

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

На правах рукопису

САВВІН Олександр Віталійович

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ ШИХТОВИХ
МАТЕРІАЛІВ В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОМУ
БЕЗВИПАЛЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ОКАТИШІВ ІЗ
ВМІСТОМ ІШЛАМУ

Спеціальність 05.26.04 — Технічні засоби захисту
навколишнього середовища

05.16 *Металургія*

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Запоріжжя - 1997

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній металургійній академії України.

- Науковий керівник — кандидат технічних наук, доцент
БОБИЛЄВ ВІТАЛІЙ ПЕТРОВИЧ
- Офіційні опоненти: — доктор технічних наук, професор
ЦАПКО ВАЛЕРІЙ КОСТЯНТИНОВИЧ
- кандидат технічних наук, доцент
ОСИПЕНКО ВАЛЕРІЙ ДМИТРОВИЧ

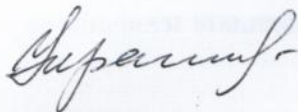
Провідна установа: Інститут чорної металургії Національної
академії наук України

Захист відбудеться "15" травня 1997 р. о "12" годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради К 08.03.02 при Запорізькій державній
інженерній академії за адресою: 330600, м. Запоріжжя, пр. Леніна 226, ауд. 417.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ЗДІА.

Автореферат розіслано "14" квітня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради



М.О.УКРАЇНЕЦЬ

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00753570 (R)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. В Україні щорічно залучається до господарчої діяльності 1,3-1,5 млрд.т природних речовин. В основному, це продукція гірничо-металургійних, хімічних та машинобудівних комплексів. У процесі їх переробки значна частина залишається у відходах. Щорічний об'єм забруднення відходами, що припадає на 1 км² площі України, у 6,5 разу вищий, ніж у США, і у 3,2 — ніж в країнах ЄС. Ці дані стосуються твердих відходів і не враховують шкідливих викидів мінеральних відходів в атмосферу та у водне середовище.

Основними відходами металургійного комплексу є шлами, відкрите складування яких наносить значний збиток водному та повітряному басейнам. Наявність у шламах від 37 до 52 % заліза і більше 6,5 % вуглецю дозволяє розглядати їх як цінну металургійну сировину. Утилізація таких шламів традиційними методами (агломерація, отримання випалених окатишів) не вирішує екологічну проблему, а за певних умов навіть ускладнює її. Одним із перспективних напрямків є отримання безвипалювальних окатишів з використанням недорогих сполучних компонентів.

Мета роботи. Теоретичні і експериментальні дослідження процесу грануляції багатокомпонентних сумішей силучих матеріалів, розробка обладнання і еколого-технологічна оптимізація процесу отримання окатишів із вмістом шламу.

Наукова новизна. Теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена можливість огрудкування дрібнодисперсних шихт із вмістом шламу в пристроях рециркуляційного типу з направленими динамічними зусиллями і селективним відбором кондиційних гранул. З використанням методів раціонального планування багатofакторних експериментів отримані математичні моделі процесу гранулювання та установлені закономірності

впливу режимних і технологічних параметрів на міцність і структуру окатишів із вмістом шламу.

Вирішена задача еколого-технічної оптимізації процесу гранулювання шихт із вмістом шламу в рециркуляційному огрудкувачі. Проведено великий обсяг експериментальних досліджень, аналіз результатів яких підтвердив вірогідність теоретичних висновків та дозволив розробити технологію і обладнання для отримання окатишів із вмістом шламу заданої якості.

На захист виносяться такі основні положення:

- теоретичне обґрунтування процесу огрудкування полікомпонентних дрібнодисперсних шихт із вмістом шламу шляхом рециркуляційного гранулювання з направленими динамічними впливами і селективним відбором кондиційних фракцій;
- результати досліджень основних закономірностей руху матеріалу в рециркуляційному огрудкувачі;
- технологічна схема і апаратурне оформлення процесу огрудкування шламів;
- дослідження і відпрацювання оптимальних режимних і еколого-технологічних параметрів гранулювання шихт із вмістом шламу;
- оцінка металургійної цінності отриманого продукту.

Практична цінність і реалізація наукових результатів. Основні результати, отримані в роботі, використані при підготовці техніко-економічного обґрунтування і технічного завдання для проектування рециркуляційного гранулятора. Спроектований і виготовлений дослідно-промисловий зразок розробленого гранулятора дозволив зробити партію окатишів із вмістом шламу та провести промислову перевірку їх у киснево-конвертерному виробництві як добавок із вмістом метало-вуглецю.

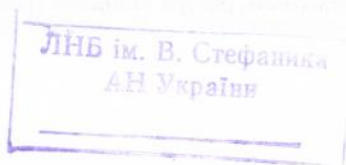
Розроблений рециркуляційний гранулятор закладено у проект автоматизованого модуля утилізації шламів шляхом їх безвипалювального

огрудкування. Його впровадження дозволить вирішити проблеми екології і ресурсозбереження шляхом утилізації твердих металургійних відходів. Очікуваний еколого-економічний ефект від впровадження модуля в умовах АП ДМЗ імені Петровського складає 1092.55 тис. грн./рік.

