється між плівкою та склом.

Таким чином, застосування енергозберігаючої плівки дозволить: підвищити температуру у приміщенні в зимовий період при одночасному істотному зниженні витрат палива та виключенні із загального теплового балансу додаткового обігріву; скоротити теплові втрати на 25 ÷ 30 %, а в опалювальний період – до 70 %; зменшити комунальні платежі за теплову енергію не менше ніж на 25 %.

ГРАВІТАЦІЯ ЯК РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Луценко Є.К., керівник проф. Дікарев Б.М.

Український державний університет науки і технологій

Величезні затрати енергії на ініціювання та підтримку термоядерних реакцій, розвиток робіт в сфері штучного інтелекту та створення нових моделей квантових

комп'ютерів потребує від виробників електроенергії збільшення потужності генеруючих приладів. У зв'язку з високими енергетичними потребами, велику кількість уваги приділяється використанню альтернативних джерел енергії, та можливості її збереження. Сонячна, вітрова та біоенергетика, а також використання гравітації та гідроенергетики може забезпечувати стабільні джерела живлення. А завдяки сучасним технологіям накопичення та збереження енергії можна згладжувати коливання в виробництві та використанні енергії, задля забезпечення критичної інфраструктури.

Існує технологія, яка ґрунтується на використанні сили гравітації для накопичення та передачі електроенергії, що забезпечує оперативну реакцію на стрибки в енергетиці. Система діє за принципом підйому та опускання важких вантажів у шахтах або спеціально створених вертикальних стовбурах, створюючи таким чином електричну енергію з потенціальної. Такий метод поєднує швидкість реакції з якісним обладнанням, що робить його вагомою альтернативою традиційним акумуляторним батареям. Наприклад компанія Gravitricity успішно реалізувала проєкт, в порту Літ (Единбург), найбільшому закритому глибоководному порту Шотландії. Але найбільш успішним став проєкт від компанії Energy Vault в місті Жудун, провінція Цзянсу, що у Китаї. Це перший у світі гравітаційний накопичувач такого масштабу, який у своїй технології не використовує гідроакумулятори. Ця система має потужність 25МВт і почала роботу у грудні 2023 року.

У післявоєнний період відновлення України, маємо надію на скоріше відродження всіх секторів інфраструктури країни, які постраждали під час рушійної війни. Великі виклики будуть на шляху України, які включатимуть у себе недостатнє фінансування, нестабільність законопроектів в енергетичній сфері, бюрократичні бар'єри та інше. Але зважаючи на наші можливості, енергетичну сферу можна частково відновити за допомогою використання відновлювальних джерел енергії та сучасних методів її накопичення. Завдяки Закону України «Про ринок електричної енергії» № 2019-VIII та Закону України "Про альтернативні джерела енергії" від 20.02.2003р. визначаються основи функціонування ринку електроенергії та стимулюють можливості розвитку відновлюваної енергії в Україні. Використання застарілих шахт для створення гравітаційних акумуляторів може стати ефективним рішенням для України, враховуючи наявність великої кількості відпрацьованих вугільних шахт. Реалізація такої стратегії сприятиме ефективному збереженню надлишкової енергії, що вплине на створення стабільної енергосистеми для критичної інфраструктури.

Перелік посилань:

1. <https://gravitricity.com/>
2. <https://zakon.rada.gov.ua/laws>

ЗБІР І ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Шпілевий М. О., керівник проф. Босий Д. О.

Український державний університет науки і технологій

Збір даних виступає однією з ключових передумов ефективного функціонування сучасних інтелектуальних енергетичних систем. У міру ускладнення енергомереж, зростання кількості підключених до них пристроїв, активного впровадження відновлюваних джерел енергії та підвищення вимог до надійності енергопостачання, питання точного, своєчасного й системного збору даних стає критично важливим. Безперервне моніторингування стану мережі, що забезпечується за допомогою SCADA-систем, інфраструктури розумного обліку (AMI), сенсорних пристроїв, IoT-рішень та інших цифрових технологій, дозволяє створювати цифрові «двійники» енергосистеми в

реальному часі. Це, в свою чергу, дає змогу своєчасно реагувати на зміни навантаження, ідентифікувати нестабільність у роботі обладнання, проводити коригування режимів роботи, планувати технічне обслуговування і знижувати витрати на аварійні ремонти.

Типові дані, які збираються в енергетиці, охоплюють широкий спектр параметрів: показники напруги, струму, частоти, потужності, температури обладнання, дані про рівень заряду акумуляторів, коефіцієнт потужності, а також супутні інформаційні потоки, як-от погодні умови, календарні фактори, історичні навантаження та профілі споживання. Саме багатofакторність та великий обсяг цих даних відкривають широкі можливості для застосування штучного інтелекту, зокрема нейромереж, здатних опрацьовувати великі обсяги неструктурованої інформації.

Проте для ефективного навчання та застосування нейронних мереж надзвичайно важливим є попередній етап – якісна обробка зібраних даних. Сирові дані, які надходять з сенсорів, часто містять шуми, пропуски, некоректні або аномальні значення. Це зумовлює необхідність проведення очищення, фільтрації, інтерполяції пропущених значень, нормалізації до єдиної шкали вимірювання та стандартизації. Лише після цього можна переходити до етапу подання даних у форму, придатну для аналізу алгоритмами штучного інтелекту. Найефективнішими для часових рядів у енергетиці виявилися рекурентні нейронні мережі, зокрема моделі типу LSTM (Long Short-Term Memory), які враховують залежності у часі та здатні прогнозувати споживання з високою точністю.

Реальне впровадження подібних рішень уже можна побачити у передових енергетичних компаніях світу. Зокрема, компанія *GreenCom Networks* (Німеччина) забезпечує збір даних з побутових приладів, домашніх енергетичних систем (сонячні панелі, теплові насоси, батареї) та керує навантаженням у режимі реального часу, використовуючи алгоритми штучного інтелекту. У Великій Британії компанія *DeepMind* у партнерстві з *National Grid* розгорнула систему на базі нейромереж, що дозволяє прогнозувати баланс споживання та генерації енергії на національному рівні, що особливо важливо при високій долі ВДЕ у структурі генерації. У Нідерландах оператор *TenneT* використовує блокчейн у поєднанні з AI для обробки енергетичних даних від електромобілів, домашніх сховищ і ВДЕ, що забезпечує гнучке управління локальними мережами. В Україні компанія *Укренерго* модернізує SCADA-систему, яка збирає дані з вузлів електромережі, підстанцій та диспетчерських центрів, а також інтегрує прогнозні модулі для оптимізації навантажень.

Окремим напрямом застосування нейромереж є виявлення аномалій та несправностей у роботі обладнання. Застосування згорткових нейронних мереж (CNN), автоенкодерів, а також комбінованих підходів дозволяє аналізувати сигнали з електричних трансформаторів, генераторів, кабельних мереж з метою раннього виявлення відхилень від норми. Такі моделі можуть автоматично навчатися на нормальному режимі роботи і самостійно сигналізувати про появу нестандартних патернів, що свідчать про потенційні загрози. Це суттєво знижує ризики аварій та непередбачуваних зупинок систем.

Особливо актуальним стає питання автономності енергетичних кластерів – так званих мікромереж (microgrids), які поєднують локальну генерацію, споживання та зберігання енергії. Управління такими мікромережами без інтелектуальних алгоритмів є надзвичайно складним. Гібридні системи, які поєднують нейромережі, математичне моделювання та реальні дані з обладнанням, здатні здійснювати прийняття рішень в автономному режимі: наприклад, коли краще заряджати або розряджати батареї, подавати енергію в загальну мережу або зберігати її локально. Це критично для сталого розвитку, особливо у віддалених або нестабільних зонах енергопостачання.

Загалом можна стверджувати, що ефективний та якісний збір, структуризація та обробка даних є першочерговою умовою для успішного впровадження нейромереж у галузі енергетики. Від точності та повноти даних залежить, наскільки точно модель зможе прогнозувати поведінку споживачів, балансувати попит і пропозицію, виявляти аномалії та вчасно реагувати на зміну умов. Надалі розвиток цієї галузі буде зумовлений не лише вдосконаленням архітектури самих нейронних мереж, а й якістю тих даних, які вони аналізують. Застосування таких систем вже сьогодні дає змогу зменшити втрати, оптимізувати споживання та інтегрувати в мережу більшу кількість відновлюваних джерел енергії, що робить їх незамінним інструментом для досягнення цілей сталого розвитку.

Разом із зростанням обсягів даних та інтенсивністю їх обробки, зростає і потреба у забезпеченні належного рівня кібербезпеки. Вразливість каналів передачі інформації, атакованість елементів цифрової інфраструктури, можливість зовнішнього втручання в алгоритми керування — усе це створює додаткові ризики для стабільного функціонування енергетичних систем. Тому інтеграція засобів штучного інтелекту в енергетику має супроводжуватись розробкою комплексних механізмів захисту: шифруванням даних, багаторівневою аутентифікацією, постійним моніторингом подій безпеки та впровадженням систем виявлення вторгнень. Використання AI також дозволяє створювати адаптивні системи кіберзахисту, здатні виявляти нетипову поведінку та загрози ще до того, як вони завдадуть шкоди.

Перспективним напрямом розвитку є поєднання технологій штучного інтелекту з квантовими обчисленнями, що відкриває нові горизонти в обробці великих енергетичних даних. Завдяки здатності квантових комп'ютерів паралельно опрацьовувати величезні масиви інформації, можна значно прискорити процеси прогнозування, оптимізації режимів роботи мереж та виявлення аномалій. Також важливо розвивати інтероперабельність різних цифрових платформ та стандартів, що забезпечить цілісність і взаємодію різнорідних компонентів енергосистем. Надалі саме синергія між цифровими інструментами, аналітичними моделями й передовими архітектурами нейромереж стане фундаментом для побудови справді «розумної» енергетики майбутнього.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Самолова А.А., керівники: доц. Тиха Л.С., доц. Зибайло С.М.

Український державний університет науки і технологій

Україна володіє сприятливими природними умовами для розвитку вітроенергетики, особливо в південних, прибережних і степових регіонах. У цих зонах зосереджені основні вітрові ресурси країни, що забезпечують високий рівень вироблення електроенергії. Вибір майданчика для будівництва вітряних електростанцій (ВЕС) залежить від вітрового потенціалу, географічних, економічних та інфраструктурних умов. Важливим регіоном для розміщення вітряних електростанцій в Україні є регіони з високими швидкостями вітру і стабільними вітровими потоками, такі як Херсон, Запоріжжя, Одеса і Миколаїв, а також територія Азовського узбережжя і Карпатських гір.

Розвиток вітроелектростанцій в Україні стикається з багатьма труднощами, які обмежують повну реалізацію потенціалу цього джерела енергії. Одним з основних перешкод є залежність вітроенергетики від природних умов та сезонності вітрів. Цей фактор значною мірою впливає на стабільність виробництва електроенергії та визначає деталі планування, розташування та експлуатації ВЕС.

Основною перешкодою на шляху розвитку вітроенергетики є висока вартість будівництва і подальшого обслуговування ВЕС. Вітроенергетика забезпечує довгострокову економію коштів за рахунок відсутності витрат на паливо, але будівництво вимагає значних фінансових ресурсів. Основні витрати пов'язані з придбанням і установкою технічно складних і коштовних вітряних турбін.

Окрім цього традиційна енергетична система України побудована на великих централізованих джерелах енергії, таких як атомні і теплові електростанції, які працюють стабільно і передбачувано. Впровадження вітрових електростанцій, які виробляють енергію нерівномірно, вимагає більшої гнучкості енергетичної системи. Для цього необхідно впровадити інтелектуальну мережу, яка може автоматично регулювати подачу електроенергії та інтегрувати розподілені джерела.

Багато областей України, особливо з високою ймовірністю виникнення сильних вітрів, мають недостатню пропускну здатність електромереж для передачі електроенергії споживачам. Для підключення великих вітряних електростанцій до загальної мережі необхідно будувати додаткові підстанції, лінії електропередачі і трансформатори. Крім того, через нерівномірний розподіл вітрових ресурсів в різних частинах країни потрібне створення великих міжрегіональних мереж, що також вимагає значних фінансових вкладень.

Незважаючи на високу вартість, вітроенергетика має потенціал зниження витрат завдяки технологічному прогресу в галузі: сучасні турбіни стають все більш ефективними, а автоматизація процесів технічного обслуговування може знизити експлуатаційні витрати.

Перелік посилань:

1. Mathew, S. (2006). *Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Springer, 252. doi:10.1007/3-540-30906-3.
2. Konechenkov, A., & KnyshK. (2021). Wind power sector of Ukraine: the further development on market conditions. *Vidnovluvana Energetika*, (4(67), 50-59. doi:10.36296/1819-8058.2021.4(67).50-59.

ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

ПІДСЕКЦІЯ «ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ»

МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ФОТОГРАФІЇ В ОЦІНЦІ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

**Бондарчук М.О., Команов Д.А., Підвалюк Н.В., керівник проф. Пісоцька Л.А.
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"**

Безперечним є антропогенний вплив людини, тобто її виробничої та невиробничої діяльності, на структуру та функціонування екосистем (ландшафтів). У разі зміни рівноваги між ними порушуються складні процеси обміну речовин та енергії у біосфері, під загрозою стає збереження здорової життєдіяльності живих істот, у тому числі й людей.

Тому актуальним є контроль стану функціональних взаємозв'язків в організмі людини у певній популяції в зоні, перш за все, промислового природокористування. Дисфункція в роботі органів їх починається до клініко-лабораторних проявів хвороби і проявляється неспецифічними змінами з боку компенсаторних реакцій адаптації регулюючих систем, перш за все вегето-судинної. Вивчення можливості своєчасного

виявлення цих ознак є актуальним для призначення адекватних профілактичних оздоровлюючих заходів серед населення та для поліпшення контролю екологічної ситуації в регіоні.

Потенціал клітинної енергії у біологічних структурах та порушення його віддзеркалює зміни в клітинному метаболізмі [1]. Візуалізувати ці процеси дозволяє посилення власної надслабкої фотонної емісії навколо пальців рук та ніг людини, при поміщенні у високочастотне поле, що відомо як ефект Кірліан або газорозрядна візуалізація.

Завданням дослідження було встановлення можливості оцінки негативного впливу екологічної ситуації в регіоні біля промислового підприємства на стан здоров'я населення за результатами кірліанфотографічного обстеження дітей та дорослих. Обстежили стан функціонального здоров'я дітей із дитячих комбінату (31 дитина) у віці 4-7 років та дорослих, які проживали та працювали на заводі (151 працівників). В динаміці через 2 роки обстежили 52 дітей та 28 дорослих, які проживали та працювали, в тому ж регіоні, але не безпосередньо на цьому промисловому підприємстві.

