**РЕФЕРАТ**

**Актуальність обраного напрямку роботи.**

Виробництво чавуну пов'язане з складною взаємодією хімічних і фізичних процесів, які безперервно протікають в робочому просторі печі. Найважливішою умовою доменного процесу є безперервний зустрічний рух і взаємодія шихтових матеріалів, що опускаються, і висхідного потоку газів. Таким чином, високопродуктивна і економічна робота доменної печі значною мірою залежить від того як організований рух і розподіл газів в її робочому просторі, що визначається безліччю чинників, головним з яких є газопроникність шихти, залежна від вмісту в ній фракції 0…5 мм. Зниження якої на 1 % дозволяє отримати підвищення продуктивності доменної печі на 1 % і зниження витрати коксу на 0,5 %.

У зв'язку з цим, стало очевидним, що потрібно поліпшення якості сировини для виробництва чавуну зокрема залізовмісної її частини, як основної частки доменної шихти, за рахунок зниження вмісту некондиційних фракцій в агломераті. Це може бути досягнуто шляхом підвищення ефективності розсіву, але внаслідок роботи грохотів| шихтоподачі з|із| максимальною продуктивністю по сигналу завантаження|загрузки| вагових бункерів (воронок) без урахування часу сходу шихти в печі до заданого висотного рівня, досягши якого виконується чергове завантаження|загрузка| матеріалу в піч, відбувається надходження|вступу| на колошник збільшеної кількості дрібних|мілких| фракцій. В свою чергу підвищення ефективності розсіву призводить до значного збільшення кількості відсіяної фракції, що веде до погіршення економічних показників плавки в умовах постійного дефіциту сировини, підвищуються витратні коефіцієнти, виникають труднощі із забезпеченням вторинного використання відсіву. Внаслідок чого необхідне підвищення якості агломерату, але оскільки багатокомпонентна аглошихта містить до 82 % тонкодисперсних фракцій, складність огрудкування такого матеріалу викликана нестачею зародкових центрів і наявністю проміжної фракції (що не бере участь в процесі огрудкування); в результаті підготовлена до спікання на існуючому обладнанні аглошихта не відповідає технологічним вимогам агломераційного виробництва по гранулометричному складу, міцності гранул та газопроникності, що призводить до збільшення вмісту некондиційних фракцій (0…5 мм) в готовому агломераті та втратам частини шихти в шлам і атмосферу. Узагальнення накопиченого досвіду і аналіз тенденцій розвитку даного виду техніки показує, що інтенсифікація процесу огрудкування для даних умов, може йти в напрямку створення установок, які дозволяють перетворити значну частину тонкодисперсної і проміжної фракцій в зародкові центри і кондиційні гранули шляхом їх ущільнення при малому тиску — підпресуванням. Проте створення високоефективних установок для підпресування шихти стримується недостатньою вивченістю питань, пов'язаних з ущільненням матеріалу при малому тиску.

Таким чином, створення|створіння| системи управління висотою шару на сіючій поверхні грохоту шляхом постійного моніторингу згаданої висоти (що істотно впливає на ефективність грохочення) з використанням високочастотних рівнемірів, в комплексі з введенням в технологічний процес підготовки аглошихти операції її підпресовування перед огрудкуванням на основі встановлення детермінованих закономірностей, які описують вплив геометрії осередку деформації, що змінюється в часі, на напружено-деформований стан шихти при малому тиску, з урахуванням її фізико-механічних властивостей, є актуальною науковою задачею.