Апробація роботи. Матеріали дисертаційної роботи були представлені в доповідях на Всеукраїнській науково-практичній конференції "Теорія і практика рішень екологічних проблем в гірничодобувній і металургійній промисловості" (Дніпропетровськ, 1993р.); Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 100-річчю А.Д.Готліба (Дніпропетровськ, 1995р.); Міжнародній конференції з екологізації промислового і сільськогосподарського виробництва (Дніпропетровськ, 1995р.); 1-й Українській науково-методичній конференції "Екологічна освіта спеціалістів технічного профілю" (Дніпропетровськ, 1995р.); Другій міжнародній науково-практичній конференції "Теорія і практика розв'язання екологічних проблем в гірничодобувній і металургійній промисловості" (Дніпропетровськ, 1995р.); Міжнародній конференції "Екологія і теплотехніка - 1996" (Дніпропетровськ, 1996р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Екологізація виробництва і керування відходами" (Дніпропетровськ, 1996р.).

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в 14 друкованих роботах, отримано дозвіл на винахід.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку літератури із 134 найменувань, 2 додатків, 28 малюнків, 8 таблиць. Загальний обсяг роботи - 173 стор.



ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі розглядаються проблеми, пов'язані з утворенням металургійних шламів, досліджуються наслідки їх відкритого складування та існуючі засоби їх утилізації.

Шлами заводу з повним металургійним циклом можуть бути поділені на три групи: доменні, сталеплавильні і прокатні.

Проведені комплексні дослідження по визначенню фізико-хімічного складу шламу Дніпропетровського металургійного заводу імені Петровського показали, що їх відкрите складування призводить до пилоутворення і міграції цих аерозолей на значні відстані під впливом кліматичних факторів. У зв'язку з тим, що ця дрібнодисперсна система містить 5,05 % фракції 0-11,9 мкм; 24,29 % фракції 11,9 - 45 мкм і 24,18 % часток 45-46 мкм, що до складу шламового пилу, окрім окислів заліза і вуглецю, входять окисли Mg, Si, Al та інших металів, її міграція призводить до екологічного дисбалансу водоймів, ґрунтів, негативно впливає на атмосферу селітебних зон.

Причина незадовільного використання шламів полягає у відсутності простого і економічно вигідного процесу їх утилізації.

В другому розділі розглянуті особливості огрудкування і зміцнення безвипалювальних окатишів із вмістом шламу.

Основна особливість гранулювання шихти із вмістом шламу полягає в її поганій грудкуємості. Процес вологої агрегації таких часток у гранули характеризується утворенням моноцентричних гранул з "натуральними" центрами на базі крупних зерен шихти і гранул з "фальшивими" центрами - на базі дрібнодисперсних компонентів. Через підвищену дисперсність шламів істотно збільшується роль другого процесу, і виникає необхідність в інтенсифікації процесу утворення, росту і зміцнення гранул з "фальшивими" центрами.

Сьогодні відомо чотири способи безвипалювального зміцнення "сирих" окатишів: карбонізація, автоклавна обробка, гідратаційне твердіння вапна і твердіння цементу. Останній спосіб отримав широке розповсюдження і має велику кількість різновидів. У Швеції він одержав найменування "Гренгколд" і передбачає попереднє зміцнення сирих безвипалювальних окатишів в бункерах і остаточне зміцнення на складах. Аналогічний спосіб виробництва безвипалювальних окатишів із шихти, яка включає тонкі металургійні відходи, застосовано на металургійному заводі "Син Ніппон сейтецу" в Нагої (Японія). Фірмою "Ніппон кокан" розроблено спосіб зміцнення безвипалювальних окатишів із вмістом металургійного пилу шляхом пропарювання при звичайному тиску в шахтній печі. Особливий інтерес з точки зору ресурсо- і енергозбереження представляють методи гідратаційного зміцнення з використанням шлаків доменного виробництва як таких, що зв'язують.

У третьому розділі проведено дослідження з розробки апаратурного оформлення процесу огрудкування шихт із вмістом шламу.

Для огрудкування такої шихти, для отримання твердих і міцних гранул необхідно використовувати таку установку, яка дозволила б створити необхідні динамічні зусилля у потоці сипучих матеріалів.

При аналізі існуючих установок для виробництва "сирих" окатишів запропоновано використати огрудкувач з рециркуляційним принципом гранулювання.

Дослідження показали, що огрудкувач володіє рядом лімітуючих факторів:

- наявність граничної кратності внутрішньої рециркуляції, яка виявляється у вигляді рівняння третього ступеня

$$(h_{p \max})^3 - 1,5 \cdot f \cdot (h_{p \max})^2 + (f^2 \cdot Q) / (20 \cdot \pi \cdot n \cdot \gamma), \quad (1)$$

де $h_{p \max}$ — гранична висота підйому рециркуляційної лопатки, м; n — швидкість обертання чаші, об/хвил; Q — продуктивність огрудку-

вача, т/рік; f — коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу; d — діаметр, м; γ — насипна маса шихти, т/м³;

- утворення гарнісажу на боковій стінці, що призводить до підвищення тертя між лопаткою і боковою стінкою;
- роздавлювання готових гранул при проходженні під розвантажувальним рециркуляційним ножем.