На кірліанограмах пальців рук оцінювали наявність ознак емоційної неврівноваги, астенізації (стійка втома), інтоксикації в цілому та в секторах окремих органів [2, 3]. Порівняли зміни на кірліанограмах та показники забруднення водних джерел та атмосфери в регіоні в динаміці за роками. Виявили відповідність їх як у дорослих, так і у дитячого населення. Виявилось, що перші менш адаптовані до погіршення екологічного стану в регіоні. Обстеження дітей дошкільного віку у системі екологічного моніторингу дозволяє також диференціювати переважаючий негативний фактор за його впливом на певні органи та системи організму.

Перелік посилань

1. Mintser, O. P., Potyazhenko, M. M., & Nevoit, G. V. (2021). *Mahnitoelektrokhimichna teoriya obminu rechovyn. Kontseptualizatsiya: 1 tom [Magnetoelectrochemical theory of metabolism. Conceptualization: 1 volume]: a textnook*. Kyiv- Poltava, Interservice. [In Ukrainian].
2. Pisotska LA, Shponka IS, Mintzer OP, Glukhova NV, Korolenko GS Method of automated determination of the type of discharge glow of the human fingers / Patent for utility model №145360 Ukraine,. 2020, Bul. №23, 3 p.
3. Pisotska LA (UA), Mintzer OP (UA), Glukhova NV (UA), Khanyukov OO Monitoring of the functional state of the human body /Patent for utility model №154368, Ukraine, 2023.

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ МІСТА З ПОЗДОВЖНИМИ І ПОПЕРЕЧНИМИ ПРОФІЛЯМИ ВУЛИЦЬ

Сопільняк В.М., керівник доц. Гільов В.В

Український державний університет науки і технологій

Першим етапом[1] при вертикальному плануванні міста є аналіз існуючого рельєфу території. Після цього приступають до планування змін рельєфу. Існуючий рельєф відзначають чорними позначками, а змінений (проектний) — червоними. Різницю між ними називають робочою позначкою, що вказує на обсяги земляних робіт — зрізки ґрунту або підсіпки.

Спочатку визначають чорні позначки на важливих місцях (перехрестях або переломах рельєфу). Для берегів річок позначки визначають умовно, розміщуючи їх трохи нижче найближчої горизонталі на карті.

Після цього переходять до визначення червоних позначок, які вказують на висоти в проєктованому рельєфі, а також поздовжніх ухилів між ними. Важливим

завданням є мінімізація обсягів земляних робіт і забезпечення ефективного відведення поверхневих вод через лотки вулиць.

Лотки вулиць повинні знаходитися нижче рівня прилеглих територій для забезпечення стоку води. Однак, необхідно максимально зберегти природний рельєф, ґрунтовий покрив і зелені насадження. Для цього зрізки ґрунту не повинні перевищувати 3,0 м для великих територій і 0,5 м для житлових груп.

Поздовжній ухил вулиць повинен бути не менше 5 ‰ і не перевищувати максимальні значення, визначені нормами ДБН[2]: для магістральних вулиць і доріг безперервного руху — до 40 ‰, для регульованого руху — до 50 ‰, для районних магістралей — до 60 ‰, а для житлових вулиць — до 70 ‰.

Поздовжній ухил визначають для безпечного руху транспорту й ефективного водовідведення, що зменшує зношення дороги, застій води, викиди та негативний вплив на екологію. Проектування починають з магістралей або високих точок, узгоджуючи висоти між ділянками. Вулиці в містах зазвичай проектують на рівні існуючого рельєфу або в невеликих виїмках. Червоні позначки можуть бути такими ж, як і чорні, або до 3,0 м нижче. На мостах і шляхопроводах червоні позначки встановлюють умовно, на 5-6 м вище чорних[1].

Поздовжній ухил між точками визначають за формулою(1):

$$i = \frac{\Delta h}{l} \tag{1}$$

Тобто відношення різниці висот між двома точками до горизонтальної відстані між ними. Ухил вимірюють у проміле (‰). Якщо ухил не відповідає вимогам (менший за 5 ‰), потрібно перепланувати рельєф.

Вертикальне планування повинне забезпечувати стік води до водойм. Не бажано проектувати перехрестя, де поздовжні ухили всіх вулиць спрямовані до центру, оскільки це ускладнює відведення води.

Перелік посилань:

1. <https://surl.lu/elndcz>
2. <https://surl.li/ndqapy>

ЗОЛОШЛАКОВІ ВІДХОДИ ЯК РЕСУРС ДЛЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ

**Гуменна В. В., керівник доц. Хлопицький О.О.
Український державний університет науки і технологій.**

Золовошлакові відходи (ЗШВ) є побічним продуктом спалювання вугілля на теплових електростанціях (ТЕС). Вони складаються з легкої золи, шлаку та інших домішок, що утворюються в процесі горіння. Щорічно у світі накопичуються мільйони тонн таких відходів, створюючи значне техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Накопичення золовошлакових відходів спричиняє низку екологічних, економічних і техногенних проблем. Основні з них включають забруднення довкілля через вміст токсичних важких металів (ртуть, свинець, кадмій, миш'як), що можуть проникати у ґрунтові води, а також розповсюдження легкої золи у повітрі. Значні території відведені під полігони для золовідвалів, що унеможливило їх альтернативне використання. Відсутність ефективної переробки призводить до втрати стратегічно важливих ресурсів, таких як рідкісноземельні метали (РЗЕ) та глинозем.

Однією з головних переваг переробки ЗШВ є вилучення необхідних елементів, а не використання «чистих» природних ресурсів. Вилучення дозволяє значно знизити екологічний тиск на природні родовища, зменшуючи потребу в їх розробці та видобутку. Більшість рідкісноземельних металів та глинозему добувається у важкодоступних місцях, що супроводжується великими витратами енергії, значним забрудненням навколишнього середовища та руйнуванням екосистем. Вилучення цих елементів із ЗШВ – це ефективний шлях до їхнього повторного використання без додаткового навантаження на довкілля та економіку.

Багато європейських країн вже активно впроваджують технології переробки ЗШВ, що дозволяє зменшити екологічний вплив і отримати додатковий економічний ефект. Німеччина реалізує концепцію циркулярної економіки, де понад 80% золи використовується у цементній промисловості та дорожньому будівництві. Швеція застосовує інноваційні методи екстракції рідкісноземельних металів із промислових відходів. Франція використовує золу в дорожньому будівництві та активно розробляє технології отримання глинозему із ЗШВ.

Рідкісноземельні метали та глинозем, отримані з переробки ЗШВ, є стратегічно важливими матеріалами для оборонної промисловості. Глинозем (Al_2O_3) є основою для виробництва алюмінію, який широко використовується у виготовленні бронетехніки, авіації, ракетних корпусів та інших видів військової техніки. Неодим і диспрозій є критичними компонентами потужних магнітів, що використовуються у системах керування зброєю, військових радарх та електродвигунах. Ітрій та лантан застосовуються у виробництві лазерних систем, високотемпературних керамік та оптичних приладів.

Переробка золово-шлакових відходів ТЕС є ключовим напрямом для підвищення екологічної безпеки, ресурсоефективності та розвитку високотехнологічної промисловості. Використання сучасних методів вилучення цінних елементів не тільки сприяє зменшенню забруднення довкілля, але й створює економічні можливості для стратегічних галузей, включаючи військово-промисловий комплекс. Упровадження технологій переробки ЗШВ є важливим кроком для досягнення незалежності в ресурсозабезпеченні та розвитку екологічно стійкої економіки.

СУЧАСНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ТПВ

Соколенко С. С. керівник доц. Гільов В. В.

Український державний університет науки і технологій

Тверді побутові відходи (ТПВ) - це серйозна екологічна проблема, яка потребує комплексного вирішення. Від правильного вибору методів утилізації залежить не лише чистота нашого довкілля, але й здоров'я майбутніх поколінь, тому нижче наведені сучасні методи утилізації твердих побутових відходів[1].

Полігони. Полігони – це найпоширеніший, але й найменш екологічний метод. ТПВ просто захоронюються на спеціально відведених ділянках. З використанням такого способу утилізації є високі ризики забруднення ґрунтових вод фільтратами, що містять важкі метали та інші шкідливі речовини, виділення метану – парникового газу, що сприяє глобальному потеплінню, втрата земельних ресурсів, забруднення повітря біогазом, що виділяється з полігонів, ризик займання полігонів, що призводить до забруднення атмосфери.

Спалювання. Такий спосіб дозволяє зменшити обсяг відходів, але може призвести до забруднення повітря токсичними речовинами, що можуть спричинити респіраторні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям, та утворення золи, яка також може містити шкідливі речовини. Сучасні сміттєспалювальні заводи з системами

очищення викидів можуть мінімізувати шкідливий вплив, але потребують значних інвестицій. Так само при спалюванні можливо виробляти електроенергію.

Компостування. Органічні відходи перетворюються на компост – цінне добриво. Цей метод може бути екологічно чистим, та вимагає роздільного збору органічних відходів. Однак неправильне компостування може призвести до виділення неприємних запахів та поширення шкідливих мікроорганізмів, тому для цього необхідна спеціальна інфраструктура для компостування та контроль за процесом компостування.

Переробка. Вторинне використання матеріалів (папір, пластик, скло, метал) зменшує потребу у видобутку нових ресурсів, знижує забруднення, однак вимагає розвиненої системи роздільного збору та переробних підприємств. Деякі процеси переробки можуть бути енергоємними та призводити до забруднення.

Для розвитку систем роздільного збору в Україні сприятимуть впровадження системи роздільного збору відходів на рівні домогосподарств, підприємств та установ, створення пунктів прийому вторинної сировини, будівництво сучасних сміттєпереробних заводів, законодавче стимулювання переробки відходів, проведення інформаційно-просвітницької роботи серед населення[2].

Створення систем роздільного збору також мають такі переваги, як створення нових робочих місць у сфері переробки відходів, зменшення витрат на видобуток нових ресурсів, отримання прибутку від продажу вторинної сировини, покращення якості життя населення за рахунок зменшення забруднення, підвищення екологічної свідомості громадян, створення комфортних умов для життя.

Важливо зазначити, що комплексна стратегія утилізації ТПВ повинна поєднувати різні методи, враховуючи екологічні, економічні та соціальні аспекти.

Перелік посилань:

1. В.М. Радовенчик Тверді відходи: збір, переробка, складування» Навчальний посібник, Київ «КОНДОР» 2010
2. Фоменко О.О., Маслова В.С., Фесенко А.М., Рідний Р.В. Комплексна переробка твердих побутових відходів – раціональний шлях для вирішення екологічних проблем. Інженерія природокористування. 2017.

ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОВИХ ВОЛОКОН ДЛЯ АРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ-6

**Хомутов А.В., керівники: проф. Сухий К.М., доц. Баштаник П.І.
Український державний університет науки і технологій**

Армовані пластики застосовуються в найрізноманітніших галузях техніки і вдало замінюють традиційні матеріали: кераміку, деревину та ненаповнені полімери.

Тоді, коли термопласти використовуються як конструкційні матеріали, найбільш доцільно у якості зміцнюючого наповнювача вводити волокна органічного та неорганічного походження. Наповнення волокнами надає термопластам більш високу стійкість до тривалого навантаження, підвищує міцність, стійкість до розтріскування, жорсткість та теплостійкість [1].

Серед термопластичних конструкційних матеріалів в Україні найбільше розповсюдження отримали поліаміди. Волокнисті наповнювачі значно покращують фізико-механічні властивості і теплостійкість поліамідів, зменшують усадку готових виробів. В останні роки базальтові волокна (БВ) привертають велику увагу як потенційний армуючий матеріал [2].

Метою роботи було підвищення комплексу властивостей базальтопластиків на основі поліаміду-6 (ПА-6). Для його армування використовували рубане БВ довжиною

10–14 мм. Як полімерну матрицю брали поліамід-6, модифікований поліпропіленом (ПП).

Полімерний композиційний матеріал отримували методом екструзії на комбінованому екструдері при температурі в зоні нормальних напружень 230 °С. Потім методом лиття під тиском при температурі 240 – 260 °С виготовляли стандартні зразки для досліджень.

Встановлено, що міцність при розтязі отриманого композиту у 1,6 рази вища, ніж у вихідного ПА-6. Апрутування БВ аміновмісним апретом дозволило збільшити міцність при розтязі полімерного композиційного матеріалу додатково на 44 %.

Отримані композити мають високі експлуатаційні властивості, що дасть змогу більш широко використовувати базальтові волокна, що виготовляються із сировини природного походження замість скляних, матеріальні запаси компонентів яких в Україні є обмеженими, а технології їх виготовлення – складнішими і шкідливішими для довкілля.

Перелік посилань:

1. Bednarowski D., Bazan P., Kuciel S. Enhancing Strength and Sustainability: Evaluating Glass and Basalt Fiber-Reinforced Biopolyamide as Alternatives for Petroleum-Based Polyamide Composite. *Polymers*. 2023, № 15(16), 3400.
2. Blackman Z., Olonisakin K., MacFarlane H., Rodriguez-Uribe A., Tripathi N., Mohanty A., Misra M. Sustainable basalt fiber reinforced polyamide 6,6 composites: Effects of fiber length and fiber content on mechanical performance. *Composites Part C: Open Access*. 2024. Vol. 14, 100495.

ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН В УКРАЇНІ

Добриден В.В., керівник доц. Гармаш С.М.

Український державний університет науки і технологій

За останні десятиліття агропідприємства отримують високі урожаї і підтримують високу рентабельність виробництва завдяки використанню агрохімікатів, як надійного методу захисту рослин. Проте, широке використання хімічних засобів захисту викликає негативний вплив на навколишнє середовище - забруднюються ґрунти, вода, рослини. Агропродукція має залишки хімічних пестицидів, що негативно впливає на здоров'я людини. Зростаюча вартість пестицидів та споживчий попит на безпестицидну продукцію привели до пошуку альтернативних технологій вирощування продукції.

В деяких країнах (США, Канада, Китай) біологічний метод захисту рослин поступово витісняє хімічні препарати (пестициди, гербіциди, інсектициди та ін.). Відомо, що до 2030 року ринок біопестицидів досягне навколо 20 мільярдів доларів. Бізнес провідних компаній країн Європейського Союзу, Австралії, Нової Зеландії [1] будується на виробництві біопестицидів з використанням бактерій *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, стрептоміцетів, грибів та ін.

Виробляються також комплексні препарати захисту рослин, які поєднують захист і стимулювання розвитку рослин, що сприяє покращенню стану ґрунтів [2]. Хімічні засоби захисту рослин в Україні домінують над біологічними методами.

На кафедрі біотехнології УДХТУ розроблена технологія біоконверсії рослинних та тваринних відходів методом вермікультування (за допомогою вермікультури, червоного каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida*). Проведено дослідження на відходах агропромислового комплексу: солома зернових культур, подрібнене соняшникове лушпиння, гній великої рогатої худоби, курячий послід та ін. з метою

отримання екологічно безпечного добрива (біогумусу) і стимуляторів росту рослин (біогуматів) [3].

