

С.П. Шуваєв¹, канд. техн. наук, голова правління, e-mail: spshuvaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7536-172X>

С.В. Семірягін², канд. техн. наук, доц., заступник генерального директора, e-mail: td.destal@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8733-3216>

К.Г. Нізяєв³, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри, e-mail: metsteel.dmeti@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9260-0964>

М.М. Бойко³, канд. техн. наук, доц., доцент, e-mail: maximboyko@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3557-9027>

О.М. Стоянов³, канд. техн. наук, доц., доцент, e-mail: san.dmeti68@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7136-7403>

М.В. Ягольник³, канд. техн. наук, доц., доцент, e-mail: Yagolnik@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2686-8601>

¹Акціонерне товариство «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат» (Покров, Україна)

²ТОВ НВП «Дніпроенергосталь» (Запоріжжя, Україна)

³Український державний університет науки та технологій (Дніпро, Україна)

Дослідження шляхів інтенсифікації агломераційного процесу в умовах акціонерного товариства «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат»

Використання в агломераційній шихті великої частки дрібнодисперсного концентрату і відходів металургійного виробництва, коливання складу агломераційної шихти та якості її підготовки, відхилення від норми технологічних параметрів спікання та низька ефективність механічної обробки спеченого продукту, знижує продуктивність агломераційних машин, призводить до підвищення витрати палива, погіршує якість агломерату. За таких умов зростає значення попередньої підготовки шихти та необхідне застосування способів інтенсифікації процесу спікання.

Наразі відома значна кількість способів інтенсифікації агломераційного процесу, ефективність кожного залежить від конкретних умов агломераційної фабрики, встановленого обладнання і сировинних матеріалів, які застосовуються.

В роботі було досліджено ефективність різних способів підвищення інтенсивності агломераційного процесу і якості агломерату для умов акціонерного товариства «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат» з визначенням раціональних технологічних заходів, спрямованих на покращення роботи підприємства. Дослідження проводилися на лабораторній агломераційній установці з використанням шихтових матеріалів та технологічних умов Богданівської агломераційної фабрики.

За результатами досліджень встановлено, що крупність шихтових матеріалів, які застосовуються на агломераційній фабриці, перевищує максимально допустимий розмір. Це знижує техніко-економічні показники процесу спікання та не дозволяє отримувати агломерат високої якості. Для покращення показників роботи агломераційних машин в досліджуваних умовах рекомендується використовувати попередню підготовку шихтових матеріалів перед використанням, а саме – дроблення для отримання раціональної крупності часток. Крім того, використання вапна, як часткова заміна вапняку у флюсовій суміші, дозволить підвищити якість агломерату.

Ключові слова: агломерація, інтенсифікація, підготовка шихти, якість агломерату, продуктивність, вапно.

Вступ. Інтенсивність агломераційного процесу є одним з важливих факторів, що визначають техніко-економічну ефективність як агломераційного виробництва, так і доменного процесу, для яко-

го агломерат є основним видом окускованої залізорудної сировини. Швидкість спікання агломераційної шихти значною мірою залежить від технологічних параметрів агломераційного процесу, тому системне

дослідження технологічних параметрів процесу, які визначають його інтенсивність, становить практичний і науковий інтерес.

Постановка задачі. Агломерація й сьогодні, й в прогнозованому майбутньому залишається основним способом підготовки залізорудної сировини до доменної плавки. Підвищення якості залізорудної частини доменної шихти є одним з найбільш ефективних заходів, які дозволяють збільшити продуктивність доменних печей і знизити питому витрату коксу [1].

Формування якості агломерату – основного залізо-вмісного компоненту доменної шихти, здійснюється на кожній стадії його виробництва. Існуюча технологія передбачає реалізацію комплексу заходів з підготовки агломераційної шихти, її спікання та подальшої механічної обробки спеченого продукту.

Слід зазначити, що коливання складу агломераційної шихти та якості її підготовки, відхилення від норми технологічних параметрів спікання та низька ефективність механічної обробки спеченого продукту не дозволяють отримувати агломерат високої якості. Вироблений за таких умов, він характеризується значною неоднорідністю мінералогічного, хімічного та гранулометричного складу і невисокою міцністю [2].

Використання в агломераційній шихті великої частки дрібнодисперсного концентрату і відходів металургійного виробництва – колошникового пилу і шламів, знижує продуктивність агломераційних машин і підвищує значення попередньої підготовки шихти та застосування способів інтенсифікації процесу спікання. Основний шлях збільшення продуктивності агломераційних машин – підвищення газопроникності шару шихти шляхом її ефективного огрудкування [3].