У роботі розглянуто рух сипучого тіла по поверхні гранулюючого органа. Так як робоча поверхня гранулюючого органа (лопатки) являє собою частину внутрішньої поверхні порожнистого циліндра, то закон руху точки зручно виразити рівняннями гвинтової лінії:

$$x = r \cdot \cos[n \cdot (t+k)]; \quad y = -r \cdot \sin[n \cdot (t+k)]; \quad z = u \cdot t + (b/2) \cdot t^2, \quad (2)$$

де r — радіус внутрішньої поверхні гранулюючого органа;

u, b, n, k — постійні коефіцієнти;

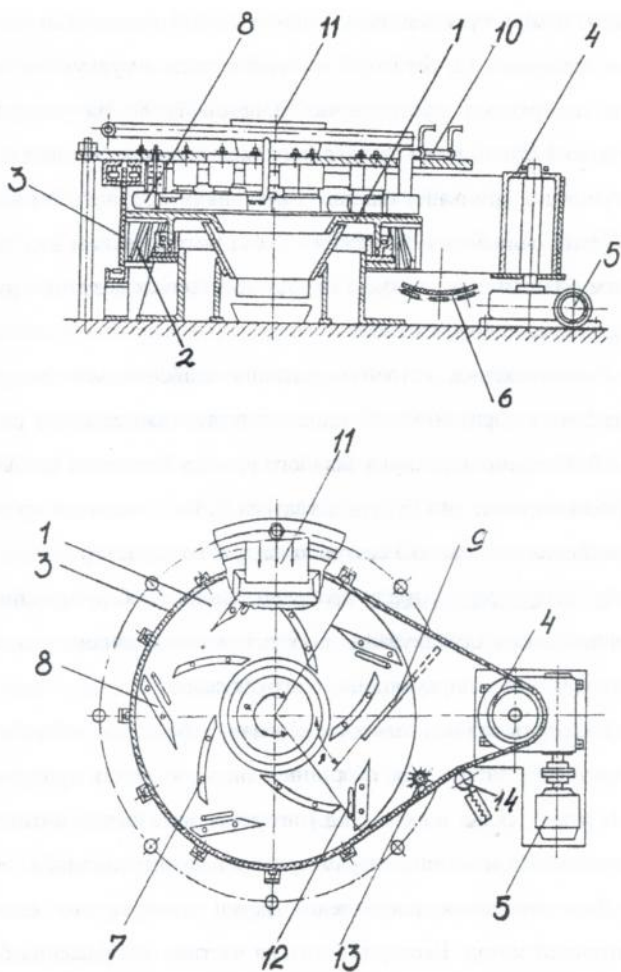
t — незалежна змінна часу.

Зробивши відповідні підстановки, операції диференціювання і інтегрування, отримаємо закон руху "елементарного об'єму"

$$S = \frac{1}{2 \cdot b} \cdot \left((b \cdot t + u) \cdot \sqrt{n^2 \cdot r^2 + (u + b \cdot t)^2} - u \cdot \sqrt{n^2 \cdot r^2 + u^2} + n^2 \cdot r^2 \cdot \ln \left(\frac{u + b \cdot t + \sqrt{n^2 \cdot r^2 + (u + b \cdot t)^2}}{u + \sqrt{n^2 \cdot r^2 + u^2}} \right) \right), \quad (3)$$

З урахуванням лімітуючих факторів і руху сипучого тіла по поверхні гранулюючого органа розроблено новий рециркуляційний пристрій для змішування і гранулювання сипучих матеріалів (див. мал. 1). Пропонований пристрій не вміщує традиційної бокової стінки. Бокова стінка зроблена у вигляді привідного ременя із прогумованої армованої тканини. Крім цього, в розробленому грануляторі здійснюється селективний відбір готових кондиційних гранул під впливом відцентрових сил.

Пристрій працює таким чином: диск 1 приводиться в обертання замкнутою стрічкою 3, яка натягнена на його торець, охоплює ребра 2 і барабан 4, зв'язаний з приводом обертання 5.



Мал. 1. Рециркуляційний пристрій для змішування та гранулювання сипучих матеріалів

Матеріал, що підлягає грануляції, через завантажувальний лоток 11 подають на робочу поверхню диска 1 і переміщують у бік розвантажувального ножа 9. В міру руху матеріал зрошується сполучним агентом, який поступає через зрошувачі 12, багаторазово здійснюється огрудкування матеріалу робочими поверхнями гранулюючих лопаток 7, 8. На утвореній замкнутою стрічкою 3 стінці диска не накопичується гарнісаж, так як стрічка зроблена з прогумованої армованої тканини з невеликим коефіцієнтом адгезії і в процесі грануляції очищається за межами диска розташованим над конвейєром пристроєм для очистки - щіткою 13, що обертається назустріч руху стрічки, яка підпружинена упором 14.