Попередні результати досліджень показали, що продукт біопереробки цих відходів можна використовувати як добрива, а також як засіб захисту рослин. Досліджено вплив екстрактів вермікомпостів на деяких ґрунтових шкідників (личинок хрущів, вовчка, колорадського жука тощо) з витратою до 1 мл на 1 м². Застосування екстрактів з вермікомпостів допоможе зменшити або повністю відмовитись від використання хімічних препаратів.

Перелік посилань:

1. Світовий досвід застосування біологічного методу захисту рослин та перспективи в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://svgr.gov.ua/news/1666084314/>

2. Manuel Blouin, Julien Barrere, Nicolas Meyer, Silène Lartigue, Sébastien Barot, et al. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis // *Agronomy for Sustainable Development*, 2019, 39 (4), pp. 34. ff10.1007/s13593-019-0579-xxf.

3. Dobridnev V.V., Garmash S.N. Relevance of the use of natural plant growth stimulators and biological agents plant protection in Ukraine // *Science for modern man: Innovative technology, Transport development, Physics and mathematics, Agriculture, Biology and ecology, Medicine. Monographic series «European Science»*. - Book 36. Part 2. - 2025. – P. 129-136. ISBN 978-3-98924-078-0. DOI: 10.30890/2709-2313.2025-36-02

ПІДСЕКЦІЯ «ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ»

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА ПО ПЕРЕРОБЦІ НАФТИ

Осадчук К.В. керівник ст. викл. Мешкова А.Г.

Український державний університет науки та технологій

Екологічні проблеми, що мають у цей час глобальний соціальний характер, найяскравіше проявилися в нафтопереробній галузі, де величезна енергонасиченість підприємств, утворення та викиди шкідливих речовин створюють не лише техногенне навантаження на навколишнє середовище, але й суспільно-політичну напруженість у суспільстві.

Залежно від якості вихідної нафти, глибини її переробки, каталізаторів, що застосовуються, а також номенклатури одержуваних товарних продуктів нафтопереробні заводи (НПЗ) умовно можна віднести до заводів декількох профілів.

Кількість нафти, що перероблялася окремими підприємствами на початку війни, становила 3-12 млн т на рік та більше. Середні питомі кількості забруднених стічних вод на 1 т нафти залежать від профілю підприємства.

Орієнтовна концентрація забруднюючих речовин у стічних водах основних технологічних установок нафтопереробних заводів наводиться на наступному слайді.

Кількість води в системі оборотного водопостачання нафтопереробних заводів перевищує кількість стічних вод у 10-20 разів (менше значення для НПЗ із глибокою переробкою нафти).

На нафтопереробних заводах передбачаються дві основні системи виробничої каналізації.

Далі був проаналізований вплив нафтовмісних забруднень на екологічні системи водойм. До таких забруднень відносяться в першу чергу, сульфіди, меркаптани, різні феноли та бенз(а)пірен.

Виконаний аналіз методів очищення стічних вод нафтопереробних підприємств.

Для здійснення механічного очищення використовують пісковловлювачі або нафтовловлювачі.

В якості фізико-хімічної очистки використовують флотацію. Хімічний метод очистки – озонування.

Темою роботи є пропонування очистки поверхневого стоку з території НПЗ. З метою зменшення виносу забруднень поверхневим стоком на промислових підприємствах має передбачатись здійснення наступних заходів:

- виключення скидання у дощову каналізацію відпрацьованих речовин, зокрема нафтопродуктів;
- огороження зон озеленення бордюрами, що виключають змив ґрунту під час зливових дощів на дорожні покриття;
- підвищення ефективності роботи пило- та газоочисних установок та доведення концентрації пилу та шкідливих речовин в атмосфері до допустимих нормативних меж;
- огорожу будівельних майданчиків з упорядкуванням відведення поверхневого стоку за тимчасовою системою відкритих каналів та відстоюванням їх у земляних відстійниках;
- локалізація ділянок території, де неминучі аварійні просипи та протоки сировини та проміжних продуктів, з відведенням поверхневого стоку до системи виробничої каналізації;
- упорядкування складування та транспортування сипких та рідких матеріалів.

Залежно від хімічного складу домішок, що накопичуються на території промайданчиків і що змиваються поверхневим стоком, промислові підприємства та окремі його ділянки можна розділити на дві групи.

До першої групи відносяться підприємства та ділянки, стік з яких при виконанні вимог щодо впорядкування джерел його забруднення за хімічним складом близький до поверхневого стоку з селітебних зон і не містить специфічних речовин із токсичними властивостями.

До другої групи відносяться підприємства та ділянки, на яких за умовами виробництва на сучасному етапі неможливо у повній мірі виключити надходження в стік специфічних речовин з токсичними властивостями або значних кількостей органічних речовин.

Територія підприємства, що розглядається в роботі, відноситься до першої групи. Тому на підставі виконаного аналізу схем та методів очистки була складена схема очистки поверхневого стоку.

В схемі передбачається накопичувальна ємність. Туди спрямовуються води поверхневого стоку, частина використовується для охолодження підшипників нафтових насосів, теплообмінників, промивання обладнання та ємностей тощо. Далі рекомендується застосування решітки з механічним видаленням покидьків. Потім вода надходить в усереднювач для вирівнювання за концентраціями. Далі – в багатоярусний нафтовловлювач. З нафтовловлювача шлам відводиться в шлакоприймальний резервуар, а вловлені нафтопродукти – в ємність для нафтопродуктів. Очищена вода насосом перекачується в адсорбційний фільтр, який пропонується завантажувати активованим вугіллям АГ-3. Передбачається три шари завантаження. Через деякий час завантаження потрібно регенерувати. Це пропонується здійснювати протиструмом за допомогою пари з котельної. Видалені з завантаження нафтопродукти спрямовують також в ємність для нафтопродуктів.

Розрахунок обсягів утворення зливових та талих вод було проведено згідно «Рекомендаціям з вибору та застосування технологічних схем відведення та очищення стоків з поверхні автомобільних доріг і штучних споруд».

Згідно нормативним документам були виконані розрахунки апаратів та матеріальних балансів процесу очистки кожним апаратом. Визначені розміри апаратів та необхідні технологічні параметри.

Пропонована схема, таким чином, дозволить очистити воду від шкідливих домішок до нормативних значень.

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Пашинов О.С. керівник ст. викл. Мешкова А.Г.

Український державний університет науки та технологій

Сучасна містобудівна практика в Україні за цілим рядом факторів суттєво відстає від практики розвинутих держав світу. У ній не враховується низка питань, законодавчо регламентованих у більшості європейських, американських, азійських і навіть африканських держав. Ці питання безпосередньо пов'язані з тим, щоб при виборі ділянки під забудову, виконанні проекту будинку, підборі будівельних та оздоблювальних матеріалів насамперед враховувався вплив житла на здоров'я людей. Сьогодні ринок нерухомості України взагалі не оперує такими загальноновизнаними у світі критеріями, як екологічна чистота та екологічна безпека. А традиційно використовувані критерії – район, площа, поверх, планування, і сформована на їх основі ціна – абсолютно ігнорують саму постановку питання: це житло сприятиме довгому і здоровому життю покупця і членів його сім'ї, або перетвориться згодом на коштовний фамільний склеп.

Сприятливе середовище для проживання має забезпечуватись дотриманням гігієнічних вимог. З погляду екології це означає, що рівень екологічних чинників, передусім лімітуючих, має бути оптимальним.

Були розглянуті екологічні фактори, які можуть діяти на людину в житловому приміщенні. По-перше, розглянутий радон як небезпечний екологічний чинник житлового приміщення. Наведений комплекс заходів для мінімізації рівня радону в житловому приміщенні.

Одним із найважливіших екологічних факторів житла є радіація. Більше того, фахівці вважають, що є всі підстави стверджувати, що людина за своє життя отримує основну частку радіаційного навантаження у власній оселі.

Наступний фактор – атмосферне повітря в житловому приміщенні. Проаналізовані джерела забруднювачі повітря в житловому приміщенні – на слайді.

Дуже важливим фактором є мікроклімат житлового приміщення, який характеризується температурою, відносною вологістю, швидкістю руху повітря.

Нормування величин теплового режиму житлових приміщень ґрунтується на оцінці наступних фізіологічних показників людини:

- температури тіла;
- температури тіла на різних ділянках шкіри;
- градієнтів температури шкіри тулуба та кінцівок;
- величині втрат вологи з допомогою випаровування;
- тепловідчуття.

Наступний чинник – вологість. За даними анкетування, 85% людей відчувають комфорт, якщо реєструються такі поєднання параметрів температури повітря та вологості: 24,4 °С і 65–85%; 26,1°С і 45–55%; 27,8 °С і 15–35%. Наступний фактор – рух повітря. Взимку оптимальна величина рухливості має бути в межах 0,07–0,15 м/с.

Зміна рухливості повітря на понад 0,03 м/с супроводжується у людини порушеннями мобільності холодкових рецепторів, частоти дихання, максимального артеріального тиску, топографії шкірних температур.

Наступний екологічний фактор – гепатогенні зони, у яких людина потрапляє під вплив полів, створюваних підземними перетинами водних потоків, розломів земної кори тощо. У таких зонах спостерігаються викиди внутрішньої енергії з надр Землі. Тривале перебування в гепатогенній зоні є додатковим провокуючим фактором для розвитку тих чи інших прикордонних станів і захворювань: неврозів, психозів, захворювань серця, судин і суглобів, шлунково-кишкового тракту тощо. Тому особливо небезпечно перебування в цих зонах для дітей і літніх людей.

Далі були розглянуті такі екологічні чинники як торсійні та електромагнітні поля, та інсоляція. Санітарні норми інсоляції регламентують її тривалість на дні рівнодення: період природного освітлення може бути щонайменше 2,5 год.

Освітлення має відповідати призначенню приміщення. Усі житлові кімнати та кухні повинні мати природне освітлення. Освітлення штучним світлом допускається лише у ванних та туалетних кімнатах. Встановлені норми природного освітлення регламентують розміри вікон, наявність затінення вікон будинками, озелененням, сонцезахисними пристроями. Площа вікон має відповідати площі кімнат та їх глибині.

Принципово новим є спроба інтегральної оцінки впливу екологічних характеристик житла на здоров'я мешканців, тобто проведення екологічної експертизи житла.

Для оцінки екологічності житла дуже важливим є безпека будівельних матеріалів, оздоблювальних матеріалів для стелі, стін, підлоги.

До безпечних матеріалів можна віднести найбільш традиційні, вироблювані на природній основі: цегла, камінь, бетон, обробні матеріали на основі гіпсу, дерево, скло. Небезпечними будівельними матеріалами з точки зору екології є матеріали з високою кількістю полімерів в складі: різного роду пластики, лінолеум, покрівельні матеріали, а чемпіони за шкідливістю: лаки, фарби і матеріали на основі фенолів і формальдегідів.

Існують основні критерії екологічності матеріалів для внутрішніх робіт. Кращим рішенням для спальні, дитячої, вітальні, кухні є просте фарбування стелі воднодисперсійною фарбою. Характеристики цього матеріалу, дозволяють назвати його найбільш екологічно безпечним для вашого будинку.

Існують також екологічні матеріали для оздоблення стін. Одним з кращих підлогових покриттів є паркетна дошка або звичайна стругана обрізна дошка. Обидва ці матеріали повністю натуральні і відрізняються високим рівнем екологічної безпеки, завдяки чому можуть використовуватися в дитячій, спальні та інших кімнатах вашого будинку.

При заміні віконних конструкцій в будинку, варто звернути свою увагу на дерев'яні вікна, що відрізняються доступною ціною і високим рівнем екологічності. Однак якщо вам потрібен високий рівень тепло і звукоізоляції, тоді уподобання варто віддати конструкціям на основі алюмінієвого профілю, які хоч і коштують значно дешевше, але мають найкращу довговічність і практичність.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНОГО ЦИКЛУ ТРУБОПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Драгущенко О.В. керівник ст. викл. Мешкова А.Г.

Український державний університет науки та технологій

Одним з основних напрямків науково-технічного прогресу є створення маловідходних технологічних процесів. В галузі очищення стічних вод таким

напрямок є розробка каналізаційних систем з мінімальним скиданням стічних вод у водойму або без скидання – безстічних систем.

В роботі наведена характеристика трубопрокатного підприємства, що розглядається, його підрозділів та цехів, послідовність технологічних операцій при виробництві продукції в різних цехах підприємства.

Охарактеризовано водоспоживання та водовідведення підприємства в цілому, цехів підприємства: оборотні цикли (чистого та брудного) цеху безшовних труб, характеристика хімічного складу вод циклів цеху безшовних труб, **(слайд 6)** оцінка стану роботи та недоліки в роботі «чистого» оборотного циклу. В цілому, можна вважати, що вода оборотних циклів цеху безшовних труб відповідає вимогам до води оборотних циклів прокатного виробництва (крім «брудного» оборотного циклу за зваженими речовинами). З характеристики хімічного складу оборотної води трубоволоочильного цеху видно, що вода відповідає вимогам до води оборотних циклів прокатного виробництва. Була проведена оцінка стану роботи і визначені недоліки в роботі «чистого» оборотного циклу:

- відсутність стабілізаційної обробки води;
- відсутність водовимірювальних приладів на підживленні свіжої води;
- градирня вимагає ремонту.

Також, з'ясовано, що трубоелектрозварювальний цех працює за прямоочною схемою, що призводить до забруднення навколишнього середовища.

Були проведені розрахунки умов спуска води у водні об'єкти й концентрацій речовин, припустимих у стоці підприємства при скиданні їх у відкриті водойми. В результаті розрахунків з'ясовано, що прогноз стану водойми при скиданні води – несприятливий. Воду перед скиданням необхідно доочищати.

Вода, яка поступає на підприємство для підживлення оборотних циклів не проходить стабілізаційну обробку, що не дає оборотній системі працювати в оптимальному режимі та призводить к появі відкладень чи корозії апаратури.

Були проаналізовані методи стабілізаційної обробки води. На підставі цього запропоновано (схему стабілізаційної обробки оборотної та підживлювальної води з використанням вапнування та підкислення. Вода, яка циркулює в оборотному «чистому» циклі обробляється вапняковим молоком, яке подається у відстійник з камерою пластинцеутворення, за допомогою дозаторів. Також у відстійник подається розчин коагулянту для поліпшення освітлення води. Так видаляються солі карбонатної жорсткості.

В якості коагулянту пропонується використовувати сіль заліза. Воду, яка поступає в цикл для підживлення, пропонується обробляти розчином сірчаної кислоти для пом'якшення. Цей метод використовується при будь-якої якості води. Доза кислоти повинна уточнюватися за результатами технологічних аналізів виміру швидкості росту відкладень та швидкості корозії. Ця схема дозволить покращити роботу оборотних циклів підприємства.

