

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО  
ВИРОБНИЦТВА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до випускної атестаційної роботи бакалавра**  
**зі спеціальності 136 – Металургія**

**Розробити та надати рекомендації щодо впровадження  
технології одержання, самовідновних залізородних обкотишів  
основністю 1,1 з певними металургійними властивостями в умовах  
запланованої фабрики річною продуктивністю 4,5 млн.т.**

Виконав:

Студент групи МТ 21-1ск \_\_\_\_\_ Дмитро СОЛОВЙОВ

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Дмитро БАБОШКО

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Дмитро БАБОШКО

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг

2024 р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до роботи бакалавра на тему «Розробити та надати рекомендації щодо впровадження технології одержання, самовідновних залізородних обкотишів основністю 1,1 з певними металургійними властивостями в умовах запланованої фабрики річною продуктивністю 4,5 млн.т.»: \_\_\_\_ с., \_\_\_\_ рис., \_\_\_\_ табл., \_\_\_\_ літературних джерел

Вивчено отримання високоякісних офлюсованих обкотишів з магнетитового концентрату.

Об'єктом розробки є технологія отримання високоякісних офлюсованих обкотишів основністю 1,1 з магнетитового залізородного концентрату.

Метою є розробка та впровадження технології отримання самовідновних обкотишів на базі ПівнічногоГЗК.

Одержані обкотиші з вмістом заліза 62,2 %. Міцність при стисканні – 230 кг/обкот. Відновленість – 80,7 %. Міцність при відновно-тепловій обробці, в %: фракції більше 5 мм – 52,3-75,1; фракції менше 0,5 мм – 8,3-14,5.

Визначені техніко-економічні показники роботи ПівнічногоГЗК з річною продуктивністю 4,5 млн. т по виробництву обкотишів. Техніко-економічна оцінка проекту показала доцільність його впровадження.

ОБКОТИШІ, КОКС, КОНЦЕНТРАТ, ШИХТА, ФАБРИКА  
ОГРУДКУВАННЯ, ВИПАЛЮВАЛЬНА МАШИНА.

ЗМІСТ

Вступ .....	
1. Загальна частина .....	
2. Спеціальна частина.....	
2.1.Аналіз відбудовних процесів у верхній частині шахти доменної печі й розробка вимог до сполуки огрудкованих залізрудних матеріалів.....	
2.2.Теоретичний розрахунок концентрації вуглецю у обкотишах, що самовідновлюються.....	
2.3.Експериментальні дослідження процесу одержання окатишів.....	
2.4. Розробка технологічних параметрів виробництва, самовідновлюючихся обкотишів на конвейерній машині.....	
2.5. Сировинні матеріали й завантаження окатишів на випалювальні візки.....	
2.6. Режим роботи горна й нагрівання шару.....	
2.7. Схема газопотоків випалювальної машини.....	
2.8. Дослідження процес термообробки окатишів, що самовідновлюються.....	
2.9. Аналіз ефективності використання, що самовідновлюючихся залізрудних окатишів.....	
3 Технологічна частина.....	
3.1.Вихідні данні для розрахунку.....	
3.2. Розрахунок хімічного складу твердого палива.....	
3.3. Розрахунок середньозважених складів сумішей .....	
3.4 Розв'язання рівнянь матеріального балансу та основності.....	
3.5.Розрахунок хімічного складу окатишів.....	
3.6. Вибір технологічного обладнання для цеху виробництва окатишів	
3.7. Остаточні данні по проекту цеху річної виробничої спроможності 4.5 млн. т обкотишів.....	
4. Охорона праці.....	
4.1 Коротка характеристика процесів виробництва залізрудних обкотишів і заходи безпеки для обслуговуючого персоналу.....	
4.2 Коротка характеристика допоміжного устаткування цехів виробництва залізрудних обкотишів і забезпечення безпеки персоналу при його обслуговуванні.....	
4.3 Боротьба зі шкідливими факторами в цехах виробництва залізрудних обкотишів.....	
4.4 Атестація робочих місць і технологічних процесів на відповідність вимогам правил техніки безпеки й нормам виробничої санітарії	
4.5 Пожежна безпека	
Висновки	
Список використаної літератури	

## ВСТУП

У цей час найпоширеніші три способи огрудкування залізорудних матеріалів – агломерація, виробництво окатишів і брикетування.

Аналіз основних напрямків розвитку чорної металургії на період до 2017 року показує, що основною схемою виробництва сталі, є класична схема: доменна піч - сталеплавильний цех. Причому частка чавуну в сталеплавильному виробництві буде становити більше 50 % [1]. Це положення в цей час особливо актуально для умов України, що має на балансі 39 (36) діючих доменних печей, загальним корисним обсягом 57882 м<sup>3</sup>, при щорічному обсязі виробництва чавуну на рівні 21 млн. т. Відповідно внутрішнє споживання залізорудної сировини в Україні становить близько 38 млн. Тобто експортний потенціал України оцінюється в обсязі 27-30 млн. т руди в рік [2]. Такий потенціал, забезпечений основними фондами гірничодобувного, збагачувального й доменного виробництв, становить десятки млрд. доларів США, що в сукупності з гострими соціальними проблемами металургійних регіонів України обумовлює необхідність підвищення конкурентоспроможності кінцевого продукту, як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках.

Одним з найбільш важливих елементів для стабільної роботи доменних печей є якість залізорудної сировини.

Протягом останніх 30-35 років залізорудна частина шихти доменних печей України в середньому представлена на 95 % огрудкованою сировиною, у тому числі 55-60 % агломерату й 35-40 % окатишів. Таким чином, у цей час в Україні об'єктивно склався ринок залізорудної сировини, різних способів огрудкування, що значно відрізняється по мінералогічному, хімічному, гранулометричному складу і металургійним властивостям.

При оцінці якості залізорудної сировини, необхідно враховувати не тільки технічні показники сировини, що впливають на показники доменної плавки, але й економічні параметри, такі як енергоспоживання, ціна 1 % Fe, транспортні витрати, вплив матеріалу на стійкість агрегату та ін.

Оцінивши властивості залізорудних матеріалів можна вибрати їхній оптимальний склад, що забезпечує стабільну роботу доменної печі при ефективному використанні хімічної й теплової енергії, і досягти високих техніко-економічних показників.

Вплив показників якості огрудкованих матеріалів можна виділити лише в тому випадку, якщо встановлені кількісні залежності між характеристиками якості й параметрами доменної плавки. Ряд показників якості залізорудної сировини, такі як вміст заліза й холодна міцність традиційно входять у ряд параметрів, що визначають ціну шихтових матеріалів, що й впливають на рівень приплат і знижок [3] агломерату й окатишів. Відомо, що ріст частки заліза в агломераті й окатишах, як за рахунок збільшення багатства однієї зі складових (наприклад, окатишів), так і за рахунок зміни співвідношення між ними приводить до зменшення витрати коксу на 0,45-2,0 % на кожний відсоток заліза, а зменшення змісту фракції (-5мм) на 1% знижує витрати коксу на 1-1,5 %.

Інші показники якості огрудкованої сировини є факультативними й рідко використовуються для визначення ціни шихтових матеріалів, хоча як показано численними роботами вітчизняних і закордонних дослідників суттєво впливають на витрати коксу. Так, збільшення вмісту лужних елементів на 0,1 % для різних умов доменної плавки збільшує витрати коксу на 20-60 кг/т чавуну [4, 5]. Ріст низькотемпературної міцності (на 10 %) підвищує температуру колошникового газу на 100-120 °С, витрата дуття (на 40 м<sup>3</sup>/годину) при цьому ступінь використання газу збільшується (на 2 %). У цьому ж ряді перебуває відновлюваність шихти. По різних джерелах зміна відновлюваності на 1 % відповідає 0,3-0,8 % коксу [6, 7]. Взаємозв'язок високотемпературних характеристик залізорудної сировини з показниками плавки менш вивчений, однак у ряді робіт наведені регресійні рівняння, що зв'язують високотемпературні характеристики з показниками доменної плавки [3, 8, 9].

## I. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» - один з найбільших комбінатів в Європі по виробництву залізорудної сировини для доменного виробництва на металургійних заводах.

Основні види діяльності - це видобуток залізної руди, її збагачення(виробництво залізорудного концентрату), і виробництво залізорудних офлюсованих окислених обкотишів.

Північний гірничо-збагачувальний комбінат, розташований в північній частині Криворізького залізорудного басейну, введений у експлуатацію у 1963 році. В жовтні 1996 року державний гірничо-збагачувальний комбінат «Північний ГЗК» був перетворений у Відкрите Акціонерне Товариство «Північний ГЗК». Засновником ВАТ «Північний ГЗК» є Фонд Державного майна України.

Виробничий потенціал комбінату розташований на території 7200 гектарів.

Проектні потужності комбінату складають:

1. по сирій залізній руді-48,5 млн. тон у рік;
2. по випуску концентрату-20,47 млн. тон у рік;
3. по виробництву обкотишів-16,3 млн. тон у рік.

Найкращих показників комбінат досяг у 1988 році, було видобуто руди 45,2 млн. тон; виробництво розкривних робіт склало 50,2 млн. м<sup>3</sup>, концентрату -19,3 млн. тон, обкотишів- 14,0 млн. тон.

У роки економічної кризи в Україні на комбінаті виникає різкий спад виробництва. У 1994 році на комбінаті було видобуто руди 11,5 млн. тон, вироблено концентрату - 5,3 млн. тон та обкотишів - 4,6 млн. тон, що склало відповідно 27 %, 27,5 %, 33 % до обсягів 1988 року. Причинами стали значний відсоток бартеру у розрахунках за реалізацію продукції, недолік власних оборотних коштів, зростання кредиторської заборгованості, перебої в забезпеченні електроенергії, газу дизпалива та ін.

В останні роки «Північний ГЗК» поступово нарощує рівень виробництва продукції. У 2003 році було вироблено 7,5 млн. тон концентрату та 5,9 млн. тон обкотишів. Якісні показники продукції яка виробляється у теперішній час складають:

- залізорудний концентрат вміст заліза - 65,00 %,
- вміст вологи - 10, 20 %;
- обкотиші вміст заліза - 60,02 %,
- дрібниці - 6,00 %,основність - 0,5 д.од.,
- механічна міцність – 200 кг/обк.

У склад комбінату входить 31 промисловий цех та 40 підрозділів непромислового характеру. Основними технологічними цехами є:

- Першотравневий кар'єр;
- Ганівський кар'єр;
- Управління технологічного автотранспорту;
- Дробильна фабрика № 1 (ДФ-1);

- Дробильна фабрика №2 (ДФ-2);
- Рудозбагачувальна фабрика №1 (РЗФ-1);
- Рудозбагачувальна фабрика №2 (РЗФ-2);
- Огрудкувальна фабрика №1 (ФОК-1);
- Огрудкувальна фабрика №2 (ФОК-2);
- Огрудкувальна фабрика №3 (ФОК-3);
- Цех технічного водопостачання та шламового господарства;

Виробничу діяльність цехів, які видобувають та перероблюють забезпечують допоміжні цеха:

Управління залізничним транспортом у складі 4-х цехів:

- 2 цеха по вивозу гірничої маси з кар'єрів;
- цех відвантаження готової продукції;
- цех по ремонту рухомого складу

Управління технологічного автотранспорту у складі 2-х гірничо-транспортних цехів:

- Цех по ремонту технологічного обладнання;
- Автотранспортний цех;
- Теплосиловий цех;
- Цех мереж та підстанцій;
- Цех технологічної диспетчеризації;
- Центральна лабораторія;
- Інформаційно - обчислювальний центр;
- Цех підготовки виробництва;
- Ремонтно-будівельний цех;
- Господарчий цех;
- Цех товарів народного споживання;
- Цех здоров'я;
- Житлово-комунальний відділ;

Сировинною базою комбінату являються Першотравневе та Ганівське місцезнаходження залістих кварцитів. Промислові запаси руди у проектному контурі Першотравневого кар'єру за станом на 01.01.2004 року складають 673,5 млн. тон при середньому вмісту заліза, пов'язаного з магнетитом 28,0 %, заліза загального - 35,52 %; Ганівського кар'єру - 473,0 млн. тон з середнім вмістом заліза, пов'язаного з магнетитом -27,7 %, заліза загального -36,51 %.

Місцезнаходження відпрацьовуються однойменними кар'єрами. Проектна глибина Першотравневого кар'єру – 650 м, Ганівського -450 м; досягнута у теперішній час 380 м і 260 м відповідно.

На підприємстві розроблено в 2004 році Програму перспективного розвитку комбінату на період 2005-2015 рр., метою якої являється розробка та впровадження технічних заходів, які забезпечують:

- видобуток залізної руди /обсязі 31,0 млн. тон у рік;

- виробництво концентрату в обсязі 14,1 млн. тон у рік з вмістом Fe загального не менш 67,0 %;
- виробництво обкотишів в обсязі 9,5 млн. тон у рік з вмістом Fe загального 63,0 %;
- заміну морально застарілого і фізично зношеного обладнання.

ПрАТ "ПівнГЗК" має широку систему зв'язків. Дана система зв'язків обумовлена характером виробництва та специфікою продукції яку виробляють.

Підприємство має розвернуту систему зв'язків з постачальниками сировини, матеріалів та обладнання.

Система зв'язків з покупцями продукції менш розвернута в кількісному виразі (кількість одиниць фірм покупців менше кількості одиниць фірм споживачів).

Загальними споживачами продукції в Україні є ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", потреба, якого складає 120-140 тис. тон обкотишів в місяць, ОАО МК "Азовсталь" з потребою до 180 тис. тон, Макієвський МЗ - 60-80 тис. тон, завод ім. Петровського - 60-80 тис. тон в місяць.

За межами України продукція постачається в Австрію, Словаччину, Чехію, Польщу, Румунію, Югославію.

В попередні часи взаємозв'язки будувалися на дружніх та фінансових взаємовідносинах, в теперішній час взаємозв'язки будуються тільки на комерційних відносинах. Це пов'язано з необхідністю самостійного фінансового ведення господарства. Взаємозв'язки закріплюються за допомогою закладення договорів з зовнішніми контрагентами.

Достовірність укладення договорів контролює юридичний та фінансовий відділи.

Протягом 2004 року комбінатом відвантажено на експорт:

56,7 тис. тон концентрату в мокрій вазі (51,6 тис. тон у сухій вазі) на суму 1031,8 тис. доларів США.

- на Польщу: 30,2 тис. тон у мокрій вазі (27,6 тис. тон у сухій вазі) на суму 563,3 тис. доларів США;
- на Чехію: 15,1 тис. тон у мокрій вазі (13,7 тис. тон у сухій вазі) на суму 270,8 тис. доларів США.
- на Словаччину: 11,4 тис. тон у мокрій вазі (10,3 тис. тон у сухій вазі) на суму 197,7 тис. доларів США.

Середня ціна однієї тони концентрату з урахуванням приплат і знижок за вміст заліза орієнтовно склала на умовах постачання DAF - 19,98 доларів США. 182,2 тис. тон обкотишів на суму 4728,1 тис. доларів США. З них: на Чехію: 102,5 тис. тон на суму 2721,8 тис. доларів США, на Румунію: 79,7 тис. тон на суму 2006,3 тис. доларів США.

Середня ціна однієї тони концентрату з урахуванням приплат і знижок за вміст заліза орієнтовно склала на умовах постачання DAF - 25,95 доларів США. Вся продукція комбінату, експортована за кордон, відповідно до умов



зовнішньоекономічних контрактів, оплачується валютою. Протягом 2003 року на комбінат надійшла валютна виручка у сумі 6 млн. 627 тис. Доларів США. У 2003 на комбінат надійшли з-за кордону запасні частини до великовантажних самоскидів "САТ", насоси та запасні частини до насосів для перекачування пульпи, жаробетонна маса для торкретування, підшипникові вузли для реконструкції станцій перекачування пульпи на РЗФ-1, алюмінат-кальцієвий цемент для капітальних ремонтів випалювальних печей, підшипники для обладнання фабрик, шини для великовантажних автомобілів, ізоляційні накладки для УЗТ.

Крім того, комбінатом розпочато придбання обладнання і матеріалів поінвестиційному проекту, це рідинні пускові реостати та стрічка для компенсаторів газоходів.

Всі придбані товари не виробляються в Україні, але вкрай необхідні для безупинного виробничого процесу на підприємстві, їх загальна вартість складає 2 905,0 тис. доларів США та 1 410,2 тис. ЄВРО.

На придбання імпортованих товарів комбінатом перераховано суму 3165,8 тис. доларів США та 1 378,8 тис. ЄВРО.

Основними споживачами залізорудного концентрату та обкотишів є металургійні підприємства України та держави Східної Європи: Чехія, Словаччина, Польща, Румунія, Югославія, Австрія.

Комбінат має високі можливості збуту своєї продукції та великі перспективи розвитку. Причиною цьому є декілька суттєвих особливостей, котрі становлять окремо Північний ГЗК від інших виробників залізорудної сировини, котрі можуть розглядатися як конкуренти:

Виробниками обкотишів на внутрішньому ринку є Полтавський та Центральний гірничо-збагачувальні комбінати, котрі в силу різного роду обставин, не в змозі задовольнити попит внутрішнього ринку на обкотиші, в результаті чого різниця у споживанні покривається за рахунок імпорту з Росії. Полтавський ГЗК, продукція якого орієнтована на зовнішній ринок, має обмежений збут обкотишів на внутрішньому ринку, за причиною їх низької основності, у той час як обкотиші Північного ГЗКа, з їх достатньо високою основністю, визначені для доменного виробництва найбільших виробників металу на внутрішньому ринку. Центральний ГЗК має обмежені виробничі потужності по виробництву обкотишів, та, крім цього, маючи більш високий вміст Fe у продукції, уступає по вмісту основниць в обкотишах Північного ГЗК. Приймаючи до уваги неопосередковану участь у реалізації проекту АКІБ "УкрСиббанка", відбулося збільшення збуту обкотишів на експорт у розмірі більш як 600 тис. тон щорічно, що забезпечує надходження валюти на комбінат більш як 1 млн. американських доларів за місяць. У довгостроковій перспективі мається можливість організації виробництва обкотишів з використанням нових видів пов'язуючих.

У результаті застосування нової технології підвищиться виробничість обпалювальних машин, знизиться питомий розподіл газу та покращаться металургійні властивості обкотишів

Запроваджується розкриття нижніх горизонтів Першотравневого кар'єру для підтримки потужності комбінату.

Виконане будівництво контактної мережі на відвалах ярус +155 м, +175 м (встановлено 99 опор на залізобетонних фундаментах, змонтовано проводу МФ-100 - 1 т).

Виконана контактна мережа перегону ст. "Відвальна" ярус +155 м. Почате будівництво ЛЕП-6 кв., виконано 56 % робіт. Ведуться роботи з виносу кар'єрного водовідливу на поверхню землі. Виконано монтаж труб ст.діам. 325x8 мм на залізобетонних опорах, довжиною 767 м.

Виконане будівництво очисних споруд промислових стоків ЗЦ-1 ст. "Розвантажувальна". Ведуться роботи з будівництв очисних споруд промислових стоків ЗЦ-4 ст. "Породна". Виготовлене не стандартизоване обладнання, виконані земляні роботи. Призупинене будівництво до настання погодних умов придатних для продовження будівництва. Залучення в експлуатацію південної частини Ганівського родовища і розкриття нижніх горизонтів Ганівського кар'єру для підтримки потужності комбінату. Виконана реконструкція пристроїв ЕЦ ст. "Розкривна". Прокладено 1200 м кабелю, підключені стрілочні переводи і світлофори. Виконується АСУТП залізничного транспорту, придбано залізничного транспорту, придбано устаткування (КТП 400 кВа, шафи розподільні 6 шт., кабель).

Виконано будівництво ЛЕП бкв лінії № 47а, встановлено 10 залізобетонних опор, змонтовано 600 кг проводу А50.

Виконується робота з подовження пульпопроводу ДФ-2, при цьому виконана підстава під трубопровід діаметром 1000 мм із відсипанням гірської маси 2480 \$., змонтовано 40 м водоводу, виконаний вузол примикання пульпопроводу до хвостосховища.