Розвантаження готових окатишів здійснюється за допомогою переміщення в горизонтальній площині розвантажувального рециркуляційного ножа 9. Кондиційні гранули заданого розміру і міцності (щільності) під впливом відцентрових сил будуть зсуватися у бік зовнішньої кромки диска, де в незамкненому стрічкою 3 секторі попадуть на конвейєр 6.

У четвертому розділі зроблено вибір і обґрунтування раціональної технічної схеми огрудкування шихти із вмістом шламу з використанням запропонованого рециркуляційного огрудкувача.

Наявність великої кількості керованих факторів (коефіцієнт внутрішньої рециркуляції, частотність обертання диска, кількість гранулюючих органів, кут їх атаки, склад шихти і т.д.) потребує визначення оптимальних значень режимних і технологічних параметрів процесу огрудкування.

Для вирішення поставленої задачі використано експериментально-аналітичний метод. Експериментальна частина дослідження була розбита на два етапи: попередній і основний. Попередній експеримент було проведено з використанням латинських квадратів. Як вихідна координата, що оцінює ефективність огрудкування, був прийнятий показник Y - вихід придатного. За придатний клас бралися гранули діаметром 8-12 мм, а як матеріал, що

підлягає огрудкуванню, були використані металургійні шлами ДМЗ імені Петровського.

Як варіювальні фактори, були вибрані: 1) число гранулюючих органів - X_1 ; 2) частотність обертання диску, об/хвил - X_2 ; 3) час огрудкування, с - X_3 ; 4) кут атаки гранулюючих органів, град. - X_4 .

Пошукові функціональні залежності для всіх чотирьох факторів:

$$Y_1 = 3.822 + 7.840 \cdot X_1; \quad Y_2 = -0.832 + 0.960 \cdot X_2 - 0.00670 \cdot X_2^2;$$

$$Y_3 = 5.908 + 0.771 \cdot X_3 - 0.00536 \cdot X_3^2; \quad Y_4 = -116.50 + 6.310 \cdot X_4 - 0.0680 \cdot X_4^2. (4)$$

Аналіз одержаних залежностей на екстремум дав можливість перейти до здійснення основного експерименту. Для його проведення використано рототабельний центральний композиційний план, який надає можливість незалежно оцінювати всі коефіцієнти в математичній моделі. Стандартне програмне забезпечення PC не дозволило провести обробку експериментальних даних. Існуючі математичні пакети MathCAD версій під ДОС не дозволяють обробляти матриці порядку понад 14×14 , а в таких пакетах, як Numeri і Startgraf, відсутнє рототабельне планування. Розрахувати коефіцієнти регресії матричним шляхом не вдалось, навіть використовуючи MathCAD for Windows версії 5,0 +, інсталірованого на PC Pentium 133.

Тому для обробки експериментальних даних була написана програма мовою C++, яка дозволяє розраховувати коефіцієнти регресії центрального композиційного рототабельного плану другого порядку.

У результаті обробки експериментальних даних одержане рівняння регресії, яке адекватно описує процес огрудкування шихти в запропонованому рециркуляційному пристрої

$$Y = -173.9425 + 11.6 \cdot Z_1 + 1.082 \cdot Z_2 + 2.05 \cdot Z_3 + 1.746 \cdot Z_4 + 1.364 \cdot Z_5 - 0.67 \cdot Z_1^2 - 0.0072 \cdot Z_2^2 - 0.52 \cdot Z_3^2 - 0.0232 \cdot Z_4^2 - 0.0096 \cdot Z_5^2 + 0.036 \cdot Z_1 \cdot Z_4 + 0.032 \cdot Z_3 \cdot Z_5, (5)$$

де Y - міцність окатишів, Н/окатиш; Z_1 - вологість шихти, %; Z_2 - швидкість обертання диска, об/хвил; Z_3 - кратність внутрішньої рециркуляції; Z_4 - кут атаки гранулюючих органів, град.; Z_5 - утримання шламу у шихті, %.

Розв'язання цього рівняння в часткових похідних дозволило отримати оптимальні значення параметрів огрудкування шихти із вмістом шламу в рециркуляційному огрудкувачі:

$$\begin{aligned} Z_{1 \text{ opt}} &= 9.873 \%; & Z_{2 \text{ opt}} &= 75.1 \text{ об/хвил}; & Z_{3 \text{ opt}} &= 4.381; \\ Z_{4 \text{ opt}} &= 45.29^\circ; & Z_{5 \text{ opt}} &= 78.345 \%. \end{aligned} \quad (6)$$

При оптимальних значеннях вказаних параметрів міцність "сирих" окатишів складає 21,434 Н/окатиш. Для використання окатишів в металургійній переробці необхідно їх зміцнення до 1700 ± 200 Н/окатиш.

Наступний етап досліджень полягав у визначенні ефективності використання запропонованого пристрою як огрудкувача, так і змішувача при одно- і двостадійному огрудкуванні шихти.

Як альтернативний, був використаний найбільш розповсюджений в огрудкуванні змішувально-гранулюючий агрегат барабанного типу.