Також запропоновано схему очистки стічної води трубоелектрозварювального цеху, що дозволить замкнути її в цикл. Мастилоохолоджуючу рідину збирають у приємну ємність, де вона усереднюється за концентраціями. Потім стоки з МОР поступають у горизонтальний відстійник, де зважені речовини осаджаються під дією гравітаційної сили, а мастила спливають та їх віддаляють скребковим механізмом. Далі воду спрямовуємо на фільтр з завантаженням з поліпропілену для того, щоб видалити залишки масла. Потім воду необхідно очистити від заліза (2+). Для цього її спрямовують в аератор (вежа з хордовою насадкою), де вода та повітря рухаються в протилежних напрямках, назустріч друг другу. Залізо (2+) окиснюється до заліза (3+) за рівнянням реакції:



Воду спрямовують у відстійник. Далі воду підлужують вапняним молоком для поліпшення утворення гідроокису заліза і відстоювання осаду, а також додають коагулянт:

Далі вода фільтрується у надшвидкісному фільтрі з завантаженням з поліпропілену і подається у збірну ємність.

Запропонована схема очищення дає змогу очистити воду до норм, які вимагаються до даної групи споживачів оборотної води. Раціональність та екологічність запропонованої схеми доведена розрахунком матеріального балансу. Проаналізовані умови праці в трубопрокатному виробництві.

МЕТОДИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ, ЯКА ПОДАЄТЬСЯ НАСЕЛЕННЮ ЧЕРЕЗ ВОДОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ

Котенко В.В. керівник доц. Прокопенко О.М.

Український державний університет науки та технологій

В роботі розглянуті типи джерел водопостачання та зроблено висновок, що найліпшим джерелом є підземні води. Далі були наведені показники, які характеризують якість води. Особлива увага приділялась показникам епідемічної безпеки води – це кількість бактерій в 1 мл води (загальне мікробне число, ЗМЧ, КУО/мл), кількість бактерій групи кишкових паличок(коліформи мікроорганізмів) тобто індекс БГКП, КУО/л, кількість термостабільних кишкових паличок (фекальних колі-форм), тобто індекс ФК, КУО/100 мл та інші. Наведені захворювання, які виникають в результаті споживання бактеріально забрудненої води.

Джерелом водопостачання м. Дніпра є річка Дніпро. Від якості води у річці залежить технологія очистки води перед подачею водокористувачам та склад очисних споруд. Проаналізовані результати аналізу води р. Дніпро в період її найгіршої якості (серпневе «цвітіння»). З результатів аналізу можливо зробити висновок про клас якості, до якого відноситься р. Дніпро як джерело водопостачання – 2 клас. Такі водойми визнають порівняно чистими щодо промислових і побутових забруднень, і їх можна використовувати в якості джерел централізованого господарсько-питного водопостачання. Для очищення такої води прийнятні традиційні методи оброблення: для видалення фітопланктону – мікрофільтрування, для освітлення і знебарвлення – коагулювання з відстоюванням (або прояснення в завислому шарі осаду) і подальшим фільтруванням; коагулювання з двоступеневим фільтруванням, контактне освітлення і, обов'язково, знезаражування.

Питна вода для жителів м. Дніпра надходить із р. Дніпро через дві насосно-фільтрувальні станції — Кайдакську й Ломовську. Проаналізовано матеріали КП «Дніпроводоканал», КП «Водоканал» (м. Запоріжжя), КП «Бердянськводоканал», КП «Облводоканал» щодо технологій водоочищення, якості вихідних та водопровідних питних вод. На досліджуваних водопровідних станціях використовують наступні водопровідні споруди: мікрофільтри, змішувачі, камери реакції, горизонтальні відстійники, контактні освітлювачі, швидкі фільтри, РЧВ.

На досліджуваних водопровідних станціях використовують наступні традиційні реагенти для обробки питної води. Технології, що використовують на водопровідних станціях, відрізняються наявністю преамонізації, флокуляції, коагуляції, видом

хлорвміщуючого реагенту, маркою гідроксихлориду алюмінію та передбачають знезараження питної води здебільшого рідким хлором.

За результатами проведених досліджень у водопровідних питних водах періодично або епізодично виявляються перевищення наступних 9-ти індикаторних санітарно-хімічних показників. Серед зазначених 9-ти показників 8 перевищували максимальні значення нормативів.

У результаті хлорування крім знезаражуючого ефекту відбувається утворення в оброблюваній воді легких галогенорганічних сполук. Найбільше часто при хлоруванні утворюється хлороформ, чотирьоххлористий вуглець, бромдихлорметан, дібромхлорметан. Вживання такої води, що містить хлорорганічні сполуки, призводить до захворювань печінки, нірок, підшлункової залози, щитовидної залози, центральної нервової системи.

Тому треба удосконалювати схему очищення питної води використанням сучасних методів та сучасних технологій, в тому числі, адсорбцією та озонуванням.

Проаналізовані методи знезаражування води – реагентні та безреагентні. Аналіз цих даних дозволяє побачити, що серед відомих методів немає ідеального, точно так само, як не існує рецепта "ідеальної" питної води при всій важливості впливу її сполуки на здоров'я людини. Для сучасних технологій дезінфекції води найбільш важливим завданням є пошук методу, що поєднує кращі якості відомих дезінфектантів й що усуває їх негативні якості.

Після відстійників пропонується первинне озонування води, що дозволяє здійснити подальше більш глибоке окислення забруднень, які залишилися і, крім того, підвищує ефективність сорбційного очищення і подовжує термін служби активного вугілля до регенерації, в даному випадку озон вводиться перед вугільними фільтрами.

Далі вода проходить сорбційні фільтри з завантаженням активованим вугіллям марки TL-830 бельгійської фірми «Чемвірон Карбон». Застосування вугілля TL-830 на водопровідній станції не потребують реконструкції та значних капітальних витрат і дозволить вирішити завдання якнайшвидшого впровадження якісного сорбційного методу очищення води. На 32 фільтрах вбираються залишки реагентів і дрібних часток. Сорбційне очищення застосовується для підвищення глибини очищення води від органічних забруднень і видалення продуктів озоноліза на заключному етапі обробки води.

Перевагами сорбційного методу є: видалення забруднень надзвичайно широкого спектру до залишкової концентрації, відсутність вторинних забруднень і можливість управління процесом.

Поряд з цим сорбційне очищення води підвищує надійність роботи водоочисної станції в цілому і гарантує необхідну якість води (при необхідності із зменшенням подачі води) навіть у періоди аварійних ситуацій і попадання в вододжерело хімічних забруднень: фенолів, нафтопродуктів та ін.

Далі пропонується проводити вторинне озонування очищеної води забезпечує повне знезараження і покращує органолептичні показники води.

За кількістю місць введення озону встановлюються контактні камери, в яких відбувається змішування озоноповітряної суміші з водою. Пропонується використовувати барботажні басейни; в якості диспергаторів – метало-керамічні труби (або пластикові) або спеціальні насадки з нержавіючої сталі, що встановлюються на трубопроводах. Режим праці контактних камер пропонується протиточний, тому що в цьому разі коефіцієнт використання озону підвищується до 0,93 – 0,97.

Необхідно також мати на увазі, що використовувати озон в якості єдиного знезаражувального реагенту неможливо, тому що він не володіє пролонгованою бактерицидною дією.

Крім того, при озонуванні води багато органічних забруднень піддаються деструкції, в результаті збільшується кількість біорозкладаних сполук, у воді підвищується концентрація так званого «асимільованого органічного вуглецю», який легко засвоюється мікроорганізмами, сприяючи їх життєдіяльності. Це створює сприятливі умови для повторного бактеріального забруднення очищеної води у водопровідній мережі. Тому пропонується після озонування провести остаточне знезараження води хлорвміщуючими реагентами дозами, що забезпечують вміст у воді залишкового хлору на рівні 0,3 – 0,5 мг/л, що гарантує повний знезаражувальний ефект.

Далі вода йде в резервуари, з яких направляється до споживача.

Така схема очищення питної води є сучасною та екологічно безпечною.

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ МЕШКАНЦІВ М. ДНІПРО

Вівташ Є.В. керівник проф. Єрьомін О.О.

Український державний університет науки та технологій

Об'єкт досліджень – визначення залежності між забруднення повітря промислового міста та захворюваністю його мешканців.

Мета досліджень – оцінка ризику хронічної інтоксикації мешканців території біля «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» та автомагістралі проспекта Слобожанський.

Забруднення повітря є однією з найсерйозніших екологічних загроз здоров'ю людини. За рахунок заходів щодо зниження рівня забруднення повітря країни можуть зменшити тягар хвороб, пов'язаних з інсультом, хворобами серця, раком легень, хронічними та гострими респіраторними захворюваннями, включаючи астму.

Мешканці районів, які прилягають до промислової зони попадають під довготривалий вплив викидів цих промислових підприємств. Велика кількість епідеміологічних досліджень показала також тісний зв'язок між погіршенням легеневої функції і збільшенням числа випадків хронічних захворювань органів дихання серед працівників, що піддаються тривалому впливу звичайних забруднювачів повітря.

В роботі охарактеризовані джерела забруднення повітря великого промислового центру за видами промисловості.

В Україні в 15 великих промислових містах здійснюється понад 50 % усіх валових викидів шкідливих речовин в атмосферу.

У містах країни з основних контрольованих домішок спостерігалось перевищення норм завислих речовин, діоксид азоту, оксид вуглецю.

Для більш детального аналізу було обрано три активних підприємства з найбільшими викидами: Дніпровський металургійний завод, «ІНТЕРПАЙП Нижньодніпровський трубопрокатний завод», «Дніпропетровський олійноекстракційний завод». В результаті аналізів викидів в повітряний басейн можливо зробити висновок, що мешканці міста на промислових майданчиках та на відкритій місцевості промислових регіонів, одночасно потрапляють під дію шкідливих викидів підприємств та автотранспорту.

Оскільки мешканці житлових масивів, які розташовані поблизу промислових підприємств, деякий час знаходяться на відкритій місцевості, деякий час – у приміщеннях, постійно перебувають під впливом шкідливих викидів підприємств та автотранспорту. Таким чином, людина, яка мешкає у великому промисловому місті підпадає під вплив шкідливих домішок атмосферного повітря:

– підвищення ризику інсультів, ішемії судин головного мозку, когнітивні розлади, підвищення ризику нейродегенеративних захворювань;

- погіршення стану під час хронічних обструктивних захворювань, зменшення функціональності легень, запалення легенів;
- негативні зміни у роботі серця, підвищення ризику проблем з серцевим ритмом, аритмія, ішемія міокарду;
- забруднення крові найменшими частками, погіршення кровотока, погіршення стану під час захворювань периферичної судинної системи, тромбозу, зміна реологічних властивостей крові;
- погіршення стану під час атеросклерозу, звуження діаметру кровоносних судин та підвищення тиску;
- зменшення вірогідності запліднення, підвищення ризику викидня у жінок, проблеми розвитку плода, передчасні пологи.

Попередніми дослідженнями науковців встановлено, що забруднення атмосферного повітря і накопичення в ньому шкідливих хімічних сполук впливає у першу чергу (за інгаляційного шляху надходження) на показники захворювання органів і систем людини.

Результати досліджень свідчать про дуже щільний зв'язок між забрудненням атмосфери і станом здоров'я – обидві лінії мають однаковий характер змін і майже співпадають. В умовах України кожен відсоток підвищення забруднення атмосферного повітря підвищує стан небезпеки захворювань на 0,56 %. У зоні катастрофічного забруднення атмосферного повітря знаходяться сім областей, в яких забруднення перевищує середній державний рівень у 1,5-5,5 разів. У шістьох з них спостерігається висока захворюваність на туберкульоз.

Було виконано розрахунки з оцінювання рівня концентрації NO₂ в атмосферному повітрі, з урахуванням потрапляння домішки тільки від промислового підприємства «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод».

В зону забруднення потрапляють: територія заводу – 90%, вул. Столетова – 80%, вул. Бажова і вул. Військова – 70%, вул. Смараглова і вул. Саперна – 60%, вул. Каразіна та вул. Луговська – 50%, вул. Ростовська і вул. Трамвайна – 40%, вул. Проскурівська і вул. Лесі Українки – 30%, вул. Світла і вул. Радистів – 20%, вул. Ясельна і Мануйлівський проспект – 10%, вул. Каруни – 5%.

Концентрація діоксиду азоту змінюється при віддаленні від дії джерела забруднення за напрямком вітру. При зміні напрямку вітру зона забруднення відповідно змінюється, але радіус зони залишається незмінним.

Проаналізована зона забруднення, яка формується під впливом викидів автомагістралі. Ізолінії концентрації NO₂ показані на рівні z=12 м

В зону забруднення потрапляють: вул. Бажова і вул. Військова – 80%, вул. Смараглова і вул. Саперна – 70%, вул. Каразіна і вул. Луговська – 60%, вул. Ростовська і вул. Трамвайна – 40%, вул. Проскурівська та вул. Лесі Українки – 30%, вул. Світла і вул. Радистів – 10-20%, вул. Ясельна – 5%.

Також проаналізована зона забруднення з урахуванням взаємовпливу промислового підприємства і автомагістралі.

Концентрація діоксиду азоту змінюється за такою залежністю: територія заводу – 90%, вул. Столетова – 80%, вул. Бажова і вул. Військова – 80-90%, вул. Смараглова і вул. Саперна – 70%, вул. Каразіна та вул. Луговська – 60%, вул. Ростовська і вул. Трамвайна – 50%, вул. Проскурівська та вул. Лесі Українки – 40%, вул. Світла і вул. Радистів – 30%, вул. Ясельна і Мануйлівська проспект – 20%, вул. Каруни – 10%, вул. Амур-Гаванська – 5%.

Проведені оцінки ризику хронічної інтоксикації мешканців території біля «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» та автомагістралі: 1 – з урахуванням викидів автомагістралі; 2 – з урахуванням викидів підприємства; 3 – з

урахуванням викидів автомагістралі і підприємства. В першому випадку ризик захворювання через 1 рік становить 2%, а через 20 років – 20%, в другому випадку ризик захворювання через 1 рік становить 5%, а через 20 років – 62%, в третьому випадку ризик хронічних захворювань через 1 рік становить 7%, а через 20 років – 77%.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИЩИХ РОСЛИН

Василенко К.С. керівник ст. викл. Мешкова А.Г.

Український державний університет науки та технологій

Використання біоіндикаторів для оцінювання техногенного забруднення навколишнього середовища має ряд переваг перед технічними засобами. Біоіндикаційні методи дозволяють надати комплексну оцінку дії всіх факторів із врахуванням їх модифікацій та взаємного впливу, реєструють його за визначений період часу, що виключає можливість пропуску короточасних дій, наприклад, залпових викидів, не потребують дорогого обладнання тощо. На сьогодні, у зв'язку із постійним підвищенням у повітрі та ґрунті вмісту важких металів, актуальним стає використання рослин як організмів-моніторів стану техногенного середовища.

Фітоіндикація – це визначення умов середовища за характером і станом рослинності. Фітоіндикацію проводять на різних рівнях організації рослин: клітинному, анатомоморфологічному, рівні організму, популяційному, фітоценотичному та ландшафтному.

