

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії та організації виробництва

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП



Юрій РЕКОВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Аглодоменне виробництво»
за спеціальністю 136 Металургія

на тему **«Вибір оптимального способу використання
металургійних відходів при агломерації»**

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

Наставник від бази
практики

Дмитро КІРЕЄВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Марк УМАНСЬКИЙ

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Олександр ФОМЕНКО

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>металургії та організації виробництва</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Аглодоменне виробництво</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Юрій РЕКОВ

25 грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Уманському Марку Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Вибір оптимального способу використання металургійних відходів при агломерації»
керівник роботи Ягольник Максим Вікторович, доцент, канд. техн. наук.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №238/14.10.2024 від 14.10.2024 р
2. Термін подання роботи: 15 лютого 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики агломераційного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПАТ «Запоріжсталь», м. Запоріжжя.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітична оцінка способів використання відходів при агломерації. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи агломераційних машин з використанням металургійних відходів у шихті. Визначення взаємозв'язків впливу металургійних відходів на основні технологічні показники процесу агломерації. Розробка пропозицій по оптимальному способу використання відходів при агломерації. Розділ 3. Охорона праці. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 6 слайдів основної частини, 1 слайд економічна частина.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Розділ 1	Ягольник М.В., доцент
Розділ 2	Ягольник М.В., доцент
Розділ 3	Ягольник М.В., доцент
Розділ 4	Латишева О.В, доцент

7. Дата видачі завдання 25.12.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретичний розділ (Аналітично-пошуковий)	25.12.2024-03.01.2025
2	Розділ 2. Технологічний розділ	03.01.2025-23.01.2025
3	Розділ 3. Охорона праці	23.01.2025-26.01.2025
4	Розділ 4. Економічний розділ	26.01.2025-30.01.2025
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, автореферат	30.01.2025-03.02.2025
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025-05.02.2025
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	05.02.2025-15.02.2025
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	15.02.2025-20.02.2025

Здобувач

Марк УМАНСЬКИЙ

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

АНОТАЦІЯ

Уманський М.А. Вибір оптимального способу використання металургійних відходів при агломерації. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Аглодоменне виробництво» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Об'єкт дослідження: металургійні відходи для спікання агломерату який в свою чергу використовується в доменному виробництві.

Предмет дослідження: вплив використання металургійних відходів в технології спікання агломерату.

У розділі 1 приведено конструкцію та технічну характеристику сучасних агломераційних машин, розглянуто технологічні особливості виробництва агломерату та основні вимоги до якості агломерату, визначено особливості газоочищення та пиловловлювання в агломераційному виробництві.

У розділі 2 розглянуто результатами дослідно промислових випробувань використання залізовмісних відходів. Основні матеріали дослідження та приведено методика вдосконалення процесів агломерації при використанні металургійних відходів.

У розділі 3 проаналізовано потенційно-небезпечні та шкідливі чинники аглодоменного виробництва, розглянуто електробезпеку, пожежну та техногенну безпеку в умовах агломераційного цеху. А також проведений розрахунок освітленості приміщення керування АМ-1.

У розділі 4 Розрахунку очікуваної економічної ефективності від впровадження технології використання окалини в агломераційній шихті.

АГЛОМЕРАТ, АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЯ СПІКАННЯ АГЛОМЕРАТУ, ГАЗООЧИЩЕННЯ, ПИЛОВИДАЛЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА	9
1.1 Конструкція та технічна характеристика сучасних агломераційних машин	10
1.2 Технологічні особливості виробництва агломерату	19
1.3 Основні вимоги до якості агломерату	21
1.4 Особливості газоочищення та пиловловлювання в агломераційному виробництві	23
1.5 Висновки	26
2 АНАЛІЗ ДАНИХ РОБОТИ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ МАШИН З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВІДХОДІВ У ШИХТІ	27
2.1 Результати дослідно-промислових випробувань використання в аглошихті продукту залізовмісного агломераційного (АГЛОМАШ ПІВДГЗК)	27
2.1.1 Показова робота агломераційного цеху	29
2.1.2 Продуктивність агломераційних машин	30
2.1.3 Якість агломерату	31
2.1.4 Висновки	33
2.1.5 Пропозиція	34
2.2 Результати дослідно-промислових випробувань використання в аглошихті шламу залізовмісного ДМЗ	39
2.2.1 Показники роботи агломераційного цеху	42
2.2.2 Продуктивність агломераційних машин	43
2.2.3 Якість агломерату	45
2.2.4 Пропозиція	51
2.3 Результати дослідно-промислових випробувань використання в аглошихті відсіву окатишів ПівнГЗК	51
2.3.1 Основні параметри роботи агломераційних машин	53
2.3.2 Якість агломерата при використанні відсіву окатишів ПівнГЗК	55
2.3.3 Висновки та пропозиції	57
2.4 Результати дослідно-промислових випробувань по визначення впливу висновку аглоруди при виробництві агломерату та заміні її на МОС-1 з питомою витратою 50 кг/т на продуктивність агломашин і якість агломерату	58

2.4.1 Структура ЖРС	59
2.4.2 Показники роботи агломераційного цеху, якість агломерата	60
2.4.3 Якість агломерата	62
2.4.4 Висновки	63
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
3.1 Шкідливі та небезпечні фактори	68
3.2 Засоби попередження	69
3.3 Захист працівників від небезпечних речовин	71
3.4 Законодавчі вимоги	71
3.5 Розрахунок освітленості приміщення керування АМ-1	72
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	76
4.1 Розрахунок планової собівартості агломерату	76
4.2 Розрахунок планових витрат по переробці агломерату	78
4.3 Очікувана економічна ефективність технології	81
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
ДОДАТОК А	90
ДОДАТОК Б	91
ДОДАТОК В	92
ДОДАТОК Г	93
ДОДАТОК Д	94
ДОДАТОК Е	95
ДОДАТОК Ж	96
ДОДАТОК З	97

ВСТУП

Переробка, відновлення ресурсів, управління відходами та охорона навколишнього середовища були одними з головних проблем майже в усіх видобувних і переробних галузях. Ці три сфери тісно інтегровані одна з одною, і важливість кешу неухильно зростала протягом останніх півстоліття. Це почалося з усвідомлення забруднення навколишнього середовища, спричиненого майже всіма основними галузями промисловості, як через утворені відходи, які потрібно утилізувати, так і через побічні ефекти, спричинені використанням ряду промислових продуктів.

Повна система управління відходами сьогодні має включати зменшення відходів, повторне використання та переробку компонентів і побічних продуктів, на додаток до методів утилізації, таких як захоронення та спалювання.

Скорочення стосується дій, які зменшують кількість утворених відходів і, зрештою, потребують управління. Це також називається мінімізацією відходів і вимагає впровадження існуючих технологій таким чином, щоб максимізувати ефективність виробництва та збирати побічні продукти та «відходи», що утворюються, і досліджувати їх використання з корисною метою.

Повторне використання визначає дії, засновані на повторному використанні чогось у його початковій формі для тієї самої мети або з якоюсь новою до того часу, поки це не стане відходом і потребує управління. Згідно з цими визначеннями, необхідно досягти мінімізації, перш ніж щось стане відходами.

Після утворення відходів є два основні варіанти: переробка та утилізація.

Переробка – це дії, які ведуться таким чином, що призводять до використання матеріалів, що утворюють відходи, як сировини для

певного продукту чи застосування, що виходить із утилізації. Це робиться шляхом розділення відходів у джерелі або шляхом вилучення з них матеріалів за допомогою різних методів, фізичних, хімічних, термічних або біологічних.

Варіанти утилізації включають відповідність нормативним вимогам шляхом утримання, яке може включати методи затвердіння або інкапсуляції. Часто «відходи», які утворюються в процесі, все ще містять матеріал потенційної цінності.

З розвитком нових технологій стає можливим подальша обробка та відновлення цінних матеріалів. Відновлення ресурсів, як буде пояснено далі, служить подвійній меті: зменшенню обсягу відходів, що викидаються, і створенню економічних побічних ефектів. Синергія побічних продуктів — ще одна концепція, яка використовується на основі принципу, що «м'ясо для однієї людини — отрута для іншої», тобто відходи однієї компанії можуть бути хорошою сировиною для іншої діяльності. Це складне розширення концепції обміну відходами, де перераховуються надлишки продуктів і цей список розповсюджується серед можливих користувачів перелічених продуктів.

На сьогодні чорна металургія України ї однією з найпотужніших галузей промислового виробництва. Враховуючи, що значна більшість виготовленого металу, близько 80 % [1], йде на експорт, особливу увагу слід приділяти якості готової продукції, яка безпосередньо залежить від споживчих показників сировини. В умовах конкуренції на світових ринках збуту металу, фактор якості та собівартості продукції відіграє домінуючу роль в утриманні замовників.

Аналіз сучасного стану аглодоменного виробництва [2]–[10] показує, що використання металургійних відходів в процесі агломерації є вельми актуальною і своєчасною задачею для економічних показників підприємства.

Відомо, що агломераційне виробництво і, відповідно, пов'язане з ним виробництво чавуну та сталі є основними забруднювачами навколишнього середовища. Так, наприклад, в м. Маріуполь на ПАТ «Металургійний комбінат імені Ілліча» та в м. Кривий Ріг на ПАТ «Криворіжсталь» питомі викиди пилу досягають від 5 кг/т сталі до 7 кг/т сталі, тоді як на аналогічних підприємствах країн Євросоюзу питомі викиди пилу складають в межах від 0,4 кг/т сталі до 0,5 кг/т сталі [3].

В сучасному агломераційному виробництві у якості сировини для виробництва агломерату з кожним роком все більше застосовують тонкоподрібнених матеріалів. Також зростає і частка залізорудного концентрату, який є основним компонентом залізорудної частини агломераційної шихти [4]. Поряд з цим, все більшого застосування знаходять побічні продукти виробництва: пил газоочищення, продукти переробки сталеплавильних шлаків та інші [7].