Результати досліджень, проведених на збільшеному лабораторному пристрої, показали, що найбільш раціональною виявилась схема, за якою огрудкування в барабані матеріал піддається додатковому механічному зміцненню в рециркуляційному огрудкувачі.

У п'ятому розділі досліджено вплив еколого-технологічних і режимних параметрів огрудкування шихти із вмістом шламу на властивості окатишів, зміцнених безвипалювальними методами.

Для знаходження оптимальних режимних і технологічних параметрів огрудкування шихти в рециркуляційному огрудкувачі, для отримання максимальної міцності гідратаційних окатишів і мінімального негативного впливу на навколишнє середовище як критерій оптимальності процесу з екологічної точки зору була вибрана мінімізація пиловиділення, яка була оцінена за запи-

леністю робочого простору (Y_1) рециркуляційного пристрою при заданих обмеженнях за показником механічної міцності окатишів (Y_2).

Експеримент проводився на установці безвипалювального огрудкування, до складу якої належали вузли: гранулювання, безвипалювального зміцнення і фізико-хімічних випробувань окатишів. Вузол гранулювання складався із кульового млина, гладкостінного барабана діаметром 0,6 м і довжиною 1,5 м, укомплектованого елементом зміни нахилу в діапазоні 0-15° і системою регулювання швидкості обертання в діапазоні 5-50 об/хвил. Крім цього, до вузла гранулювання належить і рециркуляційний пристрій.

У процесі досліджень реалізувалося двостадійне огрудкування. Шихту завантажували у барабан, змішували, огрудковували, піддавали додатковому огрудкуванню в рециркуляційному пристрої, режимні параметри якого стабілізувались на певному рівні відповідно до плану експерименту.

$$Y_1 = 36,20(1) - 0,184(3) \cdot Z_1 - 1,75 \cdot Z_2 + 0,63 \cdot Z_3 - 2,80(2) \cdot Z_4 + 0,0016 \cdot Z_1^2 + 0,07(1) \cdot Z_4^2 + 0,017(3) \cdot Z_1 \cdot Z_4; \quad (7)$$

$$Y_2 = -13305,527 + 82,65 \cdot Z_1 + 1490,5 \cdot Z_2 + 605 \cdot Z_3 + 558,(2) \cdot Z_4 - 0,66 \cdot Z_1^2 - 88 \cdot Z_2^2 - 63 \cdot Z_3^2 - 24,(4) \cdot Z_4^2 + 2,7 \cdot Z_1 \cdot Z_2, \quad (8)$$

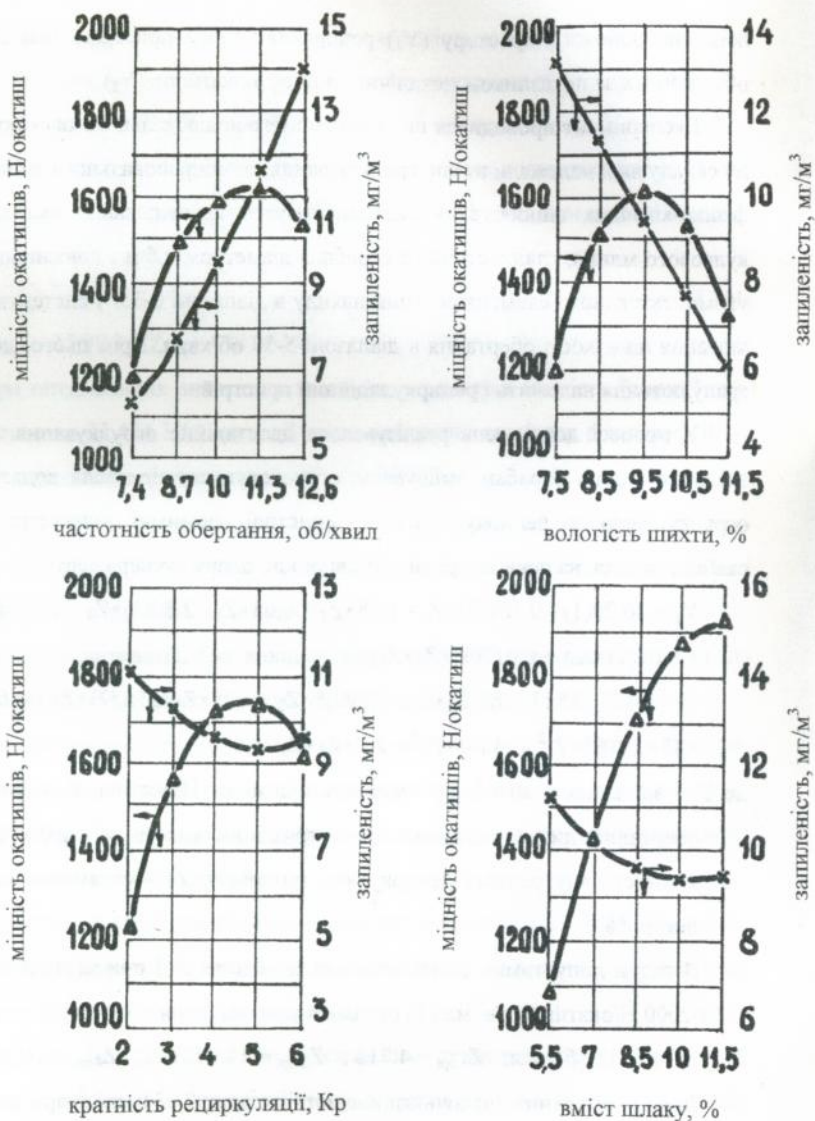
де Y_1 - запиленість мг/м^3 ; Y_2 - міцність окатишів, Н/окатиш; Z_1 - швидкість обертання диска, об/хвил; Z_2 - утримання вологи у шихті, %; Z_3 - кратність внутрішньої рециркуляції матеріалу; Z_4 - утримання шлаку у шихті, %.