Наразі застосовують такі методи підвищення технологічних показників процесу агломерації [4]:

- використання вапна, яке позитивно впливає як на огрудкування шихти, так і на процес спікання. Збільшення кількості обпаленого вапна в шихті в даний час вважається основним методом підвищення продуктивності агломераційних машин;

- підвищення висоти шару, що спікається, є поширеним методом інтенсифікації агломераційного процесу, проте висота шару агломераційної шихти залежить від її газопроникності і допустимого розрідження в вакуум-камерах. Тому збільшення висоти

шару повинно супроводжуватися підвищенням газопроникності шихти;

- в зв'язку з тим, що частинки твердого палива володіють низькими властивостями щодо огрудкування, істотний позитивний вплив на гранулометричний склад огрудкованої агломераційної шихти має подача палива в кінці процесу огрудкування. Частинки палива розташовуються на поверхні гранул, завдяки чому прискорюється горіння палива, збільшується вертикальна швидкість спікання, і підвищується якість агломерату;

- позитивний вплив на процес огрудкування та газопроникність шару шихти має застосування роздільного огрудкування, під час якого окремо грудкуються дрібнодисперсні матеріали;

- значний ефект дає попередній нагрів шихти перед спіканням, в результаті якого знижується конденсація вологи в шарі під час спікання, і знижується руйнування гранул в зоні перезволоження.

Ефективність кожного способу інтенсифікації агломераційного процесу залежить від конкретних умов агломераційної фабрики, встановленого обладнання і сировинних матеріалів, які застосовуються.

Мета роботи. Метою роботи було дослідження ефективності способів підвищення інтенсивності агломераційного процесу і якості агломерату для умов Покровського гірничо-збагачувального комбінату з визначенням раціональних технологічних заходів, спрямованих на покращення роботи агломераційної фабрики.

Об'єкт і методика досліджень. В ході досліджень проводили лабораторні спікання агломерату з шихтових матеріалів, які використовуються на Покровському гірничо-збагачувальному комбінаті. Агломераційна шихта складається з наступних матеріалів: залізної руди, окалини, пилу фільтрів рукавних з імпульсною регенерацією (ФРІР), вапняку, коксику, звороту.

Хімічний склад шихтових матеріалів представлено в табл. 1.

Технічний аналіз коксику: A = 15,30 %, V = 1,63 %, S = 1,22 %, C = 82,37 %, W = 4,9 %.

Спікання проводилися на лабораторній установці, схему якої показано на рис. 1.

В ході спікання фіксували масу завантаженої шихти, усадку шару, час спікання, масу спека, швидкість

Таблиця 1

Хімічний склад шихтових матеріалів

№	Матеріал	Fe ₃	Mn ₃	P ₃	S ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C _{нел.}	в.п.п.
1	Залізна руда	59,07	0,93	0,050	0,28	1,49	82,73	1,20	13,1	1,00	1,07	0,30	0,00	1,42
2	Окалина	66,22	0,04	0,019	0,17	27,9	63,54	0,05	2,20	0,53	0,80	0,67	0,00	0,75
3	Пил ФРІР	38,90	0,74	0,035	0,03	2,00	53,35	0,96	7,36	1,25	24,02	0,22	3,00	3
4	Звичайний вапняк	2,31	0,00	0,030	0,05	0,00	3,30	0,00	2,90	1,20	50,00	2,50	0,00	38,7
5	Зола коксику	19,16	0,90	0,179	1,31	0,00	27,37	1,25	39,4	23,70	3,65	1,15	0,00	0

Примітка: C_{нел.} – вуглець нелеткий; в.п.п. – втрати при прожарюванні.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники агломераційного процесу та якості агломерату при зміні висоти шару та сили всмоктування

№ спікання	Висота шару, мм	Усадка шару, мм	Час спікання, хв	Швидкість фільтрації, м/с		Вихід придатного агломерату, %	Міцність на удар (+5 мм), %	Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	Питома продуктивність, т/м ² г
				початкова	кінцева				
1	250	30	9,5	4,38	4,57	51,82	83,5	26,32	1,08
2	450	7	23,5	2,17	1,51	49,33	83	19,15	0,75
3	585	11	35	1,65	0,61	47,04	82,5	16,71	0,61
4	585	21	24	3,09	2,54	52,42	85,8	24,38	1,00