За допомогою рослин можна провести біоіндикацію всіх природних середовищ. Наприклад, на вміст у ґрунті свинцю вказують види костриці, мітлиці, цинку – фіалки, купруму та кобальту – смольовка.

Методи біоіндикації поділяються на два види: реєструвальна біоіндикація і біоіндикація за акумуляцією. Відповідно до цих методів розрізняють реєструвальні й накопичувальні індикатори.

Реєструвальні індикатори реагують на зміни стану навколишнього середовища зміною чисельності, пошкодженням тканин, соматичними проявами (в тому числі повторюваність), зміною швидкості росту та іншими добре помітними ознаками.

Дуже часто для біоіндикації використовують різні аномалії росту й розвитку рослин – відхилення від загальних закономірностей.

Під час проведення дослідів для моніторингу довкілля вивчають ознаки ушкодження рослин, зміни їх у рості та розмноженні, зниження врожайності або продуктивності, а також зміни ареалів поширення різних видів.

Повний аналіз ґрунту вимагає багато часу та праці. Однак багато особливостей ґрунту, в тому числі і родючість, можна визначити за рослинами-індикаторами, які його ростуть в ньому. Індикатори високої родючості – кропива, іван-чай, чистотіл, валеріана.

Також рослини можуть бути – індикаторами забезпеченості ґрунту певними елементами. Є рослини – індикатори водного режиму ґрунтів. Рослини – індикатори глибини залягання ґрунтових вод. Для індикації глибини залягання ґрунтових вод можна використовувати групи видів трав'янистих рослин (індикаторні групи). Для лугових ґрунтів виділяється 5 груп індикаторних видів.

Глибина ґрунтових вод:

- конюшина лучна – більше 150 см;
- горошок мишачий – 100-150 см;
- таволга в'язолисна – 50-100 см;
- осока лисяча – 10-50 см;
- осока дерниста – 0-10 см.

Далі був розглянутий приклад використання мінливості морфологічних ознак синантропних видів рослин для індикації умов середовища

Для дослідження морфологічної мінливості синантропних рослин в техногенному середовищі дослідниками було обрано 4 модельні види, що проникли на едафотопи техногенних територій як аборигенні або адвентивні та 2 види євразійського походження. Після обробки результатів досліджень для кожного виду визначено набір індикаторних ознак. Для кожної ознаки всіх чотирьох видів обчислено середній коефіцієнт варіації. Далі для кожної вибірки обчислено модулі морфологічної мінливості. (На основі відносної варіабельності визначених індикаторних ознак дослідниками виділено та зведено у спеціальну діагностико-індикаційну 4-блочну схему 23 модулі морфологічної мінливості ознак, які можна використовувати в якості морфологічних маркерів для оцінювання стану техногенно трансформованого середовища.

Таким чином, результати даного дослідження дозволяють якісно оцінити ступінь техногенної трансформації середовища без використання складних дорогих пристроїв, здійснювати біомоніторинг стану навколишнього середовища, що є дуже актуальним для техногенно трансформованих територій, які підлягають постійному та сильному антропогенному пресингу.

Свої дослідження я проводила на ґрунтах, склад яких був досліджений раніше. Для аналізу ґрунтів відбирали проби на території військового об'єкта (біля КПП, на стрільбищі полігону до початку навчань та після них). Час відбору – весна. Проби ґрунту відбирали в трьох місцях: поблизу населеного пункту, біля КПП та на стрільбищі полігону.

Був проведений аналіз ґрунтів на вміст важких металів.

Значних перевищень норм ГДК у досліджуваних ґрунтах немає, тому їх можна віднести до середньо- та слабкозабруднених. Значне перевищення вмісту нікелю в ґрунті стрільбища полігону після занять (проба № 5) є локальним, його можна пояснити точковим забруднення електролітом нікелевих акумуляторів.

Токсичність досліджуваних зразків ґрунту оцінювали за пригніченням росту коренів універсального тест-об'єкта цибулі звичайної.

Для аналізу кожної проби ґрунту відбрали по 10 цибулин *Allium* *sepa* L. діаметром 2 см. За стандартною методикою цибулини пророщували спочатку на водопровідній воді впродовж двох діб, щоб мініювати воду.

Отримані амонійно-ацетатні витяжки досліджуваних ґрунтів вносили до 8 склянок, у кожену з яких висаджували по одній цибулині таким чином, щоб дещо торкалося рідини в пробірці, а корінці були у витяжці. Інкубування тривало 96 годин. Експеримент проводили при кімнатній температурі (20 °C) у приміщенні, захищеному від прямих сонячних променів. Визначали кількість коренів на одній цибулині, довжину всіх коренів та їх середню довжину та розраховували фітотоксичний ефект. Отже, було визначено рівень забруднення ґрунтів військового полігону важкими металами й оцінено їх фітотоксичність за допомогою тест-об'єкта цибулі звичайної *Allium* *sepa* L. до, під час та після проведення навчань. Установлено зростання рівня забруднення важкими металами та фітотоксичності цих ґрунтів у процесі їх експлуатації. Показано доцільність використання методу фітоіндикації в цих умовах.

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ДОМЕННОЇ ГАЗООЧИСТКИ

Куліш О.О., керівник доц. Суліменко С.Є.

Український державний університет науки та технологій

Система оборотного водопостачання на промислових підприємствах з кожним роком стає все більш затребуваною. Велика частина сучасних підприємств є активними споживачами водних ресурсів. Щоб заощадити чисту воду, власники підприємств часто віддають перевагу прогресивному способу оборотного водопостачання, що припускає багаторазове використання цього ресурсу.

Актуальна тема – створення оборотної системи водопостачання доменної газоочистки.

Проаналізована структурна схема доменного виробництва та склад доменного газу, схеми очистки доменного газу.

Охарактеризовано джерела утворення та склад стічних вод доменного виробництва.

Проаналізовано вплив стічних вод газоочисток доменних печей на екологічні системи водойм.

Споживачів води в металургійному виробництві, які використовують воду для охолодження і паросилового господарства ділять на 4 групи. Водоохолоджувані елементи доменних печей як споживачі води, відносяться до 3-ї групи. З наведених даних видно, що якість води не відповідає вимогам по завислим речовинам.

Розрахований необхідний ступень очищення стічних вод в разі скидання їх у водойми.

Розглянуті існуючі методи очищення стічних вод доменних газоочисток.

Запропонована схема водопостачання доменної газоочистки.

Пропонується створення оборотної системи водопостачання доменної газоочистки. Стоки від газоочисток надходять в приймальний резервуар, звідти їх подають в гідроциклони. Після гідроциклонів вода проходить через аератор, де вдувається вільна вуглекислота з води, що відпрацювала. Потім вода подається в радіальні відстійники, де відбувається подальше видалення зважених часток. Для підвищення ефективності осадження пропонується додавання коагулянту та флокулянту у відстійники. В якості коагулянта передбачається використання сірчаноокисого алюмінію, флокулянта – гідролізованого поліакриламід.

Далі вода подається на охолодження в вентиляторну градирню. Однак перед цим проводиться перша рекарбонізація води. У градирні вода охолоджується до необхідної температури і по каналу відпрацьованої води надходить в насосну станцію. Проводиться другий ступінь рекарбонізації перед подачею води на газоочистку. Шлами, що випали в осад у гідроциклонах і радіальних відстійниках надходять за допомогою шламового насосної станції на двохспіральні класифікатори, а потім їх зневоднюють на дискових вакуум-фільтрах. Вода, що подається для підживлення системи водопостачання повинна піддаватися стабілізаційній обробці.

Розрахований матеріальний баланс за запропонованою схемою очистки.

Також розраховані основні розміри відкритого гідроциклона та радіального відстійника.

Проаналізовані умови праці в доменному цеху.

РОЗРОБКА СХЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ БАСЕЙНА Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Семенкова Є.А. керівник проф. Єрьомін О.О.

Український державний університет науки та технологій

Площа Луганської області: 26,7 тис. км². Кількість населення області: 2673,8 тис. чол. Площа басейну річки: 98 900 км².

Кількість населення басейну Північного Донця становитиме 9904 чол.

За такої чисельності населення в басейні річки розміщують 1 стаціонарний пост спостереження.

При маршрутних спостереженнях проби повітря необхідно відібрати в 24 точках. Підфакельних постів – 24.

На маршрутних та підфакельних постах для проведення якісного аналізу проб повітря використовують прилади – газоаналізатор ГМК-3, газоаналізатори 645-ХЛ.

Пропонуємо комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на запобігання забрудненню атмосферного повітря:

запровадження єдиної регіональної інформаційної мережі збору, обміну, обробки, збереження даних про стан довкілля та природоохоронної діяльності суб'єктів моніторингу;

удосконалення мережі спостереження за станом складових частин довкілля та розвиток незалежних від природокористувачів систем спостережень за джерелами забруднення навколишнього середовища;

модернізація та переоснащення методів аналітичного контролю служб спостережень суб'єктів обласної системи моніторингу навколишнього середовища за станом атмосферного повітря та оснащення їх приладами експрес-аналізу;

організація пересувної лабораторії спостережень за станом атмосферного повітря біля автошляхів, у місцях проживання та відпочинку населення.

Вода річки Сіверський Донець належить до 1-го класу якості. Таку воду використовують з мінімальною підготовкою для питного водопостачання, для всіх інших галузей без попередньої підготовки.

Пункти контролю категорії I мають у своєму розпорядженні на середніх, великих водоймах або водотоках (за ГОСТ 17.1.1.02-77), що мають важливе народногосподарське значення – в районах міст з населенням понад 1 млн. жителів. Отже, на Сіверському Дінці розташовують пункт контролю 1-ої категорії. У пункті розміщуємо три створи. При здійсненні контролю за водоймою в цілому встановлюють не менше трьох створ, по можливості рівномірно розподілених по його акваторії з урахуванням будови берегової лінії.

Для визначення якості води використовують автоматичну станцію контролю забруднення води (АСКЗВ-Г). Ця станція укомплектована вимірювально-пробовідбірною частиною, обладнанням збору та обробки інформації, апаратури передачі даних.

Після скидання стічних вод концентрації практично всіх речовин у стічних водах перевищують ГДК, навіть після змішування стічної води з річковою концентрації

речовин незначно, але перевищують ГДК. Отже, перед скиданням води в річку необхідні заходи щодо покращення її якості. Виходячи з переліку забруднюючих речовин в якості природоохоронних заходів можна запропонувати біохімічне очищення вод села, птахофабрики, ферми та заводу з виробництва добрив.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Борисов А., керівник доц. Романько Я.В.

Український державний університет науки і технологій

В роботі розглянуто підприємство коксохімічний завод «Дніпрококс», яке є складовою металургійної промисловості України. Коксохімічний завод призначений для високотемпературної переробки кам'яного вугілля методом коксування з метою одержання коксу, коксового газу й хімічних продуктів коксування.

На основі аналізу технологічного процесу коксування вугілля було встановлено джерела утворення шкідливих речовин, які забруднюють навколишнє середовище. Для оцінки впливу на довкілля та населення цих забруднювачів також було проведено аналіз клімату та рельєфу на прилеглий до виробництва місцевості. Було розраховано концентрації шкідливих речовин в різних частинах прилеглої території з урахуванням різних варіантів метеорологічної обстановки.

Було встановлено, що у повітрі робочої зони та на прилеглих територіях 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.

Ключові слова: кокс, коксова батарея, канцерогени, забруднення повітря, очисні споруди.

ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Ляшко А.Р., керівник доц. Саввін О.В

Український державний університет науки і технологій

В умовах зростаючої екологічної кризи проблема ефективного управління твердими побутовими відходами набуває особливої актуальності. Щорічно у світі утворюється понад 2 мільярди тонн сміття, з яких лише приблизно 13% підлягає вторинній переробці. Більшість відходів потрапляє на полігони або спалюється, що спричиняє забруднення повітря, ґрунтів, водних ресурсів і призводить до накопичення парникових газів в атмосфері.

Особливої шкоди довкіллю завдає пластик, що становить понад 40% від загального об'єму відходів. Він практично не розкладається в природному середовищі, а при згоранні утворює токсичні сполуки. Водночас вторинна переробка таких матеріалів, як пластик, папір, скло та метал, дозволяє не лише зменшити навантаження на довкілля, але й істотно скоротити використання природних ресурсів та енергії.

У рамках дослідження було проаналізовано сучасні технології вторинної переробки в Україні та країнах Європейського Союзу. Проведено порівняльний аналіз ефективності переробки різних типів матеріалів за енергетичними та екологічними показниками. Зокрема, переробка 1 тонни пластику дозволяє зменшити викиди CO₂ на 1,5 тонни, а переробка паперу економить до 60% енергії, необхідної для виготовлення нової сировини.

Дослідження довело, що навіть за умов часткового запровадження роздільного збору в межах одного міста можна зменшити загальний обсяг твердих побутових відходів до 30% протягом 5 років. Крім того, було розроблено графічну модель прогнозу зміни кількості відходів у містах України до 2030 року за сценаріями з різним рівнем екологічної культури населення.

Отримані результати можуть бути використані для розробки муніципальних екологічних програм, спрямованих на зменшення кількості відходів, що потрапляють на полігони, а також для популяризації екологічно відповідального стилю життя.

Таким чином, вторинна переробка є одним із ключових інструментів сталого розвитку, що дозволяє не лише скоротити забруднення довкілля, але й сприяє формуванню замкненого циклу використання ресурсів — одного з головних принципів сучасної екологічної інженерії.

НЕБЕЗПЕКА ТА МІГРАЦІЯ РАДІОНУКЛІДІВ

П'яник О. О., керівник доц. Саввін О.В.

Український державний університет науки і технологій

Першим вченим, який «побачив» незвичайні промені, ще невідомі науці, був німецький фізик Вільгельм Рентген. У 1895 році весь науковий світ був схвилюваний його відкриттям. Промені вільно проходили через непрозорі предмети. Ці промені були названі рентгенівськими. Не минуло й року, як було зроблено нове відкриття: у 1896 р. французький вчений Беккерель, займаючись вивченням природи рентгенівських променів, виявив, що також солі урану випромінюють невидимі промені.

Виявлення закономірностей, що лежать в основі процесів радіоактивного розпаду, має велике значення для багатьох галузей народного господарства. Так, особливий практичний інтерес становлять: міграція радіонуклідів у харчових ланцюгах організмів (у т.ч. сільськогосподарських тварин і людини); обрив або ослаблення екологічних зв'язків; дезактивація сільськогосподарських земель, водойм тощо, забруднених радіонуклідами; пошук родовищ радіоактивних руд (за радіоактивністю рослин-індикаторів); виявлення територій суходолу й акваторій, забруднених штучними радіонуклідами.

Результати радіоекологічних досліджень дуже вплинули на прийняття міжнародних конвенцій, спрямованих на обмеження випробувань ядерної зброї й відмову від його застосування в умовах війни. На основі рекомендацій радіоекології у промисловості розробляються й впроваджуються замкнені цикли охолодження ядерних реакторів, уловлювачі радіоактивних аерозолів, методи зберігання й знешкодження радіоактивних відходів, що виключають їх потрапляння в навколишнє середовище.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ CO₂ В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ

Іткіна М.В., керівник доц. Саввін О.В.