В галузі допустимих за технологією значеннях Z_i і при заданій міцності 1730-2000 Н/окатиш (див. мал.2) отримані такі значення:

$$Z_{1 \text{ opt}} = 74.0143 \text{ об/хвил}; \quad Z_{3 \text{ opt}} = 4.718; \quad Z_{2 \text{ opt}} = 11.0721 \%; \quad Z_{4 \text{ opt}} = 10.0552 \%. \quad (9)$$

Для оптимальних значень запиленість складає $7,034 \text{ мг/м}^3$ при заданому значенні міцності $1730 < Y_2 < 2000$.

Проведені дослідження з оцінки металургійної цінності отриманих окатишів показали, що окатиші мають хімічний склад, указаний в таблиці 1, і



Мал.2. Вплив параметрів огрудкування шихти із вмістом шлаку на міцність готових гранул і пиловиділення рециркуляційного пристрою

мають такі властивості: діаметр окатишів 8-12 мм; міцність 1500-1900 Н/окатиш; пористість 33,63 %; щільність 3360 кг/м³, насипна маса 2230 кг/м³; відновлюваність 73-78 %.

Таблиця 1

Хімічний склад безвипалювальних окатишів

Fe _{зг.}	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
40.35 - 42.10	50.62	6.32	12.49	1.10	8.82	1.42	0.60

P ₂ O ₅	S	C	Fe _{мет}	з.п.п.
0.036	0.35	5.97-6.48	0-1.75	10.83

Петрографічний аналіз підтвердив відсутність зональності і рівномірний розподіл по всьому тілу окатиша оксидів заліза, коксу, кремнезему.

Використовуючи теорію подібності й розмірності при моделюванні процесів як в барабанному огрудкувачі, так і в рециркуляційному, були отримані масштабні коефіцієнти, які дозволяють розраховувати значення параметрів дослідно-промислової установки огрудкування шихти із вмістом шламу.

У шостому розділі розглянуте апаратне оформлення і технологія утилізації шламів у промислових умовах. Досліджені і відтворені основні процеси, передбачені технологією безвипалювального огрудкування, для умов ДМЗ імені Петровського.

Враховуючи положення критерія подібності й розмірності, а також експериментально-аналітичних досліджень оптимальних режимів роботи обладнання шихт із вмістом шламу, отримані такі параметри агрегатів та їх режими роботи: - барабан-огрудкувач: продуктивність - 5 т/г; ступінь заповнення - 15-17 %; довжина - 3 м; діаметр - 1,2 м; швидкість обертання - 10-15 об/хвил; - рециркуляційний пристрій: продуктивність - 5 т/г; зовнішній діаметр - 5 м;

ширина замкненої стрічки - 1 м; частотність обертання диска - 7-12 об/хвил; кратність внутрішньої рециркуляції - 4,7.

Отримані дані є вихідними для виконання проектних пропозицій по розробці і будівництву дослідно-промислового модуля утилізації шламів шляхом їх рециркуляційного безвипалювального огрудкування продуктивністю 40000 т окатишів на рік, призначених для використання як металургійної сировини в киснево-конвертерному цеху заводу імені Петровського.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Відкрите складування металургійних шламів, враховуючи їх високий ступінь дисперсності і наявність металів різного ступеня окислювання, наносить великий негативний вплив на навколишнє середовище, дестабілізує рівновагу в повітряному, водному і ґрунтовому середовищах.

2. Наявність у шламах від 37 до 52 % заліза і більше 6,5 % вуглецю дозволяє розглядати їх як цінну металургійну сировину. Одним з перспективних шляхів утилізації шламів є отримання безвипалювальних окатишів, так як традиційні методи окускування (агломерація, виробництво випалювальних окатишів) характеризуються значним негативним антропогенним впливом на навколишнє середовище.

3. При утилізації шихт із вмістом шламу істотно збільшується роль процесу гранулювання через їх відносно низьке грудкування.

4. На підставі аналізу сучасних уявлень про механізм формування гранул полідисперсних матеріалів і розподілу напруг, що виникають в гранулах під впливом зовнішніх навантажень, сформульовані загальні вимоги до організації процесу огрудкування шихт із вмістом шламу, і на базі їх розроблено новий пристрій для змішування і гранулювання сипучих матеріалів, який ре-

аналізує рециркуляційне огрудкування з направленим відбором кондиційних гранул.