На сьогодні основну масу шихти для виробництва офлюсованого агломерату для доменного цеху в умовах ПАТ «Запоріжсталь» складають дрібнодисперсні матеріали: тонкоподрібнені залізні концентрати, колошниковий пил, шлаки та інші відходи металургійного виробництва, які суттєво впливають на його якість, а також знижують кількість.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Відомо, що агломерація – це спосіб огрудкування корисних мінералів шляхом спалювання палива в шарі руди, її наступного розплавлення, за рахунок тепла, що виділяється при горінні палива, й кристалізації розплаву.

Процес агломерації розрізняється:

1. За напрямом фільтрації повітря через шар шихти (зверху донизу або знизу вгору).
2. За процесом розсмоктування повітря під дією розрідження або продувом при позитивному тиску.
3. За апаратним оформленням:
 - в апаратах періодичної дії (агломераційні чаші);
 - у безперервно діючих апаратах (стрічкові, кільцеві або шахтні агломераційні установки).

До складу сучасної агломераційної фабрики входять наступні основні споруди, оснащені відповідним механічним обладнанням:

- відділення вагоноперекидачів;
- прийомні бункера;
- відділення розподілу сирих матеріалів;
- шихтові бункера;
- відділення дроблення і подрібнення флюсу і палива;
- відділення первинного змішування;
- відділення агломерації;
- відділення газоочисних споруд;
- відділення нагрівачів повітря (ексгаустерів);
- відділення охолодження і сортування агломерату;
- відділення сортування повернення [6].

На сьогодні на аглофабриках в основному виробляють

офлюсований агломерат, тобто в шихту вводять вапняк і вапно, щоб агломерат містив СаО. Це робиться для офлюсовання кислих окатишів, які вводять в доменну піч, так як продуктивність аглофабрики не може забезпечити роботу доменних печей на 100 % агломерату.

Основні переваги офлюсованого агломерату:

- виключення з доменної плавки ендотермічної реакції розкладання карбонатів;
- поліпшення відновлювальної здатності газів в самій доменній печі внаслідок зменшення розведення їх двоокисом вуглецю, одержуваної від розкладання карбонатів;
- поліпшення відновлюваності агломерату, так як вапно витісняє оксиди заліза з важковідновлюємих силікатів заліза;
- поліпшення процесу шлакоутворення, так як в офлюсовані агломерату оксиди щільно контактують один з одним;
- зменшення числа матеріалів, що завантажуються в доменну піч.

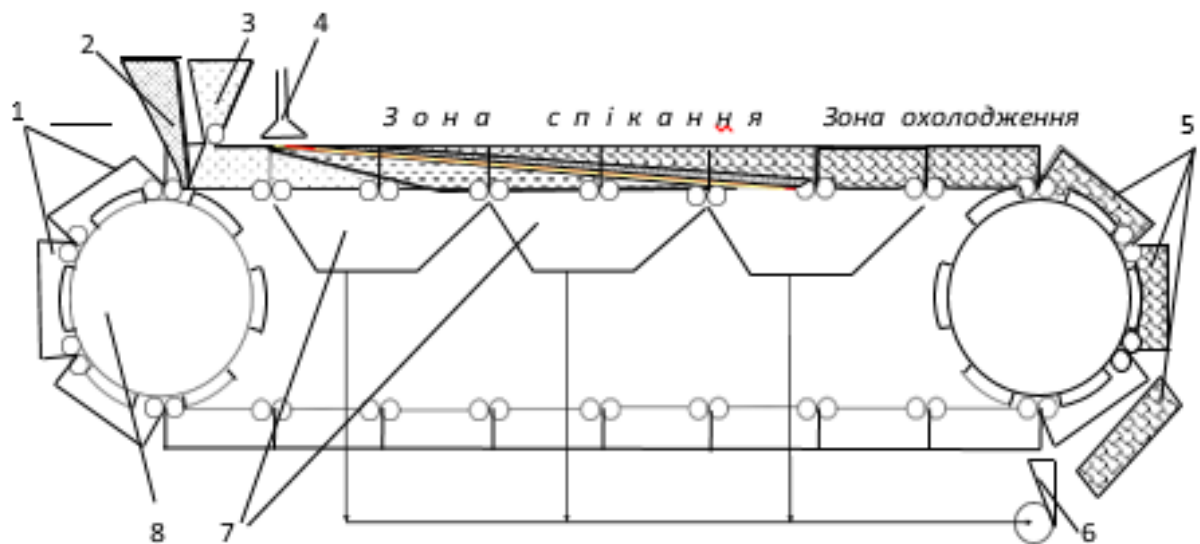
Тобто застосування офлюсованого агломерату дозволяє працювати без завантаження «сирого» вапняку в доменну піч, а також призводить до скорочення витрати дорогого коксу в межах від 6 % до 15 % [8].

1.1 Конструкція та технічна характеристика сучасних агломераційних машин

При агломерації залізних руд найбільше поширення одержала – стрічкова агломераційна машина, яка наведена на рис. 1.1.

Машини стрічкового типу представляють собою безперервний ряд візків (палет) (1), що шарнірно з'єднані між собою та мають в нижній частині колосникові решітки. Палети безупинно рухаються, та на них спочатку укладачем (2) розміщується тонкий шар постелі, що

представляє собою готовий агломерат крупністю від 8 мм до 15 мм, або великі частинки шихти без додавання палива. Постіль охороняє колосникову решітку від впливу високих температур, запобігає просипанню шихти через зазори решітки й полегшує схід пирога готового агломерату. На шар постелі укладачем (3) завантажується основний шар шихти. Шихта це суміш частинок руди із частинками палива, але при виробництві офлюсованого агломерату додатково додається необхідна кількість флюсових компонентів у вигляді твердих частинок.



1 - візки (палети) для спікання шихти з колосниковими решітками; 2 - укладач постелі; 3 – укладач шихти; 4 – запальний горн; 5 – готовий агломерат; 6 – екстаустер (витяжний вентилятор-газовсмоктувач); 7 – вакуум- камери; 8 – провідна зірочка привода агломераційної стрічки

Рисунок 1.1 – Схема стрічкової агломераційної машини

Частинки палива, що перебувають у верхньому шарі шихти, проходячи під запальним горном (4) запалюються. Через те, що через шар шихти постійно просмоктуються повітря за допомогою витяжного

вентилятора (6), зона горіння твердого палива поступово переміщається від верхнього шару до колосникової решітки. До моменту закінчення процесу агломерації палета досягає розвантажувальної частини машини, де перекидається й із неї вивантажується готовий агломерат (5).

Спікання агломерату відбувається на машинах конвеєрного типу за рахунок горіння твердого палива в шарі шихти, що спікається. Процес є газодинамічних, так як здійснюється шляхом прососа значних обсягів повітря через шар при термообробці шихти і щілини колосникових грат. Для досягнення хорошого спікання, шихту необхідно завантажувати на візки шаром постійної висоти і не допускати її переущільнення, яке знижує газопроникність шару, вертикальну швидкість спікання і, відповідно, продуктивність агломераційної машини.

Для зменшення забивання щілин колосникового поля візків шихтою і запобігання колосників і підколосникових балок від перегріву перед завантаженням шихти на візок, укладається захисний шар донної ліжку крупністю від 5 мм до 15 мм, відсіяти з агломерату.

Основною частиною сучасних конвеєрних агломераційних машин (рис. 1.2) є візки-палети, переміщаються по рельсам. Вони визначають трудомісткість виготовлення агрегатів, їх надійність в роботі і витрати на обслуговування. Маса комплексу спікальних візків становить понад 50% від загальної маси агломераційної машини. Спікальних візок (рис. 1.3) складається з корпусу, ходового і вантажного роликів, ущільнювальної пластини, колосників, підколосникових балок і бортів. Конструкція і розміри візків залежать від параметрів агломераційної машини.



Рисунок 1.2 – Сучасна агломераційна машина

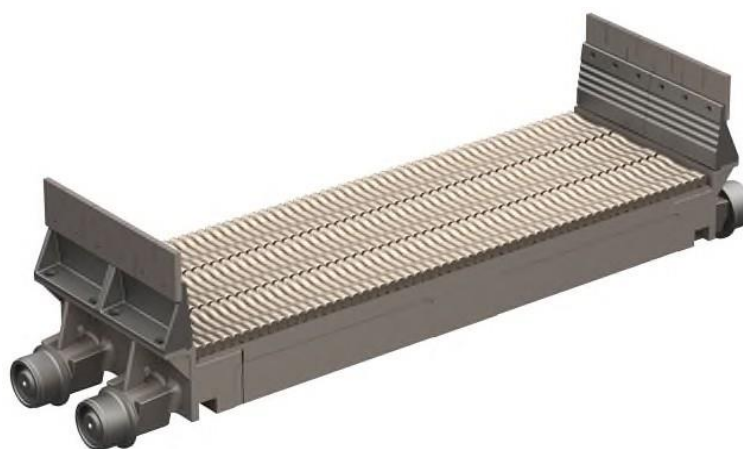


Рисунок 1.3 – Спікальний візок

Привід агломераційної машини (рис. 1.4) складається з електродвигуна, редуктора, однієї або двох пар відкритих передач і двох зірочок. Одна з зірочок жорстко посаджена на головний вал машини, інша - жорстко закріплена на барабані, до якого також жорстко зафіксована провідна зірочка. Така конструкція забезпечує одночасне захоплення палети двома зірочками. Регулювання швидкості можливо завдяки застосуванню двигуна постійного струму або воротарів при установці двигунів змінного струму. Разом з двигунами змінного струму використовується індукційна муфта ковзання ІМТ-7. На приводному валу встановлено гальмо. Привід монтується на рамі агломераційної машини [2, 6].