Український державний університет науки і технологій

Кількість парникових газів, що уловлюють тепло, в атмосфері знову досягла нового рекорду минулого року, з річними темпами зростання, що перевищують середній показник 2011-2020 рр.

Концентрація вуглекислого газу (CO₂), найважливішого парникового газу, досягла 423,78 (15.05.2023) частин на мільйон у період до березня 2025 року і становить 152,6 % від доіндустріального рівня. Метан (CH₄) становить 263%, а закис

азоту (N₂O) становить 124% від рівня в 1750 році, коли діяльність людини почала порушувати природну рівновагу Землі.

Згідно даних WMO відбувається збільшення концентрації CO₂ в атмосфері. Наприклад, 1958 рік - 314 ppm; 1990 рік - 353 ppm; 1995 рік - 361 ppm; 2000 рік - 370 ppm; 2005 рік - 380 ppm; 2010 рік - 390 ppm; 2017 рік - 406 ppm; 2023 рік - 423 ppm. Аналогічні дані можна взяти з сайту погодної обсерваторії Мауна-Лоа. Мауна-Лоа знаходиться дуже далеко від великих населених пунктів. Крім того, на тропічних островах вночі переважні вітри дмуть із суші на морі, внаслідок чого чисте, добре перемішане повітря в центральній частині Тихого океану опускається з атмосфери до обсерваторії. Це усуває будь-які перешкоди, що походять від рослинності острова.

Було проведено апроксимацію даних у MathCAD з використанням функції expfit і побудовано графік за функцією поліноміальної регресії 3-го ступеня полінома.

Дослідження було проведено з використанням програмних середовищ Mathcad та Excel на основі даних атмосферної станції Мауна Лоа. Побудовано модель поліноміальної регресії третього ступеня, а також виконано апроксимацію за допомогою експоненціальної функції типу expfit. Визначено коефіцієнти полінома та параметри апроксимаційної функції вигляду: $f(x) = a \cdot e^{(b \cdot x)} + c$.

Розроблено графічні моделі прогнозу зміни концентрації вуглекислого газу (CO₂) в атмосфері до 2030 року у середовищах Excel та Mathcad. Проведено аналітичний огляд динаміки змін концентрації CO₂ на основі довгострокових спостережень.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ОЦІНЦІ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Дрокін І.С., керівник доц. Саввін О.В.

Український державний університет науки і технологій

Забруднення повітря – одна з найгостріших екологічних проблем сучасності. Основними джерелами забруднення є промисловість, транспорт, сільське господарство та природні явища, такі як лісові пожежі. Для аналізу та прогнозування розподілу забруднюючих речовин в атмосфері використовуються різні математичні моделі.

Одним з класичних підходів є використання моделі гаусового шлейфу, яка базується на рівнянні адвекції-дифузії і дозволяє оцінити концентрацію забруднювачів у повітрі як функцію відстані від джерела викидів і метеорологічних умов. Ця модель широко використовується через її простоту та ефективність.

Більш складні підходи включають моделі фотохімічної сітки (PGM), які враховують хімічні реакції між забруднювачами в атмосфері, що дозволяє моделювати утворення вторинних забруднювачів, таких як озон.

Для оцінки впливу конкретних джерел викидів на якість повітря використовуються дисперсійні моделі, які дозволяють прогнозувати концентрації забруднюючих речовин на різних відстанях від джерела з урахуванням метеорологічних даних та особливостей рельєфу місцевості. Вибір відповідної моделі залежить від поставленого завдання, наявних даних і необхідної точності результатів. Поєднання різних підходів і використання сучасних обчислювальних методів сприяють більш точному прогнозуванню та ефективному управлінню якістю повітря, що важливо для захисту навколишнього середовища.

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ
ХРОМАТОГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ ВИКИДІВ ЛАКОФАРБОВОГО
ВИРОБНИЦТВА. ОСОБЛИВОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ
ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ З ОДНОКРАТНИМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ**

**Кучерявий О.Е., керівники: начальник відділу СУБХП Білоножко М.В.,
начальник випробувального та науково-дослідного центру харчової та
промислової продукції Мартинова В.В. , ТОВ "АТЬ-МАРКЕТ", ДП
"Дніпростандартметрологія"**

Український державний університет науки і технологій

Лакофарбова промисловість викидає значну кількість органічних розчинників, таких як ацетон, толуол, ксилол тощо. Необхідний точний моніторинг цих речовин для захисту довкілля та здоров'я людини. Метою дослідження є розробка методики виконання вимірювань для хроматографічного аналізу органічних розчинників у промислових викидах. Основною особливістю дослідження є оцінювання похибки без багаторазових спостережень, що зумовлено динамічним характером викидів. Вимоги до розробки методики виконання вимірювань узгоджуються з положеннями ГОСТ 8.010-99 [1].

Методика базується на газорідній хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектуванням. Вона призначена для визначення масової концентрації органічних розчинників у промислових викидах. Відбір проб здійснюється безпосередньо з потоку викидів за допомогою поглинальних приладів з діметилформамідом. Аналіз проб проводиться на хроматографі типу «Цвет-500» протягом чотирьох годин після відбору. Градування забезпечується використанням стандартних розчинів, а градувальна залежність розраховується методом найменших квадратів.

Склад викидів постійно змінюється через варіації у виробничих процесах, що створює труднощі для багаторазових вимірювань. Багаторазові спостереження проби відповідно до ДСТУ ГОСТ 8.207-76 [2] не відображають реальної мінливості потоку викидів, можуть приховати пікові концентрації та спотворити дані. Однократні спостереження є єдиним прийнятним підходом, що дозволяє зафіксувати миттєвий стан викидів для оперативного екологічного контролю. Такий підхід узгоджується з положеннями МІ 1552-86 [3] щодо оцінювання похибок при однократних спостереженнях.

Похибка вимірювань визначається через градування та контроль умов виконання вимірювань. Вона становить приблизно $\pm (20 - 25) \%$ при рівні довіри $P=0,95$. Використання однократних вимірювань дозволяє забезпечити оперативність і репрезентативність даних, що відображають реальний стан викидів у момент відбору проби. Результат аналізу в протоколі надається у вигляді трьох однократних вимірювань з наведенням точного часу відбору проби.

Розроблена методика виконання вимірювань з однократними спостереженнями є оптимальним підходом для хроматографічного аналізу викидів лакофарбового виробництва. Вона враховує динамічну природу викидів, у випадку яких багаторазові спостереження є неможливими для оцінювання похибки. Запропонований метод забезпечує точність, оперативність та ефективність моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 8.010-99 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Методики виконання вимірювань. Основні положення.

2. ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Прямі вимірювання з багатократними спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень. Основні положення.

3. МИ 1552-86 Методичні вказівки. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Вимірювання прямі однократні. Оцінювання похибок результатів вимірювань.

ВПЛИВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Литвин Д.О., керівник ст. викл. Сухарева М.В.

Український державний університет науки і технологій

Сучасна ТЕС являє собою складний технологічний комплекс, який включає велику кількість теплосилового, електричного, електронного устаткування і будівельних конструкцій.

Факторами екологічного впливу ТЕС є забруднення повітряного басейну газовими й аерозольними викидами, ґрунтових та поверхневих вод стоками, літосфери випаданням твердих частинок та рідкими розчинами, вилучення орних земель під золошлаковідвали, теплове, акустичне, електромагнітне й електростатичне забруднення довкілля.

Пилогазові викиди ТЕС в Україні у 5-30 разів перевищують стандарти ЄС. Вміст оксидів сірки у приземному шарі повітря на границі санітарно-захисної зони перевищує ГДК у 12-12,5 разів, оксидів азоту – у 22-23 рази, золи – у 2,4 рази. Концентрації шкідливих речовин нижчі від ГДК стійко досягаються лише на відстані більшій від 15 км.

Викиди ТЕС є причиною погіршення прозорості атмосфери, кислотних дощів, парникового ефекту, підвищення захворюваності населення.

Основними напрямками підвищення екологічної безпеки ТЕС є запровадження природоохоронних заходів та заходів щодо енергозбереження, екологічного моніторингу, використання новітніх наукових розробок.

Існуючі мокрі золоуловлювачі не забезпечують достатній ступінь очищення димових газів від золових частинок, а системи очистки від оксидів сірки та азоту на ТЕС України відсутні.

Розроблена технологічна схема очистки газів з використанням жалюзійного пиловловлювача, електрофільтру, циклону та адсорберу скорочує кількість шкідливих викидів пилу та оксидів сірки в повітряний басейн до значень, що не перевищують гранично допустимих за санітарними нормами.

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ГУМОВОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

Гаврилюк Ю.В., керівник проф. Євдокименко Н.М.

Український державний університет науки і технологій

Науково-навчальний інститут «Український державний хіміко-технологічний університет»

yuragavriluk@gmail.com

Гума – унікальний матеріал конструкційного призначення з особливою архітектурою. Це – продукт хімічної взаємодії каучуку з різноманітними хімічно-активними інгредієнтами [1].

Основна вимога до гумовотехнічних виробів (ГТВ), які застосовуються у харчовому машинобудуванні – харчова безпека, тобто біологічна інертність (не токсичність) по відношенню до середовища, яке контактує з ГТВ. При цьому, аналіз

вимог показує, що умови експлуатації ГТВ з біологічно інертних матеріалів настільки складні, що у ряді випадків суттєво перевищують рівень вимог, щодо безпеки їх експлуатації в інших галузях промисловості.

Виходячи з наведеного вище, створення нових біологічно-інертних матеріалів з новим комплексом властивостей шляхом регулювання морфології надзвичайно актуальна задача. Підвищення рівня працездатності ГТВ забезпечує «Економічну стійкість» та «Екологічну відповідальність» [2].

Розроблено біологічно інертні еластомерні композиції з новим комплексом властивостей (низькомодульні гуми на основі каучуку СКН-26 з високим рівнем працездатності) шляхом створення гетерогенної структури з мінімальним розміром часток гетерофази за конденсаційним механізмом [3, 4].

Принципово новий підхід було застосовано при вирішенні задачі підвищення працездатності конусів доїльних апаратів до рівня кращих світових зразків при збереженні комфортних умов процесу доїння.

Перелік посилань:

1. Овчаров, В.І. Оцінка можливості використання вторинної мінеральної сировини виробництва соняшникової олії у складах еластомерних композицій / В.І. Овчаров, Л.Р. Юсупова, Б.В. Мурашевич, М.В. Торопін // Вопросы химии и химической технологии. – 2019. – №2. – С.99-105.

2. Національна парадигма сталого розвитку України / ред. акад. НАН України, проф., заслуженого діяча науки і техніки України Б. Є. Патона. Вид. 2-ге // К.: Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України». – 2016. – 72с.

3. Гаврилюк, Ю.В. Багатокомпонентні полімерні системи із заданою геометричною фазовою морфологією / Ю.В. Гаврилюк, К.М. Сухий, Н.М. Євдокименко // Міжнародна конф. з хімії, хімічної технології та екології. збірка тез доповідей. 26-29 вересня 2023 року. – К. – 2023. – 115-116 с.

4. Павленко, А.А. Вплив алюмосилікатних порожнистих мікросфер на властивості шинних гум / А.А. Павленко, Н.М. Євдокименко, Ю.В. Гаврилюк // Технічні науки та технологія. – 2021. – №3(25). – С. 59-68.

ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Горб М.К., керівник доц. Безовська М. С.

Український державний університет науки і технологій

Енергетика є важливою складовою частиною процесу перетворення навколишнього природного середовища людиною. Виробництво транспортування і використання енергії наразі мають глобальний характер. Водночас з цим відмічено, що близько 80 % усіх видів забруднення біосфери обумовлено саме діяльністю підприємств енергетичної промисловості.

У найбільшій мірі атмосферне повітря забруднюють підприємства, які використовують вуглеводневе паливо: бензин, гас, мазут, вугілля, природний газ, дизельне паливо та ін. Об'єм забруднення визначається, в першу чергу, складом палива, його об'ємом та безпосередньо організацією процесу горіння. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря є транспортні засоби з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) і теплові електричні станції (ТЕС). На частку ТЕС припадає біля 30 % всіх викидів.

Головними компонентами, що потрапляють в атмосферу в процесі спалювання різних видів палива в енергетичних установках, є нетоксичний діоксид вуглецю CO_2 і водяна пара H_2O . Але, крім них, також викидаються дуже небезпечні токсичні речовини, наприклад, оксид вуглецю, оксид сірки, оксид азоту, сполуки свинцю, сажа,

вуглеводні, в тому числі канцерогенний бенз(а)пірен, частинки твердого палива, що не згоріли, тощо.

Під час спалюванні твердого палива в котлах ТЕС утворюється значна кількість попелу, діоксиду сірки, оксидів азоту. Переведення котельних установок на рідке паливо суттєво зменшує золоутворення, але практично не впливає на викиди SO_2 , оскільки мазути, що використовуються у якості пального, зазвичай містять більше 2 % сірки. При спалюванні природного газу в димових викидах є також оксиди сірки й азоту. Необхідно зазначити, що найбільша кількість оксидів азоту утворюється при спалюванні рідкого палива.

Сучасна ТЕС потужністю 2,5 млн. кВт використовує до 20 тис. т вугілля на добу і викидає щодобово в атмосферу 680 т SO_2 і SO_3 , вміст сірки в паливі 1,7 % – 200 т оксидів азоту; 120...240 т твердих частинок (попіл, пил, сажа) – при ефективності системи пиловловлювання 94...98 %.

Дослідження свідчать що неподалік потужної електростанції, яка викидає за добу 280...360 т SO_2 , його максимальна концентрація з підвітряної сторони на відстані 200...500 м, 500...1000 м і 1000...2000 м становить відповідно 0,3...4,9 мг/м³, 0,7...5,5 мг/м³ і 0,22...2,8 мг/м³.

ВІДНОВЛЕННЯ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Романчук Є.В., керівник доц. Безовська М. С.

Український державний університет науки і технологій

Відновлення стабільного стану екологічних систем після антропогенного забруднення є процесом досить тривалим для багатьох природних зон. За дослідженнями вчених повне відновлення деяких тендітних ландшафтів після розливів нафти може розтягнутися на довгі десятиліття, у більш сприятливих випадках на відновлення рослинного покриву забруднених земель може знадобитися менше часу, але все одно одиницями вимірювання будуть десятиліття.

Під час рекультивації земель, виконання робіт із санації ґрунтів, а також утилізації відходів може виникнути необхідність виконання робіт з нафтозабрудненими ґрунтами. Старі методи ліквідації нафтових забруднень включали засипанням таких ґрунтів піском, свіжим ґрунтом, випалюванням, вивозом забрудненого ґрунту.

Процеси природного відновлення забруднених нафтою ґрунтів є тривалими і тісно пов'язані з питаннями щодо створення та впровадження сучасних екологізованих технологій рекультивації порушених територій. Ефективність таких заходів оцінюється за допомогою наступних критеріїв: швидкість розкладання забруднюючих речовин та економічні витрати.