На ПАТ "Північний ГЗК" за період 2001-2004рр. установилась стійка тенденція до зростання обсягів виробництва товарної продукції. При цьому зростає не тільки абсолютна величина, а й темпи приросту по відношенню до попереднього року. Так у 2002 р. темп приросту товарної продукції в діючих цінах становив 8,5 %, а вже в 2003 р. - 9,22 %, визначним є зростання обсягів виробництва продукції у 2004 р., яке склало 215,22 %

Зростання обсягів виробництва було досягнуто значною мірою за рахунок зростання продуктивності праці в 2002 р. на 10,6 %, в 2003 на 11,68 %, а у 2004р. зростання становило 217,8 %

Виручка від реалізації продукції за період 2001-2004 рр. також зростала, темпи приросту поступово змінюються з 5,79 % в 2002 р. до 8,71 % у 2003 р. але у 2004 р. відбулось значне збільшення темпів приросту до 221,77 %. Це пояснюється тим, що в 2002 р. зростання обсягів продажу відбувалось в основному за рахунок збільшення поставок концентрату, ціни реалізації якого значно нижчі від цін на окатиші. А в 2003 році зростання виручки було забезпечено нарощенням обсягів реалізації окатишів. Стосовно ж 2004р. необхідно зазначити велике зростання обсягів виробництва і водночас розширення напрямків та обсягів збуту.

За період 2001-2004 рр. на підприємстві було проведено оптимізацію чисельності персоналу, внаслідок чого середньооблікова чисельність робітників скоротилась на 1166 осіб або на 10 %, в тому числі безпосередньо зайнятих на виробництві – на 476 чол. (4,6 %). Тобто було скорочено не тільки адміністративно-управлінський персонал та інші невиробничі відділи, а й робітників, зайнятих на виробництві. Це дало змогу підвищити заробітну плату виробничому персоналу, тобто зросла мотивація до праці, а як наслідок і продуктивність праці.

Технологія виробництва обкотишів.

Зараз металурги розглядають залізородні обкотиші з погляду якісної сировини, що наближається по однорідності до властивостей агломерату, а також з позицій перспективності сировини, здатного транспортуватися на будь-які відстані без втрат ними металургійних властивостей. З іншого боку, фабрики по виробництву окатишів зазнають труднощів, пов'язані з відсутністю або низькою якістю бентоніту, що підвищує властивості сирих обкотишів й термостійкість.

Виробництво обкотишів є порівняно новий спосіб окускування рудних матеріалів, що швидко розвивається. Окатуванням називають процес одержання обкотишів з вологих концентратів в окомкователях з наступним сушінням й зміцнюючим випалом обкотишів у випалювальних агрегатах.

Обкотиші - рудний матеріал, отриманий із дрібної (пилоподібної) руди або тонкоздрібнених концентратів, у вигляді кулястих гранул діаметром 2-3 до 30 мм (звичайно 10-15 мм). Залізородні окатиші застосовуються головним чином у доменній плавці.

Обкотиші - тверді кулясті тіла, отримані шляхом окомковання тонкоздрібнених рудних матеріалів з добавкою зв'язувальних речовин із флюсами або без них з наступним зміцненням способами випалу, цементації. По співвідношенню змісту основних і кислих порід (основності) обкотиші розділяють на офлюсованні (частково або повністю) і неофлюсованні (окислені). Виробництво окислених обкотишів включає окомковання шихти (одержання сирих окатишів) у барабанних, тарілчастих або чашевих окомкователях і зміцнення їхнім випалом або безвипалювальними методами. Залежно від використання добавок розрізняють залізородні, залізомарганцеві, залізонікелеві й інші обкотиші. Залізородні обкотиші, у яких частина оксидів заліза (до 95 %) відновлена до металу, називаються металізовані (використаються, головним чином, в електросталеплавильних печах для одержання якісної сталі). Якість окатишів виражають більшим переліком показників, що відбивають їхні властивості й функціональні ознаки. Звичайно їх групують на наступні чотири ознаки:

- 1) хімічно-мінеральний склад;
- 2) механічні властивості;
- 3) фізико-хімічні властивості;
- 4) стабільність якісних параметрів.

Для виробництва обкотишів у цеху використовують залізорудний концентрат, доломитизований вапняк, глину бентонітову, активований торф і газоподібне паливо. Підготовка концентрату. Пульпа подається по пульпопроводу, магнітно флотується й надходить у згущувачі, де зважені тверді частки (зі змістом твердого 30-45 %) осаджуються на дно й згрібаються до центра розвантажувальної лійки. Згущений продукт-пульпа із щільністю 55-65 %, віддаляється із дна згущувача насосами й розмагнічується. Потім переганяється в резервуари з механічними мішалками для усереднення. З резервуарів насосами пульпа переганяється в розподільник примусової подачі. Для підтримки постійного тиску в розподільнику приводи насосів мають безступінчасте регулювання.

Подача пульпи на фільтр регулюється автоматично, так щоб кількість пульпи відповідала продуктивності фільтра. Для кожної технологічної лінії передбачено 10 фільтрів, у тому числі один резервний. Вологість становить 9.5 %. Концентрат подається в дозувальні бункери, а розподіл по бункерах виробляється за допомогою плужкових скидачів. Дозування й змішування компонентів шихти. Концентрат, вапняк, бентоніт і торф за допомогою автоматичних вагодозаторів видаються на збірний конвеєр у заданій пропорції. Змішування здійснюється в роторному змішувачі, установленому на стрічці, а потім однорідна шихта надходить у барабанний окомкователь. Окомковання шихти. За рахунок перекочування матеріалів і поверхневого натягу води, що впорскується для регулювання процесу окомковання в барабані. Ріст розміру гранул припиняється, коли в барабані не залишається дрібних часток.

Подальше перекочування матеріалу в окомкователі забезпечує механічне ущільнення окатишів, для транспортування, завантаження на решітку і тепловій обробці на ній без руйнування. Для одержання необхідної вологості шихти, передбачається подача води в окомкователь. Після окомковання окатиші проходять просівання на роликівому грохоті з поділом на 2 класи: мінус 9,5 мм і плюс 9,5 мм. Обкотиші з розміром менш 9,5 мм стрічковими конвеєрами повертаються в окомкователь для подальшої доробки. Сирі обкотиші розміром крупніше 9,5 мм подаються на роликівий грохотукладальник, за допомогою якого виробляється додатково відділення дріб'язку й укладання кондиційних обкотишів на колосники ґрат, що рухається, рівномірним шаром висотою близько 180 мм. Дріб'язок після роликівого укладальника повертається на конвеєр концентрату після фільтрів.

Сушіння й попереднє нагрівання обкотишів здійснюється на колосниковій решітці, що рухається. Обкотиші проходять три зони: сушіння у висхідному потоці, сушіння в спадному потоці й попередній підігрів у спадному потоці. При сушінні у висхідному потоці гарячі гази з температурою 400 °С нагнітаються в шар обкотишів знизу, випарюють із обкотишів вологу й нагрівають шар до середньої температури приблизно 230 °С.

Зволожені гази, що залишають шар після сушіння у висхідному потоці, прохолоджуються в шарі приблизно до 93 °С, і після очищення пилу до санітарних норм викидаються в атмосферу. При сушінні в спадному потоці

гази з  $1400^{\circ}\text{C}$  просмоктуються через шар зверху вниз. Метою цієї операції є забезпечення видалення вологи з верхнього шару обкотишів для запобігання руйнування їх у зоні попереднього нагрівання. При попереднім нагріванні гази з температурою  $1040\text{--}1050^{\circ}\text{C}$  просмоктуються через шар зверху вниз. Метою цієї операції є одержання необхідної міцності обкотишів, при якій вони можуть бути піддані випалу в обертовій печі без помітного руйнування. Середня температура обкотишів після решітки –  $980^{\circ}\text{C}$ . Теплова обробка обкотишів на решітках здійснюється гарячими газами, що відходять із обертової печі.

Перекачування газів по зоні решітки здійснюється трьома технологічними вентиляторами, з яких два просмоктують газ зверху вниз через шар обкотишів у зоні попереднього нагрівання, сушіння спадним потоком і подають його в зону сушіння висхідним потоком й один вентилятор відсмоктує газ із ковпака зазначеної зони. Схемою передбачена можливість скидання надлишків газу, що надходить із обертової печі в зону попереднього нагрівання й подаваного в зону висхідним потоком. Решітки оснащені проміжної сухою газоочисткою, установлені перед вентиляторами зони попереднього нагрівання (циклони), мокрому очищенню (скрубер) перед скидальним вентилятором зони сушіння висхідним потоком. Випал окатишів здійснюється в обертовій печі діаметром  $6700\text{ мм}$ , довгої –  $45720\text{ мм}$ . Для випалу застосовується природний газ, що спалюється в торцевому пальнику, установлені на розвантажувальному кінці печі. Випал окатишів у печі відбувається за рахунок випромінювання смолоскипа пальника й розпеченої футеровки печі, а також конвекційного теплообміну між газовим потоком циркулюючого протипотоку, через піч, вогнетривкої футеровки і поверхнею шаруючи обкотишів. Обладнана вентилятором для подачі повітря на спалювання газу й газорегулюючої станцією, що забезпечує тиск газу перед пальником не більше  $2\text{ кг/см}^2$ . Окатиші переміщуються уздовж печі за рахунок її обертання, при цьому відбувається постійне пересипання слоя окатишів і рівномірний їхній випал при оптимальній температурі  $1260\text{--}15\text{--}30^{\circ}\text{C}$ . Після печі окатиші попадають на станційний охолоджений грохот, за допомогою якого віддаляються спеки обкотишів або настили з обертової печі крупністю  $200\text{ мм}$  і більше. Після просівання обкотиші подаються на охолодження в кільцевий охолоджувач. Кільцевий охолоджувач являє собою решітку у формі кільця шириною  $3111,5\text{ мм}$  і середній діаметр (підлоги сумою зовнішнього й внутрішнього діаметрів)  $20116,8\text{ мм}$ .

У завантажувальній частині охолоджувача встановлена стінка, що розрівнює, для формування рівномірного шару окатишів висотою  $762\text{ мм}$ . Охолоджувач має привід безступінчастого регулювання швидкості, за рахунок чого здійснюється автоматичне регулювання висоти шаруючи обкотишів. Охолоджувач обертається в горизонтальній площині й конструктивно розділений на три зони: робоча зона, де відбувається охолодження обкотишів, становить  $303$  градуса окружності; завантажувальна зона - дуга в  $25$  градусів, розвантажувальна зона-дуга в  $32$  градуса. Охолодження окатишів здійснюється продувом холодного повітря знизу нагору.

Робоча зона підрозділяється, у свою чергу, на дві зони: зона рекупераційного охолодження, у якій від обкотишів відбирається 70-80 % тепла й зона остаточного охолодження, у якій температура обкотишів доводить до 120 °С. Із зони рекупераційного охолодження нагріте повітря передається в обертову піч частково через завантажувальний жолоб охолоджувача й частково по окремому газопроводі, що з'єднує звід рекупераційної зони охолодження з розвантажувальною частиною печі. Із зони остаточного охолодження газу скидаються в атмосферу без попереднього очищення зі змістом пилу не більше 60 мг/м<sup>3</sup>. Забір охолодженного повітря здійснюється з атмосфери. Роботу кільцевого охолоджувача забезпечують два охолодні вентилятори, по одному на кожну зону охолодження. Охолоджені окатиші подаються на віброживильник–грохит, де виробляється відділення класу плюс 50 мм, що вбирається пластинчастим конвеєром через спеціальний жолоб, за межі цеху у відкритий штабель. Клас мінус 50 мм (кондиційні обкотиші), системою стрічкових конвеєрів транспортується на склад або на відвантаження.

Схемою вантажопотоків передбачається можливість подачі окатишів на склад, безпосередньо на навантаження в баржі або в залізничні вагони, а також одночасна подача окатишів на навантаження безпосередньо з фабрики й зі складу в залізничні вагони або в баржі. Укладання готових обкотишів на склад і відвантаження його зі складу здійснюються відповідно одноконсольним штабелеукладачем і роторним забірником напільного типу на рейковому ході імпортової поставки.

*Машини й агрегати фабрик по виробництву обкотишів. Пристрої фабрики по виробництву обкотишів.*

Фабрика по виробництву залізрудних обкотишів складається з відділень підготовки шихти, окомковання й випалювального. Транспортний зв'язок між машинами й агрегатами відділень здійснюється стрічковими конвеєрами. Основним компонентом для виробництва обкотишів є тонко здрібнений вологий концентрат. Перевезення його звичайним залізничним транспортом сполучений з істотними труднощами при розвантаженні, особливо в зимовий час. Тому фабрики обкотишів прагнуть розташовувати безпосередньо поблизу від збагачувальних фабрик, що дозволяє видаваний ними концентрат направляти на окомковання конвеєрним транспортом.

Холодні окатиші мають високу міцність, що дозволяє їх транспортувати на більші відстані до доменних цехів. Принципова схема технологічного процесу представлена на рисунку 1.1. Концентрат, вапняк і повернення надходять у бункери - 1, звідки живильниками - 2 у певних співвідношеннях видаються на конвеєр - 3, що направляє шихтові матеріали в змішувальний барабан - 4, по виходу з якого шихта конвеєром - 5 транспортується в гранулятор - 6. Перед окомкованням до шихти додають бентоніт, що подається з бункера - 7 живильником - 8. В окомкователі відбувається утворення окатишів, чому в значній мірі сприяє вода, що подається в гранулятор через форсунку, що розпорошує. Вихідні з окомкователя сирі обкотиші транспортуються конвеєром - 9 до укладальника - 10. За допомогою

укладальника обкотиші подаються в живильник - 11, що завантажує їх на машину - 12 зміцнюючого або зміцнюючо-відновного випалу. Після охолодження готові окатиші перед відправленням на склад піддаються розсіву на гуркоті - 13.

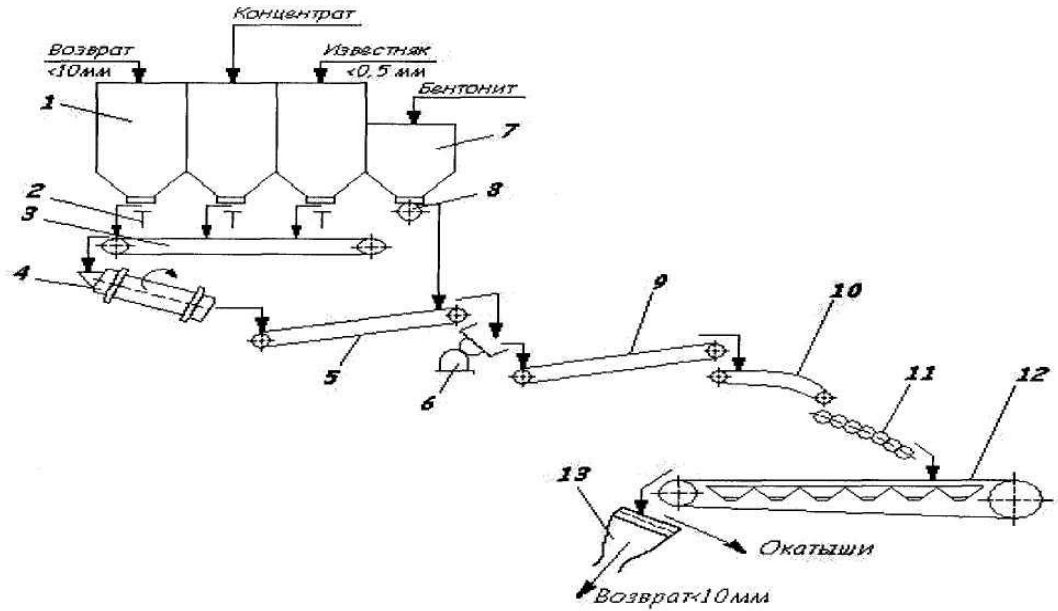


Рисунок 1.1. – Принципова схема виробництва обкотишів.

### Гранулятори.

Для окомковання шихти використовують барабанні або чашеві гранулятори. Барабанний гранулятор принципово не відрізняється від окомкователя агломераційної шихти. На відміну від барабанного робочий орган чашевого гранулятора являє собою нахилену до обрїю під кутом 45-55 градусів чашу із плоским дном, що обертається навколо своєї осі. На рисунку 1.2 зображені схеми процесів утворення обкотишів у барабанному (а) і чашевому (б) грануляторах.

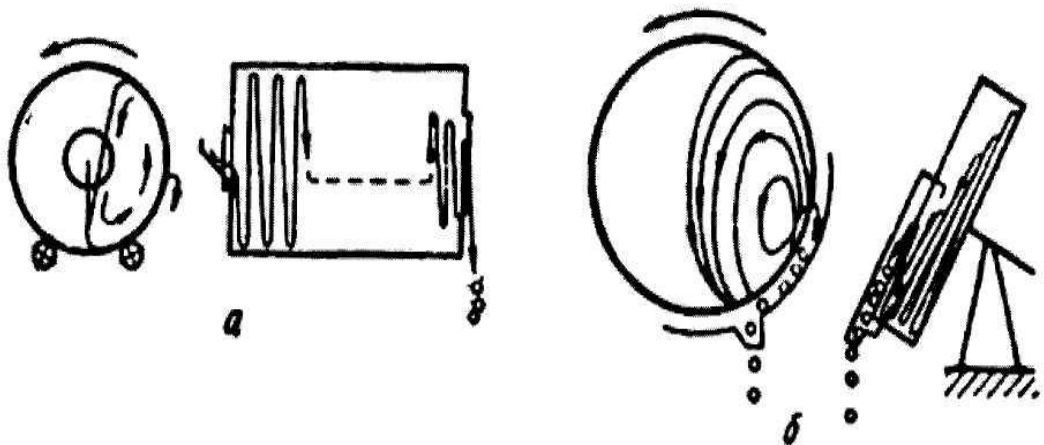


Рисунок 1.2. - Схеми процесів утворення обкотишів у барабанному (а) і чашевому (б) грануляторах.

В обертовий барабан (чашу) безупинно подається шихта, що у присутності розпорошеної води окомковується, перетворюючись у круглі тіла - обкотиші. У міру переміщення в барабані (чаші) обкотиші збільшуються в діаметрі, виходять із барабана через розвантажувальний отвір (пересипаються через борт чаші) у розвантажувальний латок і з нього надходять на стрічковий конвеєр. На рисунку 1.3. показані механізми обертання й нахилу чаші чашевого гранулятора, що складається із чаші, приводу, опори, рами, механізмів обертання, нахилу й очищення.

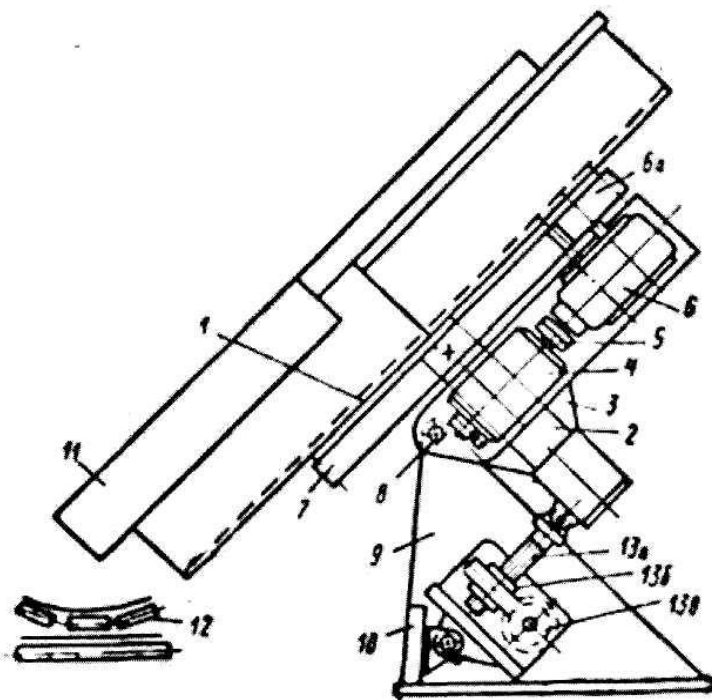


Рисунок 1.3. – Механізми обертання й нахилу чаші чашевого гранулятора

Чаша – 1 звареної конструкції виконана для зручності транспортування із двох половин, з'єднаних між собою болтами. Опора – 3 являє собою тверду зварену раму зі змонтованою в ній на підшипниках кочення обертовою віссю – 2, на верхньому конічному хвостовику якої нерухомо закріплена чаша.