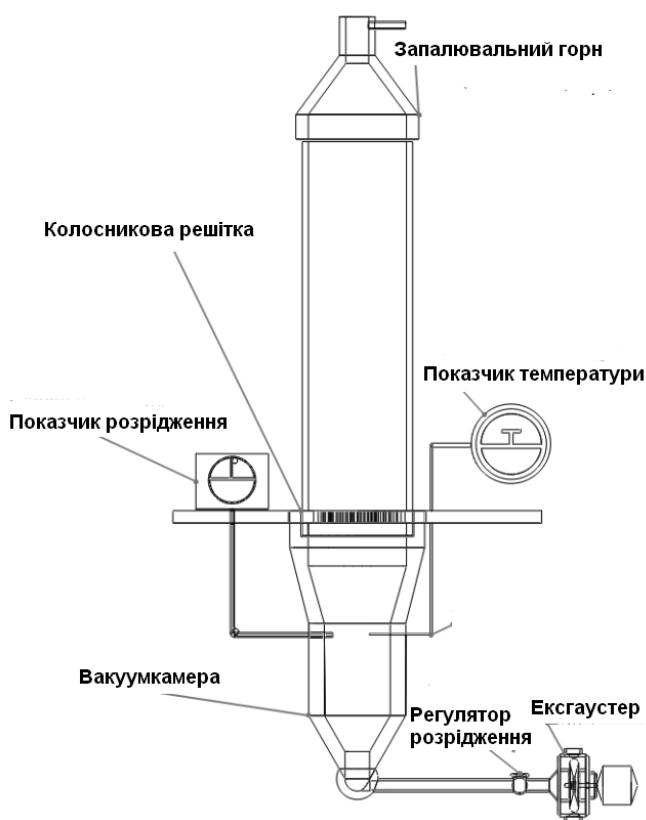


Рис. 1. Схема агломераційної установки

фільтрації повітря через шар до запалювання та після закінчення спікання, розрідження в вакуумкамері і температуру газів, що відходять. Визначали вихід придатного агломерату після закінчення спікання. Проводили випробування агломерату на міцність на удар (+5 мм). Розраховували вертикальну швидкість спікання і питому продуктивність.

Досліджували вплив на показники агломераційного процесу та якість агломерату висоти шару, швидкості фільтрації повітря крізь шар, крупності шихтових матеріалів, зміни в режимі огрудкування, додавання вапна у шихту.

Результати досліджень. У табл. 2 представлено техніко-економічні показники процесу спікання і якості агломерату при зміні висоти шару та сили всмоктування. Спікання проводилися для висоти шару 250, 450 і 585 мм при початковому розрідженні 5 і 7,5 кПа.

Обговорення результатів. Зменшення виходу придатного агломерату, яке спостерігалось зі збіль-

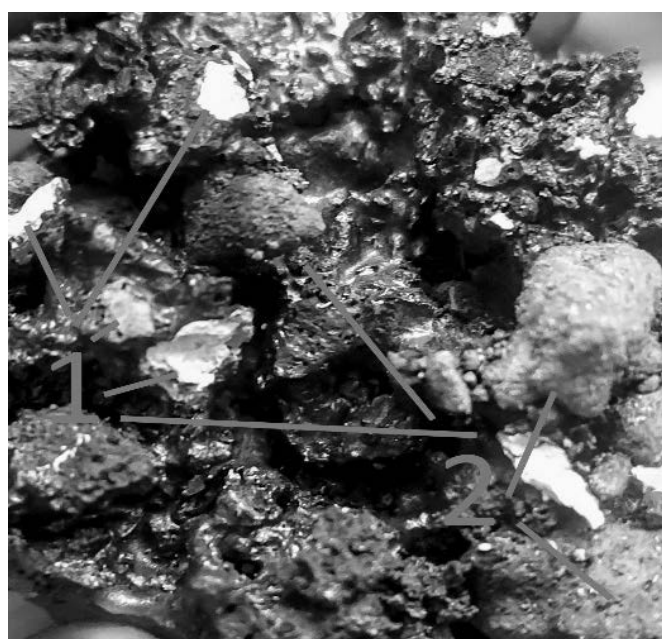


Рис. 2. Макроструктура базового агломерату: 1 – вапно, 2 – руда

шенням висоти шару, може бути пов'язано з гіршими умовами спікання матеріалів, більш низькою температурою в зоні горіння в зв'язку з меншою кількістю кисню, що надходить до палаючого палива в одиницю часу. Оскільки при постійному початковому розрідженні швидкість проходження через шар повітря знизилася з 4,38 до 1,65 м/с. Збільшення виходу придатного для високого шару спостерігається при збільшенні розрідження у вакуумкамері.