**Мета і завдання досліджень.**

Метою роботи є зменшення собівартості чавуну за рахунок зниження витрати коксу, об'ємів відсіву, підвищення продуктивності доменних печей, шляхом оперативного управління відсівом дрібної фракції сировини в процесі грохочення у взаємозв'язку із швидкістю сходу засипу шихти на колошнику та створення валкового підпресувальника аглошихти з урахуванням закономірностей, які пояснюють вплив конструктивних, кінематичних параметрів його робочого органу на напружено-деформований стан матеріалу в осередку деформації, що сприяє поліпшенню підготовки сировини перед спіканням і забезпечує підвищення продуктивності агломашини і якості агломерату.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вдосконалений процес підготовки компонентів шихти на основі оперативної зміни висоти їх шару в процесі грохочення у взаємозв'язку із швидкістю сходу засипу| на колошнику, що забезпечує поліпшення|покращання| гранулометричного складу матеріалів в періоди неінтенсивного ходу доменної печі;
2. Вперше|уперше| отримана|одержувати| аналітична залежність ефективності відсіву|відсівання| дрібної|мілкої| фракції матеріалу шихти, яка виражає|виказує| її зв'язок з|із| прогнозованими часом набору дози у вагову воронку і досягнення шихтою заданого рівня в печі з урахуванням|з врахуванням| об'ємної маси матеріалу, кількості грохотів| в каналі і конструктивних параметрів кожного з них;
3. Розроблений розрахунковий метод визначення епюри швидкості сходу шихти по діаметрах колошника доменної печі в процесі багатопозиційної радіолокації поверхні засипу|, який забезпечує оцінку зміни рівня матеріалу в кожен момент часу відповідно до технологічних тенденцій доменної плавки|плавлення|.
4. Вперше визначені границі процесу підпресування аглошихти як область тиску, що прикладається до шару матеріалу, при якому опір деформації носить пружний, окремо в'язкий і спільно в’язкопружний характер, що дозволяє розглядати опір, що чиниться робочому органу машини в процесі підпресування, як в’язкопружний.
5. Вперше встановлено взаємозв'язок між тиском в шарі шихти і його усадкою, що враховує початкову порозність шихти в шарі і модуль її деформації. Вказаний взаємозв'язок описаний аналітичним виразом, який характеризує опір шару сипкого матеріалу ущільненню при малому тиску (до 2 МПа), що дозволяє визначити навантаження на робочий орган машини з боку ущільнюваного середовища.
6. У розвиток теорії пресування розроблена математична модель, що описує вплив геометрії осередку деформації, яка змінюється в часі, на напружено-деформований стан шихти при малому тиску, з урахуванням її фізико-механічних властивостей і закону постійності мас, що дозволяє визначити нормальний реактивний тиск, який може бути використаний при аналізі енергосилових параметрів валкового підпресувальника.
7. На основі теоретичних досліджень вперше одержана аналітична залежність, що зв'язує енергосилові показники процесу ущільнення шихти з її початковою порозністю, модулем деформації, кутовою швидкістю пресувального валка, геометричними розмірами і числом зубів формуючого бандажа, що дозволяє визначити раціональні параметри приводу підпресувальника.

**Практичне значення отриманих результатів:**

1. Розроблена адаптивна система управління ефективністю грохочення матеріалів шихти для доменного виробництва ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», що забезпечує збільшення продуктивності доменної печі.
2. Розроблено програмне забезпечення системи контролю набору дози шихти при поєднанні процесів грохочення і її опускання в доменній печі, яке стане невід'ємною частиною автоматизованої системи шихтоподачі і завантаження при її модернізації;
3. Комбінатом ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» прийнята в промислову експлуатацію багатопозиційна радарна система визначення швидкості сходу шихти в доменній печі об'ємом 5000 м3 із застосуванням алгоритмів обробки цифрового сигналу радіолокації.
4. Розроблена науково-обґрунтована інженерна методика розрахунку і вибору параметрів валкового підпресувальника аглошихти;
5. Розроблена комп'ютерна програма «Підпресувальник-1», яка дозволяє виконати аналіз зміни нормального тиску і щільності шихти в міжвалковому просторі, залежно від конструктивних і кінематичних параметрів робочого органу підпресувальника;
6. Розроблене технічне завдання на створення промислового зразка механізму підпресування.
7. Результати теоретичних і експериментальних досліджень послужили основою для розробки технології підготовки агломераційної шихти до спікання підпресуванням для умов агломераційних виробництв ВАТ «Тулачермет» і ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».
8. Результати виконаних досліджень використовувалися ТОВ «КВМШ-плюс» (м. Кривий Ріг) при розробці підпресувальника аглошихти для умов агломераційних виробництв підприємств ВАТ «Тулачермет» і ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».
9. Результати роботи прийняті для участі в тендері по автоматизації доменної печі № 2 ВАТ «АрселорМіттал Теміртау»;
10. Результати роботи прийняті для впровадження у виробництво при будівництві киснево-конверторного цеху ВАТ «Запоріжсталь».

**Очікувана економічна ефективність.**

По даним, опублікованим в працях міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 70-літтю|-річчю| КГМК «Криворіжсталь» «Теорія і практи­ка| виробництва чавуну», Кривий Ріг, КГМК «Криворіжсталь», 2004, с. 621, в надрешетному| продукті агломерату доменної печі № 7 фракція 0...5 мм складає| в середньому 15%.

Комплексне впровадження підпресувальника аглошихти| для її підготовки до спікання і адаптивної системи управління ефективністю грохочення агломе­рата| дозволить понизити|знизити| вміст дрібниці в готовому агломераті на 4,2 %, підвищити| ефективність грохочення до 60...65 %, це дозволить понизити|знизити| вміст дрібниці в скиповом| агломераті в середньому до 10,8 %

Зменшення кількості дрібниці фракції 0...5 мм в залізовмісній частині|частці| шихти, що подається на колошник доменної печі, приведе до збільшення її продуктивності і скорочення витрати коксу. За даними І.Г. Товаровського «Доменна плавка|плавлення|», Дніпропетровськ, вид-во «Пороги», 2003, с. 526, зниження вмісту| фракції 0...5 мм в залізовмісній частині|частці| шихти на 1 % дає збільшення продуктивності доменної печі на 1 % і зниження витрати коксу на 0,5 %.