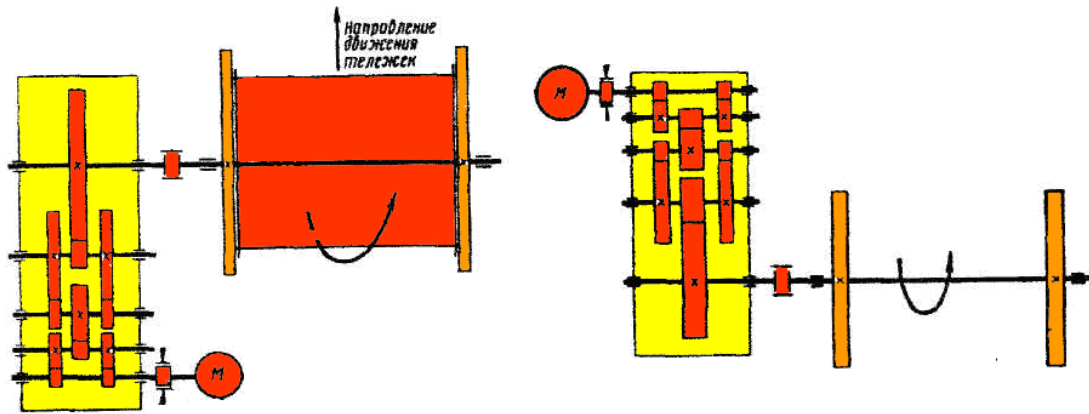


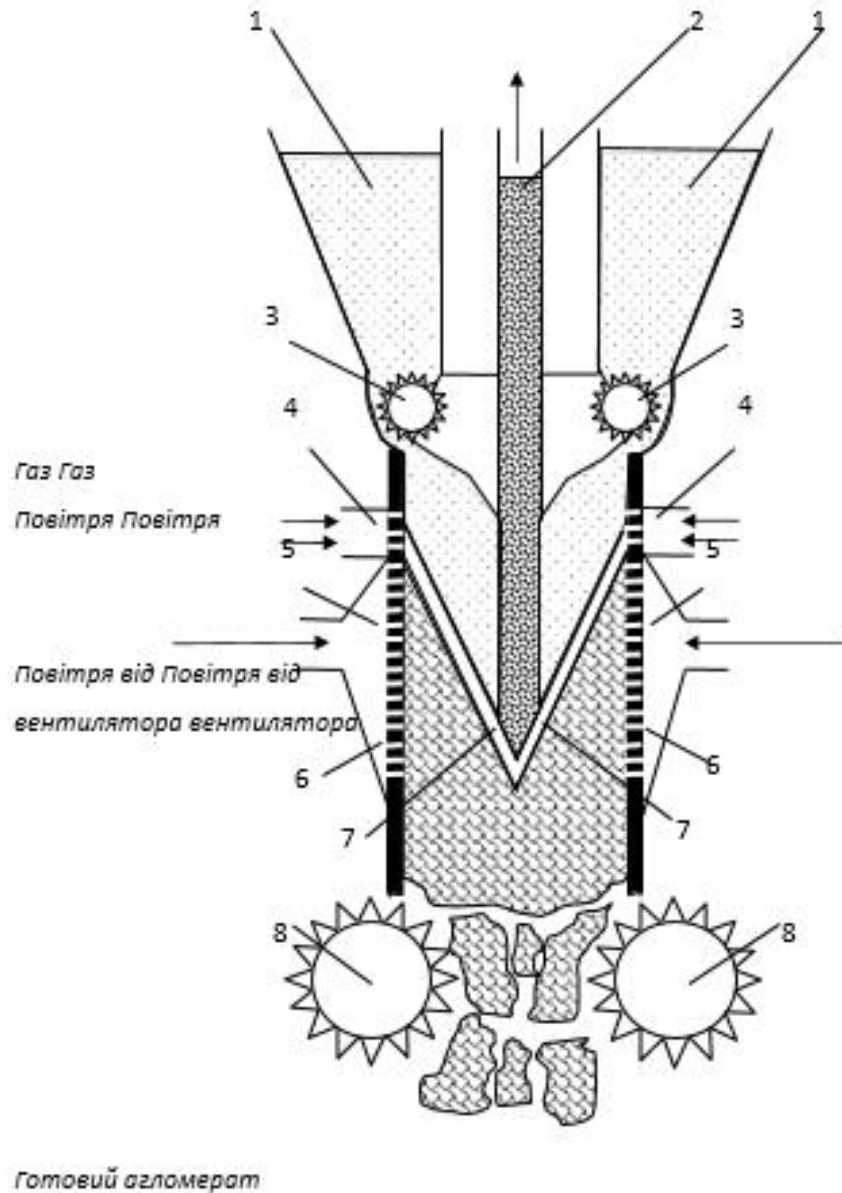
Рисунок 1.4 – Кінематичні схеми приводу стрічки спікальних візків

Технічні характеристики сучасних агломераційних машин [9] приведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики сучасних агломераційних машин

Технічна характеристика	К-50	К-75	АКМ-192	АКМ-200	АКМ-250	АКМ-312	АКМ-50	АКМ-62	АКМ-75	К-5,2	АКМ-18	АКМ-5/160	АКМ-100	АКМ-105
Площа спікання, м ²	50	75	192	204	252	312	50	62	75	5,2	18	85	100	105
Ширина шару, що спікається, м	2	2,5	3	4	4	4	2,02	2,5	2,5	0,75	1,5	2,5	2,5	2,5
Товщина шару, що спікається, м	0,3	0,3	0,6	0,3	0,45	0,35	0,35	0,3	0,3	0,35	0,5	0,3	0,3	0,3
Швидкість руху візку для спікання, м/хв.	4,36	4,5	4,5	6,0	6,0	8,0	4,36	4,0	4,0	0,45	0,5	4,0	4,0	4,0
Продуктивність, т/год.	40-90	65-135	220-260	200-240	250-350	400-500	40-90	82	60-90	5,0	25-30	81,3	130	140
Продукт	Fe-агломерат									Fe-окотиші	Mn-агломерат			

При агломерації руд кольорових металів найбільше поширення одержала шахтна агломераційна машина, яка відрізняється за конструктивним виконанням (рис. 1.5).



1 – бункер пилуватої руди; 2 – центральна шахта для завантаження шихти більшої крупності та відводу продуктів горіння; 3 – барабани живильники пилуватої шихти; 4 – запальний горн; 5 – повітряні камери; 6 – перфоровані стінки шахти; 7 – зона горіння; 8 – барабани з рифленою поверхнею для дроблення агломерату

Рисунок 1.5 – Схема шахтної агломераційної машини

Зверху біля стінок шахти безупинно завантажується пилювата аглошихта (1), що змішана з коксовим дріб'язком. По осі шахти завантажується більш крупний матеріал (2) (наприклад, повернення або частинки крупної руди). Опускаючись в шахті, шихта спочатку проходить повз запальний горн (4), де вона через отвори запалюється полум'ям газових горілок. В камери (5) подається повітря під тиском (від 4,0 кН/м² до 5,0 кН/м²), яке через отвори (6) проходить в шахту, завдяки чому формуються дві зони горіння твердого палива (7), які рухаються назустріч одна одній. Швидкість опускання шихти підбирається таким чином, щоб дві зони горіння займали постійне положення в робочому просторі машини. Продукти горіння твердого палива видаляються крізь центральний стовп матеріалу, який має підвищену газопроникливість. Непереривність процесу забезпечується постійним завантаженням шихти зверху та розвантаженням готового агломерату знизу. Машина не має рухомих частин, працює без ексгаустера й забезпечує спікання шару шихти до 1 м.

Не зважаючи на тип устаткування, що використовується, агломерація носить яскраво виражений зональний характер процесу горіння твердого палива і якщо взяти відносно малу ділянку шихти в деякий період часу, можливо, показати наступні зони (рис. 1.6):

- готовий агломерат (1);
- горіння твердого палива (2);
- інтенсивного нагрівання шихти (3);
- запальний горн(4);
- сушіння (5);
- перезволоження (6);
- початкової шихти (7);
- постелі (8).

У зоні горіння шихта проходить стадію плавлення, що супроводжується усадкою та утворенням пористої макроструктури

агломерату. Внаслідок переміщення зони горіння вниз відбувається кристалізація та охолодження розплаву. Повітря, що проходить через шар готового агломерату, охолоджує його, нагріваючись до високих температур і надходить у зону горіння твердого палива. Гази, що відходять із зони горіння, віддають своє тепло на дуже короткій відстані, підігріваючи наступний шар до температури запалення, а в зоні сушіння відбувається інтенсивне видалення вологи із шихти і її підігрів. Надалі в результаті різкого зниження температури газів, що відходять, з них конденсується волога та осідає на наступний шар холодної шихти, утворюючи зону перезволоження. Таким чином, зона горіння поступово переміщається до колосникової решітки, проходячи всю висоту шару шихти за відносно короткий проміжок часу (від 15 хв. до 20 хв.).

Температура газів, що відходять, внаслідок завершення процесу теплообміну, близько 70 % часу (від загального періоду спікання) становить від 50 0С до 60 0С і лише при підходженні зони горіння до колосникової решітки підвищується до максимального значення від 1200 0С до 1500 0С. Середня температура газів, що відходять, становить від 100 0С до 150 0С.