Зниження міцності агломерату на удар при збільшенні висоти шару пояснюється тими же змінами в процесі спікання, що і зниження виходу придатного. Варто відзначити, що для всіх варіантів спікання міцність агломерату залишалася на прийнятному рівні і відповідає ТУ У 07.1-00190928-012:2018.

При спіканні на підвищеній висоті шару і розрідженні 7,5 кПа досягалася максимальна міцність на удар – вихід фракції +5 мм після випробувань на рівні 85,8 %.

На рис. 2 представлено макроструктуру агломерату, отриманого з агломераційної шихти згідно з витратними коефіцієнтами технологічних інструкцій Покровського гірничо-збагачувального комбінату.

Макроструктурний аналіз показав, що в готовому агломераті присутні у великій кількості включення незапоного вапна (1) і руди (2). Дані включення є джерелами напруження і сприяють руйнуванню агломерату і пилоутворення. Особливо шкідливий вплив вапна, яке при контакті з вологою гідратується і руйнує шматочки агломерату.

Отримана структура свідчить про перевищення раціональної крупності вапняку і руди (використовується матеріал з розмірами частинок більше 3 і 10 мм відповідно). Тому в першу чергу при бажанні поліпшити процес отримання залізородного агломерату на якомусь конкретному підприємстві необхідно привести у відповідність до класичних вимог крупність шихтових матеріалів, що використовуються. Компоненти агломераційної шихти надходять на комбінат в шматках різної крупності. Підготовка матеріалів по крупності зводиться насамперед до зменшення розміру шматка.

За даними численних досліджень, наведених в літературі і проведених на власному досвіді в лабораторних умовах, відомо наступне [6–7].

Такі матеріали, як залізородний концентрат, колошниковий пил, марганцева руда, окалина та ін., не потребують дроблення і подрібнення. Підготовка до агломерації колошникового пилу, окалини та інших дрібних добавок зводиться до видалення з них грохоченням сторонніх предметів.

Практика роботи металургійних заводів показує, що зміна верхньої межі крупності агломераційної руди від 10 до 5 мм практично не позначається на продуктивності агломераційних машин і якості агломерату. У той же час руди крупніше 10 мм спікаються погано і дають агломерат, який легко руйнується. Таким чином, розмір часток залізної руди для використання при агломерації повинен бути в межах 0–10 мм. Руду крупніше 10 мм необхідно відсівати і дробити.

Максимальний розмір частинок вапняку в агломераційній шихті не повинен перевищувати 3 мм. В цьому випадку відбувається повна дисоціація CaCO_3 , при цьому CaO , що утворилося, повністю засвоюється.

Взагалі не слід допускати крупності палива вище 3 мм. Небажано також занадто високий вміст паливного пилу (нижче 0,5 мм і особливо 0,1 мм). Таким чином, на відміну від вапняку, для якого чим дрібніше частинки, тим швидше вони дисоціюють і засвоюються агломераційним розплавом, частинки палива – коксик, повинні мати оптимальні розміри – 1–3 мм.

Відомим способом інтенсифікації агломераційного процесу при складному фракційному складі шихтових матеріалів є застосування роздільного огрудкування шихти [8–9].

Аналіз літературних даних показує, що для отримання якісного агломерату необхідно формувати в ньому блочну структуру з оптимальним мінералогічним складом міжблокової зв'язки, найбільш міцними компонентами якої є ферити кальцію і олівіні низької основності. Цього можна досягти шляхом використання роздільного огрудкування шихти на етапі її підготовки до спікання.

Кращі за рівномірністю показники просочування вологи належать композиту з концентрату, руди і вапняку завдяки взаємодії компонентів з різною поверх-

невою активністю. Це дозволяє обґрунтувати ефективність роздільної підготовки шихти, при якій гранули формуються не тільки навколо великих шматків руди і повернення, а й завдяки взаємодії дрібних компонентів з активними властивостями поверхні.

Ще одним позитивним моментом є те, що після роздільного огрудкування шихти, в порівнянні з сумісним огрудкуванням, значно зменшується кількість неогрудкованої фракції 0–1 мм, і збільшується еквівалентний діаметр гранул; зменшуються показники середньо-квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації, що свідчить про отримання більш однорідного гранулометричного складу сирих гранул.