Осьові зусилля сприймають установлені в нижній частині рами завзяті підшипники. Привід обертання чаші, змонтованої на опорі – 3, складається з електродвигуна – 4 постійні струми, муфти – 5, конічно-циліндричного редуктора – 6 і тахогенератора, пов'язаного з валом електродвигуна кінематичною зубчастою передачею. На вихідному валу редуктора розташована шестірня ба, що перебуває в зачепленні із зубчастим вінцем – 7, що закріплений на чаші й обертає її при включенні електродвигуна. Опора – 3



валиками - 8 шарнірно закріплена на рамі, що складається із двох стійок – 9, які жорстко з'єднані між собою поперечною балкою - 10.

Механізм нахилу чаші складається з тяги-гвинта – 13а, що зв'язує між собою балку – 10 і частина опори – 3, до яких шарнірно прикріплені тяги гвинтової пари – 13б і черв'ячної передачі – 13в. При обертанні вала черв'яка вручну гвинт, зв'язаний гайкою із черв'ячним колесом, робить поступальний рух, змінюючи кут нахилу чаші.

Внутрішню поверхню борта й днища чаші очищають від налиплого матеріалу механізмом очищення, що складає з бічного й шести регульованих радіальних ножів. Зволоження вступник у чашу шихти роблять форсунками з індивідуальними трубопроводами, виконаними у вигляді гнучких шлангів з вентилями для регулювання витрати води.

Із чаші готові обкотиші вивантажують на конвеєр - 12 за допомогою лотка - 11, прикріпленого до каркаса. Потужність двигуна обертання чаші 95 квт. Швидкість обертання чаші 6-9 про/хв. Продуктивність гранулятора 30-40 т/год.

Обкотиші обпалюють на конвеєрних випалювальних машинах, в агрегатах решітки - трубчаста піч або в шахтних печах. Шахтні печі почали набувати промислового застосування тільки в останні роки.

#### *Конвеєрна випалювальна машина.*

Конвеєрна випалювальна машина по своєму пристрої подібна до агломераційної машини, але у відмінності від її має більше низький вакуум під ґратами через високу газопроникність шаруючи окатишів і розділену по довжині на технологічні зони стрічку; перша відмінність машини дозволяє замість ексгаустерів використати високотемпературні вентилятори.

Через більше високе нагрівання колосникових ґрат візків вона розділена по висоті на дві частини: підколосникові балки й колосники.

Випал окатишів роблять продуктами горіння газу, що спалює за допомогою газових пальників, установлених в укриттях-камерах зон випалу. Що Відходять, із другої зони випалу надходять у зону сушіння, а із зони охолодження - у зону нагрівання. Для безперервної подачі на випалювальну машину сирих обкотишів застосовують роликові живильники. Живильник являє собою конвеєр із гладкими роликами, що обертаються в одну сторону. Досить широко застосовуються хитні живильники-укладальники, за допомогою яких сирі окатиші рівномірно розподіляються по ширині роликових живильників або колосникових ґрат випалювальних машин. Живильник-укладальник являє собою хитний у горизонтальній площині похилий конвеєр з нескінченною гумовотканинною стрічкою.

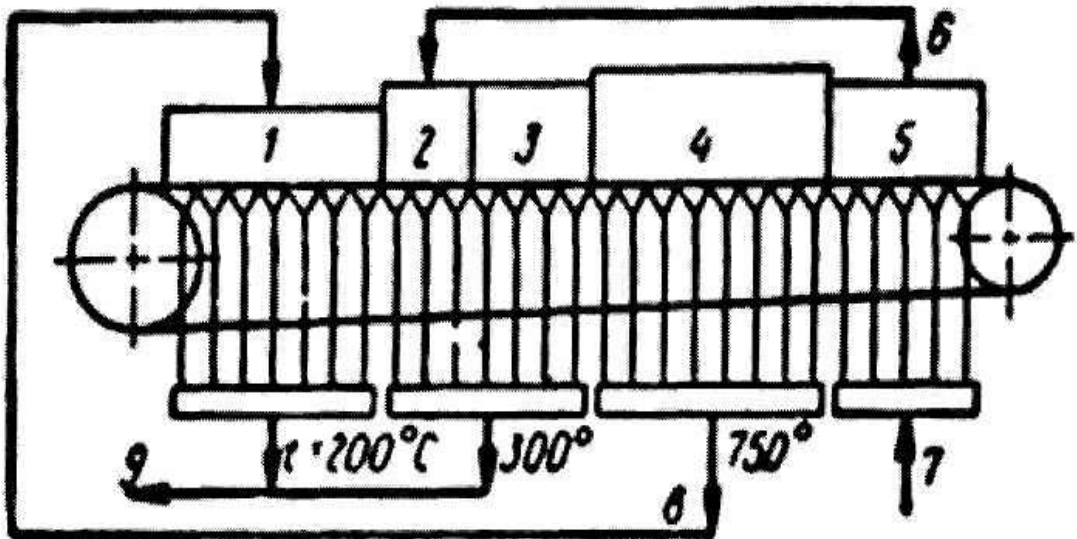


Рисунок 1.4. – Технологічна схема процесу випалу обкотишів на конвеєрній випалювальній машині.

- 1 - зона сушіння;
- 2 - зона нагрівання;
- 3 - перша зона випалу;
- 4 - друга зона випалу;
- 5 - зона охолодження;
- 6 - гази, що відходять, у зону нагрівання;
- 7 - підсмоктування холодного повітря з атмосфери;
- 8 - гази, що відходять, у зону сушіння;
- 9 - гази, що відходять, у димар.

#### *Шахтна піч.*

На рисунку 1.5. показана принципова схема одержання металізованих обкотишів з використанням шахтної печі.

Сирі обкотиші з бункера – 1 надходять на гуркіт-живильник – 2 і далі направляються в скіп - 3, яким подають окатиші на колошник шахтної печі - 4.

Зміцнюючо-відновний випал, що відбувається у верхній половині печі (зона I), досягається за рахунок омивання стовпа, що опускається, обкотишів йдучому назустріч йому гарячим відбудовним газом, що надходить у піч по магістралі - 10. Вихідний з печі по газопроводу – 5 колошниковий газ попередньо очищають від пилу в скрубєрі - 6, а потім газодувкою - 7 направляють у змішувач - 11, куди по газопроводу - 15 надходить також природний газ.

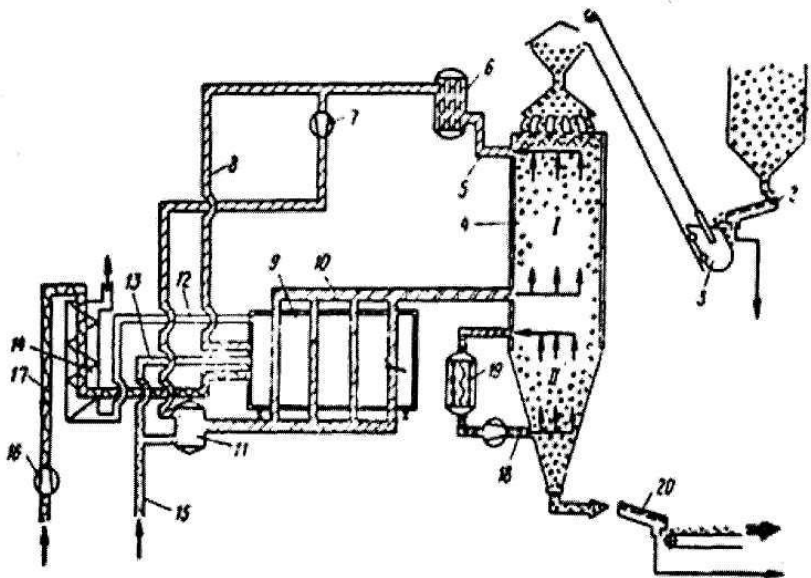


Рисунок 1.5. – Принципова схема одержання металізованих обкотишів з використанням шахтної печі.

Процес конверсії останнього здійснюють в апараті - 9. Фізичне тепло, необхідне для протікання процесу, одержують за рахунок спалювання частини колошникового газу, що надходить по газопроводу - 8, і природного газу, що йде по газопроводу - 13. Повітря для горіння нагнітають повітродувкою - 16 по магістралі - 17. Відходячи з апарата - 9 по газопроводу - 12 продукти горіння проходять через теплообмінник - 14. Зміцнені й відновлені обкотиші в нижній половині печі (зона II) прохолоджують у протівопоточі холодного газу, що подається в піч газодувкою - 18. Охолодний газ циркулює в замкнутому контурі, до складу якого входить скруббер - 19. Обкотиші, що вивантажують із печі, надходять на гуркіт 20. Надріштітний продукт направляють у доменний цех або на склад готової продукції, а підрешітний іде на переробку. Продуктивність шахтних печей досягає 500 тис. т окатишів у рік.

## II. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ САМОВІДНОВНИХ ЗАЛІЗОЗОРУДНИХ ОБКОТИШІВ

2.1. Аналіз відбудовних процесів у верхній частині шахти доменної печі й розробка вимог до сполуки огрудкованих залізорудних матеріалів.

Витрата коксу на виплавку чавуну в доменній печі істотно пов'язаний з розвитком відбудовних процесів оксидів заліза. Відбудовний газ ІЗ надходить у зону відновлення твердих оксидів заліза із шару коксової насадки, розташованої нижче зони плавлення. У цій зоні протікають дві циклічні реакції: слабо екзотермічна й сильно ендотермічна - газифікації вуглецю коксу. У результаті протікання другої реакції температура газу в цій зоні знижується. Регенерація ІЗ практично припиняється нижче  $900^{\circ}\text{C}$  і все наступне відновлення у верхній частині шахти здійснюється за рахунок З печі, що утворювався в нижній частині. При цьому утворюється тверде залізо й  $\text{Z}_2$  і сполуку газу наближається до рівноважного й він втрачає здатність відновлювати залізо з вюстита.

Для режиму, що встановився, роботи доменної печі кількість вюстита відновлення, що утворювався в результаті, повинне бути дорівнює кількості вюстита, відновлюваного до заліза. Таким чином, відновлення магнетиту до вюстита забезпечується концентрацією, що утворюється, монооксиду вуглецю, але цієї концентрації (30,0 – 31,0 %) недостатньо для відновлення заліза з оксидів. У результаті утворюється область, де вищі оксиди заліза відновлені до вюстита, але газ уже не в змозі відновлювати значна кількість вюстита до заліза.

Залізовмісний матеріал, що перебуває в цій зоні, у вигляді вюстита утворює «хімічно резервну зону» доменної печі, тому що через недостатню концентрацію З у цій зоні не протікають хімічні реакції. [42, 43]

У такий спосіб в «хімічно резервну» зону від колошника надходять вищі оксиди заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), де вони відновлюються до вюстита. Практично шматки агломерату й окатишів містять усі три оксиди. Важливу роль для інтенсифікації процесу відновлення відіграють кінетичні фактори, такі як відновність залізорудних матеріалів, час контакту відбудовного газу з поверхнею оксидів, а також тісний контакт відновника з оксидами.

Розрахункові швидкості газу в доменній печі становлять 2 – 5 м/с, а дійсні доходять до 30 – 60 м/с. Тоді час перебування газу в печі становить близько 1 с. Швидкість опускання шихтових матеріалів значно менше. Час перебування становить 6 – 8 годин. Тому будь-який шматок залізовмісних матеріалів перебуває в зоні відновлення не менш 1,5 – 2 годин. [140]

Таким чином, однієї із завдань інтенсифікації процесів відновлення є створення тісного контакту оксидів з відновником, у тому числі й вуглицем і підвищення відновності огрудкованих залізорудних матеріалів.

Як показано вище, кисень здебільшого віднімається в оксидів заліза газом З, а, що потім утворювався  $\text{Z}_2$  у первинному акті відновлення взаємодіє з вуглицем, регенеруючи газ відновник – З. Реалізація вуглетермічного відновлення при помірних температурах (до початку розм'якшення шихтових матеріалів) дозволить інтенсифікувати процес відновлення в шахті доменної печі. Це можна здійснити в огрудкованих залізорудних матеріалах, що містять тонкоподрібнений вуглець.

У цьому випадку створюються умови для розвитку комплексного відновлення, коли оксиди заліза відновлюються газом і твердим вуглецем.

Існуючі способи огрудкування залізорудної сировини для доменної плавки призначені для виробництва окиснених обкотишів і агломератів. Однак, як показує досвід огрудкування залізорудних матеріалів із шихт із добавкою твердого палива за певних умов термічної обробки, а також підготовки шихти можливо одержати огрудкований продукт, що містить вуглець.

Найбільш підходящим продуктом вимогам, що відповідають цим, можуть бути обкотиші, отримані із шихти, що містить тверде паливо, і обпалені в окисній атмосфері.

2.2. Теоретичний розрахунок концентрації вуглецю у обкотишах, що самовідновлюються

При високотемпературній обробці рудовугільних обкотишів в атмосфері повітря протікають окисно-відновні реакції. Окиснення вуглецю в гранулі киснем повітря походить від поверхні до центру, а відновлення оксидів заліза у внутрішніх шарах. Процеси прямого відновлення оксидів заліза ендотермічні й нерозривно пов'язані з теплообміном. В умовах випалу окатишів у шарі конвективна й промениста складові газового потоку від газів до матеріалу можуть бути порівнянні по величині.

При стаціонарному процесі, що встановився, кількість речовини  $G$ , кг, прореагувавшего на поверхні тіла  $F$ , дорівнює кількості речовини, продиффундувавшого з основної маси потоку до поверхні, тобто [14]

$$G = \beta_x (C_s - C_p) \cdot F \cdot \tau = \beta_d (C_o - C_s) \cdot F \cdot \tau \quad (2.1.)$$

де  $\beta_x$  й  $\beta_d$  - коефіцієнти тепловіддачі й дифузії, м/с;  $C_s$ ,  $C_p$ ,  $C_o$  - концентрація реагуючого речовини відповідно на поверхню шматка, у потоці й у ядрі потоку, кг/м<sup>3</sup>;  $\tau$  - час;  $C_o - C_s$  - кількість речовини.

Останнє рівняння слушне для всіх массообмінних процесів між твердим і газоподібними тілами, включаючи й процеси горіння в шарі. Для розрахунку цих процесів стосовно до рудовугільного окатишу ухвалюємо наступну модель: рудоугольний окатиш розглядаємо, як шматок високо зольного палива. Топохімічний процес горіння вуглецю в такому шматку палива обумовлює вигорання його з різною швидкістю для кожного шару окатиша: периферії ( $d_1$ ), середини ( $d_2$ ) і центру ( $d_3$ ).

Зміст палива по вазі в частинах обкотиша складе:

$$m_1 = c\gamma \frac{\pi}{6} (d_1^3 - d_2^3); m_2 = c\gamma \frac{\pi}{6} (d_2^3 - d_3^3); m_3 = c\gamma \frac{\pi}{6} d_3^3, \quad (2.2.)$$

де  $\gamma$  - насипна маса;  $c$  - зміст палива у вихідній шихті.

Поверхня, займана паливом у кожному шарі, складе:

$$S_{Tn} = m_n \cdot F,$$

де  $F$  - питома поверхня палива.

Визначимо якість вуглецю  $q$ , г/см<sup>3</sup>, що вигорає з обкотиша, при температурах 800, 1000 і 12000С и парціальному тиску кисню рівним 0,21 бар. Діаметр обкотиша становить 0,015 м. Порозність шару 0,5. Швидкість газового потоку 1,0 м/с. Зміст вуглецю в обкотишах 5 і 10 %.

Відповідно до рівняння стану концентрація кисню в потоці:

$$C_{O_2} = M \cdot P \cdot 273 / (22400T), \text{ г/див}^3, \quad (2.3.)$$

де  $M$  – молекулярна маса кисню;  $P$  – парціальний тиск;  $T$  – температура.

Величину масовіддачі хімічної реакції  $\beta_x$  можна визначити по рівнянню, запропонованому академіком Н.Н. Доброхотовым.

$$\beta_{x_n} = 2.45 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{T} \cdot \exp(-44000/1.99T) \quad (2.4.)$$

Коефіцієнт масовіддачі в шарі можна визначити по рівнянню Льюїса, для чого потрібно знати поверхневий коефіцієнт тепловіддачі, що обчислюється по формулі Б. І. Китаєва:

$$\alpha_F = \alpha_V d / 7.5(1 - \xi) \quad (2.5.)$$

Об'ємний коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_V$  й об'ємну теплоємність потоку визначають за табличним даними для кожної з температур.

Відповідний йому коефіцієнт масо передачі вуглецю від поверхні обкотиша в потік у формі вуглекислоти знаходимо з вираження закону Льюїса:

$$\beta_D = \alpha_F / (C \cdot PM) \quad (2.6.)$$

Тоді коефіцієнт масо передачі при різних температурах:

$$K = 1 / (1 / \beta_x + 1 / \beta_D) \quad (2.7.)$$

Кількість вуглецю, що вигорає з поверхні:  $q_n = K(C_n - C_o)$  або при  $C_o = 0$   $q_n = KC_n$ . Знаючи зміст вуглецю в периферійному шарі, визначаємо кількість вигорілого вуглецю із цієї частини обкотиша за певний проміжок часу:  $\eta = q_n \cdot S_{Tn} \cdot \tau$ ,

Де  $q_n$  – кількість вуглецю вигоряючого з поверхні, г/(див<sup>2</sup>с);  $S_{Tn}$  – площа, займана паливом у шарі;  $\tau$  – час перебування при певній температурі.

Подальший розрахунок кількості залишкового вуглецю для проміжного шару й центру ведеться з обліком того, що: - температура в напрямку до центру знижується в середньому на 250 – 350 °С – кількість палива для розвитку реакцій прямого відновлення становить 20 – 30 % від змісту палива. Результати термічної обробки з використанням розробленої моделі отже впливає, що в дослідженому інтервалі температур (800, 1000, 1200 °С) інтенсивне горіння палива триває протягом 30 – 60 сек (периферія). У середині

й центрі протікають процеси, пов'язані з догоранням і використанням палива в якості відновника. При різних температурах процесу протягом 30 – 120 секунд в окатиші частина палива не вигорає.

При температурах 800, 1000, 1200<sup>0</sup>C відносна кількість твердого палива, що залишився в окатиші, становить 25-27 %, 22-24 % і 20-22 % відповідно.

Основна кількість вуглецю зосереджена в центральній частині окатиша. Так, при 5 % вуглецю у вихідній шихті й температурі термообробки 800-1200 <sup>0</sup>C у центрі після 30 сек обробки залишається близько 4,3 – 4,5 % (абс) вуглецю. Збільшення тривалості термообробки в 4 рази (тобто до 120 сек) приводить до зниження кількості залишкового вуглецю в цій частині окатиша до значень 3,4 – 3,7 %. У середній частині окатиша зміст вуглецю менше в порівнянні з периферією. Різниця між значеннями кількості вуглецю в середній зоні й периферії, при одній і тій же температурі, становить 0,1 – 0,15 % для 5 % вуглецю у вихідній шихті й 1,0 – 1,2 % - для 10 %. Останнє пов'язане з реакціями не тільки окиснення вуглецю киснем повітря, але відновлення заліза з оксидів.

Результати теоретичного розрахунку й аналізу ступені вигорання вуглецю дозволяють зробити наступні висновки:

- При термообробці рудовугільних окатишів з метою одержання обкотишів, що самвідновлюються, зміст вуглецю складе від 2,5 % (при 5 % у вихідному) до 5,2 % (при 10 % вуглецю у вихідному);

- паливо, в основному, залишається в центральній частині окатиша. Так, при зміні палива 5 і 10 %, температурі випалу 1200<sup>0</sup>C у центральній частині залишається близько 70 % вуглецю від маси центру;

- подальше збільшення часу термообробки зменшує кількість вуглецю в центрі окатиша;

- розрахункові дані добре узгодяться з експериментальними. При випалі обкотишів діаметром 8-16 мм зі змістом вуглецю від 3,0 до 7,0 % зміст його в обкотиші склало від 0,7 до 2,1 %.