Наразі основні розробки щодо відновлення нафтозабруднених земель ґрунтуються на застосуванні комплексу фізичних, механічних та біохімічних методів видалення та ліквідації нафтових субстратів. Одним з найбільш перспективних способів очищення ґрунту від нафтопродуктів різного складу, стану та походження є рекультивація земель, в основі якої лежить здатність ґрунтів до мікробіологічного самоочищення. При цьому прискорення процесу біодеградації вуглеводнів нафти часто може відбуватися за рахунок збільшення доступу кисню повітря, внесення спеціальних мінеральних та органічних добрив, посіву спеціально підібраних сумішей рослинних культур (злакових, бобових). Ці процеси обов'язково відбуваються паралельно з необхідними агротехнічними заходами обробки ґрунтів.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ У НАФТОПЕРЕРОБНІЙ ГАЛУЗІ

Снаговська В.В, керівник ст. викл. Розгон О.В.
Український державний університет науки і технологій

Забезпечення екологічної безпеки населення є невід'ємною частиною сталого економічного та соціального розвитку України. Поряд із багатьма галузями, такими як металургія та енергетика, які порушують екологічний баланс, значний вплив на навколишнє середовище також має нафтопереробна промисловість. Дуже складно уявити сучасний світ без нафти, адже вона є основним паливом для літаків, автомобілів, кораблів та інших транспортних засобів. Проте, крім явних переваг, видобуток і переробка нафти мають і серйозні екологічні наслідки для довкілля та здоров'я населення.

Щоб розуміти, чим може бути небезпечний нафтопереробний завод, важливо уявити, які процеси відбуваються на цих підприємствах і які речовини отримують в результаті. Основні технологічні процеси переробки нафти включають:

- підготовку нафти, її зневоднення та знесолення;
- деструктивну переробку (крекінг, гідрогенізацію, ізомеризацію);
- атмосферну та вакуумну перегонку;
- отримання та очищення олів;
- очищення світлих продуктів.

У процесі переробки нафти отримують бензин, гас, лігроїни, дизельне паливо, солярові масла, мазути, гудрони, газойль, газоподібні вуглеводні, рідкі дистилати, бензол, толуол, ізопрен та залишки, що не переганяються. У нафтопереробній промисловості використовуються численні виробничі технології, що стають джерелом забруднення довкілля. Викиди включають:

- діоксид вуглецю, оксид вуглецю, оксиди сірки, оксиди азоту, тверді частинки, леткі органічні сполуки (ЛОС) та аміак;
- вихлопні гази від спалювання палива при виробництві енергії, тепла та пари;
- димові гази;
- викиди при вентиляції та факельному спалюванні;
- неорганізовані викиди з різних установок і технічних систем підприємства.

Що стосується забруднення води, то в результаті очищення нафтопродуктів утворюється велика кількість відходів, зокрема кислі гудрони та лужні стічні води. У технологічних процесах використовується велика кількість води, яка забруднюється нафтою, солями, сірчистими сполуками та іншими домішками. Очищення таких стічних вод є складним процесом, і навіть при наявності вдосконалених систем очищення, викиди небезпечних речовин, таких як сира нафта, мазути, гас, толуол, ксилол та етилен, можуть потрапляти у навколишнє середовище.

Забруднення ґрунтів нафтопродуктами призводить до змін у їхній структурі, засолення, зниження продуктивності та негативного впливу на рослинність. Нафта обволікає ґрунтові частки, що перешкоджає проникненню води, внаслідок чого гине мікрофлора і рослини не отримують належного харчування. При великих рівнях забруднення ґрунту набувають асфальтоподібної консистенції, і їх відновлення стає майже неможливим без значних зусиль.

Для вирішення цих проблем необхідно розробити комплексні програми модернізації нафтопереробних підприємств, що включатимуть:

1. Впровадження безпечних і ефективних технологій переробки нафти з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

2. Оновлення обладнання для зменшення викидів в атмосферу та очищення стічних вод.
3. Використання систем замкнутого водообігу для зменшення забруднення водних ресурсів.
4. Створення програм з рекультивації забруднених ґрунтів за допомогою біоремедіації та введення спеціальних добрив, які стимулюють розвиток мікрофлори та рослин.
5. Розробка ефективних методів утилізації та знешкодження відходів, таких як кислі гудрони та лужні стічні води, для зменшення їхнього негативного впливу на довкілля.

Загалом, для досягнення сталого розвитку нафтопереробної галузі в Україні важливо поєднувати економічні та екологічні інтереси, активно впроваджувати інноваційні технології та забезпечити належний контроль за дотриманням екологічних стандартів.

ВПЛИВ БУДІВНИЦТВА НА ДОВКІЛЛЯ

Власенко В.С., керівник доц. Тарасова Л.Д.

Український державний університет науки і технологій

Як нове будівництво, так і реставрація, пов'язані з використанням різноманітних за природою будівельних матеріалів, які більшою чи меншою мірою сприятливі для людини і неоднаково впливають на навколишнє середовище як у частині вилучення природних ресурсів, так і привнесення в неї забруднювачів.

В цілому будівельне виробництво має негативний вплив на природні комплекси. В районах будівництва, особливо промислового, спостерігається високий рівень забруднення повітря, води, ґрунту. Це відбувається на всіх стадіях будівництва: при проведенні проектно-вишукувальних робіт, при будівництві доріг і кар'єрів, безпосередньо при виконанні робіт на будівельному майданчику.

Основними джерелами забруднень при будівельних роботах є: буровибухові роботи, влаштування котлованів і траншей, застосування гідравлічного способу розробки ґрунту, вирубка лісу і чагарнику, випалювання ґрунту багаттями, кар'єрні розробки, пошкодження ґрунтового шару і змив забруднень з будівельного майданчика, утворення звалищ будівельного сміття, викиди автотранспорту та інші механізми, що діють у зоні будівництва.

Будівельне виробництво, яке ведеться в районах дикої природи, згубно впливає на тваринний світ. Порушуються місця проживання багатьох видів, що веде до скорочення їх чисельності. Тварини змушені залишати звичні місця проживання, мігрувати в інші райони, часто менш сприятливі для виживання.

Впливи будівельного виробництва на навколишнє середовище можуть бути прямими і непрямими. Наприклад, безпосередньо при виробництві будівельних робіт відбувається знищення екосистем на території будмайданчика, забруднення будівельними відходами ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Непряме забруднення відбувається, наприклад, через вибір будівельних матеріалів та їх використання. Так, негативні впливи на природне середовище відбуваються вже при видобутку сировини для будівельних матеріалів, їх виробництві, транспортуванні і т.д.

Для запобігання утворення звалищ будівельного сміття сьогодні запропонована екологічна концепція утилізації відходів на будівельних майданчиках в умовах міста, що базується на принципах «сталого будівництва». Вона передбачає систему альтернативних варіантів переробки будівельних відходів. Сортування відходів на будівництві сприяє їх повторному використанню. За рахунок повторного використання

економляться матеріали і знижується загальна кількість відходів. При цьому перевага віддається варіанту, коли матеріал використовується заново без значної переробки. Цей варіант особливо актуальний при реконструкції, реставрації та знесенні будівель. При новому будівництві цей варіант гірший. Другий варіант припускає переробку відсортованих відходів, так званий «ресайклінг» («recycling»). Основним недоліком цього варіанту є необхідність додаткових енергетичних, транспортних витрат і т.п. Крім того, в процесі переробки відходів у нові матеріали можуть виділятися шкідливі речовини. Третій варіант - це спалювання відходів будівельних матеріалів, наприклад, деревини, синтетичних матеріалів тощо, що після сортування є кращим, ніж вивезення відходів на звалище. При спалюванні виділяється теплова енергія, яку можна використовувати. Варіанта «звалища», який створює величезні навантаження на навколишнє середовище, завдяки вище переліченим альтернативним варіантам практично можна уникнути.

ЕКОЛОГО-АНАЛІТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

Маліночка А.П., керівник проф. Зеленько Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

Загроза забруднення навколишнього середовища стійкими органічними забруднювачами (СОЗ) привела світову спільноту до ухвалення Стокгольмської конвенції про СОЗ, яка набула чинності 17 травня 2004 року. До СОЗ відносяться речовини, що мають токсичність, тривалий період напіврозкладання (у повітрі 2-5 днів, у воді 4-6 місяців, у ґрунті – більше року), здатність до біоаккумуляції, схильність до транскордонного перенесення. До них відносяться і поліхлоровані дибензо-п-діоксини (ПХДД) і дибензофурані (ПХДФ), які є побічними продуктами багатьох хімічних виробництв. Найбільшу небезпеку становлять 2,3,7,8-заміщені конгенери.

ПХДД та ПХДФ, серед яких найбільш токсичним є 2,3,7,8 тетрахлордобензо-п-діоксин (2,3,7,8-ТХДД).

Метою роботи є виявлення шляхів та механізмів утворення поліхлорованих дибензо-п-діоксинів та дибензофуранів та розробка концепції моніторингу, контролю та мінімізації надходження діоксинів у природне середовище.

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВИГОРАННЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ В УКРАЇНІ

Войко В.О., керівник проф. Зеленько Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

В умовах високої активності воєнних дій майже на всій території України на тлі постійної небезпеки виникнення лісових пожеж, ризиків несвоєчасного виявлення, локалізації та ліквідації горіння в лісах виникає першочергове питання про те, якими мають бути прийнятні витрати на захист лісів від пожеж, коли витрати не перевищують втрати. Державна політика у сфері використання, охорони, захисту та відтворення лісів ґрунтується, зокрема, на дотриманні балансу економічних, екологічних та соціальних інтересів.

Управлінські рішення та заходи забезпечать зниження ризику пожеж до економічного та соціально-прийняттого рівня. Компроміс між витратами та очікуваною вигодою реалізує принцип розумної достатності. Реалізація будь-яких заходів щодо охорони лісів від пожеж потребує витрат, які не повинні перевищувати одержаних в результаті заходів вигод і не перевищувати можливостей виконавців.

При плануванні та управлінні ресурсами пожежогасіння виникають труднощі, зумовлені складністю структури, розосередженістю їх територією, чинником невизначеності поведінки пожежі, недоліком інформації про поточні зміни обстановки пожежі. Це спричиняє обмеженість ефективного тактичного планування та подальшої реалізації тактичних рішень. Гасіння лісових пожеж вимагає вирішення завдань, таких як: необхідність прийняття рішень на різних рівнях управління, коригування запланованих дій у зв'язку зі зміною обстановки, взаємодія різних підрозділів при реалізації тактичних рішень та ін. Специфіка планування гасіння лісових пожеж така, що вимагає приймати рішення в оперативній обстановці безпосередньо на пожежі керівниками різних рівнів з проведенням. Методи розрахунків повинні забезпечувати задовільну точність результатів і відображати реальні процеси гасіння, які б враховували різноманітність способів та засобів боротьби з пожежами.

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ТА СПОРУД

Карпенко К.С., керівник проф. Зеленько Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

При реалізації інвестиційно-будівельних проектів у сфері цивільного будівництва більшість проектних рішень, що впливають на еколого-економічну ефективність, приймається на початкових етапах реалізації проекту. Існуючі методики екологічного аудиту в будівництві, законодавчо та методологічно змістовні при аналізі екологічного впливу об'єкта будівництва на стадіях експлуатації та утилізації, не нормують і не регулюють екологічну шкоду, раніше накопичену при виробництві будівельних матеріалів та виробів, а також завданий у процесі виконання будівельно-монтажних робіт. В роботі пропонується та аналізується концепція первинної еколого-економічної ефективності полягає в аналізі та кількісному вартісному обліку екофакторів при доборі будівельних матеріалів, а також будівельних машин та механізмів вже на стадії проектування об'єкта. У роботі застосовуються результати та методи теоретичних та науково-практичних досліджень вітчизняних та зарубіжних учених у галузі державного регулювання та стимулювання ресурсозбереження, сталого розвитку та зеленого будівництва; еколого-економічного аналізу вартості будівельної продукції.

Розглянуті принципи дадуть можливість реалізувати стратегії сталого розвитку у плануванні та реалізації інвестиційно-будівельних проектів, що суттєво скоротить забруднення навколишнього середовища з позиції мінімізації багатьох негативних, в тому числі і вуглецевого впливу від будівельної галузі та сприятиме покращенню еколого-економічної ситуації.

ПРИНЦИПИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИЧОГО ТА ГОСПОДАРСЬКОГО СТАТУСУ ТЕРИТОРІЙ, ПОСТТРАЖДАЛИХ ВНАСЛІДОК ВОЄНИХ ДІЙ

Тихоступ М.В., керівник проф. Зеленько Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

Військові конфлікти залишають собі не лише зруйновані будівлі й спустошені ландшафти, а й глибоку кризу в екологічному, економічному та соціальному вимірі життя регіонів. Відновлення таких територій вимагає багатовекторного підходу, що призводить до екологічної реконструкції, переосмислення господарської моделі та зміцнення соціального ресурсу громади.

На першому плані стоїть принцип цільності, який передбачає об'єднання природних, економічних і соціальних чинників у єдину стратегію дій. Відбудова не може бути фрагментованою — вона потребує взаємодії державних структур, науковців, громади та бізнесу в рамках довгострокового бачення. Даний розділ формує концептуальну основу для розуміння процесів відновлення території, що зазнали руйнувань унаслідок збройних конфліктів, крізь призму сучасних принципів сталого розвитку, екологічної безпеки та економічної модернізації.

Особлива увага приділяється міжнародному досвіду та еволюції підходів до післявоєнної відбудови. Розглядаються історичні приклади реконструкції Німеччини, Японії, країн Балкан, Грузії та держави Близького Сходу. У кожному випадку простежується роль таких принципів, як екологічна пріоритетність, економічна доцільність, участь місцевих громад і міжнародне партнерство.

Таким чином, у розділі закладається основа для формування цілісної стратегії постконфліктного відновлення, що обґрунтовується на системному аналізі, міжнародному досвіді та принципах екологічної та соціально-економічної стійкості.

Другий фундамент — орієнтація на стале майбутнє, де важливу роль розвивають енергоефективність, збереження екологічної рівноваги, інновації та розумне управління ресурсами. Це не просто відтворення зруйнованого, а побудова нової якості життя. У цьому розділі обґрунтовано досліджуються масштаби руйнувань, які відзначили українську територію внаслідок збройної агресії, з акцентом на ті чинники, які стають подальшим вектором їх відновлення відповідно до ключових принципів: системності, екологічної пріоритетності, економічної доцільності та людиномірності. Окремо аналізується стан критичної інфраструктури, житлового фонду, промислових потужностей і логістичних мереж, що формують основу господарського каркасу постраждалих регіонів. Детально розглядаються наслідки забруднення земель, води і атмосферного повітря, знищення природних екосистем, зменшення біорізноманіття, а також загрози техногенних катастроф. Особливу увагу приділено проблемі мінливого порушення, яка вимагає впровадження принципу екологічної пріоритетності у відновленні. Висвіт використовувати необхідно системної рекультивациі, моніторингу стану довкілля та впровадження інноваційних рішень для мінімізації шкоди.