Одним з найбільш дієвих способів інтенсифікації агломераційного процесу є застосування вапна в складі шихти [10].

Істотний ефект дає використання обпаленого вапна, яке позитивно впливає на процес. Так, наприклад, на деяких металургійних заводах витрата обпаленого вапна становить до 80 кг/т агломерату. Обпалене вапно має велику контактну поверхню і покращує грудкуємість шихти. Об'єм вапна при взаємодії з водою різко зростає, що сприяє збільшенню газопроникності агломераційної шихти. Вапно дуже гігроскопічне і швидко поглинає воду, яку приносить газова фаза до нижніх шарів на агломераційній стрічці, перешкоджаючи утворенню зони перезволоження. Це одночасно зі збільшенням механічної міцності грудок зменшує опір цього шару руху газової фази.

Ще кращі результати виходять при накопченні на гранули огрудкованої шихти частини обпаленого вапна. Позитивний ефект обумовлений підвищенням інтенсивності нагріву та кращими умовами утворення первинного розплаву в зоні формування агломерату. Створюються умови для утворення в зоні спікання рідких фаз з бажаними поверхневими властивостями.

Використання при попередній грануляції негашеного вапна дозволяє підняти висоту спікаемого шару шихти до 500–650 мм і мати питому продуктивність на рівні 1,9–2,0 т/м² год.

З огляду на вищенаведену інформацію проведено лабораторну апробацію трьох варіантів способів поліпшення показників агломераційного процесу для умов Покровського гірничо-збагачувального комбінату.

Перший варіант. Підготовка вихідних компонентів шихти по крупності. Для цього руду, зворот і окалину просівали на ситі 10 мм, в шихту використовували матеріали крупністю 0–10 мм. Вапняк, паливо просівали на ситі 3 мм – використовуються в шихту розміром 0–3 мм. Пил застосовувався в початковому стані.

Другий варіант. Роздільне огрудкування частини залізородних матеріалів і флюсу. Для цього відсівали руду і вапняк на ситі 3 мм. Руду і вапняк 0–3 мм, а так само увесь пил огрудковували окремо. Інша частина шихти з рудою і вапняком крупністю більше 3 мм змішувалася окремо. Після змішувалися обидві частини, і провадилося додаткове огрудкування.

Третій варіант. Застосування вапна. Для цього 50 % вапняку замінювали на вапно в кількості, необхідній для забезпечення заданої основності. Вапно змішували з пилом і попередньо огрудковували, інші

Таблиця 3

Техніко-економічні показники агломераційного процесу та якості агломерату при зміні висоти шару та сили всмоктування

№ спікання	Висота шару, мм	Час спікання, хв	Швидкість фільтрації, м/с		Вихід придатного агломерату, %	Міцність на удар (+5 мм), %	Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	Питома продуктивність, т/м ² г
			початкова	кінцева				
Базове спікання	300	9	6,35	6,75	69,40	84,3	33,33	1,58
Варіант 1	300	8	4,75	6,60	74,56	84,4	37,50	1,84
Варіант 2	300	8,5	6,60	6,78	73,15	84,4	35,29	1,75
Варіант 3	300	9	6,69	6,41	73,05	86,4	33,33	1,71

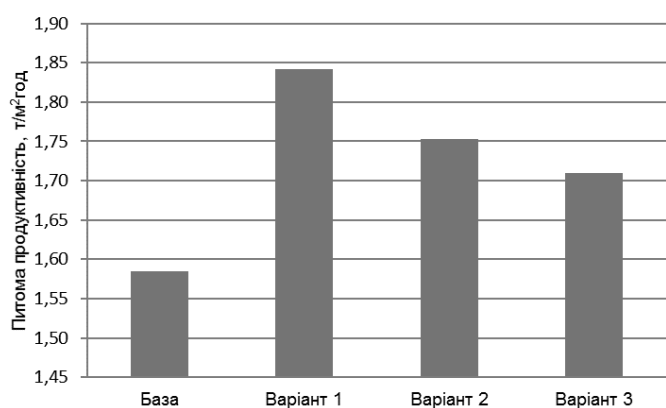


Рис. 3. Зміна питомої продуктивності агломераційної установки при застосуванні різних способів інтенсифікації агломераційного процесу