Зниження реакційної здатності твердого палива збільшувати зміст вуглецю у залізорудних матеріалах, що при зміні 5 % коксівного дріб'язку шихті, кількості вуглецю у обкотишах, що самовідновлюються складає 0,6-0,8 %; при антрацитовому штибу 1,0 - 1,2 %; при графіті 2,1 – 2.

### 2.3. Експериментальні дослідження процесу одержання обкотишів.

Завдання зниження сумарних енерговитрат при виробництві й проплавці окатишів вимагає зниження температурного рівня процесу зміцнення, застосування дешевих недефіцитних видів енергоносіїв, заміни частини доменного коксу іншими видами твердого відновлювача : одержання огрудкованого продукту з найбільш оптимальною комбінацією металургійних властивостей.

Для вироблених у цей час окиснених обкотишів характерний цілий ряд недоліків, що роблять їх не конкурентоздатними з агломератом: низька основність, сегрегація при завантаженні в доменну піч, порівняно низькі

властивості при відновленні в нижній частині доменної печі, пов'язані з усадкою й газопроникністю шару.

Усі розроблені дотепер технології одержання вуглецевмісних матеріалів включали випал рудовугільних брикетів або обкотишів у нейтральній або відбудовній атмосфері. Стосовно до типових конвеєрних випалювальних машин це пов'язане із втратою продуктивності. Жодна з них не одержала поширення.

Теоретичні основи технології включають рішення завдань, пов'язаних з динамікою процесів у шарі залізородних обкотишів, що містять вуглець. Створена динамічна математична модель випалу залізородних обкотишів із шихт, що містять вуглець, дозволяє розрахунково-аналітичним методом прогнозувати розподіл температур у шарі, ступінь використання вуглецю, ступінь окисленості обкотишів і комплексний показник якості обкотишів.

Експериментально отримані залежності частки вуглецю, що витрачається на горіння, від діаметра окатиша й змісту кисню в газовій фазі. Ця залежність дозволяє доборою діаметра окатишів впливати на глибину процесу відновлення й величину внутрішнього джерела теплоти. На основі отриманої залежності визначаються умови, коли процес випалу обкотишів, що містять вуглець, переходить в агломерацію. Цей момент відповідає малим розмірам гранул і високому змісту кисню в теплоносії.

Про динамік протікання процесу «вигоряння» вуглецю в об'ємі шару дає вистава газовиділення  $Z_2$  шару. Наявність максимуму газовиділень (газоспоживань) на 10-14 камерах свідчить про те, що більша частина вуглецю як палива «вигорає» за короткий час (5-7 хв). Цей процес не пов'язаний з більшими дифузійними утрудненнями, тому що він іде переважно в поверхневих шарах обкотиша на глибині приблизно 1,0 – 1,5 мм. Розрахунки на підставі даних показують, що до кінця 14 камери «вигорає» 45-50 % вуглецю. Якщо прийняти, що вуглець як паливо в основному «вигорає» над 10-14 камерами, то в середньому на одну камеру буде доводитися 226 кг згорілого вуглецю (174 кг/хв). При відомих швидкості фільтрації й максимальній температурі випалу температура теплоносія з урахуванням тепла від згорілого вуглецю може збільшитися на 170-180 °С и досягти величини 1380 °С. Фактично температури в шарі нижче цієї величини, тому що частина тепла йде на компенсацію ендотермічних реакцій відновлення. Крім того, збільшення температури газів за рахунок горіння палива швидко «гаситься» у «холодних» шарах обкотишів. Проте, незважаючи на зниження температури випалу й питомої витрати природного газу, прогрівши шару здійснюється практично по всій висоті шару до температур випалу за рахунок інтенсифікації теплообміну, обумовленого наявністю внутрішнього джерела тепла.

Як впливає з вищевикладеного, температура газу в шарі при нагріванні залежить від співвідношення внутрішнього джерела тепла (кількості згорілого вуглецю) і теплоємності газів. Щоб не утворювався спік, це співвідношення не повинне перевищувати 0,14 – 0,15, тобто чим вище швидкість фільтрації



теплоносія й нижче температура випалу, тим більше палива можна подати в шар

2.4. Розробка технологічних параметрів виробництва, самовідновлюючихся обкотишів на конвейерній машині.

2.4.1. Відпрацьовування технології одержання коксика заданої крупності.

Відомо, що крупність твердого палива відіграє істотну роль у процесах, пов'язаних з тепломасопереносом і утвором рідкої фази при виробництві залізородних матеріалів. Крім того, крупність палива, вочевидь змінить і зміст вуглецю в процесі термообробки рудновугільних обкотишів.

Частина попередніх експериментів проводилася з метою визначення граничних значень крупності технологічного палива.

Для одержання сирих рудновугільних обкотишів використовували фракції коксу від  $-0,074$  до  $-2,5$  мм. У таблиці 2.1 наведені результати лабораторних експериментів по визначенню граничних значень крупності твердого палива, що не викликає порушень процесів огрудкування, а також “засвоєння” палива при огрудкуванні.

З наведених даних видно, що граничними умовами крупності твердого палива є фракція  $-1,25$  мм. При підвищенні верхньої межі крупності різко збільшуються залишки незасвоєного сирими окатишами палива й відбувається істотне зниження міцності.

Таким чином, для одержання сирих рудновугільних обкотишів необхідної якості доцільно використовувати тверде паливо крупністю близько  $1,0$  мм.

Необхідно відзначити, що коксик вихідної сполуки наведеного в таблиці 2.2 доцільно додрібнюють до крупності  $-1 +0,05$  мм у молоткових дробарках, обладнаних відповідними ситами. Однак, в умовах діючої фабрики підготувати коксик можна лише в млинах млива. Виникла необхідність розробки спеціальної технології млива коксика в даному млині.

Таблиця 2.1 – Властивості сирих обкотишів при різній крупності твердого палива

Показник	Фракції, мм				
	- 0,16	+ 0,16 – 0,5	+0,5 – 1,25	+1,25 – 2,5	+2,5
Залишок палива в грануляторі, %	0	0	0,01	6,5	14,7
Опір стиску, н/ок	50,0	55,0	52,0	22,0	21,0
Число скидань із 500 мм.раз	7	6	5	5	4

Таблиця 2.2 – Гранулометрична сполука вихідного й дробленого коксика

Матеріал	Зміст (%), класів крупності, мм
----------	---------------------------------

	+10	-10+7	-7+5	-5+3	-3+1	-1
Вихідний	37,9	13,9	7,8	12,4	16,9	11,1
Дроблений	9,7	8,6	7,6	17,0	32,8	24,3

Здрібнювання коксика здійснювали в кульовому млині ШБМ 370/850, у відкритому циклі при наступних показниках:

Параметри	Розмірність	Величина
Крупність дробленого коксика	мм	10-0
Кульове завантаження	Т.	50
Розмір куль	мм	40-80
Перепад тиску на млині	мм в.ст.	350
Витрата природного газу	Нм <sup>3</sup> /год	100
Температура за млином	0С	75
Продуктивність	т/год	25-30

Готовий продукт характеризувався крупністю:

мм	+1	+0,125	+0,10	+0,074	+0,05	-0,05
%	3,5	24,1	9,8	7,3	2,7	52,6

Тверде паливо такої сполуки повинне сприяти підвищенню змісту вуглецю в окатишах і зниженню спеко утворення, що є головною вимогою технології.

2.5. Сировинні матеріали й завантаження обкотишів на випалювальні візки.

Характеристика сирих обкотишів, що завантажуються на випалювальні візки, представлено в таблиці 2.3 Середньозважений діаметр обкотишів становить у середньому 16,6 мм.

Укладання сирих обкотишів на візки носила хвилеподібний характер з коливаннями по висоті до 60 мм ( від 280 мм до 340). При висоті донною постелі 100 мм.

Таблиця 2.3 – Характеристика сирих обкотишів у досвідчений період

Параметр	Одиниця изм.	Величина		
		max	min	ср.
Вологість	%	10,8	11,5	11,3
Міцність	даній/ок	1,8	1,6	1,7
Пластичність	раз.	7	6	6,3
Клас: +20	%	38,5	19,7	25,3
Клас: +16	%	36,8	26,3	32,8
Клас: +8	%	52,6	27,6	40,3
Клас: -8	%	2,4	0,8	1,6

Середній профіль завантаження сирих обкотишів і постелі складає 69 % від об'єму шару займають сирі обкотиші, 24 % - донна постіль і 7 % - бортова

постіль. При відомім навантаженні машини по сирих обкотишах (G) їх насипну масу ( $\gamma_{нас}$ ) можна визначити по формулі:

$$\gamma_{нас} = \frac{G}{60 \cdot S \cdot \text{МУЛ}}, \text{ т/м}^3$$

де S – перетин шару сирих обкотишів, м<sup>2</sup>

МУЛ – швидкість руху візків, м/хв.

При G = 320 т/ч і МУЛ = 2,65 м/хв насипна маса сирих обкотишів рівна 2,054 т/м<sup>3</sup>.

## 2.6. Режим роботи горна й нагрівання шару.

У роботі перебувало 6 пара пальників ( над вакуум камерами 10-15). Газ по пальниках розподілявся нерівномірно як по сторонах горна, так і по його довжині (табл. 2.4), що може бути обумовлене як різним положенням запірної апаратури, так і різною подачею у форкамери пальників переточного повітря.

Таблиця 2.4.– Розподіл газу й повітря по пальниках ( за даними СТОСІВ)

Найменування	Номера пар пальників											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Витрата газу, м <sup>3</sup> /год	420	420	650	630	490	490	480	480	670	750	500	680
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	480 0	460 0	440 0	490 0	400 0	470 0	460 0	450 0	440 0	450 0	450 0	450 0

Контроль над температурою в горні здійснюється стаціонарними термопарами, установленими під кожним пальником з у горновий простір на 150-200 мм. Як показали інструментальні виміри різниця між показаннями стаціонарних термопар і дійсними температурами в горні досягає 120°С. У першу чергу це обумовлене досить більшим розрідженням у горні ( до -5 + -7 кг/м<sup>2</sup>). Спотворюється і якісна картина розподілу температури по довжині горна. Якщо за даними СТОСІВ максимальна температура в горні досягається на 15 камері, то в дійсності максимум її перебуває в районі 13 камери.

Про ступінь прогріву шару можна судити за даними табл. 2.5. Температура на границі « шарспостіль» до кінця зони рекуперації досягає 1150°С. Цьому відповідають температури на колосниках 900°С и в 16 камері – 430°С. Зміна середнемасових температур шару (включаючи донну постіль) представлене нижче.

Якісні показники обпалених обкотишів у досліджуваній період були наступними:

		max	min	середнє
Міцність на стиск	Даний/ок	490	180	310
Барабанний показник (-5мм)	%	91,8	88,0	88,5
Стирання (-0,5мм)	%	12,8	7,4	10,5

## 2.7. Схема газопотоків випалювальної машини.

Рівень швидкості фільтрації по зонах (табл. 2.5.), хоча й досить високий ( $W_{cp}=0,72$  м/с), може бути підвищений за рахунок зниження коефіцієнта опору шару. Відносно високі значення цього коефіцієнта (120-180) при досить великому середньозваженому діаметрі окатишів (16,6 мм) можуть бути пояснені як підвищеною початковою вологістю обкатишів (11,5 %) і пов'язаної з нею величиною усадки шару, так і періодичним «згладжуванням» шару на вході в зону сушіння 1.

Деяке обмеження швидкості фільтрації в зоні охолодження обумовлене можливостями використання газів, що продуваються через шар, у попередніх зонах (переточне повітря й теплоносій на сушіння 1).

Для одержання окатишів, що самовідновлюються, необхідно, щоб час термообробки обкотишів був менш часу повного «вигорання»

Час термообробки окатишів визначається досягненням заданих температур у нижньому шарі обкотишів (досягненням температури в 16 камері 400-450(3), що обумовлюється часом і рівнем максимальних температур у горні й швидкістю фільтрації теплоносія. Прагнення скоротити час термообробки окатишів може бути реалізоване за рахунок збільшення температур

При конкретному виді палива й тоненні його млива час «вигорання» вуглецю в рудновугільних окатишах прямо пропорційно температурі випалу й змісту кисню в газовій фазі. Для збільшення часу «вигорання» вуглецю необхідно прагнути до збільшення діаметра обкотишів, змісту вуглецю в них і зниженню кисню в газовій фазі.

Фактором, що обмежують використання окремих параметрів процесу ( $t_{max}$ ,  $C_{шихти}$ ) є спеко утворення, яке може розвиватися у верхній частини шару під дією високих температур, обумовлених у зоні випалу як температурою зовнішнього нагрівання, так і горінням вуглецю, а в зоні охолодження – більшими швидкостями окиснення нижчих оксидів заліза, які пропорційні кількості відновлених фаз (у зоні випалу й рекуперації).

Аналіз існуючого режиму роботи випалювальної машини, а також аналіз розрахункових даних по протіканню процесу випалу рудновугільних обкотишів в окиснім середовищі дозволяє запропонувати наступний регламент роботи машини в перехідний період.

Перехідний період пов'язаний з не стаціонарністю процесу, обумовленої зміною як гранулометрії обкотишів, так і їх хімічним складом. Крім того, у цей період відбувається зміна висоти шару й температурного режиму в горні.

Порядок проведення операцій у перехідний період. Огрудкувачі переводяться в режим одержання обкотишів підвищеної крупності. Після стабілізації режиму огрудкування проводиться подача в шихту твердого палива в кількості 3 – 4 %. Знижується висота шару сирих обкотишів до 200 – 250 мм. Знижується максимальна температура ( над камерами 10 – 14) до 1200°C. Над 15 камерою відключаються пальники зі збереженням подачі в них

холодного (і переточного) повітря. Температури над шаром контролюються переносними термопарами. Знижується температура в горні над 6-8 камерами до 500-700<sup>0</sup>С шляхом регулювання співвідношення переточного й вторинного повітря.

При проведенні операцій навантаження машини регулюють швидкістю руху візків по заданій температурі в 16 камері (400-450<sup>0</sup>С).

Наявність процесу спеко утворення контролюють за показниками приладів «розрідження (тиск) у камерах 6-28». Збільшення розрідження понад 500 кг/м<sup>2</sup> у камерах зони випалу свідчать про спікання верхньої частини шару. У цьому випадку знижують температуру випалу на 50<sup>0</sup>С. При збільшенні тиску в камерах охолодження (без збільшення розрідження в камерах випалу) необхідно знизити зміст вуглецю в шихті, понизити висоту шару на 20-40 мм, понизити висоту постелі на 20-30 мм, згасити пальники над 14 камерою.

Після виходу на стаціонарний режим відібрати пробу окатишів на вуглець. При зміні  $C_{ост} < 0,5 \%$  додати не менш 1 % С у шихту й відкоригувати режим термообробки – зменшити на 20-30<sup>0</sup>З максимальну температуру зовнішнього нагрівання й понизити висоту шару на 20-30 мм.

2.8. Дослідження процес термообробки обкотишів, що самовідновлюються в

Умови проведення досліджень. Перед подачею палива в шихту огрудкувачі були переведені на режим одержання окатишів +20 мм.

Усереднена характеристика сирих рудновугільних обкотишів представлено в таблиці 2.5. У порівнянні зі звичайною експлуатацією середньозважений діаметр був збільшений на 3 мм.

Збільшення розкиду класів по крупності привело до більш щільного укладання шару й, незважаючи на добавку палива, насипна маса обкотишів на випалювальних візках майже не змінилася ( $\gamma_{нас.} = 2,06 \text{ т/м}^3$ ). Таке збільшення діаметра обкотишів приводить до росту часу їх сушіння на 1,5 год 2,0 хв .

Таблиця 2.5 – Характеристика сирих обкотишів

Гранулометричний сполука, %					Міцність на скидання, раз	Міцність на стиск, Даний/ок	Вологість, %	Средневзвеш. діаметр, мм
+25	+20	+16	+10	-10				
9,84	33,1	21,4	31,3	4,4	5	2,2	9,74	19,5

Результати досліджень. У досвідчений період горн працював в 3 режимах (табл. 2.6). Перший режим характеризувався практично таким же розподілом температур у горні, як і при звичайному випалі, але при відключеній парі пальників на 15 камері й зниженій висоті шару.

Продуктивність машини на цьому режимі була трохи занижена, що обумовило досягнення високих температур на границі «шарколюсики» (1030(3) ) і більші значення питомих втрат тепла з газами, що відходять. У другому режимі рівень максимальних температур у горні був знижений на 80-100, але висоту шару підняли до 320 мм. Продуктивність машини (330 т/ч) була завищена, шар не прогрівався до необхідних температур.

Третій режим характеризувався відключенням пар пальників над 14 і 15 камерами, зниженими температурами.

Таблиця 2.6 – Показники роботи випалювальної машини при різних режимах термообробки обкотишів

Показники	Єдиний. Виміру	Базовий режим	Номер режиму		
			1	2	3
Висота шару сирих обкотишів	М	0,300	0,260	0,320	0,275
Висота шару донною постелі	М	0,100	0,100	0,100	0,070
Швидкість машини	м/хв	2,6	2,3	2,5	2,3
Продуктивність машини	т.с.ок./ч	320	245	330	260
Зміст С у обкотишах (сирих)	%	-	2,3	2,5	2,5
Максимальна температура випалу	°З	1340	1310	1240	1210
Розрідження в горні	КПа	-0,045	-0,07	-0,03	-0,015
Температура в/камерах:	в				
8		150	140	130	140
12		180	190	140	170
16		440	490	350	460
Розрідження в/камерах:	в	КПа			
5+12		3,4	3,7	3,6	3,6
13+17		4,0	4,3	4,7	4,4

Продовження таблиці 4.22

Середня швидкість фільтрації по камерах: 5+12	м/з				
---	-----	--	--	--	--

13+17		0,67	0,72	0,72	0,70
18+23		0,54	0,56	0,58	0,56
24+28		0,60	0,65	0,60	0,63
		0,85	0,89	0,85	0,88
Час знаходження при хв. $t > 850(3$ : низу шару верху шару	Мін.	7,0 15,0	7,2 17,0	4,2 13,8	7,2 8,5
Витрата природного газу	м <sup>3</sup> /год	5500	4100	4370	4000
Питома витрата природного газу	м <sup>3</sup> /т	20,20	19,88	15,73	18,30
Питома витрата електроенергії	Квт.ч/т	32,5	43,3	32,7	41,2
Масові частки в обкотишах:	%				
Заліза		58,9	60,4	59,8	59,5
Закиси заліза		1,6	11,5	7,85	10,4
Сірки		0,045	0,08	0,1	0,09
Вуглецю		-	0,33	0,31	0,48
Основність обкотишів	Ед.	0,61	0,65	0,64	0,69
Міцність на стиск	Даний/окат	219	124	109	119
	.				
Міцність по барабану + 5 мм - 0,5 мм	%	90,0 8,9	85,1 13,6	81,9 15,7	77,5 19,3
Міцність за ДСТ 19575-84: +5 мм - 0,5 мм	%	73,3 4,9	78,2 6,0	72,2 9,3	71,0 10,8
Ступінь відновлення	%	39,0	59,3	66,0	57,0
Пористість	%	21,5	38,9	39,9	38,5

2.9. Аналіз ефективності використання, що самовідновлюючихся залізородних обкотишів.

Виконані в різні роки теоретичні й експериментальні дослідження з використання в доменній плавці металізованих залізородних матеріалів з різним ступенем металізації (аж до 100 %) дозволили зробити висновок про можливість їх ефективного застосування. У ряді робіт вітчизняних і закордонних авторів відзначалося, що економія, що досягається при цьому, коксу становить від 4 до 8 %, а ріст продуктивності доменної печі - від 1,5 до 10 % на кожні 10 % металізації шихти. У свій час ці дані узагальнив і проаналізував А.Н. Рамм.

Основним фактором, що перешкоджають дотепер широкому використанню в доменній плавці металізованих матеріалів, є досить висока їхня вартість, і, як наслідок, - економічна недоцільність їх застосування. Це обумовлене, насамперед, високими енергетичними витратами, характерними для відомих процесів твердо- і рідко фазного відновлення.