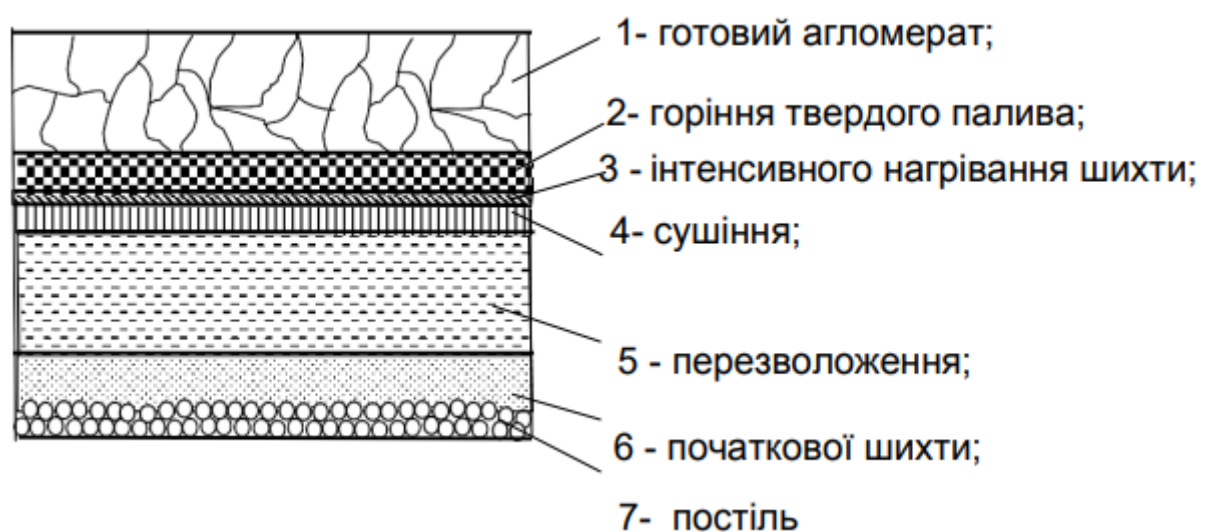


Рисунок 1.6 – Послідовність розміщення температурних зон у деякий період часу за висотою шихти

Необхідна кількість палива в шихті становить від 3% до 7% за вагою або від 7 % до 12 % за об'ємом. Сильно розвинена питома поверхня дрібних частинок шихти, незначний їхній тепловий опір і відносно велика теплоємність шихти утворюють сприятливі умови теплообміну між газом і твердим матеріалом. Внаслідок малих розмірів частинок палива й інтенсивного теплообміну висота зони горіння в шарі шихти має невелику довжину й становить, за експериментальним даними, від 20 мм до 30 мм.

Висоту зони горіння можна визначити з рівняння:

$$h = T_z \cdot V_B, \quad (1.1)$$

де T_z – середня тривалість горіння однієї частки палива, с;

V_B – швидкість просування зони запалення, м/с.

Швидкість руху фронту зони запалення також можна визначити з виразу:

$$V_B = 1,35 \frac{W_g C_g}{\rho_{ш} C_{ш}} \quad (1.2)$$

де w_g – швидкість фільтрації газу, м/с;

C_g і $C_{ш}$ – теплоємність, відповідно газу й матеріалу шихти, кДж/(кг·град);

$\rho_{ш}$ – насипна щільність шихти, кг/м³.

Швидкість спікання шихти вс дорівнює відношенню товщини шару початкової шихти до загальної тривалості процесу агломерації, якщо приймати за закінчення процесу агломерації максимальне значення температури газів, що відходять:

$$v_c = \frac{h_w}{t_a} \quad (1.3)$$

Незважаючи на відносно низький вміст палива в шарі шихти температура в зоні запалення досягає у верхньому шарі від 1100⁰С до 1200⁰С та в наступних від 1400⁰С до 1600⁰С [6, 10].

1.2 Технологічні особливості виробництва агломерату

Для отримання окускованого продукту високої якості з дрібних пилових руд і концентратів, а також добавок відходів металургійного виробництва та флюсів, наприклад, на ПАТ «Запоріжсталь» передбачається наступний цикл операцій:

- прийом, розвантаження, складування і усереднення сировинних матеріалів;
- попередня механічна і теплотехнічна підготовка сировинних матеріалів, що надходять на агломерацію, яка полягає в дробленні і сортуванні твердого палива, подрібненні, сортуванні і випалюванні флюсів - звичайного і доломітизованого вапняків;
- дозування компонентів шихти (або сумішей компонентів) згідно з розрахунком шихти на заданий хімічний склад агломерату;
- змішування, зволоження і огрудкування шихти з попереднім підігрівом перед завантаженням, шляхом введення в її склад гарячого повернення і обпаленої вапна;
- завантаження шихти на палети агломераційної машини;
- запалювання шихти газовими сурмами;
- відсмоктування продуктів згоряння ексгаустерів;
- розвантаження і механічна обробка агломерату з попередніми дробленням, грохоченням і виділенням повернення;
- транспортування готового агломерату в доменний цех залізничним транспортом в хоперах;

– випробування і контроль якості агломерату: міцності і хімічного складу безпосередньо на аглофабриці та в доменному цеху [7].

Процес агломерації на ПАТ "Запоріжсталь" включає наступні основні етапи (рис. 1.7).

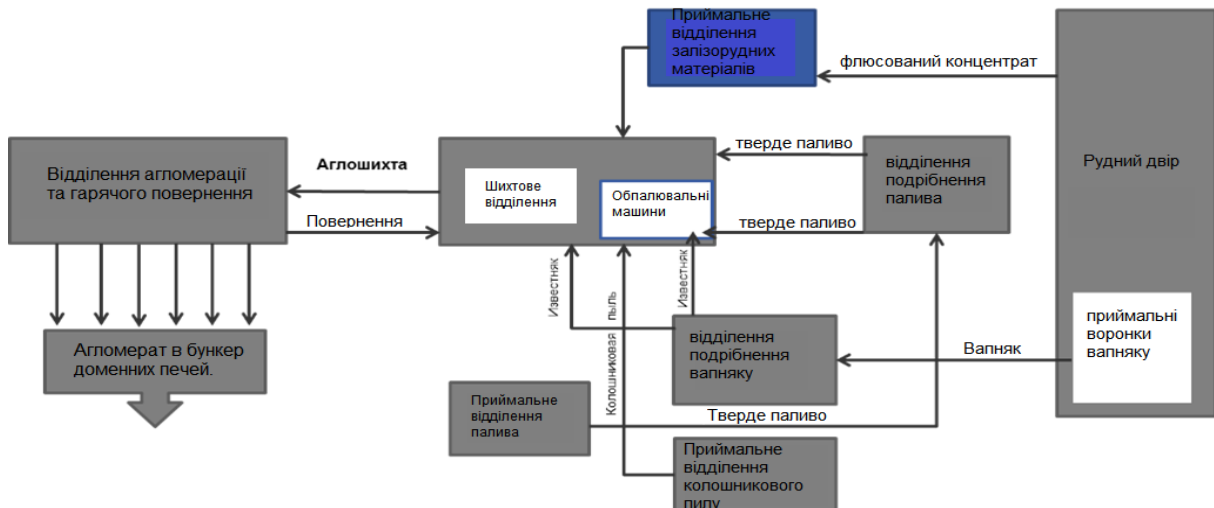


Рисунок 1.7 – Основні етапи процесу агломерації

При виробництві офлюсованого агломерату поступає додатково флюс у вигляді вапняку, доломіту або магнезиту. Часто рудні компоненти і шихта мають необхідну крупність. Паливо і флюс мають завищену крупність, а тому для їх підготовки до необхідної крупності застосовують операції дроблення, грохочення і подрібнення. Підготовлені компоненти до необхідної крупності поступають в спеціальні бункери - силоси, звідки дозуються в заданому співвідношенні для приготування шихти. Змішення відбувається залежно від крупності компонентів в одну або дві ступені. Після чого отримана шихта направляєється на агломерацію.

Готовий агломерат піддається дробленню і грохоченню. Гаряче повернення застосовують для інтенсифікації процесу (підігріву шихти) і

направляють в операцію змішення. Готовий же за крупністю агломерат охолоджують, повторно класифікують, де з нього виділяється постіль, що направляється на агломерацію, і новоутворений дріб'язок. Готовий за крупністю і охолоджений агломерат направляють на склад готової продукції, або безпосередньо в металургійний цех на плавку.

1.3 Основні вимоги до якості агломерату

Залізорудний агломерат є сировинним матеріалом для доменної плавки, тому вимоги до його якості визначаються умовами роботи доменних печей. Основні вимоги до якості залізорудних матеріалів для доменного виробництва зводяться до наступного [10]:

- за хімічним складом: максимальний вміст заліза, оптимальна основність, стабільність хімічного складу;
- за фізичними властивостями: висока механічна міцність, мінімальна стиранність в звичайному стані і збереження цих якостей в процесі нагрівання і відновлення;
- за фізико-хімічними властивостями: висока відновлюваність, висока і стабільна температура початку розм'якшення.

Проби агломерату для хімічного аналізу відбирають згідно ГОСТ 15054-80 [11] з охолоджувачів, з хоперів, які доставляють агломерат в доменний цех.

На сьогодні для хімічного аналізу агломератів використовують швидкодіючі установки для спектрального аналізу - квантометри, що дозволяють визначати всі необхідні елементи в дуже короткий час.

Для встановлення міцності агломерату використовують метод обробки проби в обертовому барабані згідно ГОСТ 15137-77 [12].

Показником міцності агломерату (барабаним числом) є вихід класу > 5 мм, а вихід класу <0,5 мм служить характеристикою стирання.

Міцність агломерату в процесі відновлення визначають у барабані, що обертається, з подачею газу-відновника при заданому температурному режимі з подальшим визначенням крупності випробуваного матеріалу (ГОСТ 19575-84 [13]).

Міцність при відновленні визначають за масою класу > 10 мм, руйнуємість – за масою класу від 0,5 мм до 5 мм, стиранність – по масі класу $< 0,5$ мм.