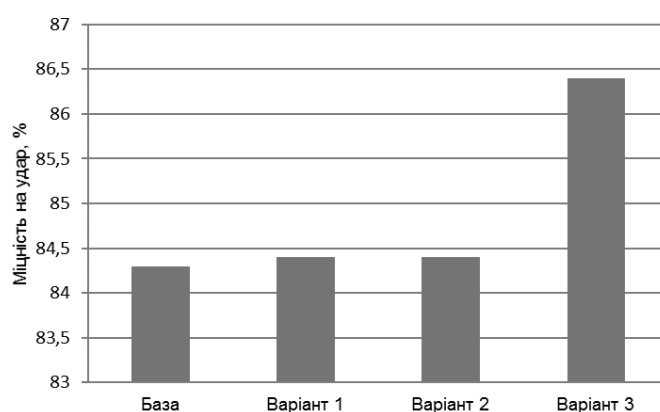


Рис. 4. Зміна міцності агломерату на удар при застосуванні різних способів інтенсифікації агломераційного процесу

компоненти шихти змішували, додавали пил з вапном і проводили додаткове огрудкування.

Вихідні компоненти шихти відповідали першій серії дослідів. Їх хімічний склад наведено в табл. 1. Іншу методику проведення спікання, крім зазначених вище особливостей варіантів 1–3, описано вище. Техніко-економічні показники процесу спікання і якості агломерату для базового спікання і поліпшених по варіантах 1–3 показані в табл. 3. На рис. 3 і 4 представлено залежності питомої продуктивності установки і міцності агломерату на удар від способів підготовки шихти до спікання.

З рис. 3 видно, що всі три запропоновані варіанти покращення підготовки матеріалів до спікання дозволяють підвищити продуктивність агломераційної установки. При цьому максимальний приріст продуктивності досягається застосуванням в шихті матеріалів заданої, згідно з технологічною інструкцією, крупності.

З рис. 4 видно, що значний приріст міцності агломерату досягається включенням до складу шихти вапна. На рис. 5 наведено зовнішній вигляд отриманих агломератів.

Видно, що застосування непідготовлених по крупності вихідних матеріалів призводить до великої кількості незасвоєного флюсу (білі ділянки на фото рис. 5). У свою чергу використання вапняку розміром 0–3 мм дозволило практично повністю виключити наявність незасвоєного флюсу в агломераті (рис. 5, фото «Варіант 2»). Заміна частини вапняку вапном також

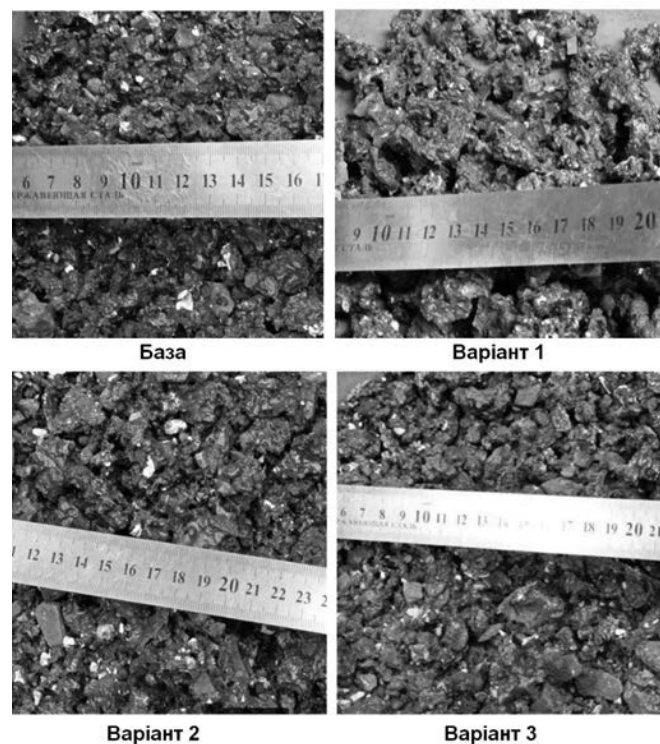


Рис. 5. Зовнішній вигляд агломератів при застосуванні різних способів інтенсифікації агломераційного процесу зменшила кількість незасвоєного флюсу (рис. 5, фото «Варіант 4»).

Таким чином, можна рекомендувати як заходи щодо поліпшення техніко-економічних показників роботи

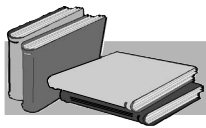
Богданівської агломераційної фабрики: застосування шихтових матеріалів заданої крупності (залізна руда, окалина та зворот 0–10 мм, вапняк і паливо 0–3 мм) – для підвищення продуктивності і застосування в шихті вапна (як часткова заміна вапняку) – для підвищення міцності отриманого агломерату.