Моделювання й аналіз поведінки залізородних матеріалів утримуючих вуглець, зокрема обкотишів, при тепловій-відновно-тепловій обробці в доменній печі, показують їхні очевидні переваги. У верхній частині шахти доменної печі ці матеріали, володіючи досить розвинутою поверхнею, інтенсивно відновлюються. У міру їх опускання й нагрівання до температур вище 900 °С одержують розвиток процеси відновлення за рахунок «власного» вуглецю, у той час як відновлення звичайних окиснених матеріалів у тих же умовах зупиняється на стадії вюстита. Наявність тонкодисперсного вуглецю усередині окатиша сприяє максимально тісному його контакту з оксидами заліза, розвитку реакцій вуглетермічного відновлення з утвором моно- і диоксидів вуглецю, які беруть участь у реакціях непрямого відновлення й газифікації. Ріст парціального й загального тиску газів у центрі окатиша сприяє руху відбудовного газу до його поверхні й повному використанню вуглецю як відновника. У результаті до моменту розплавлення такі окатиші являють собою продукт із певним ступенем металізації, максимально підготовлений для подальшого дновлення в горні печі.

В обкотишах, що містять 0,67% вуглецю, при термічній обробці (1000 °С) у лабораторних умовах ступінь металізації склав 9,25%. Зі збільшенням змісту вуглецю в структурі обкотиша ступінь металізації зростає, змінюються також їхні високотемпературні властивості. Температури початку утвору розплаву, формування первинного шлаків, краплинного плинину й закінчення утвору шлаків збільшилися відповідно на 65, 60, 40 °С, а маса первинного шлаків поменшала з 17 до 9%.

Проведені також дослідження з одержання агломерату, що містить вуглець. Установлене, що змінюючи реакційну здатність і крупність, а також витрата твердого палива, представляється можливим одержати агломерат зі змістом вуглецю від 1,5 до 4%.

Експериментальним шляхом була отримана залежність ступеня металізації обкотишів при їхній термічній обробці (в умовах, аналогічних умовам перебування в доменній печі) від змісту в них вуглецю. У дослідженому діапазоні ступінь металізації обкотишів прямо пропорційна змісту в них вуглецю. Отримані експериментальні дані досить точно описуються залежністю:

$$v = 7,758 \cdot C_{ocm}, \%$$

де  $C_{ocm}$  - зміст в обкотишах вуглецю перед термообробкою.

Ефективність застосування обкотишів з вуглицем підтверджена результатами проведеної раніше дослідно-промислової плавки на доменних печах № 2 і № 6 металургійного заводу ім. Петровського. [66]



Однак отримані дані не дозволяють оцінити ефективність застосування залізорудних матеріалів з іншим, наприклад, більш високим змістом вуглецю і його вплив на базові показники доменної плавки, зіставлення ефективності «роботи» вуглецю, що входить до складу обкотишів з ефективністю «роботи» вуглецю пиловугільного палива (ПУТА).

Для такого аналізу був обраний спрощений метод розрахунку показників доменної плавки, розроблений проф. А.Н. Раммом і успішно використовуваний для прогнозних оцінок і теоретичних розрахунків. У якості базових для розрахунків були прийняті усереднені за досить великий період показники роботи однієї з доменних печей, що працювала без вдмухування природного газу.

Основним параметром у розрахунках був прийнятий ступінь металізації шихти, яка на практиці повинна забезпечуватися введенням у шихту обкотишів або інших огрудкованих матеріалів, що містять вуглець. Значення ступеня металізації шихти в розрахункових варіантах варіювалося в діапазоні від 1 до 6 % при незмінній частці обкотишів у шихті доменної печі, рівної 40 %. Результати першого етапу розрахунків представлено в таблиці 2.7.

Як видно з даних, наведених у таблиці 2.7, підвищення змісту вуглецю в окатишах приводить (при відповідній підвищенні ступеня металізації шихти) до зниження витрати коксу  $\approx$  на 3 кг/т чавуну (або 0,45 %) на кожний % металізації. Немаловажним для практики є також те, що для забезпечення загального ступеня металізації шихти на рівні 5 – 6 % при долі окатишів у шихті 40 % зміст у них вуглецю повинне бути на рівні 1,6 - 1,9 %, що цілком досяжне в реальних виробничих умовах.

Відповідно до розрахункових даних при підвищенні ступеня металізації шихти витрата вуглецю, що йде на пряме відновлення ( $C_d$ ), також знижується, що впливає з формули:

$$C_d = 0,75(r_d O_{II} + O_{III})$$

де  $O_{II}$  - кількість кисню, що віднімається при відновленні  $FeO$  до  $Fe$ ,

$O_{III}$  - кількість кисню, що віднімається при відновленні важковідновних оксидів, які розраховуються по формулах:

$$O_{II} = 0,2865[Fe](1 - v)$$

Таблиця 2.7. – Основні результати розрахунку показників доменної плавки при використанні в шихті 40 % обкотишів з різним змістом вуглецю

Параметри й показники	Од. виміру.	База	Вар.1	Вар. 2	Вар.3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6
Зміст вуглецю в окатишах	%	0,0	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9

Ступінь металізації обкотишів	%	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15
Ступінь металізації шихти	%	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Прихід вуглецю з обкотишами	кг/т чавуну	0,0	2,19	4,38	6,57	8,77	10,96	13,15
Витрата коксу	кг/т чавуну	668,1	665,0	661,9	658,8	655,7	652,6	649,4
Коефіцієнт заміни коксу	кг коксу/кг $C_{ост}$	-	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
Сумарна витрата вуглецю палива <sup>*)</sup>	кг ІЗ/т чавуну	570,1	567,5	564,8	562,2	559,5	556,9	554,2
Витрата вуглецю на пряме відновлення	кг/т чавуну	112,5	111,5	110,5	109,4	108,4	107,4	106,4
Згоряє вуглець у фурм	кг/т чавуну	414,4	412,8	411,2	409,6	407,9	406,3	404,7
Розрахункова витрата дуття	м <sup>3</sup> /т чавуну	1713,4	1706,7	1700,0	1693,2	1686,5	1679,8	1673,0
Сполука сухого колошникового газу: $Z_2$	%	14,0	13,9	13,8	13,7	13,6	13,5	13,4
Z	%	27,3	27,4	27,4	27,5	27,6	27,6	27,7
H <sub>2</sub>	%	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7
N <sub>2</sub>	%	53,1	56,1	56,1	56,2	56,2	56,2	56,2
*) - без обліку вуглецю, внесеного з обкотишами								

Представляє також інтерес коефіцієнт заміни коксу, розрахований як відношення отриманої економії коксу до кількості вуглецю в окатишах. Як видно з таблиці 2.7. зазначений коефіцієнт не залежить від змісту вуглецю в окатишах (а отже, і ступені металізації шихти) і для умов, прийнятих у розрахунку, становить 1,42. Однак, отриманий результат не слід уважати однозначним - при інших температурно-дутьевих і газодинамічних параметрах плавки, іншій сполуці шихтових матеріалів економія коксу й відповідний коефіцієнт його заміни можуть суттєво відрізнятися в ту або іншу сторону.

З метою порівняльної оцінки ефективності «роботи» вуглецю в складі окатишів була проведена друга серія розрахунків, з використанням тих же вихідних даних, але з урахуванням вдмухування в горн пиловугільного палива з витратою від 50 до 200 кг/т чавуну. Ступінь металізації шихти у всіх варіантах залишалася рівної нулю. У якості пиловугільного палива був обраний концентрат худих вугіль Чумаковской ЦОФ сполука якого наведений нижче:

Зміст у робочій масі, %

Порівн Зола	$H_p$	$O_p$	$N_p$	$S_p$	$W_p$
81,1 9,4	3,8	1,3	1,3	2,1	1,0

$$O_{\parallel} = 1,14[Si] + 0,291[Mn] + 1,29[P] + \dots$$

де  $[Fe]$ ,  $[Si]$ ,  $[Mn]$ ,  $[P]$  - зміст відповідних елементів у чавуні.

Як впливає із формул, наявність вуглецю в складі обкотишів, сприяючи підвищенню ступеня металізації ( $v$ ), знижується тим самим витрата вуглецю коксу, що йде на пряме відновлення.

Основні результати розрахунків наведено в таблиці 2.8.

Як видно з таблиці 2.8. зі збільшенням витрати ПУТА коефіцієнт заміни коксу трохи знижується, перебуваючи для умов, прийнятих у розрахунку, у межах 1,12...1,17 кг коксу на 1 кг ПУТА.

Для порівнянності з результатами розрахунків, виконаних на першому етапі, поряд зі звичайним був розрахований коефіцієнт заміни коксу вуглецем, що входять до складу .

Таблиця 2.8. – Основні результати розрахунку показників доменної плавки на звичайній (не металізованій) шихті із вдмухуванням у горн пиловугільного палива

Параметри й показники	Ед. изм.	База	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4
Витрата пиловугільного палива	кг/т чавуну	0	50	100	150	200
Витрата коксу	кг/т чавуну	668,1	609,2	552,2	497,0	443,5
Вноситься вуглецю пиловугільним паливом ( $C_{\text{пуг}}$ )	кг/т чавуну	0,0	40,5	81,0	121,5	162,0
Коефіцієнт заміни коксу вугіллям	кг коксу/кг ПУТА	-	1,17	1,16	1,14	1,12
Коефіцієнт заміни коксу вуглецем ПУТА	кг коксу/кг $C_{\text{пуг}}$	-	1,45	1,43	1,41	1,39
Сумарна витрата вуглецю палива	кг ІЗ/т чавуну	570,1	560,4	552,3	545,8	540,7
Витрата вуглецю на пряме відновлення	кг/т чавуну	112,5	104,6	97,4	90,7	84,5
Згоряє вуглецю у фурм	кг/т чавуну	414,4	372,0	330,7	290,3	250,8
Теоретична температура горіння	°З	2093,0	2042,0	1991,0	1940,0	1888,0
Відносна продуктивність	%	100,0	101,3	102,3	103,0	103,6
Розрахункова витрата дуття	м <sup>3</sup> /т чавуну	1713,4	1702,4	1695,6	1692,8	1693,8
Сполука сухого колошникового газу: 32	%	14,0	14,3	14,6	14,8	14,9
З	%	27,3	26,5	25,7	25,1	24,5
Н <sub>2</sub>	%	2,6	3,1	3,5	4,0	4,5

N <sub>2</sub>	%	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1
----------------	---	------	------	------	------	------

У діапазоні зміни витрат ПУТА 50 ... 200 кг/т чавуну середнє значення для першого складо 1,15, для другого ж - 1,42. Таким чином, коефіцієнт заміни коксу вуглецем ПУТА виявився рівним коефіцієнту заміни для вуглецю, що входить до складу окатишів незважаючи на істотні відмінності в механізмі реалізації відбудовного потенціалу вуглецю в першому й у другому випадках.

Розрахунок економії коксу при використанні окатишів, що містять вуглець виконаний виходячи з повного його використання в об'ємі окатиша в якості відновника. Витрата досвідчених окатишів [66] склав 0,844т/т чавуну зі змістом вуглецю - 0,39 %, тобто в шихту з окатишами вносили  $[0,01 * (844 * 0,39) = 3,29$  кг вуглецю/т чавуну]. Для розвитку реакції  $FeO + 3C = Fe + 3CO - 152,67$  МДж/моль (12,72МДж/кгС) з урахуванням внесеного вуглецю додаткові витрати тепла складуть:  $12,72 * 3,29 = 41,85$  МДж/т чавуну й виділиться  $3 * 3,29 * 22,4 * 10^{-3} = 6,14$  м<sup>3</sup>/т чавуну.

Ухвалюючи на підставі експериментальних даних ступінь використання З у шматку ~100 %, а в горновому газі ~40 %, додаткова еквівалентна кількість ІЗ у горновому газі для відновлення заліза в шматку складе  $6,14 / 0,4 = 15,35$  м<sup>3</sup>/т чавуну. За рахунок збільшення ступені використання З у шматку додатково зростає ступінь непрямого відновлення (*ri*) і знизиться ступінь прямого відновлення (*rd*), а в процес вернеться тепло в кількості  $[(15,35 - 41,85) / 6,14] - 41,85 = 62,78$  МДж/т чавуну, що еквівалентно додатковій економії вуглецю  $(62,78 * 103 \text{ кДж/т чавуну}) / [(9797 \text{ кДж/кгс}) * (0,75)] = 8,544$  кг/т чавуну. Усього економії вуглецю:  $8,54 + 3,29 = 11,83$  кг/т чавуну. Коефіцієнт заміни вуглецю коксу залишковим вуглецем складе:  $11,83 : 3,29 = 3,595$ . Розрахункова економія скіпового коксу складе  $11,83 / (0,85 * 0,95) = 14,65$  кг/т чавуну.

#### Висновки по розділу 4

1. Виявлені фактори, що лімітують, процеси відновлення в «хімічно резервній» зоні доменної печі й визначені шляхи інтенсифікації цього процесу шляхом розвитку комплексного відновлення при завантаженні в доменну піч самовідновлюючихся огрудкованих залізородних матеріалів, що містять у структурі тонко дисперсний вуглець.

2. На основі проведених лабораторних й промислових експериментів розроблені технологічні основи виробництва окатишів, що самовідновлюються, з металургійними властивостями, які відповідають вимогам

### III. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Вихідні данні для розрахунку:

1 Хімічний склад компонентів шихти, згідно отриманого варіанту для розрахунку обкотишів.

2 Співвідношення флюсових складових у флюсовій суміші: вапняк – 80 %; Доломитизований вапняк – 20 %.

3 Співвідношення паливних складових в паливній суміші: коксовий дріб'язок – 20 %; антрацитовий штиб – 80 %.

4 Питомі витрати вуглецю паливної суміші на 1000 кг обкотишів – 5.5кг/т.

5 Питомі витрати бентонітової глини – 8.0кг/т.

6 Вміст FeO в обкотишах – 3,5

7 Основність  $\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$  обкотишів – 1,1 д.ед.

8 Степінь десульфурації шихти – 76 %.

9 Річна виробнича потужність фабрики обкотишів – 4,5 млн. т

### 3.2.Розрахунок питомих витрат компонентів шихти

#### 1 Хімічний склад компонентів шихти

Таблиця 3.1 – Хімічний склад компонентів шихти

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
1.Залізорудний концентрат	66.23	0.037	0.016	0.371	26.34	65.35	6.34	0.18	0.33
2.Вапняк	0.77	0.008	-	0.020	0.18	0.90	1.99	0.09	53.51
3.Доломитизований вапняк	0.43	0.054	0.010	0.024	0.25	0.34	0.89	0.20	37.00
4.Зола коксового дріб'язку	19.30	0.970	0.179	1.149	-	27.57	39.41	23.70	3.45
5.Бентонітова глина	4.40	0.105	0.065	0.126	-	6.28	59.36	16.73	2.84
6.Зола антрацитового штиба	17.40	1.150	0.160	0.849	-	24.86	43.42	15.78	8.82

Продовження таблиці 3.1

Компоненти	Вміст компонентів, %							Вміст води, %
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	Σокислів	
1.Залізорудний концентрат	0.08	0.055	0.037	0.928	147	0.220	100.00	10.3
2.Вапняк	0.70	0.010	-	0.050	0.150	42.21	100.00	2.8
3.Доломитизований вапняк	15.50	0.070	0.030	0.060	1.240	44.49	100.00	3.8



							S <sub>г</sub> <sup>с</sup>	Летучі	∑окислів
Коксовий дріб'язок	0.1811	0.169	0.0554	0.388	84.76	0.0412	0.55	1.17	100.0
Антрацитовий штиб	0.4599	0.2161	0.524	0,0339	77.80	-	1.50	6.10	100.0

### 3.3 Розрахунок середньозважених складів сумішей.

Розрахунок середньозважених складів рудної, флюсової та паливної сумішей виконують, використовуючи хім. склад компонентів шихти, які входять в ці суміші та задану кількість цих компонентів. Середньозважений хім. склад рудної, флюсової та паливної сумішей в таблиці 3.4, 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.4 – Середньозважений хімічний склад рудної суміші

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Залізорудний концентрат	66.23	0.037	0.016	0.371	26.34	65.35	6.34	0.18	0.33

Продовження таблиці 3.4

Компоненти	Вміст компонентів, %						
	Mg O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів
Залізорудний концентрат	0.08	0.048	0.037	0.928	0.147	0.220	100.00

Таблиця 3.5 – Середньозважений хімічний склад компонентів шихти

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	Feo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Вапняк ×0.8	0.616	0.0064	-	0.016	0.144	0.72	1.592	0.072	42.808
Доломитизований вапняк ×0.2	0.086	0.0108	0.002	0.0048	0.05	0.068	0.178	0.04	7.4
Флюсова суміш	0.702	0.0172	0.002	0.0208	0.194	0.788	1.77	0.076	50.208

Продовження таблиці 3.5

	Вміст компонентів, %

Компоненти	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів
Вапняк ×0.8	0.56	0.008	-	0.04	0.012	33.936	80.0
Доломитизований вапняк ×0.2	3.1	0.014	0.006	0.012	0.248	8,898	20.0
Флюсова суміш	3.66	0.022	0.006	0.052	0.26	42.834	100.0

Таблиця 3.6 – Середньозважений хімічний склад твердого палива

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	Feo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
коксівий дріб'язк ×0.2	0,5218	0,0338	0,0048	0,031	-	0,7454	1,0656	0,6408	0,0933
антрацитовий штиб ×0.8	2,0323	0,1343	0,0991	0,0991	-	2,9036	5,0714	1,843	1,0301
суміш твердого палива	2,5542	0,1681	0,1039	0,1301	-	3,649	6,137	2,4838	1,1234

Продовження таблиці 3.6

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	C <sub>Г</sub> <sup>c</sup>	Інші	ППП		∑оки слів
							S <sub>Г</sub> <sup>c</sup>	Легу чі	
коксівий дріб'язк ×0.2	0,036	0,033	0,011	0,0776	16,952	0,0082	0,11	0,234	20.0
антрацитовий штиб ×0.8	0,367	0,1728	0,4192	0,0271	62,24	-	1,2	4,88	80.0
суміш твердого палива	0,404	0,2066	0,4302	0,1047	79,192	0,0082	1,31	5,114	100.0

### 3.4 Розв'язання рівнянь матеріального балансу та основності

Для розв'язання рівняння матеріального балансу розраховуємо середньозважені, коефіцієнти виходу обпаленої маси з сухої маси кожного компонента шихти ( $K^0$ ) та середньозважений приріст (+) або втрати (-) маси від окислення або відновлення окислів заліза ( $O_2^0$ ).

$$K^0 = 0.01 \cdot \left( 100 - \eta_s \cdot S_{\text{общ}}^0 - C_{\text{Г}}^0 - \eta_{\text{ппп}} \cdot \text{ППП}^0 - \text{MnO}_2^0 \cdot \frac{16}{87} \right), \text{ д.ед.}$$

Де



$S^0_{\text{общ}}$ ,  $C^0_{\Gamma}$ ,  $\text{ППП}^0$ ,  $\text{MnO}_2$  – середньозважений вміст відповідно загальної сірки, горючого вуглецю, ППП та окислів марганцю в компонентах шихти, %

$\eta_{\text{ППП}}$ ,  $\eta_s$  – прийняті степені видалення, відповідно, ППП та сірки, д.ед.

$$K^0_p = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.371 - 0 - 0.220) = 0.9944$$

$$K^0_{\Phi} = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.0208 - 42.834) = 0.5714$$

$$K^0_{\Gamma} = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.1301 - 5,114 - 79.192) = 0.1557$$

$$K^0_{\text{Б}} = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.314 - 7.16) = 0.9255$$

$$O^0_2 = \frac{1}{9} \cdot \left( \frac{P_{\Sigma} \times FeOp}{100} + \frac{\Phi_{\Sigma} \times FeOcp}{100} + \frac{T_{\Sigma} \times FeO\Gamma}{100} + \frac{B_{\Sigma} \times FeO\text{б}}{100} - FeO^0_o \right), \text{ кг/т}$$