Пористість агломерату зазвичай становить від 30 % до 60 % та визначається як відношення об'єму пор в шматку агломерату до його об'єму, або як співвідношення між істиною та вдаваною щільністю.

$$Q^1 = \frac{V_n}{V_a} \cdot 100\% = \frac{\rho_{icm} - \rho_{ed}}{\rho_{icm}} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Збільшення відновлюваності агломерату збільшує техніко-економічні показники доменної плавки. Лабораторне визначення відновлюваності залізородних матеріалів проводиться відповідно до ГОСТу 17212-84 [14].

Розм'якшуємість агломерату визначають в лабораторних умовах на установці, що імітує поступовий нагрів агломерату в доменній печі і тиск вище розміщених частинок шихти.

Відомо, що між якістю агломерату і вихідними залізородними матеріалами існує слабка кореляційний зв'язок, тобто гарне усереднення компонентів шихти ще не є достатньою умовою для отримання високоякісного агломерату. Якісні характеристики агломерату на 78–96 % залежать від умов процесу дозування шихтових матеріалів і їх підготовки по тракту подання шихти.

Тому на сучасних аглофабриках дуже велика увага приділяється точності і постійності дозування компонентів агломераційної шихти [16].

1.4 Особливості газоочищення та пиловловлювання в агломераційному виробництві

На сьогоднішній день у промисловості застосовують механічний, електричний і фізико-хімічний способи очищення газів.

Механічне і електричне очищення використовують для уловлювання з газів твердих і рідких домішок, а газоподібні домішки уловлюють фізико-хімічними способами. Механічне очищення газів проводять осадженням частинок домішок під дією сили тяжіння або відцентрової сили, фільтрацією крізь волокнисті і пористі матеріали, промивкою газу водою або іншою рідиною.

Найбільш простим, але малоефективним і рідко вживаним є спосіб осадження крупного пилу під дією сили тяжіння.

Інерційний спосіб осадження частинок пилу (або капіж рідини) заснований на зміні напрямку руху газу із зваженими в нім частинками.

Тканинні і паперові фільтри, а також фільтри у вигляді шару коксової дрібниці, гравію або яких-небудь пористих матеріалів (наприклад, пористої кераміки) застосовують для очищення газів за допомогою фільтрації.

Рукавні фільтри (рис. 1.8) служать головним чином для уловлювання вельми тонкого пилу; наприклад, при очищенні газів, що відходять від стрічкових агломераційних машин, в рукавних фільтрах уловлюється від 98% до 99 % всього пилу. Очищення газів від пилу промивкою водою застосовують в апаратах різного типу. Секційний рукавний фільтр для очищення газу містить корпус 1 з патрубками 2 та 3, він розділений рукавної дошкою 4 на камери брудного і чистого газу. Камера чистого газу фільтра розділена на секції 5. У рукавної дошці 4 встановлені рукава 6, фільтруюча поверхня яких виконана з тканини. Над рукавами 6 змонтовані сопла системи імпульсної регенерації 7. Секції 5 газоходами 8 з'єднані з відводять патрубком 3 фільтра. У газоходах 8

змонтовані відсікають заслінки 9 і ежектори системи виявлення пошкодження поверхні, що фільтрує рукавів 6, ежектори складаються з підвідного патрубка 10 і приймального патрубка 11, які виведені назовні газоходу 8. Приймальний патрубок 11 ежектора з'єднаний з камерою 12 датчика наявності пилу. Камера 12 датчика наявності пилу обладнана патрубком 13 введення регенеруючого повітря, а її вихідний патрубок 14 з'єднаний з газоходів 8. Камера 12 обладнана прозорими бічними стінками 15, зовні яких навпроти один одного встановлені фотоелемент 16 і джерело світла 17 зі змінними світлофільтрами 18. На патрубках 10, 11, 13 і 14 встановлена запірно-регулююча арматура у вигляді вентилів або пробкових кранів 19, 20, 21 і 22.

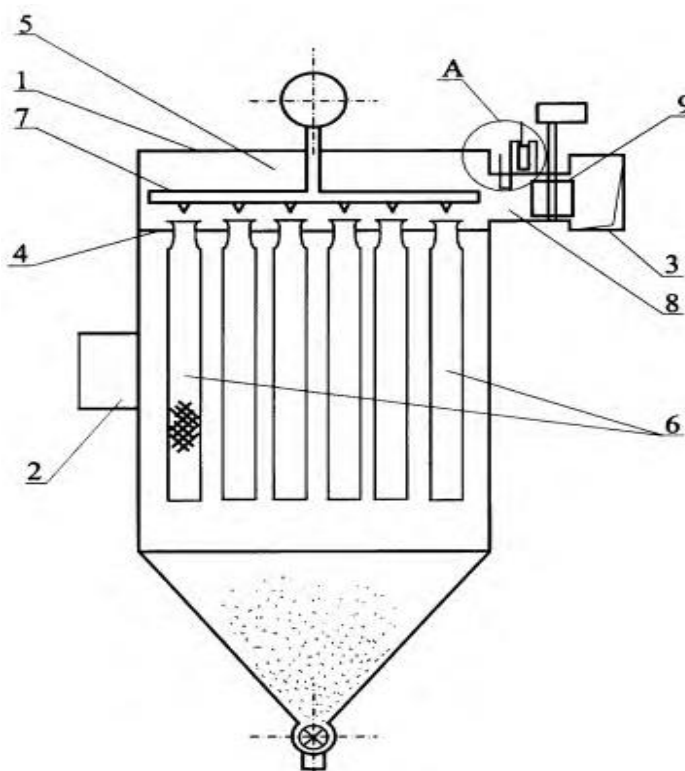


Рисунок 1.8 – Схема стаціонарного рукавного фільтру

Найбільш широкого поширення набули Скрубери, мокрі циклони, швидкісні пиловловлювачі і пінні пиловловлювачі.

Методи фізико-хімічного очищення застосовують для видалення газоподібних домішок. До таких методів відносяться промивка газів

розчинниками (абсорбція); промивка газів розчинами реагентів, що зв'язують приміси хімічно (хімічна абсорбція); поглинання домішок твердими активними речовинами (адсорбція); фізичне розділення (наприклад, конденсація компонентів), каталітичне перетворення домішок в нешкідливі з'єднання.

Вибір пиловловлювача обумовлений фізико-хімічними властивостями частинок і газів, що очищаються, але визначає служить дисперсний склад (розмір) уловлюваних частинок. При коагуляції первинні частинки об'єднуються в агломерати, тобто укрупнюються.

Тому при виборі пиловловлювача важливу роль грає діаметр сферичної частинки, що має таку ж швидкість осадження, як і дана несферична частинка або агрегат. Пиловловлювачі зазвичай підрозділяють на апарати механічного (сухою і мокрою) і електричного очищення. Робота будь-якого пиловловлювача заснована на використанні одного або декількох механізмів осадження зважених в газах частинок [18, 19].

Відомо, що температура агломераційних газів не перевищує межу від 100 0С до 150 0С, та вони мають в середньому концентрацію пилу від 2,5 г/м³ до 3 г/м³. Вміст класу – 250 мкм у даному пилу становить 90 %, з них 20 % у класі – 40 мкм. Щільність пилу становить – від 3,5 т/м³ до 4 т/м³, а насипна щільність – 2 т/м³.

На сьогоднішній день на сучасній аглофабриці для пиловловлення застосовують сухе, мокре або комбіноване пиловловлення.

При сухому способі очищення є можливість безпосереднього використання вловленого пилу при приготування шихти. Недоліком цього способу є те, що ефективність пиловловлення не перевищує межу від 95% до 98%.

При мокрому способі схема пиловловлення більш проста та одержують більше високі показники очищення газів, але є необхідність в згущенні та фільтрації пилу.

При комбінованому способі очищення для вловлювання основної маси пилу (грубозернистої частини) застосуються сухий спосіб, а для більше високого очищення димових газів (дрібнодисперсна частина) застосовується мокре пиловловлення.

При агломерації найбільше поширення одержала суха система пиловловлення, що складається із грубого та тонкого очищення. Грубе очищення здійснюється в пилових камерах, які мають набагато більший об'єм, ніж газопроводи. Внаслідок різкого зниження швидкості газу при входженні в пилову камеру з нього випадають найбільш грубі частинки. Для тонкого очищення використовують систему батарейних циклонів, а на останній стадії очищення – електрофільтри. В залежності від витрати газу в одній установці батарейних циклонів їх кількість може досягати від 300 шт. до 1000 шт.

При мокрому пиловловленні використовують труби Вентурі та мокрі пиловловлювачі. Витрата води при мокрому пиловловленні становить від 0,2 т/м³ до 0,5 л/м³. При газоочищенні сірчистих газів застосовується тільки мокра система пиловловлення, що істотно ускладнює схему і вимагає більшої витрати води до 5 л/м³ [19].

1.5 Висновки

1. Проаналізовано технічні характеристики та конструкція сучасних агломераційні машини для агломерації залізних руд та руд кольорових металів, технологічні особливості виробництва агломерату та газоочищення й пиловловлювання агломераційного виробництва.

2. На основі практичного досвіду агломераційного виробництва в умовах ПАТ «Запоріжсталь», проаналізовано характер використання металургійних відходів при агломерації.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при роботі агломератника в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

Агломератник здійснює змішування, зволоження, окомкування шихти, завантаження шихти на агломераційну машину, запалювання шихти, виробництво агломерату, дроблення агломерату, видалення повертаня, завантаження агломерату в хопера, проводить відбір проб агломерату, під наглядом контролера ОТК.

Постійним місцем роботи агломератника, де він бере участь у виробничому процесі при виконанні своїх обов'язків, є верхні віброживильники, з розвантажувальними воронками, змішувальні барабани, завантажувальні частини агломашин, аглострічка, аглодробарка, вібропросіювач [17].