Висновок

За результатами досліджень встановлено, що крупність шихтових матеріалів, які застосовуються на Богданівській агломераційній фабриці, перевищує максимально допустимий розмір. Це знижує техніко-

економічні показники агломераційного процесу та не дозволяє отримувати агломерат високої якості.

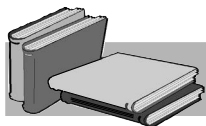
Для покращення показників роботи агломераційних машин рекомендується використовувати попередню підготовку шихтових матеріалів перед використанням, а саме – дроблення для отримання раціональної крупності часток. Крім того, використання вапна в якості флюсу дозволить підвищити якість агломерату. Запропоновані рішення не потребують значних змін в поточній технологічній схемі роботи агломераційної фабрики.



ЛІТЕРАТУРА

1. Семакова В.Б., Пилиugin Е.И., Безруков В.В. Исследование процесса спекания агломерата с добавкой в шихту калиброванного возврата. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2011. № 2 (23). С. 40–45.
2. Бочка В.В., Сова А.В., Двоглазова А.В. Улучшение качества агломерата путем усовершенствования способа подготовки шихты. *Металл и литье Украины*. 2019. № 1–2. С. 3–10.
3. Плотников В.В., Сaitгареев Л.Н. Интенсификация агломерационного процесса за рахунок вдосконалення технології комбінованого огрудування і завантаження шихти. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. 2012. № 25. С. 41–46.
4. Безверхий И.В., Томаш А.А. Исследование влияния интенсифицирующих факторов на показатели процесса агломерации. *Наукові праці ДонНТУ. Металургія*. 2009. № 11 (159). С. 3–12.
5. Мных А.С., Яковлева И.Г., Пазук М.Ю., Овчиникова И.А. Исследование газодинамического сопротивления слоя полидисперсной агломерационной шихты, подготовленной к спеканию. *Промышленная теплотехника*. 2015. Том 3. № 5. С. 16–22.
6. Греков В.В., Семенов А.К., Исаенко Г.Е., Кузнецов А.С. Пути повышения производительности агломашин и освоение производства различных видов агломерата. *Сталь*. 2005. № 12. С. 6–8.
7. Савельев С.Г., Кондратенко М.Н. Системное исследование технологических параметров, определяющих интенсивность агломерационного процесса. *Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия*. 2021. Т. 64. № 3. С. 184–191. DOI: <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-3-184-191>
8. Бочка В.В., Сова А.В., Двоглазова А.В., Ягольник М.В., Ващенко М.О. Особливості спікання агломерату при використанні шихти з попередньо підготовленими композитами. *Сучасні проблеми металургії*. 2019. № 22. С. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2019.01.01>
9. Исаенко Г.Е., Сапрыкин А.Н., Кузнецов А.С., Пузанов В.П., Фролов Ю.А. Комбинированное окомкование агломерационной шихты в аппаратах барабанного типа и тарельчатых грануляторах. *Сталь*. 2009. № 8. С. 2–7.
10. Бочка В.В., Двоглазова А.В., Сова А.В., Бочка Р.С., Бойко М.М. Оцінка ефективності використання комплексного флюсу при спіканні агломерату. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2017. № 3. С. 9–14.

Надійшла 10.01.2022



REFERENCES

1. Semakova, V.B., Pilyugin, E.I., Bezrukov, V.V. (2011). Investigation of the sintering process of agglomerate with the addition of a calibrated return to the charge. *Visnik Pryazov's'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Seriya: Tekhnichni nauky*, no. 2 (23), pp. 40–45 [in Russian].
2. Bochka, V.V., Sova, A.V., Dvoeglazova, A.V. (2019). Improvement of the quality of agglomerate by improving the method of charge preparation. *Metall i lit'e Ukrainy*, no. 1–2, pp. 3–10 [in Russian].
3. Plotnikov, V.V., Saitgareev, L.N. (2012). Intensification of the agglomeration process for the development of the detailed technology of the combined cuttings and mixing of the batch. *Visnik Pryazov's'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu*, no. 25, pp. 41–46 [in Ukrainian].