5. Досліджено загальні закономірності руху матеріалу в рециркуляційному огрудкувачі. Установлено, що в рециркуляційному огрудкувачі інтенсивне утворення, ріст і зміцнення гранул досягається при послідовному розташуванні гранулюючих органів, установлених під кутом $45,29^\circ$ до напрямку руху потоку шихти із вмістом шламу.

6. Розроблена технологічна схема отримання окатишів із суміші шламів доменного, конвертерного і прокатного виробництва, яка передбачає дво-стадійне огрудкування. На першій стадії шихтові матеріали змішуються і огрудковуються в барабані, на другій стадії здійснюється процес стабілізації і зміцнення гранул в рециркуляційному пристрої. Дослідження запропонованої технології показали, що однорідність гранул на виході із рециркуляційного пристрою вища, ніж у гранул, огрудкованих послідовно в двох барабанах, в середньому на 16,84 %, міцність гранул збільшується на 3,8 %, а вихід кондиційної фракції збільшується на 35,53 %.

7. Дослідження впливу нової технології підготовки шихт із вмістом шламу на показники процесу гідратації і якість готових гранул, проведене з використанням планування багатофакторного експерименту, дозволило математично описати процес і знайти оптимальні значення режимних і техніко-екологічних параметрів огрудкування. Застосування теорії подібності й розмірності стосовно рециркуляційного огрудкування забезпечило можливість розробки і проектування промислового зразка рециркуляційного пристрою.

8. На базі збільшеної лабораторної установки проведені випробування всіх загальних елементів, що входять до технології утилізації шламів. Випущена дослідна партія (більше 2-х тон) окатишів із вмістом шламу за технологією, яка використовує недорогі сполучні компоненти - відходи виробництва. Проведені петрографічні дослідження, розрахунок пористості і ком-

плексні дослідження по визначенню міцності окатишів при їх відновленні, ступеня відновлення по Ліндеру і барабанної проби, а також промислові випробування у киснево-конвертерному цеху заводу імені Петровського підтвердили металургійну цінність безвипаловальних окатишів із вмістом шламу.

9. Розроблений рециркуляційний гранулятор закладено у проект екологічно чистого автоматизованого модуля утилізації шламів продуктивністю 40 тис.т/рік.

10. Використання модуля на ДМЗ імені Петровського дозволяє не тільки оздоровити екологічну обстановку в районі заводу, розташованого в центрі міста Дніпропетровська, але й складає 1092,55 тис.грн/рік приросту прибутку по заводу за рахунок використання вторинної сировини. Термін окупності модуля для заводу 4,7 року. Уніфікація модуля дозволить вирішити задачу екологізації по каналу утилізації шламів не тільки окремих підприємств, але й гірничо-металургійного комплексу України.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ

1. Бобылев В.П.,Саввин А.В. Исследование процесса производства шламосодержащих окатышей в рециркуляционном окомкователе // Приднепровский научный вестник. - 1997. - № 8 (19). - С. 7-10.

2. Бобылев В. П., Саввин А. В. Исследование физико-химического состава железосодержащих шламов // Приднепровский научный вестник. - 1997.- № 4(15). - С. 5 - 7.

3. Bobylev V., Savvin A., Zragevsky A. Working out an ecologically clean metallurgical ladles monolithic pouring refractory lining drying technology // Stahl und eisen. - 1996. - October (Special). - P. 37 - 40.

4. Теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию рациональной технологии и аппаратурного оформления утилизации металлургических шламов / Бобылев В. П., Зражевский А. Д., Саввин А. В., Беймо А.Г. // Материалы международной конференции "Экологизация производства и управление отходами". - Днепропетровск, 1996. - С. 41 - 42.

5. Теоретическое и экспериментальное обоснование создания экологически чистых автоматизированных модулей утилизации металлургических шламов / Бобылев В.П., Саввин А.В., Зражевский А. Д. и др. // Экология и творчество.: Сб. тез. докл. Международной конф. по экологизации промышленного и сельскохозяйственного производства Приднепровья и Причерноморья.- Днепропетровск, 1995. - С. 141 - 142.

6. Исследование процесса окомкования шламосодержащих шихт для кислородно-конвертерных плавок /Бобылев В.П.,Кулагин Г.Ф., Бобчак Е.Ф., Саввин А.В. // Теория и практика кислородно-конвертерных процессов. Тез. док. VII Международной науч.-техн.конференции.- Днепропетровск, 1994.- С.116-118.

7. Исследование образования и миграции аэрозолей металлургических шламов под воздействием климатических факторов / Бобылев В.П., Бабенко Л.В., Беймо А.Г., Саввин А.В., Пионтковский О.Д. // Сб. тез. докладов II Международной науч.-практ. конференции. - Днепропетровск, 1995. - С. 59.

8. Структурная схема автоматизированной системы управления процессом получения безобжиговых окатышей / Бобылев В.П., Зражевский А.Д., Саввин А.В., Беймо А.Г. // Теория и технология аглодоменного производства. Труды Междунар. науч.-технич. конф., посвященной 100-лет. А.Д.Готлиба. - Днепропетровск, 1995. - С. 135-136.