Третій аналітичний блок фокусується на соціально-економічних наслідках війни — демографічних змінах, внутрішньому капіталі населення, розриві соціальних зв'язків у громадах. Розглянуто падіння рівня зайнятості, дестабілізація малого й середнього бізнесу, зниження інвестиційної привабливості регіонів, а також зростання психоемоційної напруги в суспільстві. Ці фактори мають критичне значення для реалізації принципу адаптивності й відновлення людського виміру, після чого саме людина є рушієм перетворення і основним бенефіціаром відбудови.

Таким чином, розділ розкриває комплексний характер збитків, які постають перед постконфліктним відновленням, і демонструє необхідність реалізації взаємопов'язаних принципів, які забезпечують перехід від руйнування до сталого розвитку.

Окрема увага приділяється пріоритетному екологічному відновленню: очищення довкілля від пошкоджень, рекультивациа земель, відновлення екосистем і створення системи контролю за станом природи — це є критичним місцем для формування безпечного середовища.

Економічна складова має обґрунтування на раціональне використання інвестицій, розвиток малого й середнього бізнесу, впровадження сучасної інфраструктури та стимулювання підприємництва, здатного витримувати нові виклики.

Отже, ефективне відновлення постраждалих від війни територій можливо лише за умови реалізації взаємопов'язаних принципів, які орієнтовані на гармонійне

поєднання екологічних, економічних та гуманітарних пріоритетів у довгостроковій перспективі.

ЕКОЛОГО-АНАЛІТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

Маліночка А.В., керівник проф. Зеленько Ю.В.

Український державний університет науки і технологій

Загроза забруднення навколишнього середовища стійкими органічними забруднювачами (СОЗ) привела світову спільноту до ухвалення Стокгольмської конвенції про СОЗ, яка набула чинності 17 травня 2004 року. До СОЗ відносяться речовини, що мають токсичність, тривалий період напіврозкладання (у повітрі 2-5 днів, у воді 4-6 місяців, у ґрунті – більше року), здатність до біоаккумуляції, схильність до транскордонного перенесення. До них відносяться і поліхлоровані дибензо-п-діоксини (ПХДД) і дибензофурані (ПХДФ), які є побічними продуктами багатьох хімічних виробництв. Найбільшу небезпеку становлять 2,3,7,8-заміщені конгенери.

ПХДД та ПХДФ, серед яких найбільш токсичним є 2,3,7,8 тетрахлордобензо-п-діоксин (2,3,7,8-ТХДД).

Метою роботи є виявлення шляхів та механізмів утворення поліхлорованих дибензо-п-діоксинів та дибензофуранів та розробка концепції моніторингу, контролю та мінімізації надходження діоксинів у природне середовище.

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ АГЛОМЕРАЦІЇ МІСТА ДНІПРО ЗА ДАНИМИ ГРОМАДСЬКОГО МОНІТОРИНГУ

Серета Є.М., керівник доц. Сорока М. Л.

Український державний університет науки і технологій

У цьому дослідженні ми зосередили увагу на кваліфікованих результатах моніторингу у чітко визначеній локації, а саме – локації громадської станції моніторингу якості повітря технічного музею «Машина часу» (ДТКР 14, Eco City ID 1801), встановленої у Соборному р-ні міста Дніпро. Рішення проаналізувати дані саме цієї станції громадського моніторингу обумовлено такими чинниками: (1) високий ступінь довіри до даних спостережень; (2) широка програма моніторингу якості повітря, яка забезпечує виконання оцінки якості та безпечності повітря за методологією ВООЗ та Європейського індексу якості повітря $SAQI^{(3)}$ висока репрезентативність даних спостережень (ця станція виконала річну програму моніторингу на понад 90 %).

Сумісний аналіз усіх отриманих даних громадського моніторингу дозволив дійти декількох важливих висновків про динаміку змін вмісту забруднюючих речовин у повітрі Соборного р-ну агломерації м. Дніпро (локації вул. Мандриківська та у радіусі 2 км) у 2023 та 2024 роках:

Дрібнодисперсний пил $PM_{2.5}$ та PM_{10} . У дослідному періоді зафіксовані концентрації дрібнодисперсного пилу у повітрі переважно знаходяться у межах доброї та задовільної якості повітря із періодичним перевищенням межі несприятливої якості повітря для уразливих і чутливих до забруднення груп населення (за параметром PM_{10}). Характер розподілу концентрацій свідчить про статистично значуще збільшення вмісту дрібнодисперсного пилу у повітрі зимового періоду 2023-2024 року. Вміст дрібнодисперсного пилу у повітрі у дослідному періоді не визначає якість повітря на локації технічного музею «Машина часу».

Вміст азоту діоксиду (у комбінації із дрібнодисперсним пилом та монооксидом вуглецю) у дослідному періоді визначає якість повітря на локації технічного музею

«Машина часу». Найбільші концентрації азоту діоксиду зафіксовані на рівні 60...70 ppb у вересні та грудні 2023 року, у січні 2024 року, а також на рівні 70...90 ppb у березні 2024 року (див. рис. 2.3). Характер розподілу концентрацій свідчить про статистично значуще збільшення вмісту азоту діоксиду у повітрі зимового періоду 2023-2024 року.

Вуглецю оксид, чадний газ. У дослідному періоді вміст монооксиду вуглецю у повітрі знаходився у межах задовільної якості повітря (рис. 2.4) на рівні 400...1300 ppb. Від грудня 2023 року по середину 2024 року на дослідній локації зафіксоване збільшення вмісту монооксиду вуглецю у повітрі до рівня 1300...1500 ppb, що відповідає несприятливій категорії якості повітря. Ці зміни прямо пов'язані із збільшенням викиду монооксиду вуглецю у зимовий опалювальний період.

Леткі органічні сполуки. У дослідному періоді вміст легких органічних сполук у повітрі відповідав межам задовільної якості повітря (див. рис. 2.6) на рівні 9...17 ppb у перерахунку на формальдегід. Найбільші концентрації легких органічних сполук зафіксовані у червні-липні 2023 року на рівні 17...20 ppb та епізодично у лютому 2024 року до рівня 28...35 ppb. Вміст суми легких органічних сполук у повітрі у дослідному періоді не визначає якість повітря на локації технічного музею «Машина часу», за виключенням епізодичних періодів у лютому 2024 року.

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДЕКС-ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

Білявцев В. А., керівник доц. Сорока М. Л.
Український державний університет науки і технологій

У цьому дослідженні ми проаналізували зміни середньої добової концентрації усіх забруднюючих речовин у програмі моніторингу станції технічного музею «Машина часу» у агломерації міста Дніпро за даними Української мережі громадського моніторингу якості повітря Eco City. Аналіз змін середньої добової концентрації дозволяє зрозуміти – які саме забруднюючі речовини у певній локації формували якість повітря міста у 2023-2024 роках. Саме тому результати аналізу для кожної забруднюючої речовини зображені у двох контекстах: фактичне усереднене значення концентрації забруднюючої речовини у повітрі та порівняння цієї концентрації із діапазонами якості та безпечності повітря, що визначена у SAQI та UAQI.

Для аналізу забруднення повітря використаний консервативний підхід обчислення Індексу забруднення атмосфери ІЗА. Детальний аналіз змін ІЗА дозволяє дійти декількох важливих висновків:

1. У дослідному періоді від червня 2023 року до червня 2024 року забруднення повітря у локації технічного музею «Машина часу» зменшилося (див. рис. 3.1(a)). За даними спостережень у червні-вересні 2023 забрудненість повітря складала 9...11 пунктів ІЗА, що відповідає забрудненому рівню атмосферного повітря. Від жовтня 2023 року показник ІЗА зменшився до 8...9 пунктів, що відповідає помірному рівню забруднення атмосферного повітря за гігієнічними критеріями.

2. Червень та липень 2023 року - це місяці із найбільш забрудненим повітрям у локації станції моніторингу технічного музею «Машина часу».

3. Індекс забруднення повітря на дослідній локації на 75...85 % сформований підвищеним та високим вмістом газоподібних забруднюючих речовин із пріоритетного переліку ВООЗ (див. рис. 3.1(a)).

4. Підвищений вміст азоту діоксиду та приземного озону у повітрі чинить домінуючий вплив на формування забруднення повітря (у структурі ІЗА на 30...40 % та 35...45 % відповідно).

5. У зимовий опалювальний період 2023-2024 років спостерігається незначна, проте статистично значима зміна структури Індексу забруднення атмосфери. Від жовтня 2023 року по березень 2024 року збільшується питома частка дрібнодисперсного пилу, азоту діоксиду та монооксиду вуглецю у структурі показника ІЗА. Ці зміни дозволяють обґрунтувати припущення: «Зміна структури Індексу забруднення атмосферного повітря від жовтня 2023 року до березня 2024 року пов'язано із опалювальним сезоном та збільшенням інтенсивності джерел викидів тепло-генеруючого устаткування».

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ АГЛОМЕРАЦІЇ МІСТА КРИВИЙ РІГ ЗА ДАНИМИ РЕГІОНАЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Братчиков І. О., керівник доц. Сорока М. Л.

Український державний університет науки і технологій

В рамках співпраці кафедри «Екологічна та цивільна безпека» УДУНТ та учасників коаліції «Досить труїти Україну» і мережі «Довкола» були досліджені результати моніторингу вмісту забруднюючих речовин у повітрі агломерації Кривий Ріг у 2022-2024 році. Результати досліджень, спираються на дані середньодобових концентрацій забруднюючих речовин у повітрі, зафіксованих міськими постами автоматичного спостереження. Ці дані для аналізу були офіційно надані Управлінням екології Виконкому Криворізької міської ради на запит фахівців ГС «ДТКР».

Результати досліджень дозволили виявити цікаві закономірності:

1) Повітря агломерації міста Кривий Ріг характеризується задовільною та періодично несприятливою категорією якості. У перший період від початку повномасштабного вторгнення спостерігається тенденція до зменшення забруднення повітря. Найбільш виражено це у Металургійному та Саксаганському р-нах міста. На нашу думку, такі зміни показників спричинені шокним станом промислово-виробничого комплексу агломерації до реалій воєнної доби (часткова зупинка або скорочення виробництва).

2) Від початку повномасштабного воєнного вторгнення зафіксовані зміни у якості повітря агломерації. У період від 24 лютого до середини березня спостерігається зменшення забруднення та поліпшення якості повітря (Металургійний, Довгинцівський, Саксаганський р-ни міста). Від середини березня 2022 року у Металургійному р-ні міста зафіксовано статистично значуще збільшення забруднення та погіршення якості повітря (понад 125 пунктів $UAQI$). Загалом Індекс якості повітря сформований підвищеним та високим вмістом пилу загального.

3) Від середини 2023 року рівень забруднення повітря демонструє стабільний тренд збільшення. У цей період структура Індексу забруднення атмосфери суттєво не змінюється. Домінуючий вплив на забруднення повітря спричинив вміст загального пилу у повітрі. Від березня 2022 року збільшився питомий вплив сірчистого ангідриду, приземного озону та аміаку. Найбільше забруднення атмосфери у цей період зафіксовано у Металургійному р-ні (понад 7,0 пунктів $ІЗА_n$).

4) Вірогідність наслідків для здоров'я населення (у середньостроковій перспективі) за еквівалентним показником експозиції $AQLI$ для усіх постів спостережень знаходилась у зоні статистичної невизначеності. Для містян усіх районів міста вірогідність середньострокових наслідків склала 35...48 %.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ

Шпак Н.Ю.¹⁾, керівник доц. Архипова В.В.^{1), 2)}

¹⁾Дніпровський державний аграрно-економічний університет

²⁾Український державний університет науки і технологій

Перед нашою державою стоїть ціла низка екологічних питань, вирішення яких стає невідкладним завданням.

Прісна вода є однією із найважливіших для будь-якої живої істоти речовин. Але Україна відноситься до країн, що недостатньо забезпечена прісною водою. Причому схід та центр країни, де зосереджена більша частина споживачів води, забезпечений набагато менше, ніж західна частина. І, крім наявності води, важливою є саме її якість. Більша частина населення та промисловості країни застосовує воду з поверхневих джерел (97%), що значно сильніше піддається впливу забруднювачів (важких металів, отрутохімікатів, фосфатні сполуки та ін.), ніж підземні.

Забруднювачі потрапляють і в атмосферу України. Найбільший вклад вносять різноманітні промислові виробництва, автомобілі, які викидають оксиди азоту, сірки та вуглецю, озон, тверді частинки, важкі метали тощо.

Сільське господарство є причиною трансформації природних біоценозів до агроландшафтів, на яких змінюється ґрунт, гідрологічний режим та рельєф місцевості, вирощуються монокультури. Відбувається поступова деградація ґрунтів, пов'язана з надмірною експлуатацією, ерозією, затопленням, використанням великої кількості добрив та отрутохімікатів.

Лісистість Україні складає лише 15,9%, але постійно відбувається зменшення їх площ завдяки незаконним вирубкам, неправильному відновленню лісів, недосконалому законодавству. Також необачність при застосуванні вогню у лісових масивах знищує не тільки самі дерева, але і лісове біорізноманіття.

Видобування сировини для промисловості та енергетики створює велику кількість відходів, оскільки вміст корисних речовин у сировині складає лише 5-10%, а все інше накопичується у вигляді відпрацьованої породи на поверхні землі. Навпаки, покинуті шахти стають джерелом осипання та просідання земної поверхні. Крім того, потрапляння шахтних вод у поверхневі джерела спричиняє забруднення великою кількістю важких металів, мінеральних солей, зважених речовин, бактерій та ін.

Важливою проблемою є накопичення значної кількості побутових відходів, що просто вивозяться на звалища, і стають осередком хімічного та біологічного забруднення повітря, вод та ґрунтів. Причому сортується лише 4% відходів; а державні програми по сортуванню та переробці сміття майже відсутні.

Зона відчуження біля Чорнобильської АЕС, що складає близько 2600 квадратних кілометрів, ще містить велику кількість радіонуклідів у поверхневому шарі ґрунту.

Останні три роки створили ще одне джерело забруднення навколишнього середовища, пов'язане з повномасштабним вторгненням на територію нашої держави. Воно є причиною потрапляння у навколишнє середовище паливно-мастильних матеріалів, продуктів згоряння, залишків згорілої техніки та боеприпасів, будівельних матеріалів та ін.

Таким чином, розв'язання цих проблем буде вимагати зусиль держави та всіх громадян разом.

Наукове видання

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ
“МОЛОДА АКАДЕМІЯ - 25”
22-23 травня 2025 року

ЗБІРНИК ТЕЗ

Том 1

Відповідальний редактор Л.З.Мартінова
Комп'ютерна верстка Л.З.Мартінова
Дизайн обкладинки Л.З.Мартінова

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