обкотишів

де

$FeO^0_o$  – середньозважений вміст закиси заліза в сумішах компонентів шихти та обкотишів, %

$$O^0_2 = \frac{1}{9} \cdot \left( (P_{\Sigma} \cdot 26,36)/100 + (\Phi_{\Sigma} \cdot 0,194)/100 + (T_{\Sigma} \cdot 0)/100 + (6,5 \cdot 0)/100 - 3,5 \right) = 0.0878P_{\Sigma} + 0.0002\Phi_{\Sigma} - 0.3889$$

Складаємо рівняння матеріального балансу:

$$1000 = 0.9944P_{\Sigma} + 0.5714\Phi_{\Sigma} + 0.1557T_{\Sigma} + 0.0878P_{\Sigma} + 0.0002\Phi_{\Sigma} - 0.3889 + 0.9255B_{\Sigma}$$

Після спрощення рівняння виходить:

$$1000.3889 = 1.0822P_{\Sigma} + 0.5716\Phi_{\Sigma} + 0.1557T_{\Sigma} + 0.9255B_{\Sigma}$$

Складаємо рівняння балансу основності:

$$0.8 = (0,41 P_{\Sigma} + 53,868 \Phi_{\Sigma} + 1,5274 T_{\Sigma} + 6,0900 \cdot 8) / (6,49 P_{\Sigma} + 1,846 \Phi_{\Sigma} + 8,6208 T_{\Sigma} + 76,0900 B_{\Sigma})$$

$$7,139P_{\Sigma} + 2,0306\Phi_{\Sigma} + 9,4828T_{\Sigma} + 669.592 = 0.34100P_{\Sigma} + 53,868\Phi_{\Sigma} + 1,5274 T_{\Sigma} + 48,72$$

Після спрощення рівняння виходить:

$$6,729P_{\Sigma} - 51,837\Phi_{\Sigma} + 7,955T_{\Sigma} = - 620.872$$

Таким чином, отримуємо систему 2-х рівнянь з 3-ма невідомими:

$$1.0822P_{\Sigma} + 0.5716\Phi_{\Sigma} + 0.1557T_{\Sigma} + 0.9255B_{\Sigma} = 1000.3889$$

$$6,729P_{\Sigma} - 51,837\Phi_{\Sigma} + 7,955T_{\Sigma} = - 620.872$$

Визначимо питомі витрати паливної суміші з наступних розрахунків

$$T_{\Sigma} = 5.5 / 0.7919 = 6.9453$$

Підставимо отримане значення  $T_{\Sigma}$  в систему двох балансових рівнянь, спростимо їх, та отримаємо:

$$1.0822 P_{\Sigma} + 0.516 \Phi_{\Sigma} = 991.9035$$

$$6,729P_{\Sigma} - 51,837\Phi_{\Sigma} = -676.122$$

$$\Phi_{\Sigma} = 124.338$$

$$P_{\Sigma} = 927.745$$

Знаючи співвідношення компонентів шихти в кожній з сумішей, ми можемо визначити їх питомі витрати (таблиця 3.7)

Таблиця 3.7 – Питомі витрати компонентів шихти

Компоненти шихти	Позначення	Питомі витрати, кг/т обкотишів
Залізорудний концентрат	Р <sub>з.к.</sub>	927.745
Вапняк	Ф <sub>в</sub>	99.4704
Доломитизований вапняк	Ф <sub>дв</sub>	24.8676
Коксовий дріб'язок	Т <sub>кд</sub>	1,389
Антрацитовий штиб		5,556
Бентонітова глина	Б	8.0
Усього сухої шихти	G <sub>ш</sub>	1067.028

## 3.5. Розрахунок хімічного складу обкотишів.

1 Для розрахунку хім. складу обкотишів необхідно розрахувати масу окислів, які вносяться в обкотиш з кожним компонентом шихти, також треба врахувати степінь видалення відповідних окислів та елементів. Масу розраховують, використовуючи питомі витрати компонентів шихти та вміст в ньому розрахункового елементу або окислу.

$$Fe_{\text{общ}} = 927.745 \cdot 0.6623 + 99.4704 \cdot 0.0077 + 24.8676 \cdot 0.0043 + 1,389 \cdot 0.193 + 5,556 \cdot 0,174 + 8,0 \cdot 0.00440 = 616,5883 \text{ кг}$$

$$S_{\text{общ}} = 927.745 \cdot 0.00371 + 99.4704 \cdot 0.0002 + 24.8676 \cdot 0.00024 + 1,389 \cdot 0.00149 + 5,556 \cdot 0,00849 + 8,0 \cdot 0.00126 = 3,527 \text{ кг}$$

$$FeO = 927.745 \cdot 0.2634 + 99.4704 \cdot 0.0018 + 24.8676 \cdot 0.0025 = 244,6092 \text{ кг}$$

$$Fe_2O_3 = 927.745 \cdot 0.6535 + 99.4704 \cdot 0.009 + 24.8676 \cdot 0.0034 + 1,389 \cdot 0.2757 + 5,556 \cdot 0.2486 + 8.0 \cdot 0.0628 = 590.973 \text{ кг}$$

$$SiO_2 = 927.745 \cdot 0.0634 + 99.4704 \cdot 0.0199 + 24.8676 \cdot 0.0089 + 1,389 \cdot 0.3941 + 5,556 \cdot 0.4342 + 8.0 \cdot 0.5936 = 68.7284 \text{ кг}$$

$$Al_2O_3 = 927.745 \cdot 0.0018 + 99.4704 \cdot 0.0009 + 24.8676 \cdot 0.002 + 1,389 \cdot 0.2370 + 5,556 \cdot 0.1578 + 8.0 \cdot 0.1673 = 4.3535 \text{ кг}$$

$$CaO = 927.745 \cdot 0.0033 + 99.4704 \cdot 0.5351 + 24.8676 \cdot 0.37 + 1,389 \cdot 0.0345 + 5,556 \cdot 0.0882 + 8.0 \cdot 0.0284 = 93.8092 \text{ кг}$$

$$MgO = 927.745 \cdot 0.0008 + 99.4704 \cdot 0.007 + 24.8676 \cdot 0.155 + 1,389 \cdot 0.0134 + 5,556 \cdot 0.0315 + 8.0 \cdot 0.0325 = 5.7465 \text{ кг}$$

$$MnO = 927.745 \cdot 0.00048 + 99.4704 \cdot 0.00010 + 24.8676 \cdot 0.0007 + 1,389 \cdot 0.0125 + 5,556 \cdot 0.0148 + 8.0 \cdot 0.00136 = 0.5831 \text{ кг}$$

$$P_2O_5 = 927.745 \cdot 0.00037 + 24.8676 \cdot 0.0003 + 1,389 \cdot 0.0041 + 5,556 \cdot 0.00359 + 8.0 \cdot 0.00148 = 0.3882 \text{ кг}$$

$$SO_3=927.745 \cdot 0.00928 + 99.4704 \cdot 0.0005 + 24.8676 \cdot 0.0006 + 1,389 \cdot 0.0.0287 + 5,556 \cdot 0.02119 + 8.0 \cdot 0.00314 = 8.8568 \text{ кг}$$

$$C^c = 6.9453 \cdot 0.7919 = 5.5 \text{ кг}$$

$$\text{Інші} = 927.745 \cdot 0.00147 + 99.4704 \cdot 0.0015 + 24.8676 \cdot 0.0117 + 8.0 \cdot 0.03782 = 2.1064 \text{ кг}$$

$$\text{ППП} = 927.745 \cdot 0.0022 + 99.4704 \cdot 0.4242 + 24.8676 \cdot 0.4449 + 8.0 \cdot 0.0716 = 55.8727 \text{ кг}$$

2 Розрахунок маси елементів та окислів, які переходять в обкотиш з шихти після хімічних реакцій визначаються за допомогою степені їх переходу в обкотиш.

Приймаємо степені десульфурації шихти – 76 %, степені видалення ППП - , степені вигорання вуглецю горючого шихти – 100 %

Маса окисленої (-) або відновленої (+) закиси заліза (FeO):

$$G_{FeO} = 1000 \cdot 0.055 - 244,6092 = - 189.6092 \text{ кг}$$

Відповідно, маса Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, яка виникла підчас окислення FeO (+) або втратила на відновлення необхідної кількості FeO (-):

$$G_{Fe_2O_3} = (189.6092 \cdot 160) / 144 = 200.676 \text{ кг}$$

Маса загальної сірки (S<sub>общ</sub>):

$$G_{S_{общ}} = (3.527 \cdot 81) / 100 = 2.856 \text{ кг}$$

Маса ППП:

$$G_{ППП} = (55.8727 \cdot 95.8) / 100 = 53.5260 \text{ кг}$$

Маса вуглецю горючого (C<sub>r</sub>)<sup>6</sup>

$$G_C = (5.5 \cdot 100) / 100 = 5.5 \text{ кг}$$

$$G_{SO_3} = (8.8568 \cdot 81) / 100 = 7.174 \text{ кг.}$$

Результати виконаних розрахунків зносимо до таблиці 3.8.

Хімічний склад обкотишів заносимо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Хімічний склад обкотишів

Вміст компонентів, %						
Fe <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
61.107	0.063	5.451	80.146	6.560	0.328	6.534

Продовження таблиці 3.9

Вміст компонентів, %
----------------------

MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	Σокислів
0.553	0.049	0.039	0.152	0.210	0.256	100.0

Перевіряємо основність розрахованого обкотишів:

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}=1.09 \text{ д.ед.}$$

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=1.11 \text{ д.ед.}$$

$$\frac{CaO}{SiO_2}=0.996 \text{ д.ед.}$$

### 3.6. Вибір технологічного обладнання для цеху виробництва обкотишів

1. Розрахунок погодинного виробництва цеху при річній потужності 4500000 т/рік готових обкотишів виконується за формулою:

$$P_o = \frac{G}{\eta \cdot 365 \cdot 24}, \text{ т/ГОД}$$

де G – річне виробництво обкотишів, т/рік

P<sub>o</sub> – погодинне виробництво обкотишів цехом, т/год

η – коефіцієнт використання обладнання – відношення робочого часу до календарного, д.ед. (приймаємо 0.9)

365 – календарна кількість днів в рік

24 – кількість годин в добі

$$P_o = 4500000 / (0.9 \cdot 365 \cdot 24) = 570.776 \text{ т/ГОД}$$

### 2. Розрахунок погодинної потреби у компонентах шихти

Розрахунок виконується, використовуючи питомі витрати (на 1 т обкотишів) кожного з компонентів шихти вихідної вологи, яка знаходиться в розрахунку шихти.

$$P_{зк} = 570.776 \cdot 1.039593 = 593.3747 \text{ т/ГОД}$$

$$P_{в} = 570.776 \cdot 0.103788 = 59.2396 \text{ т/ГОД}$$

$$P_{дв} = 570.776 \cdot 0.026201 = 14.9549 \text{ т/ГОД}$$

$$P_{кд} = 570.776 \cdot 0.001581 = 0.9023 \text{ т/ГОД}$$

$$P_{аш} = 570.776 \cdot 0.005915 = 3.3761 \text{ т/ГОД}$$

$$P_{б} = 570.776 \cdot 0.01005 = 5.7362 \text{ т/ГОД}$$

### 3. Розрахунок необхідної кількості бункерів для компонентів шихти

Розрахунок виконується, використовуючи погодинні потреби в компоненті шихти та прийнятого нормативного його запасу в бункерах.

$$n = \frac{P \cdot \tau}{\gamma \cdot V_b \cdot 0.85},$$

де  $P$  – погодинна потреба в компоненті шихти, т/год  
 $\tau$  – прийнятий нормативний запас компонента шихти в бункерах (4-10 год), год

$V_b$  – об'єм стандартних бункерів (100, 130, 200) м<sup>3</sup>

0.85 – степінь заповнення бункерів, д.ед.

$\gamma$  – насипна маса компонента шихти, т/м<sup>3</sup>.

1 Кількість бункерів для залізорудного концентрату:

$$n_{ЗК} = (593.3747 \cdot 8) / (2.23 \cdot 200 \cdot 0.85) = 12.52$$

Приймаємо 14 бункерів.

2 Кількість бункерів для вапняку:

$$n_{В} = (59.2396 \cdot 8) / (1.51 \cdot 200 \cdot 0.85) = 1.84$$

Приймаємо 2 бункера.

3 Кількість бункерів для доломитизованого вапняку:

$$n_{ДВ} = (14.9549 \cdot 8) / (1.56 \cdot 200 \cdot 0.85) = 0.45$$

Приймаємо 2 бункера.

4 Кількість бункерів для коксового дріб'язку:

$$n_{КД} = (0.9023 \cdot 8) / (0.63 \cdot 200 \cdot 0.85) = 0.06$$

Приймаємо 2 бункерів.

5 Кількість бункерів для антрацитового штибу:

$$n_{АШ} = (3.3761 \cdot 8) / (0.61 \cdot 200 \cdot 0.85) = 0.26$$

Приймаємо 2 бункерів.

5 Кількість бункерів для бентонітової глини:

$$n_{Б} = (5.7362 \cdot 8) / (0.93 \cdot 200 \cdot 0.85) = 0.291$$

Приймаємо 2 бункера.

4. Розрахунок кількості дробарок або млинів для підготовки за крупністю флюсів, твердого палива та бентонітової глини

Кількість молоткових дробарок або млинів розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{P_{В+РДВ}}{q},$$

$$n = \frac{P_{КД}}{q},$$

$$n = \frac{P_{Б}}{q},$$

де  $P_v, P_{дв}, P_{кд}, P_{б}$  – погодинна потреба, відповідно, вапняку, доломітизованого вапняку, коксового дріб'язку та бентонітової глини, т/год

$q$  – виробнича спроможність дробарки, т/год

Після розрахунку кількості дробарок або млинів, приймаємо на одну дробарку більше для забезпечення резерву під час ремонту.

1 Для дроблення флюсів використовуємо молоткову дробарку ДМРИЭ1450×1300.

$$n_{др \phi} = (52.2396 + 14.9549) / 250 = 0.27$$

Приймаємо 3 дробарки ДМРИЭ1450×1300.

2 Кількість чотирьохвалкових дробарок для твердого палива:

$$n_{др \text{ тв. п}} = (0.9023 + 3.3761) / 16 = 0.27$$

Приймаємо 3 чотирьохвалкових дробарок 900×700

3 Кількість молоткових дробарок типа СМД-102 для бентонітової глини:

$$n_{др б} = 5.7362 / 250 = 0.023$$

Приймаємо 3 молоткових дробарки типа СМД-102.

5. Вибір та розрахунок обладнання для термообробки сирих окатишів

1 Сумарна площа термообробки розраховується за формулою:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_o}{q}, \text{ м}^2$$

де  $S_{\Sigma}$  - сумарна площа машини,  $\text{м}^2$

$P_o$  – погодинне виробництво обкотишів, т/год

$q$  – питома виробнича спроможність машини,  $\text{т}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$

$$S_{\Sigma} = 570.776 / 0.911342 = 626.303 \text{ м}^2$$

2 Вибираємо обпалювальні машини ОК-250, площа спікання 520  $\text{м}^2$ . Кількість машин розраховуємо за формулою:

$$N_o = \frac{S_{\Sigma}}{S_m}$$

де  $N_o$  – кількість машин

$S_m$  – корисна площа вибраної машини,  $\text{м}^2$

$$N_o = 626.303 / 520 = 1.204$$

Приймаємо 2 обпалювальні машини.

Розраховуємо погодинну виробничу спроможність машини:

$$P_m = S_m \cdot q, \text{ т/год}$$

$$P_M = 520 \cdot 0.911342 = 473.8978 \text{ т/год}$$

### 6. Вибір та розрахунок огрудкувачів

Згідно розрахунку шихти для отримання 1009.03 кг обкотишів використовується 1189.061 кг сирих обкотишів. Коефіцієнт виходу 1 т обкотишів складає:

$$K = 1009.03 / 1189.061 = 0.8485$$

Кількість шихти, яка забезпечує погодинне виробництво обкотишів однієї машини:

$$P_{ш} = 473.8978 / 0.8485 = 558.512 \text{ т/год}$$

Вибираємо барабанний огрудкувач ОБ2-3.2×12.5, необхідна кількість:

$$n_{ок} = 558.512 / 110 = 5.077$$

Приймаємо 6 огрудкувачів.

### 3.7. Остаточні данні по проекту цеху річної виробничої спроможності 4.5 млн. т обкотишів

Таблиця 3.10 – Витрати компонентів шихти

Компоненти шихти	Питомі витрати, кг/т	Погодинні витрати, т/год	Витрати на добу, т/діб.	Річні витрати, т/рік
Залізорудний концентрат	1039.593	593.3747	14240.992	4678165.872
Вапняк	103.788	59.2396	1421.7504	467045.0064
Доломитизований вапняк	26.201	14.9549	358.9176	117904.4316
Коксовий дріб'язок	1.581	0.9023	21.6552	7113.7332
Антрацитовий штиб	5.915	3.3761	81.0264	26617.1724
Бентонітова глина	10.05	5.7362	137.6688	45224.2008
Всього	1189.061	677.5838	16262.0112	5342070.679

Таблиця 3.11 – Основне технологічне обладнання

Обладнання	Кількість	Тип	Виробнича спроможність
------------	-----------	-----	------------------------

Витратні бункера концентрату	14	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера вапняку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера доломитизованого вапняку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера коксового дріб'язку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера антрацитового штибу	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункери бентонітової глини	2	200м <sup>3</sup>	-
Молоткова дробарка для флюсів	3	ДМРИЭ-1450×1300	250.0
Чотирьохвалкові дробарки для твердого палива	3	900×700	16.0
Молоткова дробарка для бентонітової глини	3	СМД-102	250

Продовження таблиці 3.11

Обладнання	Кількість	Тип	Виробнича спроможність
Барабанний огрудкувач	6	ОБ-2.8×10	1200.0
Обпалювальні машини	2	ОК-250	473.90

Таблиця 3.12 – Проектний хімічний склад обкотишів

Вміст компонентів, %							
Fe <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
61.107	0.063	5.451	80.146	6.56	0.328	6.534	0.0553

Продовження таблиці 3.12

Вміст компонентів, %							
MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів	$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$	$\frac{CaO + MgO}{SiO_2}$
0.049	0.0522	0.039	0.152	0.256	100.0	1.09	1.11

Таблиця 3.13 – Виробництво готової продукції



Продукція	Погодинне виробництво, т/год	Виробнича потужність на добу, т/діб	Річна виробнича потужність, т/рік
Обкотиші	570.776	13698.624	4500000

#### IV. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Коротка характеристика процесів виробництва залізорудних обкотишів і заходи безпеки для обслуговуючого персоналу

Збільшення масштабів залізорудної промисловості обумовило більш широке залучення в експлуатацію бідних залізних руд, використання яких для приготування металургійної сировини економічно доцільно лише після глибокого їхнього збагачення й огрудкування концентрату. Продуктом збагачення бідних залізних руд є тонкоподрібнений концентрат, що погано піддається огрудкуванню на агломераційній стрічці внаслідок значного погіршення газопроникності шару шихти. Тому поряд з агломерацією в останні роки почав бурхливо розбудовуватися порівняно новий спосіб огрудкування концентратів - огрудкування. Цей спосіб переробки тонкоподрібнених концентратів полягає в огрудкуванні концентрату в грудки кулястої форми розміром 8-30 мм із наступним їхнім зміцненням шляхом високотемпературного спікання.

У якості вихідного матеріалу для одержання обкотишів можуть бути магнетитові, гематитові, буро залізні й сидеритові концентрати й руди, піритні руди й концентрати збагачення піритних недопалків, а також комплексна залізорудна сировина. При сучасному виробництві обкотишів найбільша частка сировини припадає на магнетитові концентрати. У цей час на деяких металургійних підприємствах Радянського Союзу, зокрема на Криворізькому Центральному гірничозбагачувальному комбінаті, а також на закордонних фірмах Канади й Італії для одержання залізорудних обкотишів, крім концентрату збагачення магнетитових руд, використовуються концентрати, отримані в результаті спікання-магнітного збагачення окиснених руд.

Основними стадіями виробництва обкотишів є: підготовка компонентів шихти, одержання сирих обкотишів, зміцнюючі спікання і сортування обкотишів. У кожній з перерахованих стадій можуть виникати виробничі фактори, вплив яких на працюючих приведе до травм або викличе професійні захворювання. Такі фактори називаються небезпечними й шкідливими. По характеру впливу на організм людини небезпечні й шкідливі виробничі фактори розділяються на фізичні, хімічні й психофізіологічні.

До фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів ставляться: механізми, що рухаються машини й незахищені рухливі елементи виробничого устаткування; вироби, що пересуваються; матеріали; несправні або невідповідні параметрам безпеки інструменти й пристосування; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь устаткування, матеріалів, повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрації на робочому місці; підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна; підвищена або знижена вологість, рухливість і іонізація повітря; небезпечний рівень напруги в електричному колі; відсутність або недолік освітленості робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; пряма й відбита блескність і ін.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів ставляться речовини, які, контактуючи з людиною, можуть викликати захворювання або гострі отруєння. Вони підрозділяються на наступні підгрупи: по характеру впливу на організм людини (загальнотоксичі, що дратують, канцерогенні органи, мутагені, що впливають на репродуктивну функцію) і по характеру проникнення в організм людини (діючі через дихальні шляхи, травну систему, шкірний покрив).

Психофізіологічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори підрозділяються на наступні підгрупи: фізичні перевантаження (статичні, динамічні) ; нервово-психічні перевантаження (розумова напруга, перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження). Знання характеристики небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесах виробництва залізородних обкотишів, має велике значення для попередження їх негативного впливу на працюючих.

При огрудкуванні правильне готування шихти й у першу чергу її крупність, рівномірність хімічного складу й фізичних властивостей впливають на весь виробничий процес. У якості компонентів шихти для зміцнення обкотишів залежно від видів концентрату й використовуваного технологічного устаткування може застосовуватися різна мінеральна сировина: бентонітові глини, гашене вапно, крейда, хлористий кальцій, хлористий натрій, сульфат заліза, залізні й марганцеві глинисті руди, а також органічні речовини: торф, соєве борошно, крохмаль і інші. Найпоширенішою зміцнюючою добавкою є бентонітова високопластична глина, а в якості флюсу — вапняк.

Шихта, здрібнена до розмірів, установлених технологічними параметрами, зазнає змішування в певних пропорціях. Змішування й розпушування шихти здійснюється в змішувальних агрегатах барабанного, конвеєрного й роторного типів. Нерідке змішування шихти проводиться постадійно, у цьому випадку шихта проходить у кожній стадії через змішувальні агрегати різних типів. При обслуговуванні змішувальних машин становить небезпеку можливий викид матеріалу з порожнини змішувального барабана через люки, призначені для доступу людей у змішувальний барабан при його очищенні й ремонті. Дверцята таких люків під час роботи агрегату повинні бути постійно замкнені й постачені блокувальними пристроями, що виключають можливість пуску барабана в роботу з відкритими дверцятами. Ця умова повинна неодмінно дотримуватися як при місцевому, так і при дистанційному керуванні змішувальним агрегатом.

Шихта в процесі підготовки зазнає випробування на відповідність технологічним параметрам по крупності, вологості, однорідності, рівномірності розподілу вапняку й бентоніту по всій масі шихти. Для відбору проб, як правило, застосовуються автоматичні пробовідбірники. У виняткових випадках, якщо неможливо застосувати автоматичні пробовідбірники, допускається відбір проб вручну, при цьому повинні забезпечуватися умови, що виключають безпосередній контакт пробовідбірника з обертовими

частинами машин. Відбір проб безпосередньо зі змішувальних барабанів у період їх роботи не дозволяється.

Сирі обкотиші утворюються в результаті тривалого перекочування підготовленого шихтового матеріалу в огрудкувальних машинах барабанного або чашевого типу. Через більш високу продуктивність і інших істотних переваг найбільш широке застосування одержали чашеві огрудкувачі. Чашевий огрудкувач являє собою комплекс механізмів у вигляді похилої відкритої чаші діаметром 5,5 — 7,2 м, що приводиться в обертання електроприводом, а також допоміжних пристроїв: механізму регулювання кута нахилу чаші, вентилятора, трубопроводів для догодження шихти, скребкової установки для механічного очищення настилей і інших пристроїв.

При обслуговуванні чашевих огрудкувачів повинні дотримуватися загальні вимоги безпеки, запропоновані до оберткових механізмів з електричним приводом. Робочий майданчик машиніста огрудкувача повинна бути обгороджена таким чином, щоб виключалася можливість безпосереднього контакту машиніста з обертковими механізмами при виконанні технологічних операцій. Регулювання кута нахилу чаші, регулювання скребоків, розрихлювачів, зняття й надягання текстурів дозволяється робити тільки при повній зупинці механізму й розібраній схемі електропривода.

Наступною стадією готування обкотишів з мінеральної сировини є їх зміцнююче спікання. При спіканні обкотишів відбуваються фізичні процеси - нагрівання матеріалу, випар вологи, розм'якшення часток, спікання, охолодження обпалених обкотишів, рух газів і передача тепла, а також хімічні перетворення — розкладання гідратів, карбонатів і сірчастих з'єднань, окиснення нижчих окислів заліза й твердого палива (якщо воно застосовується в процесі), реагування компонентів шихти у твердому й пластичному станах і мінералоутворення. Кожний із цих процесів тією чи іншою мірою супроводжується дією шкідливих і небезпечних факторів на обслуговуючий персонал, яке залежить від видів застосовуваного устаткування, рівня його оснащення технічними засобами охорони праці й засобами безпеки, а також кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Спікання обкотишів може здійснюватися в шахтних печах, у комбінованих установках (конвеєрна машина із трубчастою піччю), на конвеєрних колосникових машинах. У цей час саме широке застосування одержало спікання обкотишів на конвеєрних колосникових машинах. Ці машини здатні обпалювати обкотиші, приготвлені з різних видів застосуванням будь-якого виду палива. Вибір видів палива суттєво впливає на створення здоровіших і безпечних умов праці обслуговуючого персоналу. У сучасному виробництві залізрудних обкотишів найпоширенішим видом є газоподібне паливо.

Спікаюча конвеєрна колосникова машина являє собою безперервну рухливу стрічку, що полягає з окремих спікаючих візків, що переміщаються по замкнених напрямних, вмонтованих у каркас машини. До спікаючої конвеєрної машини безпосередньо приєднані складні системи газо-

повітрепроходів, колекторів, що відходять газів з газоочисниками й димососами, а також система контрольно-вимірjuвальних приладів і автоматичних регуляторів. Каркас машини, що опирається на потужний фундамент, складається з металевих форм, зв'язаних у загальну тверду систему, перекриту у верхній частині литими рамами, які служать напрямними для спікаючих візків, для кріплення газових камер і одори горна. До каркаса машини ставляться головна (завантажувальна), середня й хвостова (розвантажувальна) частини машини, а також майданчик, на якому розташовуються електродвигун і редуктор привода спікаючих візків. Зверху й усередині нижньої частини каркаса покладені рейки для пересування по них спікаючих візків. У верхній частині каркаса ці рейки покладені горизонтально й служать для руху завантажених обкотишами візків. Рейки нижньої частини каркаса нахилені убік головного кінця машини й призначені для переходу розвантажених візків від хвостової частини машини до головної.

При роботі спікаючої машини доступ обслуговуючого персоналу в зону її дії не дозволяється. Із цією метою завантажувальна частина спікаючої машини в торці захищається запобіжним щитом від підлоги робочої галузі до оцінки підлоги холостої галузі. Крім того, повинен бути обгороджений майданчик привода спікальної машини. У зоні робочого майданчика в місцях завантаження постелі й обкотишів на візки виникає небезпека травмування роликками спікаючих візків. Тому приводи роликів роликоукладчика повинні бути обгороджені. Слід також обгороджувати головну частину спікальної машини, що виступає над робочим майданчиком (з торця й з боків), щоб виключити доступ обслуговуючого персоналу в район виходу візків на робочі галузі для заміни колосників при працюючій машині й у район дії хитного укладальника; роликового гуркоту-живильника й інших механізмів завантаження обкотишів і постелі. Доступ персоналу до перерахованих вище місць дозволяється тільки при повній зупинці спікальної машини й при наявності блокування, що виключає можливість випадкового запровадження в дію механізмів.

Безпека персоналу, що обслуговує спікальну машину, залежить від безперервності її роботи, сталості газового й температурного режимів. Звичайно це досягається при стабільній, безперервній роботі всіх ланок технологічному ланцюга фабрики огрудкування. Особливу небезпеку представляють короткочасні, але часті зупинки по різних технічних несправностях або технологічних неполадках, тому що відновлення заданого технологічного режиму спікання вимагає витрати більшої кількості часу й викликає підвищену напруженість у роботі обслуговуючого персоналу, що приводить до помилкових дій і нещасним випадкам. Надійність і стійкість роботи спікальної машини залежить від систематичного відходу й нагляду за всіма вузлами під час її роботи, а також від своєчасного і якісного проведення планово-запобіжних ремонтів.

Під постійним спостереженням повинні перебувати спікаючі візки. Не можна допускати експлуатацію візків із тріщинами, несправними ходовими роликками, прогином, що перевищує 10-12 мм. Не слід застосовувати візки з

неукомплектованим набором придатних колосників. Для забезпечення нормальної роботи ходових роликів необхідно перевіряти наявність і справність кришок, що охороняють роликотрещинники від влучення в них бруду й абразивного пилю. Робота ходових роликів без запобіжних кришок не допускається. При заміні спікаючих візків необхідно ретельно очищати поверхні ковзання ущільнюючих пластин і змазувати їх.

При короткочасній зупинці машини щоб уникнути прогину спікаючих візків, значного перегріву бортів і виходу з ладу ходових роликів подачу палива слід скоротити до мінімуму, а при більш тривалих зупинках повністю припинити подачу палива. При пуску спікальної машини в роботу необхідно дотримувати строгої послідовності операцій по приведенню в робочий стан її вузлів і суміжних механізмів. При вільних спікаючих візках потрібно дотримувати наступної послідовності запуску: пустити воду в систему охолодження; перекрити газорегулюючі засувки у всіх газових камерах; увести в дію вентилятори й димососи; включити привод спіканої машини й укладальника; завантажити постіль і обкотиші на машину; розпалити при наявності обкотишів на спікальній машині наявні в ковпаку зони сушіння пальника, одночасно відкрити й регулювати засувки газових камер для створення необхідного розрідження під шаром; при відсутності пальників у зоні сушіння розпалити горни в зоні рекуперації й закінчити в зоні підігріву, при цьому спікальна машина повинна бути завантажена обкотишами до зони охолодження; одночасно з розжигом горна регулювати кількість газів, що відсмоктуються, по газових камерах.

Засувки колектора й пальників повинні бути розташовані щодо підлоги робочого майданчика так, щоб обслуговуючий персонал мав до них вільний доступ і в той же час, щоб вони не могли з'явитися перешкодою на шляху пересування обслуговуючого персоналу. Керування магістральними шиберами, як правило, здійснюється дистанційно з операторського пункту фабрики огрудкування. Ручне керування магістральними шиберами допускається лише у виняткових випадках з дотриманням особливих заходів безпеки в кожному конкретному випадку. Персонал, що обслуговує газове господарство фабрики, забезпечується необхідною газозахисною апаратурою, яка повинна зберігатися в спеціально відведених місцях поблизу спікальних машин.

У випадку зависання повернення в бункері обвалення матеріалу проводиться при повній зупинці машини й тільки механізованими засобами, керованими з безпечної відстані. Люди при цьому віддаляються від розвантажувальних пристроїв у безпечну зону. Робота з обвалення матеріалу в бункері повинна проводитися під керівництвом особи технічного нагляду. Разбутовка бункера гарячого повернення за допомогою струменя води не дозволяється. При необхідності охолодження бункера й гуркоту повернення водою при непрацюючій машині повинні бути використані пристосування, що забезпечують подачу води при знаходженні людей на безпечній відстані від місця рясного паротворення. У бункерах гарячого повернення пристрій люків для ошуровки завислого матеріалу вручну не дозволяється. Ручна ошуровка

допускається лише у виняткових випадках і тільки при непрацюючому гуркоті й повністю охолодженому поверненні. Така робота виконується по проекту організації робіт, під керівництвом особи технічного нагляду.

Під час роботи спікальної машини обслуговуючому персоналу щоб уникнути нещасних випадків не дозволяється пересуватися по рейках робочої й холостої галузей машини, ставати на спікаючі візки й ролики спікаючих візків; робити очищення гуркотів і заміну колосників гуркоту; брати пробу з спікаючих візків або роликового укладальника без спеціального пристосування; перебувати на холостій галузі або під нею під час роботи машини й при нерозібраній електричній схемі; ходити по дахові горна; вкривати електроапаратуру, перемикачі які-небудь дроти; проникати в головний або хвостовий радіуси під холосту галузі; доторкатися голими руками до пальника й каркасу горна, а також до корпусу батарейного циклону й трубопроводам газів, що відходять, і газів рециркуляції; перебувати близько газопроводів з відкритим вогнем; залишати відкритими люки, проходи й знімати огороження або окремі елементи вкриття машини, гуркоту й перекидної ринви; переходити через робочу галузь спікальної машини по шару матеріалу; відкривати люки й оглядати стан колекторів пило-уловлюючих установок і їх бункерів при працюючих тяго-дугтєвих установках або нерозібраних схемах їх електродвигунів.

У випадку аварійної зупинки одного з димососів або вентиляторів спікальної машини повинні забезпечуватися наступні заходи безпеки: негайне автоматичне відключення подачі палива й автоматична зупинка спікальної машини й усіх тяго-дугтєвих установок; робоча галузь спікальної машини повинна бути звільнена від матеріалів з метою припинення виділення в приміщення газів від згоряння складових шихти; припинена подача палива в пальники шляхом закриття газової засувки й одночасного відкриття засувки свічі.

При зупинці тяго-дугтєвих установок, що викидають, що відходять гази в димар, засувка перед кабаном повинна закриватися після закінчення більш напівгодини після зупинки.

При зупинці спікальної машини на тривалий період необхідно виконати нижчеперелічені операції в наступному порядку: усі механізми, що подають сирі обкотиші на машину, зупинити; припинити подачу палива на горно; припинити подачу повітря на горно; закрити засувку газу на загальному колекторі; перекрити послідовно всі газові камери; зупинити спікальну машину; зупинити вентилятори й димососи. Після зупинки машини вода на охолодження подається протягом періоду, необхідного для її охолодження, але не менш 8 год.

4.2 Коротка характеристика допоміжного устаткування цехів виробництва залізорудних обкотишів і забезпечення безпеки персоналу при його обслуговуванні.

Огрудкувачі й спікальна конвеєрна машина з тяго-дугтєвими й газоочистними засобами становлять основне технологічне устаткування.

Конвеєри, живильники, гуркоти й інші пристрої прийнято відносити до допоміжного устаткування, яке призначено для забезпечення роботи основного технологічного устаткування. Необхідно відзначити, що такий розподіл устаткування на допоміжне й основне є умовним, тому що нормальний плин технологічного процесу при виробництві залізорудних обкотишів забезпечується надійністю й безперервністю роботи всього технологічного устаткування. Одним з найпоширеніших видів допоміжного устаткування на фабриках по виробництві залізорудних обкотишів є внутрішньо -фабричне транспортне устаткування, зокрема стрічкові, пластинчасті, скребкові й інші види конвеєрів. При експлуатації конвеєрного транспорту нещасні випадки відбуваються головним чином через чищення, змащення й ремонту конвеєрів на ходу; експлуатації конвеєрів без огороження обертових частин або при несправному огороженні; неправильного користування інструментом і пристосуваннями при обслуговуванні конвеєрів; відсутності обов'язкової передпускової сигналізації.

Основною небезпекою при експлуатації конвеєрів є влучення рук працюючих між барабаном і стрічкою конвеєра при очищенні барабана від матеріалів, що налипають на нього, або при усуненні ковзання (пробуксовування) провідного барабана. З метою зменшення нещасних випадків необхідно використовувати механізоване очищення барабанів

У цей час науково-дослідними інститутами в тісній співдружності з інженерами й робочими підприємств проводяться широкі научно-дослідні роботи з метою впровадження механізації й автоматизації технологічних процесів при виробництві залізорудних обкотишів.

#### 4.3 Боротьба зі шкідливими факторами в цехах виробництва залізорудних обкотишів.

Процес зміцнюючого спікання у залізорудних обкотишах, так само як і попередні йому процеси підготовки й механічної обробки сировини, супроводжується виділенням шкідливих виробничих факторів, підвищеним шумом, вібрацією, утворенням пилу. Найбільш високі рівні шуму відзначаються на робочих місцях машиністів конвеєрів, машиністів чашевих огрудкувачів, грохотчиків, машиністів вентиляторів і нагрівачів. Шкідливий вплив шуму виражається в порушенні функції слуху й змінах нервової системи в результаті її перенапруги. Робота в умовах сильного шуму може викликати головний біль, запаморочення, ослаблення уваги до навколишнього оточення, нерідко знижує гостроту сприйняття сигналів. Особливу небезпека являє собою спільний вплив шуму й вібрації, яке може привести до захворювань серцево-судинної системи, розширенню вен, захворюванню плечових суглобів і до інших порушень.

Залежно від рівня й інтенсивності шуму різняться кілька щаблів його впливу на організм людини: перша - шум з рівнем 120- 140 дБ, який може викликати механічне ушкодження органів слуху; друга -шум з рівнем 100 - 120 дБ на низьких частотах і 80-90 дБ на середніх і високих частотах, що викликає



необоротні явища в органах слуху; третя — шум більш низьких рівнів, що виявляє шкідливий вплив на нервову систему людини. Відповідно до цього гранично припустимі рівні шуму нормуються ДСТУ.

Відчуття вібрації виникає при зіткненні частини тіла із предметами, що перетерплюють під впливом якої-небудь сили коливання у вертикальному або горизонтальному напрямках. Фізично вібрація характеризується частотою коливань (Гц), амплітудою коливань (мм), швидкістю (см/с) і прискоренням коливальних рухів (см/с<sup>2</sup>). Чутливість людського організму до вібрації залежить від фізичної характеристики вібрації. Під дією вібрації відбуваються зміни в кістково-суглобній системі, збільшуються енергетичні витрати організму, знижується маса тіла, послабляється м'язова система, підвищується артеріальний тиск, порушуються гострота зору, слуху, світловідчуття і т.д.

Негативний вплив на організм людини виявляє частота вібрацій. Частоти 35 - 250 Гц можуть викликати вібраційну хворобу зі спазмами судин. Частоти нижче 35 Гц викликають переважно зміни в нервово-м'язовій системі й кістково-суглобному апарату людини. Однак шкідливий вплив вібрації не завжди перебуває в прямої залежності від частоти. Найнебезпечніші виробничі вібрації із джерелами коливань, рівних або близьких частотам власних коливань людського організму ( у межах 6-9 Гц) або окремих його органів. Вібраційна хвороба ставиться до таких видів захворювань, ефективність лікування яких досягається лише на ранніх стадіях, при цьому відновлення порушених функцій протікає дуже повільно, а в ряді випадків в організмі можуть настати необоротні зміни. Шкідливий вплив вібрації починається зі збільшення швидкості машин, механізмів або окремих їхніх органів, що передають вібрацію. У цехах зміцнюючого спікання у залізородних обкотишах впливу вібрації зазнають працюючі із пневматичним ручним інструментом, агломератчики, горнові, грохотчики й інші робітники, що обслуговують механізми, які тією чи іншою мірою створюють вібрацію.

Негативний вплив підвищеної температури навколишнього середовища на організм людини досить добре відомо. Такі мікрокліматичні умови праці в цехах зміцнюючого спікання залізородних обкотишів слід розглядати як один з найбільш несприятливих факторів з погляду охорони праці. Для боротьби з ним застосовується цілий комплекс заходів інженерного, організаційного й медичного характеру. Насамперед технологічний процес зміцнюючого спікання обкотишів повинен бути організований так, щоб виключити необхідність перебування обслуговуючого персоналу в зоні дії шкідливого фактора, тобто необхідно передбачити видалення людей за межі небезпечних зон або забезпечити ізоляцію шкідливого фактора від місця перебування обслуговуючого персоналу. Для нормалізації мікроклімату в цехах зміцнюючого спікання залізородних обкотишів слід не допускати надлишкового тиску гарячих газів, що подаються у спікальні печі або на конвеєрні колосникові машини. Виконання цієї вимоги значною мірою залежить від рівня кваліфікації персоналу, що обслуговує апарати.