9. Bobylev V., Savvin A., Beimo A. Research of ecological clean process of production of dust-bearing pellets as an object of automation // International Conference "Ecology and heat technology - 1996". - Ukraine, Dnepropetrovsk, 1996. - July, 2 - 5. - P. 182.

10. Безобжиговое упрочнение шламосодержащих окатышей / Бобылев В.П., Бабенко Л. В., Волович А. И., Косенко П. А., Саввин А.В. // Сборник тез.докл. Всеукраинской научно-практической конференции "Теория и практика решений экологических проблем в горнодобывающей и металлургической промышленности". - Днепропетровск, 1993.- С. 129-130.

11. Дифференциально-термический анализ безобжиговых шламосодержащих окатышей / Бобылев В. П., Васюченко А. И., Галатов Ю. Н., Каркадолла И. И., Саввин А. В., Романеев Н. С. // Сб. тез. докладов II Международной науч.-практ. конференции. - Днепропетровск, 1995. - С. 65 - 66.

12. Бобылев В. П., Саввин А.В., Беймо А.Г. Исследование и анализ возможностей промышленного извлечения металлов из шламов вторичного металлургического передела // Экологическое образование специалистов технического профиля: тез. док. I Укр.науч.-методич.конф.- Днепропетровск, 1995.- С.51.

13. Эколого-технологическая модель процесса получения безобжиговых шламосодержащих окатышей / Бобылев В.П., Зражевский А.Д., Саввин А.В., Беймо А.Г. // Теория и технология аглодоменного производства. Труды Международ. науч.-технич. конф., посвященной 100-лет. А.Д. Готлиба. - Днепропетровск, 1995. - С. 134 - 135.

14. Исследование процессов термохимических упрочнений безобжиговых шламосодержащих окатышей для кислородно-конвертерных плавов / Бобылев В.П., Кулагин Г.Ф., Бабенко Л.В., Пионтковский О.Д., Саввин А.В. // Теория и практика кислородно-конвертерных процессов. Тез. док. VII Международной науч.-техн.конференции.- Днепропетровск, 1994.- С. 118-119.

15. Бобилев В.П., Саввин А.В. Пристрій для змішування та гранулювання сипучих матеріалів. Заявка на винахід № 96093441, дата пріоритету 3.09.96. Держпатент України.

АНОТАЦІЯ

Саввін О.В. Удосконалення технічних засобів та оптимізація процесу гранулювання шихтових матеріалів в екологічно чистому безвипалювальному виробництві окатишів із вмістом шламу. - Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.26.04 - "Технічні засоби захисту навколишнього середовища". Запорізька державна інженерна академія, м.Запоріжжя, 1997 р.

Показана можливість вирішення проблеми безвипалювального огрудкування і залучення до металургійної переробки дрібнодисперсних шихт із вмістом шламу. Розроблено пристрій для змішування і гранулювання сипучих матеріалів із змінною кратністю внутрішньої рециркуляції, дана оцінка його ефективності в технологічному ланцюгу екологічно чистого модуля утилізації шламів. Знайдені оптимальні параметри процесу рециркуляційного гранулювання шихт із вмістом шламу.

АННОТАЦИЯ

Саввин А. В. Совершенствование технических средств и оптимизация процесса гранулирования шихтовых материалов в экологически чистом безобжиговом производстве шламосодержащих окатышей.- Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.04 - "Технические средства защиты окружающей среды". Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье, 1997 г.

Показана возможность решения проблемы безобжигового окомкования и вовлечения в металлургический передел мелкодисперсных шламосодержащих шихт. Разработано устройство для смешивания и гранулирования сыпучих материалов с изменяемой кратностью внутренней рециркуляции, оценена его

эффективность в технологической цепи экологически чистого модуля утилизации шламов. Найденны оптимальные параметры процесса рециркуляционного гранулирования шламосодержащих шихт.

ANNOTATION

Savvin A. Improvement of technical means and optimization of charge materials granulation process at the ecologically clean cold bound production of dust - bearing pellets. - The candidate dissertation of technical sciences research on the speciality 05.26.04 - Technical means of the environment protection is represented. Zaporozhye State Engineer Academy, Zaporozhye, 1997.

The possibility of the decision of fine dust cold bound pelletizing problem and drawing in metallurgical production was shown. The unit of mixing and granulating of dry substances with changeable internal recycling was elaborated. Its efficiency was estimated at the ecologically clean utilization dust module. Optimum parameters of internal recycling process of dust bearing charge were found.

Ключові слова: охорона навколишнього середовища, відходи виробництва, шлами, шлаки, безвипалювальне рециркуляційне огрудкування, оптимальні параметри гранулювання, металургійна переробка.



Підписано для друку 11.04.97р. Формат 60x84 1/16.
Папір друк. № 2. Друк офсетний. Фіз. друк.арк. 1,37.
Облік.-вид.арк. 1,29. Умов. друк. арк. 1,27.
Тираж 100 пр. Замовлення № 183.

Державна металургійна академія України
320635, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4

1.35656

AB 37.685