4. Bezverkhii, I.V., Tomash, A.A. (2009). Study of the influence of intensifying factors on the indicators of the agglomeration process. *Naukovi pratsi DonNTU. Metallurgiya*, no. 11 (159), pp. 3–12 [in Russian].
5. Mnykh, A.S., Yakovleva, I.G., Pazuk, M.Yu., Ovchinnikova, I.A. (2015). Investigation of the gas-dynamic resistance of a layer of a polydisperse sintering mixture prepared for sintering. *Promyshlennaya teplotekhnika*, vol. 3, no. 5, pp. 16–22 [in Russian].
6. Grekov, V.V. Semenov, A.K., Isaenko, G.E., Kuznetsov, A.S. (2005). Ways of increasing the productivity of sintering machines and mastering the production of various types of sinter. *Stal'*, no. 12, pp. 6–8 [in Russian].
7. Savel'ev, S.G. Kondratenko, M.N. (2021). Technological parameters determining the sintering process intensity. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*, vol. 64, no. 3, pp. 184–191, doi: <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-3-184-191> [in Russian].
8. Bochka, V.V. Sova, A.V., Dvoyehlazova, A.V., Yagolnik, M.V., Vashchenko, M.O. (2019). Features of agglomerate sintering using batch with previously prepared composites. *Modern problems of metallurgy*, no. 22, pp. 3–12, doi: <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2019.01.01> [in Ukrainian].
9. Isaenko, G.E., Saprykin, A.N., Kuznetsov, A.S., Puzanov, V.P., Frolov, Yu.A. (2009). Combined pelletizing of sinter batch in drum-type apparatus and disk granulators. *Stal'*, no. 8, pp. 2–7 [in Russian].
10. Bochka, V.V., Dvoehlazova, A.V., Sova, A.V., Bochka, R.S., Boyko, M.M. (2017). Evaluation of the efficiency of the using a complex flux on the sintering process. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*, no. 3, pp. 9–14 [in Ukrainian].

Received 10.01.2022

Summary

S.P. Shuvaev¹, PhD (Engin.), Chairman of the Board,
e-mail: spshuvaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7536-172X>
S.V. Semyriahyn², PhD (Engin.), Associate Professor, Deputy CEO,
e-mail: td.destal@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8733-3216>
K.H. Niziaiev³, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Head of the Department,
e-mail: metsteel.dmeti@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9260-0964>
M.M. Boyko³, PhD (Engin.), Associate Professor, Assistant Professor,
e-mail: maximboyko@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3557-9027>
O.M. Stoianov³, PhD (Engin.), Associate Professor, Assistant Professor,
e-mail: san.dmeti68@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7136-7403>
M.V. Yagolnik³, PhD (Engin.), Associate Professor, Assistant Professor,
e-mail: Yagolnik@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2686-8601>

¹Joint Stock Company “Pokrovskiy Girnycho-Zbagachuvalniy Kombinat”
(Pokrov, Ukraine)

²LTD Scientific and Manufacturing Enterprise Dneproenergostal
(Zaporizhzhia, Ukraine)

³Ukrainian State University of Science and Technology (Dnipro, Ukraine)

Research of ways of intensification of agglomeration process for Joint Stock Company “Pokrovskiy Girnycho-Zbagachuvalniy Kombinat”

The use in the sinter charge of a large proportion of fine concentrate and waste metallurgical production, fluctuations in the composition of the sinter charge and the quality of its preparation, deviations from the norm of technological parameters of sintering and low efficiency of machined sintered product, reduces the productivity of sintering machines, leads to increased fuel consumption, degrades the quality of the sinter. Under such conditions, the importance of prepreparation of the charge and the necessary use of methods to intensify the sintering process increases.

Currently, a significant number of ways to intensify the sintering process is known, the effectiveness of each depends on the specific conditions of the sinter plant, the installed equipment and raw materials used.

The efficiency of various ways to increase the intensity of the sintering process and the quality of the sinter for the conditions of the Joint Stock Company “Pokrovskiy Girnycho-Zbagachuvalniy Kombinat” was investigated with the definition of rational technological measures aimed at improving the operation of the enterprise. The research was carried out on a laboratory sinter plant using charge materials and technological conditions of the Bogdanov sinter factory.

According to the results of research, it is established that the size of charge materials used in the sinter plant exceeds the maximum allowable size. This reduces the technical and economic performance of the sintering process and prevents the

production of high quality agglomerate. To improve the performance of sintering machines in the studied conditions, it is recommended to use pre-treatment of charge materials before use, namely crushing to obtain a rational particle size. In addition, the use of lime, as a partial replacement of limestone in the flux mixture, will improve the quality of the sinter.

Keywords

Sintering, intensification, charge preparation, sinter quality, productivity, lime.