Для видалення конвективних потоків від укриття горна рекомендується встановлювати витяжний парасоль, постачений ежектором. Забір повітря для

ежектора є найбільш ефективним для видалення тепла слід робити над зоною спікання. Для вступу конвективних потоків у витяжний парасоль настили, розташовувані уздовж спікальної машини, потрібно робити ґратчастими. Необхідно також передбачати, щоб стінки горна були екрановані з переносом тепла через відкритий повітряний прошарок із природньою циркуляцією повітря, що йде під парасоль. Для зменшення теплових викидів за рахунок випромінювань між візком і горном спікальної машини покладається встановлювати бортове ущільнення. Трубопроводи, що відводять гази високої температури, необхідно вкривати теплоізоляційними матеріалами. Поряд з інженерними заходами щодо видалення або зниження впливу температурного фактора проводяться організаційні й медико-біологічні заходи щодо зменшення шкідливого впливу тепла на організм людини й зняттю теплової напруги.

При проектуванні постів керування технологічним процесом для агломератчиків, горнових, машиністів ексгаустерів і іншого персоналу, що обслуговує устаткування по зміцнюючому спіканню залізородних обкотишів, слід передбачати системи теплозахисту й теплоізоляції працюючих у спеціально обладнаних кабінетах керування або пультах оператора. При цьому слід урахувати характер, інтенсивність і режим зовнішніх теплових впливів на кабінету, а також передбачати систему штучного повітрообміну для створення оптимального мікроклімату в будь-яких погодних умовах і при будь-якому температурному режимі цеху. У пультах оператора або кабінах керування потрібно встановлювати апарати кондиціонування повітря.

Наприклад, доцільно застосовувати електричні ручні інструменти замість пневматичних; вібро небезпечне устаткування (дробарки, гуркоти, млини, обертові печі, віброживильники й ін.) установлювати на фундаментах, відділених від майданчиків для обслуговуючого персоналу спеціальним віброзахисним пристроєм. Твердий зв'язок вібро небезпечного устаткування або окремих його елементів з підлогою приміщень і майданчиками не допускається.

Однієї із заходів боротьби із шумом і вібрацією є застосування глушителей. Зменшити шум і вібрацію можна також заміною соударяючихся деталей машин деталями, виконаними з матеріалів, які при ударі створюють менший шум; зменшенням маси соударяючихся деталей; зменшенням твердості тертьових поверхонь; заміною ударних деталей неударними; заміною зворотно-поступальних рухів агрегатів або їх окремих органів обертовими рухами й т.п.

Широке застосування знаходять і індивідуальні засоби захисту працюючих від шуму й вібрації. Для індивідуального захисту органів слуху застосовують внутрішні й зовнішні противошуми, антифони. В умовах цехів спікання залізородних обкотишів слід застосовувати антифони, що захищають від звуків небажаної частоти й вільно передавальні органам слуху звуки певної частоти, тому що повна ізоляція органів слуху неприпустима за умовами безпеки. Зовнішні противошуми являють собою навушники, які зовні закривають вушну раковину. Внутрішні противошуми (заглушки, вкладиші

"беруши") вставляють у зовнішній слуховий прохід. Вони бувають суцільними - з каналом і мембраною типу повітряних фільтрів, у якості яких застосовують вату, марлю, губку; іноді їх просочують маслами, воском, смолами, парафіном і т.п.

У якості індивідуальних засобів захисту від вібрації використовують рукавиці з подвійним шаром: гумовим (зовні) і бавовняним ( усередині); рукавиці з поролоновою прокладкою ( між зовнішнім і внутрішнім бавовняними шарами). Застосовують також віброгасяче взуття (з поролоновою устілкою), вібро- килимки, що гасять (два шари гуми з повстяною прокладкою), антивібраційні пояси, подушки й т.п.

Медичне обслуговування трудящих, зайнятих зміцнюючим спіканням обкотишів, повинне бути організоване так, щоб кожний робітник відвідував кабінет функціональної діагностики, забезпечений всіма способами для дослідження організму й своєчасного виявлення дисфункції. У комплексі медичних установ, що обслуговують фабрики по виробництву залізорудних обкотишів, потрібно мати профілакторій, у якому робітники повинні проходити курс загальнозміцнювального лікування. Велике значення для попередження наслідків від дії несприятливого виробничого мікроклімату має періодична змінюваність робітників, що обслуговують спікальні машини й інші технологічні апарати в умовах підвищеної температури навколишнього середовища. Для цього слід створювати комплексні бригади технологічного персоналу, у яких кожний робітник має декілька професій, що дають право обслуговувати будь-який технологічний апарат. Це дозволить без шкоди для виробництва періодично переводити працюючих у більш сприятливі умови.

Для зняття теплової напруги дуже важливе значення має питний режим. Робітники, зайняті в цехах зміцнюючого спікання залізорудних обкотишів, повинні постійно забезпечуватися газованою охолодженою водою. Крім газованої води, їм рекомендується пити столові мінеральні води, чай, відвари фруктів, журавлинний морс, молочно-кислі напої (знежирене молоко, склотини, молочну сироватку). Ці напої містять коштовні для організму вітаміни й мінеральні солі і є гарними загальнозміцнювальними засобами. Питні крапки повинні розташовуватися поблизу робочих місць. Працюючих на висоті слід забезпечувати питною водою або спеціальними вітамінізованими напоями в індивідуальні або групові (де це можливо) термосах з температурою 10-12 °С.

Боротьба з пилом у цехах зміцнюючого спікання залізорудних обкотишів здійснюється шляхом впровадження комплексу технічних і організаційних заходів, що включають місцеву витяжну й загальнообмінну вентиляції, очищення від пилу вентиляційних і технологічних викидів, гідрообезпилювання. Основним способом боротьби з пилом є місцева витяжна вентиляція (аспірація), яка передбачає пристрій аспіраційнихх укриттів устаткування, що пилить. Загальнообмінна вентиляція забезпечує необхідний приплив свіжого повітря в робочі приміщення й видалення надлишкового тепла й вологи, а також забрудненого пилом повітря.

Очищення від пилу вентиляційних викидів впливає не тільки на чистоту атмосферного повітря, але й на стан запиленості повітря в робочих приміщеннях. Для очищення від пилу аспіраційного повітря слід застосовувати мокрі пиловловлювачі (циклони, скрубери), а також пиловловлювачі зі зрошуваними кутовими ґратами або із трубами-розпилювачами, рукавні фільтри з термостійкою тканиною, електрофільтри. Останні застосовуються для очищення аспіраційного повітря від пилу, утвореного нагрітим матеріалом. При транспортуванні конвеєрами продукції, нагрітої до 50 С и вище, конвеєри обладнаються суцільними аспіраційними укриттями, з яких повітря віддаляється витяжними шахтами.

У тих випадках, коли технічні заходи щодо боротьби з пилоутворенням не дають бажаного ефекту, повинні застосовуватися індивідуальні засоби захисту органів подиху від пилу. До сучасних індивідуальних засобів захисту від пилу ставляться протипилові респіратори одно- і багатозмінної дії різних конструкцій з високоефективною фільтруючою тканиною. Найбільше поширення одержали респіратори марки ШБ-1 з фільтром П-15 і його модифікації "Пелюстка-5", "Пелюстка-40" і "Пелюстка-200", що відрізняються високими фільтруючими властивостями, легкістю, зручностями й простотою конструкції. Маса респіратора 10 г поверхня, що фільтрує, 250, затримує понад 99 % тонкодисперсного пилу. Респіратори слід зберігати в паперових пакетах і надягати в чистому, незапиленому приміщенні.

Немаловажне значення для попередження захворюваності від дії шкідливих факторів має опірність організму людину швидкої й підвищеної втоми. Для цього виробниче устаткування, інструменти, пристосування повинні розміщатися з обліком фізичних і психофізіологічних можливостей людини, а також можливості працюючих чітко сприймати зовнішню інформацію, яку посилають сигнальні пристрої й засобу зв'язку. Необхідно забезпечити можливість обслуговуючому персоналу швидко й правильно розрізнати показання приладів, за якими вони зобов'язані вести спостереження. Слід передбачати можливість зміни положення тіла під час роботи. Потрібно створити умови для роботи сидячи або стоячи за бажанням працюючого, за винятком окремих видів робіт, при виконанні яких довільна зміна пози неприпустима за умовами безпеки. Доцільно забезпечити економію робочих рухів.

#### 4.4 Атестація робочих місць і технологічних процесів на відповідність вимогам правил техніки безпеки й нормам виробничої санітарії

Відповідно до Кодексу законів про працю Української РСР і інших республік положеннями, що діють, правилами, державними стандартами й іншою нормативною документацією підприємства й організації галузі, у тому числі й виробляючі залізорудні обкотитиші, зобов'язані систематично проводити роботу з підвищення рівня безпеки експлуатаційного устаткування й застосовуваних технологічних процесів і окремих трудових операцій. Однак

здійснення цих заходів неможливо без ретельного вивчення рівня безпеки устаткування, технологічних і трудових процесів на виробництві.

Аналіз причин виробничого травматизму при виробництві залізорудних обкотишів показує, що щорічно 40 — 45 % нещасних випадків відбувається з технічних причин, тобто в результаті наявності небезпечних виробничих факторів, які мають місце в змісті виробничого устаткування й веденні окремих технологічних процесів. Причинами, що обумовлюють наявність небезпечних виробничих факторів при виробництві залізорудних обкотишів, є: конструктивні недоліки устаткування, машин, механізмів, пристосувань і інструментів; експлуатація цього устаткування в несправному стані (у результаті цього відбувається найбільше число нещасних випадків, що виникають із технічних причин); недосконалість технологічних процесів і невідповідність їх вимогам правил безпеки й нормам виробничої санітарії; організація й склад робочих місць із порушеннями правил і інструкцій з техніки безпеки.

На рівень виробничого травматизму з технічних причин у цехах з виробництва залізорудних обкотишів значний вплив виявляють удосконалення, що допускаються в результаті модернізації, механізації й автоматизації, різні види реконструкції без здійснення комплексу заходів щодо охорони праці. У результаті реконструкційний об'єкт або об'єкт, на якому впроваджується механізація й автоматизація без обліку вимог правил і норм охорони праці, перестає відповідати нормам виробничої санітарії й правилам техніки безпеки й стає об'єктом підвищеної небезпеки. Це зауваження слухне також для раціоналізаторських пропозицій, впроваджених без обліку вимог правил техніки безпеки.

Впровадження технічних засобів безпеки й виробничої санітарії є одним з найважливіших напрямків підвищення рівня безпеки технологічних процесів і устаткування ще й тому, що це шлях, що забезпечує ліквідацію небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Прийнявши за основу досвід роботи колективу Нижньодніпровського трубопрокатного заводу ім. К.Либкнехта по виявленню небезпечних і шкідливих виробничих факторів і досвід колективу виробничого об'єднання "Сибруда" по атестації робочих місць, ділянок, цехів і підприємств по охороні праці, Мінчерметом УРСР разом з Українським республіканським комітетом профспілки робітників металургійної промисловості розроблене Положення про організацію роботи з виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів і атестації робочих місць, ділянок, цехів і підприємств системи Мінчермету УРСР по охороні праці.

Тому що всі матеріально-технічні засоби охорони праці органічно пов'язані з основними виробничими фондами підприємств і внаслідок свого специфічного призначення, вони можуть урахуватися самостійно. На підприємствах чорної металургії республіки була проведена в середині 1980 р. паспортизація основних і допоміжних засобів охорони праці. На переважній більшості підприємств було встановлено, що до основних засобам охорони праці віднесені ті, які становлять частину основних виробничих фондів і використовуються протягом тривалого часу; до допоміжних засобів віднесені

засоби безпеки й виробничої санітарії, що враховуються як частина обігових коштів підприємства. Відповідно до цього структуру основних і допоміжних засобів охорони праці стало можливим представити в наступному виді. Основні фонди охорони праці: основні засоби безпеки — огорожувальна техніка системи, що блокують, засоби сигналізації й захисту й т.п. основні засоби виробничої санітарії — вентиляційні пристрої й установки кондиціонування повітря, засобу боротьби із шумом, вібрацією, підвищеною вологістю й т.п. Допоміжні фонди охорони праці: допоміжні засоби безпеки — електро-захисні прилади, засоби індивідуального захисту, допоміжні пристосування і т.д.; допоміжні засоби виробничої санітарії — засоби індивідуального захисту й медичного обслуговування й ін.

Для визначення рівня оснащення всіх структурних підрозділів технічними засобами охорони праці визначаються кількість і вартість наявних, відсутніх, вимагають заміни й ремонту засобів безпеки й промислової санітарії. Паспортизація робочої комісії, призначеної розпорядженням начальника цеху для вивчення й виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Перед проведенням паспортизації, що ухвалюють участь у ній детально знайомляться з діючими галузевими й міжгалузевими правилами й нормами по охороні праці. Для спрощення наступних операцій цех умовно розділяється на окремі ділянки відповідно до етапів технологічного процесу, після чого проводиться детальне вивчення на місці стану оснащення засобами охорони праці всього встановленого на ділянці устаткування, машин, механізмів, споруджень, робочих місць. На підставі даних паспортизації всіх ділянок складається паспорт цеху.

Підрахунок вартості засобів охорони праці й витрат на їхній ремонт (заміну) проводиться на підставі прейскурантів цін на вартість матеріалів і устаткування, цінників на вартість будівельних і монтажних робіт, даних бухгалтерського обліку, збірників цін на технологічні й будівельні конструкції й інших документів, що регулюють розцінки. Паспорт основних і допоміжних засобів поряд із санітарно-технічним паспортом дає можливість у достатньому ступені об'єктивно оцінювати умови праці на кожному робочому місці й у цілому на підприємстві. Він дозволяє застосувати більш обґрунтований метод розробки заходів і планування засобів, передбачити ефективність витрат.

На підставі отриманих у результаті паспортизації даних у цехах складається графік оглядів, що течуть і капітальних ремонтів основних засобів охорони праці із вказівкою найменування засобів, одиниць виміру, строків проведення ремонтів, вартості й відповідальних осіб за проведення ремонтів. Щоб забезпечити вірогідність обліку засобів, витрачених на заповнення основних фондів охорони праці в цілому й на окремі види, слід розробити шифри облікових номенклатур, у яких виділяти витрати на засоби безпеки й виробничої санітарії. Облік слід вести як по статтях загальноцехових, так і по статтях загальнозаводських витрат. Така система дозволить забезпечити щоквартальну інформацію про витрати по кожному цехові й по кожному виду засобів безпеки й виробничої санітарії, а також оперативно розв'язати питання, пов'язані з контролем графіків ремонтів основних засобів охорони праці.

## 4.5 Пожежна безпека

### Склади вугілля/

На складах вугілля зберігають в основному в штабелях на відкритих майданчиках. Пожежна небезпека вугільних складів обумовлена головним чином здатністю багатьох з них самозайматися (бурі й кам'яні, за винятком марки Т).

Процесу самозаймання вугілля сприяє наявність у них сірчаного колчедана. Сірчаний колчедан, окиснюючись, виділяє тепло й розпушує верхні шари шматків вугілля, відкриваючи нові поверхні для окиснення.

Деякий вплив на зниження температури саморозігріву виявляє ступінь подрібнення вугілля. Чим сильніше вугілля здрібнене, тим більшу поверхню окиснення він має.

На процес самозаймання впливає й вологість вугілля. Волога виконує роль каталізатора, прискорюючи хімічні процеси, а також приводить до розтріскування вугілля й утворення мікротріщин. Збільшується активна поверхня вугілля й росте поглинання їм кисню. Волога змиває з поверхні вугілля окислені плівки. Надлишок вологи перешкоджає процесу окиснення.

Швидкість самозаймання вугілля в штабелях залежить від температури навколишнього середовища: з підвищенням температури процеси окиснення стають більш інтенсивними, а тепловіддача в навколишнє середовище зменшується.

Активність процесу самозаймання залежить від припливу кисню повітря в штабелі. На величину припливу кисню повітря впливає щільність штабеля й ступінь його ущільнення укосів.

Позитивний результат у боротьбі із самозайманням вугілля дає ущільнення штабелів. Вугілля укладають шарами по 0,5 м з ущільненням кожного шару. Поверхня укосів перед ущільненням необхідно покривати вугільним пилом. Рекомендується покривати штабелі рідким розчином глини або сумішшю з вапна, глини й піску шаром не менш 5 мм.

Забороняється пристрій у штабелях вентиляційних каналів і витяжних труб. Тріщини, що виникають у процесі експлуатації штабелів, необхідно зашпаровувати вугільним дріб'язком.

На складах слід передбачати заходи, що виключають зволоження штабелів паводковими й ґрунтовими водами. Їх розташовують на незатоплюваних ділянках або захищають від затоплення системою дренажних каналів і колодязів. Майданчики повинні плануватися з ухилом до стічних каналів для видалення дощових і поталих вод. Дренажні й водостічні канали не можна розміщати під штабелями, тому що по них буде проникати повітря усередину штабеля.

Підстава штабеля повинна мати як можна більший коефіцієнт теплопровідності, що сприяє попередженню самозаймання. Майданчик під штабелями щільно трамбуєть і очищають від тріски, торфу, рослинного покриву, корінь рослин. Одяг майданчиків можна робити з бетону, глинобетону, утрамбованого в ґрунт шлаків. Застосування асфальту й дерев'яного настилу неприпустимо.

При укладанні в штабель вугілля необхідно виключити влучення в нього шматків дерева, ганчірок, паперу, торфу, сіна. Ці матеріали загоряються легше, ніж вугілля, і мають меншу температуру samozапалювання. Температура samozапалювання антрациту – 500 °С, бурого вугілля +410 °С, у той час як деревини +375— 399 °С, бавовняної тканини близько +400 °С. На майданчиках штабелів забороняється установка дерев'яних стовпів.

Для своєчасного виявлення процесу розігріву періодично контролюють температуру штабелів. Саморозігрів штабеля можна виявити й по зовнішніх ознаках: танення снігу, поява вологих плям, ширяння, поява сірчастого запаху, утворення сольових нальотів.

Припустима температура усередині штабеля до -60 °С. При досягненні температури +60 °С вживають оперативних заходів придушення вогнищ samozаймання: ретельно ущільнюють поверхню штабеля на ділянці самонагрівання, а при безрезультативності ущільнення виймають вугілля, що розігрілося на запасні майданчики. Місце вилучення засипається свіжим вугіллям. Вугілля прохолоджується шляхом розосередження його на майданчику тонким шаром ( до 0,5 м). З метою обмеження розвитку пожеж планування складів повинно відповідати певним вимогам. Відстань між штабелями при їхній висоті до 3 м ухвалюється 1 м, а при більшій — 2 м. Розрив від підшви штабеля до забору встановлено 3 м. Штабеля вугілля на майданчиках поблизу котелень повинні відстояти від будинків не ближче 10 м.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблений проект фабрики згрудкування з річною продуктивністю 4,5 млн. т офлюсованих обкотишів для доменного виробництва з магнетитового концентрату з питомою витратою енергоресурсів: природного газу 25,1 м<sup>3</sup> і електроенергії 62,36 кВт/т.

2. Розроблена технологічна схема підготовки компонентів шихти. Розрахований матеріальний баланс процесу отримання обкотишів. Вибрано основне технологічне устаткування.

3. Виявлені фактори, що лімітують, процеси відновлення в «хімічно резервній» зоні доменної печі й визначені шляхи інтенсифікації цього процесу шляхом розвитку комплексного відновлення при завантаженні в доменну піч сомовідновлюючихся огрудкованих залізорудних матеріалів, що містять у структурі тонкодисперсний вуглець.

4. На основі проведених лабораторних й промислових експериментів розроблені технологічні основи виробництва обкотишів, що



самовідновлюються, з металургійними властивостями, які відповідають вимогам.

5. Передбачені заходи, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

6. Для захисту повітряного середовища промплощадки від технологічних і аспіраційних викидів передбачені аспіраційні і газоочисні установки. З метою запобігання забрудненню ґрунту і природних водоймищ стічними водами фабрики передбачені замкнуті оборотні системи виробничого водопостачання.