До непостійних (короткочасних) місць роботи відносяться:

- а) майданчик для відбору проб агломерату;
- б) плуг - платформа для очищення шляхів навантаження агломерату;
- в) залізничні колії навантаження агломерату №№ 1, 2, 3 та стрілочні переводи №№ 2, 4, 6, 19.

Коротка характеристика технологічного процесу та обладнання, яке застосовується на робочому місці агломератника.

Технологічний процес починається з змішування на верхньому віброживильнику (8 кВт електродвигун), зволоження і окомкування шихти в змішувальному барабані (довжиною 7,5 м, діаметром 2,5, зі швидкістю обертання 8 об/хв), завантаження шихти на спекательні візки за допомогою нижнього віброживильника (8 кВт електродвигун), запалюванням шихти за допомогою полум'я пальника запального горна (4 торцеві пальники СНД - 22АГ), і власне процес спікання агломерату на агломашинах (АК - 50, АК-75), дроблення агломерату (одновалкової,

щокової дробарки), відсів дрібниці агломерату (повертання) через вібропросіювач, навантаження агломерату в хопера через стаціонарний жолоб [17].

3.1 Шкідливі та небезпечні фактори

У процесі роботи на підприємстві на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі фактори [24]:

- рухомі машини, автотранспорт та механізми;
- рухомі незахищені елементи механізмів, машин та виробничого обладнання;
- падаючі вироби техніки, інструмент та матеріали під час роботи;
- ударна хвиля (вибух посудини, що працює під тиском пари рідини);
- струмені газів і стікаючих рідин з посудин і трубопроводів під тиском;
- підвищені запыленість та загазованість повітря;
- підвищена чи знижена температура поверхонь техніки, обладнання та матеріалів;
- підвищена чи знижена температура, вологість та рухомість повітря;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультра- та інфразвуку;
- підвищене напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичного електрики;
- гострі кромки, задирки й шорсткість на поверхнях обладнання й інструментів;
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність об'єктів у порівнянні з тлом;

- пряма близькість (прожекторне освітлення територій виробництв, світло фар автотранспорту) та відбита близькість (від розлитої води та інших рідин на поверхні територій виробництв); [25]
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової та інфрачервоної радіації;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини);
- хімічні речовини, що проникають в організм через органи дихання, шлунково кишковий тракт, шкірні покриви та слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) та продукти їхньої життєдіяльності;
- перевантаження (статичні та динамічні) та нервово-психічні фактори (емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів, розумова перенапруга, монотонність праці).

3.2 Засоби попередження

На агломераційних підприємствах питання техніки безпеки та охорони праці мають першорядне значення через високий рівень потенційних небезпек, що супроводжують виробничий процес. Для зменшення ризиків та запобігання нещасним випадкам, впроваджуються різноманітні засоби попередження.

Одним із ключових засобів попередження є регулярні інструктажі та навчання працівників. Нові працівники, а також ті, що переходять на нові посади або обладнання, повинні пройти початковий інструктаж з техніки безпеки. Регулярно проводяться повторні інструктажі для всіх працівників, що дозволяє оновлювати їхні знання та навички щодо безпечного виконання робіт. Також здійснюється спеціальне навчання

для роботи з небезпечними матеріалами та реагування на аварійні ситуації [22].

Для попередження нещасних випадків використовуються сигнальні системи та знаки. У місцях з підвищеною безпекою встановлюються попереджувальні знаки, які інформують працівників про можливі ризики. Звукові та світлові сигнали використовуються для оперативного оповіщення про небезпеку або аварійну ситуацію, що дозволяє швидко вжити необхідних заходів.

Особиста безпека працівників забезпечується за допомогою засобів індивідуального захисту (ОЗЗ). Працівники отримують каски, респіратори, захисні окуляри, рукавички та інші ОЗЗ, які знижують ризик отримання травм або впливу шкідливих речовин. Особлива увага приділяється регулярній перевірці стану та справності цих засобів, а також їх своєчасній заміні [20].

Ефективні системи вентиляції встановлюються для забезпечення належної якості повітря у виробничих приміщеннях. Це особливо важливо в умовах агломераційного виробництва, де можливе виділення шкідливих речовин. Вентиляційні системи допомагають знижувати концентрацію пилу, газів та парів, що позитивно впливає на здоров'я працівників. Регулярна перевірка та обслуговування вентиляційних систем є обов'язковою умовою їх ефективної роботи [26].

Контроль за станом обладнання здійснюється через регулярні технічні огляди та планові ремонти. Використання справного та сертифікованого обладнання значно знижує ймовірність аварій та нещасних випадків. Профілактичне обслуговування дозволяє вчасно виявляти та усувати можливі несправності, що є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці [27].

3.3 Захист працівників від небезпечних речовин

Захист працівників від впливу небезпечних речовин є важливим аспектом охорони праці на агломераційних підприємствах. Для цього впроваджуються різноманітні заходи, що дозволяють зменшити або повністю усунути ризики для здоров'я.

Основним методом захисту є використання засобів індивідуального захисту (ОЗЗ). До них відносяться респіратори, які захищають дихальні шляхи від пилу, газів та парів, а також спеціальні костюми, рукавички та захисні окуляри, що оберігають шкіру та очі від контакту з небезпечними речовинами. Правильне використання та регулярна перевірка стану ОЗЗ є обов'язковими умовами їх ефективності.

Іншим важливим заходом є впровадження ефективних систем вентиляції, які забезпечують постійне оновлення повітря у виробничих приміщеннях. Це дозволяє знижувати концентрацію шкідливих речовин у повітрі та створювати безпечні умови для праці. Системи вентиляції повинні регулярно обслуговуватися та перевірятися на справність.

Організаційні заходи також відіграють важливу роль у захисті працівників. Це включає обмеження часу перебування у небезпечних зонах, забезпечення належних умов праці, дотримання норм та стандартів охорони праці. Проведення регулярних медичних оглядів дозволяє вчасно виявляти можливі захворювання, спричинені впливом шкідливих речовин, та вживати необхідних заходів для їх лікування.

3.4 Законодавчі вимоги

Законодавчі вимоги до охорони праці на агломераційних підприємствах регулюються різними нормативними актами, які визначають правила та стандарти безпеки, обов'язкові для виконання.

Основним документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики у цій галузі, права та обов'язки працівників і роботодавців, а також порядок організації та забезпечення охорони праці на підприємствах [20].

Крім того, існують галузеві нормативні акти, що регулюють специфічні вимоги до безпеки праці в окремих галузях виробництва. Наприклад, для агломераційних підприємств це можуть бути стандарти, що визначають правила роботи з небезпечними речовинами, вимоги до обладнання та засобів захисту.

Контроль за дотриманням законодавчих вимог здійснюється спеціальними органами, такими як Державна служба України з питань праці. Вони проводять регулярні перевірки підприємств, виявляють порушення та вживають заходів для їх усунення. Порушення вимог охорони праці може призводити до накладання штрафів, зупинки виробництва або інших санкцій.

Таким чином, дотримання законодавчих вимог та впровадження ефективних засобів попередження є ключовими аспектами забезпечення безпеки та охорони праці на агломераційних підприємствах.

3.5 Розрахунок освітленості приміщення керування АМ-1

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [21].

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300...500 лк [29].

Перевіримо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень

природної освітленості поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк за освітленості тієї же поверхні відкритим небосхилом в 20000 лк, тобто КПО = 1%, що не відповідає нормативному КПО.

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 20 м², ширина якої складає 5м, довжина – 4м, висота – 3м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}, \text{ де} \quad (3.1)$$

F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 300 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S = 20 м²);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку Z = 1,1);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку K = 1,5);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття

від стін (рст.) і стелі (рстелі)), значення коефіцієнтів дорівнюють рст = 40% і рстелі=60% [21].

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \text{ де} \quad (3.2)$$

S – площа приміщення, S = 20м²; h – розрахункова висота підвісу, h = 2,9 м; A – ширина приміщення, A = 4 м; B – довжина приміщення, B = 5 м.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{20}{2,9 \cdot (4+5)} = 0,77$$

Знаючи індекс приміщення I, за таблицею 4 [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо η = 0,22.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 1,1}{0,22} = 45000 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1, світловий потік яких F = 4320 Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_l}, \text{ де} \quad (3.3)$$

N – кількість ламп, що визначається; F - світловий потік, F = 45000 Лм; F_л- світловий потік лампи, F_л = 4320 Лм.

$$N = \frac{45000}{4320} = 11$$

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 6 світильників із 12 працюючими лампами в них. Схема розташування світильників зображена на рисунку 3.1.

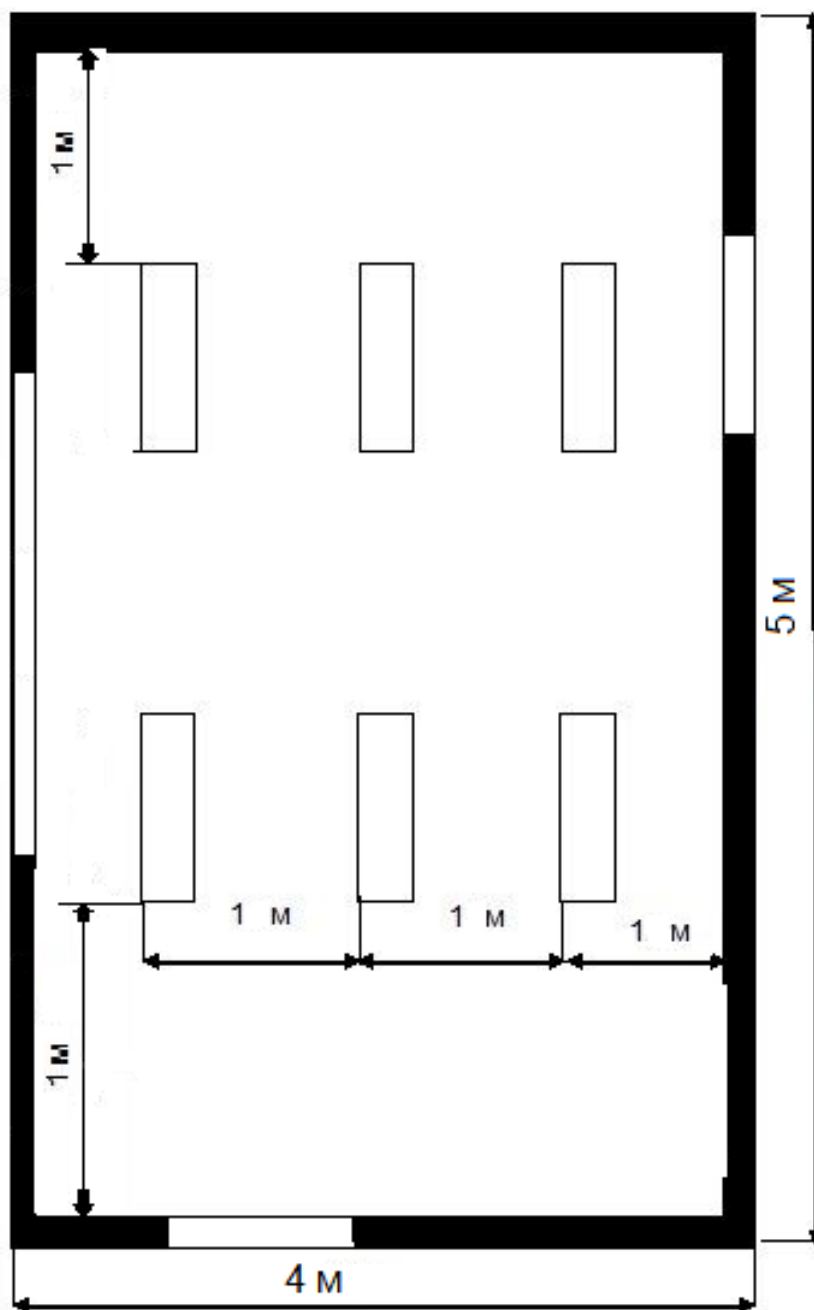


Рисунок 3.1 – Схема розташування світильників

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було досліджено доцільність використання залізовмісних відходів виробництва в шихті перед спіканням в агломераційній установці. Аналіз літературних джерел, а також результати експериментальних досліджень підтвердили, що окалина є цінним залізовмісним компонентом, який може бути ефективно використаний у складі агломераційної шихти для підвищення якості агломерату, зниження виробничих витрат та мінімізації негативного впливу на довкілля.

За результатами дослідно промислових випробувань, використання агломераційного шламу ПАТ "ПІВДГЗК" в агломераційній шихті призводить до незначного зниження питомої продуктивності агломераційних машин на%, що є мінімальним впливом. Механічні властивості агломерату залишаються на хорошому рівні, з покращенням опору удару та стиранням відбуваються з базовим періодом. Використання цього матеріалу в тій же мірі дозволяє знизити витрати на сировину без значного зниження якості продукції, що робить його економічно вигідним рішенням.

За результатами дослідно-промислових випробувань, використання шламу ПрАТ "ДМЗ" в агломераційних шихтах призводить до незначного зниження продуктивності агломераційних машин на%, що відповідає розрахунковому зниженню на% при збільшенні шламу в ЖРС частини шихти. Зниження основності агломерату та зміна складу шихти сприяють збільшенню об'ємно насипної ваги агломерату. Механічні властивості агломерату залишаються стабільними, а вміст заліза в агломераті зростає на%. Використання шламу дозволяє замінити частину залізородного концентрату, вапняка та палива, що робить економ.

За результатами дослідно-промислових випробувань, використання відсіву окатишів ПівнГЗК в агломераційній шихті в кількості кг/т агломерату не призвело до зниження продуктивності агломераційних машин, а питома продуктивність залишалася стабільною. Механічні властивості агломерату не змінилися суттєво, а концентрація пилу в газах після фільтрації втратилася, що закінчилося позитивним екологічним ефектом. Однак через короткий термін експерименту не вдалося оцінити повний вплив на знос обладнання та інші довгострокові фактори. Рекомендується продовжити дослідження для більш детального аналізу впливу відсіву окатишів на продуктивність та знос обладнання.

За результатами дослідно-промислових випробувань по визначенню впливу заміни аглоруди ЄЖРЕ на МОС-1 в агломераційній шихті, призвело до зниження питомої продуктивності агломераційних машин на% у порівнянні з базовим періодом. Зміст фракції «-5 мм» в агломераті дещо зріс, але залишився в межах планових норм. Механічні властивості агломерату покращилися, зокрема підвищився опір удару та стиранню. Вміст заліза в агломераті знизився, але при наведених умовах до базових показників вміст заліза знизився на%. В цілому, заміщення аглоруди МОС-1 має значний вплив на продуктивність та якість агломерату.

У розділі охорони праці та заходи безпеки при роботі агломерату на ПАТ «Запоріжсталь», а також небезпечні й шкідливі фактори виробничого процесу. Показано на необхідність застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), регулярних інструктажів і навчання, а також на важливість ефективних систем вентиляції та технічного обслуговування обладнання для запобігання нещасним випадкам. Також є значення дотримання законодавчих вимог щодо охорони праці та забезпечення безпеки в умовах виробництва агломерату, а також

важливість постійного контролю за станом обладнання, ефективності вентиляційних систем і належного освітлення робочих місць.

Впровадження технології використання окаліни в агломераційних шихтах дозволяє значно підвищити питому продуктивність агломераційної установки на%, що веде до зменшення собівартості агломерату за рахунок економії енергоресурсів і зменшення витрат на виробництво. також, після застосування окаліни істотно зростання продуктивності установки з до т/м²·год. В результаті знижується виробнича собівартість агломерату.

За попередніми розрахунками термін окупності капітальних вкладень становить року, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованої технології. Протест для остаточних висновків щодо впровадження цієї технології в реальних виробничих умовах необхідно провести більш детальні дослідження, враховуючи фактори, специфічні для конкретного виробничого процесу та обсягу вир.

Таким чином, використання окаліни в шихті перед спіканням в агломераційних установках має потенціал для підвищення ефективності виробництва та зниження собівартості продукції, що є кроком до удосконалення технологічних процесів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дорогий Є. Ст. Сучасний стан питання обгорткування агломераційної шихти, що містить велику кількість тонкоподрібнених матеріалів. Повідомлення 1: Аналіз шихтових умов агломераційного виробництва України. Збірник наукових праць ДонДТУ, 2013. №40. З. 149-154.
2. Сігов А. А., Шурхал Ст. А. Агломераційний процес. Київ: Техніка, 1969. 232 с.
3. Сталінський Д. Ст, Ботштейн Ст. А., Рижавськ А. З. «Енергосталь»: Комплексний підхід до вирішення проблеми доквілля та енергозбереження. Екологія та промисловість. 2004. №1. З. 5–9.
4. Мищенко И. М. Состояние и основные направления повышения технического уровня агломерационного производства предприятий чёрной металлургии. Металлургические процессы и оборудование. 2005. №1. С. 23– 26.
5. Публічне акціонерне товариство "Дніпровський металургійний комбінат". URL: <http://www.dmkd.dp.ua> (дата звернення: 04.04.2022).
6. Єфименко Г. Г., Гіммельфарб А. О., Левченко Ст. е. Металургія чавуну. Київ: Вища школа, 1981. 496 с.
7. Берштейн Р. С., Станішевський Б. А., Біткін Ст. Н., Болгов Ст. р. Вдосконалення технології спікання агломерату. Дніпропетровськ: Промінь, 1975. 120 с.
8. Баженов Ю.М. Теоретичні основи агломераційного виробництва. – Донецьк: НТУУ «КПІ», 2016. – 320 с.
9. Долматов О.М. Металургія чорних металів. Підручник. – Київ: Видавництво «Техніка», 2018. – 400 с.
10. Технологія агломерації залізних руд / за ред. В.М. Черепанова. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 290 с.

11. ГОСТ 15054-80. Міждержавний стандарт. Руди залізні, концентрати, агломерати, котуни. Методи відбору та підготовки проб для хімічного аналізу та визначення вмісту вологи; затверджено та введено в дію з 13.06.1980 р. СРСР: ІПК Видавництво стандартів, 1980. 15 с.
12. ГОСТ 15137-77. Руди залізні та марганцеві, агломерати та котуни. Метод визначення міцності в барабані, що обертається; затверджено та введено в дію з 25.05.1978 р. Державний комітет стандартів ради міністрів СРСР, 1978. 5 с.
13. ГОСТ 19575-84. Руди залізні, агломерати та котуни. Метод визначення міцності у процесі відновлення; введено 01.01.1985 р. Державний комітет СРСР за стандартами, 1985. 5 с.
14. ГОСТ 17212-84. Руди залізні, агломерати та котуни. Метод визначення відновлюваності; введений у дію з 01.01.1986 р. Державний комітет СРСР за стандартами, 1986. 5 с.
15. Скробанський В.Л. Вдосконалення технології спікання агломерату з використанням металургійних відходів // Вісник НМетАУ. – 2020. – №4. – С. 55-62.
16. Мазур О.О. Дослідження газодинамічних процесів в агломераційних машинах // Металургія України. – 2019. – №2(18). – С. 22-30.
17. ПАТ «Запоріжсталь» . Технологічний регламент агломераційного виробництва. Внутрішня документація підприємства, 2022.
18. Енергозбереження в агломераційному виробництві : зб. наук. праць / за ред. І.В. Сидоренка. – Харків: УкрДМТУ, 2015. – 280 с.
19. Гринько В.В. Очищення газів у металургійному виробництві: сучасні технології та перспективи // Наукові записки Інституту чорної металургії. – 2021. – №3. – С. 45-53.

20. Закон України «Про охорону праці» Верховна Рада України «Офіційний вісник України» 1992 року.
21. ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освіта» Державний комітет архітектури та будівництва України 2006 рік.
22. ДСТУ та технічні стандарти для агломераційних підприємств : Державне підприємство «УкрНДНЦ» Київ 2020-2024 років.
23. ПАТ «Запоріжсталь». Інструкції та технічні карти ПАТ «Запоріжсталь» Внутрішня документація підприємства, 2022рік.
24. Герасимчук І. М., Кулинич С. А., «Охорона праці на промислових підприємствах» - Київ. Видавництво «Освіта України» 2020рік.
25. Методичні посібники для проведення інструктажів : Київ 2023.
26. Видавництво «Техніка» Посібники з проектування вентиляції для промислових підприємств - Київ. 2019рік
27. ПАТ «Запоріжсталь» Звіти про охорону праці на підприємствах : Внутрішня документація підприємства
28. Методики та рекомендації з виробничої безпеки. Видавництва науково-дослідних інститутів або державних установ, таких як «УкрНДНЦ». Київ 2022 рік
29. Міністерство охорони здоров'я України. Медичні стандарти для виробничих підприємств - Київ. 2022 рік
30. Видавництво науково-технічних журналів, таких як «Безпека праці», «Промислова безпека», «Охорона праці» або «Журнал металурга».Статті в журналах або науково-технічних збірниках : Київ, Запоріжжя 2023 рік.
31. Іванов І.І., Петров П.П. "Технологія агломерації: основи та сучасні тенденції". Київ: Видавництво "Економіка", 2020

32. Сидоренко В.В., Ковальчук М.С. "Економічний аналіз в металургійній промисловості". Харків: Наукова думка, 2018.

33. Технічні умови на агломераційні установки та їх модернізацію. Технічний звіт,

34. Державна статистика України: Економічні показники виробництва агломерату. Офіційний сайт Держстату України. [Інтернет-ресурс]. URL: <http://www.ukrstat.gov>.

35. Вісник металургійної промисловості: Впровадження технологій для підвищення продуктивності агломераційних установ. 2021 рік.

ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 1



DOI

**ANALYSIS OF USE OF METALLURGICAL WASTE
DURING AGGLOMERATION**

**АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВІДХОДІВ
ПРИ АГЛОМЕРАЦІЇ**

- | | |
|--|---|
| <p>Yaholnyk M.V.,
<i>PhD (Engineering),
Associate Professor, LLC "Technical
university "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia; Ukrainian State
University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine</i></p> | <p>Ягольник М.В.,
<i>к.т.н., доцент, ТОВ «Технічний
університет «Метінвест
політехніка», м. Запоріжжя;
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна</i></p> |
| <p>Umanskyi M.A.,
<i>Student (group 136A-23-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine</i></p> | <p>Уманський М.А.,
<i>студент гр. 136А-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя; Український
державний університет науки
і технологій, м. Дніпро, Україна</i></p> |
| <p>Barakhov S.I.,
<i>Student (group 136-22-1),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine</i></p> | <p>Барахов С.І.,
<i>студент гр. 136-22-1,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя; Український
державний університет науки
і технологій, м. Дніпро, Україна</i></p> |

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема повторного використання виробничих відходів чорної металургії залишається досить актуальною. У відвалах металургійних заводів накопичені величезні запаси шлаків, шлаків і ін. Щорічно у газоочисних системах агломераційного, доменного, сталеплавильного і прокатного виробництва уловлюються сотні тисяч тон залізовмісного пилу і шлаків. 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. Загальний

обсяг відходів у світі сягає майже 800 млрд. т, з них твердих відходів понад 300 млрд. т. [1].

Однак ці відходи не можуть бути залучені в доменне і сталеплавильне виробництво без попереднього окускування. Існуючі технології залучення залізовмісних відходів в агломерацію і доменне виробництво не забезпечують використання всієї кількості відходів, що утворюються. До найбільш перспективних способів утилізації пилюватих відходів відносяться агломерація, виробництво окатишів і брикетування.

Останнім часом в літературі з'явилося досить багато публікацій про розробку нових процесів, що дозволяють утилізувати металургійні відходи. Основні перспективні способи переробки металургійних відходів можна розділити на пірометалургійні, гідрометалургійні і про-гідрометалургійні. При введенні залізовмісних відходів до складу шихти при звичайній технології агломерації знижуються показники процесу (вертикальна швидкість спікання, питома продуктивність) і якості агломерату, відбувається збільшення вмісту шкідливих домішок в готовому агломераті. Залучення цих ресурсів у виробничий процес являє собою складну науково-технічну задачу, що має великий не тільки економічний, але і екологічний інтерес.

Метою роботи є аналіз використання в агломераційній шихті відходів металургійного виробництва. Згідно поставленої мети для проведення досліджень були використані наступні матеріали: залізна руда, залізорудний концентрат, коксовий дрібняк, вапняк звичайний, відходи металургійного виробництва. Були проаналізовані спікання з використанням у якості відходів прокатної окалини. Використання прокатної окалини є перспективним варіантом враховуючи її характеристики.

Окалина відноситься до відходів прокатного виробництва з розміром часток 0,05–0,3 мм, в оболонці мінерального масла. Вона утворюється в процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей, при різанні злитків, заготовок, іншого сортаменту та у процесі обробки їх поверхонь. В процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей утворюється 11,6–19,4 кг окалини на 1 т матеріалу, що обробляється. Масова частка заліза в ній – 61–73%. Окалина, що відокремлюється від металу водою технологічних агрегатів та системою гідрозмиву, транспортується на очисні споруди. Одночасно з окалиною в воду потрапляє технологічне масло, вміст якого – 5,4–17%. Промаслену окалину, яка утворюється при виробництві сталей, можна умовно поділити на крупнодисперсну (> 0,1 мм) та дрібнодисперсну (< 0,1 мм). Крупні частки осідають,

ззвичай, в ямах для крупної окалини, тому їх зневоднення не представляє труднощів. Масова частка заліза у промасленій окалині перевищує масову частку заліза у залізорудних концентратах, які виробляють гірничо-збагачувальні комбінати України [2].

Враховуючи переваги окалини не потрібно забувати про недоліки цих відходів такі як замаслення. При використанні у агломераційній шихті замасленої окалини можливі проблеми виходу з ладу роторів ексгаустерів, аварійні ситуації. Тому підхід до цього питання повинен бути жорстким. Тільки знемаслена окалина може бути ефективно використана у агломераційному процесі. Що підтверджує наведений нижче аналіз використання окалини у агломераційному процесі.

Склад шихти до спікання кожної проби розраховувався індивідуально. Витрата звороту складала відповідно 25 %. Співвідношення між концентратом і рудою було прийнято 1:1. Витрата води на кожне спікання складала 7,5%. Після спікань розраховували показники процесу спікання і якості агломерату. Використовували два різних види окалини: окалина 1, (крупна) «Дніпропетровський завод прокатних валків» та окалина 2, (дрібна) «Дніпропетровський трубний завод». Витрата окалини складала від 0 до 12%.

При середній кількості завантаженої шихти для одного спікання 2,0 кг при висоті шару шихти 255-280 мм середній час спікання становив 10,5-16 хв. При цьому найбільша вертикальна швидкість спікання спостерігалася при вмісті окалини 2 в шихті 8-12 % – відповідно 27,6 мм/хв. Вихід агломераційного спеку за результатами дослідження практично не залежить від вмісту окалини в шихті, а залежить від висоти шару шихти та знаходиться на рівні 1905-1990 г.

Розглядаючи вплив кількості окалини на вихід годного агломерату можна зробити висновок, що вихід годного не залежить від вмісту окалини 1 і вихід годного був на рівні 48,2-49,7%. При збільшенні вмісту окалини 2 з 4 до 12 % вихід годного збільшується від 48,4 до 62,1 %, тобто добавка окалини 2 позитивно впливає на вихід годного.

Що стосується показників якості агломерату, то максимальний показник індексу на удар, по виходу фракції +5 мм після іспитів спостерігається при базовому спіканні без добавки окалини становить 93,3%. Якщо говорити про питому продуктивність агломераційної установки, то виділяються спікання з витратою «окалини 2» в 8-12 %, коли продуктивність сягала 1,23-1,30 т/м³-год.

Аналіз проведених експериментів показав, що прокатна окалина є перспективним відходом для використання у агломераційному процесі.

Хімічний склад використовуваних шлаків був наступним: Fe – 72-73%, SiO₂ – 0,13-0,17%, MgO – 0,43-0,45%. Залізо в окалині міститься у вигляді оксидів, кількість яких змінюється до 78,3%. Додавання незамасленої прокатної окалини у кількості від 4 до 12 % в агломераційну шихту без будь-якої підготовки та спікання її за класичною технологією дещо навіть покращує техніко-економічні показники процесу.

Таким чином, використання відходів у агломераційному виробництві дозволить понизити витрату основних сировинних ресурсів. Переробка відходів одночасно вирішує завдання ресурсозбереження і поліпшення екологічної обстановки.

Перелік використаних джерел

1. Підлісна О.А., Філозоф В.М. Економічна ефективність використання вторинних відходів промисловості. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2011. № 8. С. 173-178.
2. Губіна В.Г., Горліцький Б.О. Проблема залізовмісних відходів гірничо-металургійного комплексу України – системний підхід. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2009. Вип. 17. С. 79-92.