Тоді, при співвідношенні в шихті агломерату і окатишів 87:13, прогнозне зменшення дрібниці агломерату составит:­

****

Початкові дані для розрахунку приведені в табл. 1

Таблиця 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Найменування показників | Ед. изм. | Базовий період | Після впровадження |
| 1 | Річний обсяг виробництва чавуну | т | 1108012 |  |
| 2 | Кількість подпрессовщи- ков | шт. | - | 2 |
| 3 | Кількість грохотов агло­мерата | шт. | 4 |  |
| 4 | Вартість підпресувальника | грн | - | 230000 |
| 5 | Вартість однієї системи регулювання | грн | - | 280000 |
| 6 | Витрата коксу | кг/т | 461 |  |
| 7 | Витрата агломерату на 1т чу­гуна | кг/т | 1720 |  |
| 8 | Умовно-постійна частина витрат по переділу ДП № 7 | грн/т | 58,993 |  |
| 9 | Середня ціна 1 т коксу | грн/т | 739,6 |  |
| 10 | Середня ціна 1 т коксової дрібниці | грн/т | 90,9 |  |
| 11 | Середня ціна 1 т агломерату | грн/т | 147,16 |  |
| 12 | Середня ціна 1 т повернення (відсіву) | грн/т | 50,27 |  |
| 13 | Середня ціна 1000 т·м3 доменного газу | грн | 19 |  |
| 14 | Вміст дрібниці в ски­повом агломераті | % | 15 | 10,8 |
| 15 | Енергія, затрачиваема на підпресовування | кВт-ч | - | 9 |
| 16 | Вартість електроенергії | грн | 0,6 |  |

1. Економія витрат по переділу на умовно-постійній частині за рахунок збільшення продуктивності доменної печі на 3,7 % складе



2. Зниження витрат, пов'язаних з економією коксу:

а) зниження витрати коксу в кількості|у кількості| 8,5 кг на 1 т чавуну скоротить витра­ти| на його виробництво в сумі:



б) втрати в результаті зменшення кількості коксової дрібниці:



в) втрати в результаті зменшення об'єму доменного газу:

$$П\_{2}=8,5⋅В\_{д.г}⋅Q\_{2}⋅Ц\_{д.г}=8,5⋅0,003⋅1149008⋅19=556694 грн,$$

Разом по п. 2



3. Витрати від збільшення повернення дрібниці агломерату на 3 %:

****

4. Капітальні вкладення:

****

5. Додаткові витрати:

 а) витрати по зміні устаткуванню:

$$З\_{с.о}=\frac{Ц\_{б}}{С\_{с}}=\frac{30000}{0,25}=120000 грн$$

б) додаткові витрати на електроенергію:

додатково витрачена електроенергія:

$$Д\_{з.э}=\frac{Q\_{3}⋅Р\_{аш}}{Пр}⋅N⋅Ц\_{э}=\frac{3404198⋅1,22}{700}⋅9⋅0,6=32038 грн$$

$$З\_{э}=\frac{Д\_{з.э}}{Q\_{3}}⋅q\_{а}⋅Q\_{2}=\frac{32038}{3404198}⋅1,72⋅1149008=18600 грн.$$

Разом по п. 5:

$З=З\_{с.о}+З\_{э}=120000+18600=138600$ грн.

6. Економічний ефект від впровадження соста­вит:

$$Э=Э\_{1}+Э\_{2}-З\_{у.м}-З-К⋅Е\_{н}=2416017+5399545-5744493-$$

$$-138600-1878000⋅0,15=1650769 грн,$$

7. Термін окупності:

$$Т\_{ок}=\frac{К}{Э}=\frac{1878000 }{1650769}=1,1 року.$$

8. Коефіцієнт ефективності капіталовкладень:

$$К\_{эф}=\frac{Э}{К}=\frac{1650769}{1878000}=0,87.$$

Повний розрахунок очікуваного економічного ефекту по роботі наведено у Томі 2.

**Обгрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Обгрунтованість і достовірність наукових положень підтверджена позитивними результатами перевірки отриманих моделей з використанням інструментів імітаційного моделювання, а також промислово-дослідницьких випробувань радіолокаторів для регулювання висоти шару матеріалу під час грохочення і визначення швидкості сходу засипу шихти на колошнику печі в умовах ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»; проведеними випробуваннями на діючій полупромисловій установці підпресувальника шляхом порівняння одержаних експериментальних і теоретичних результатів. В якості порівнюваних параметрів було прийнято потужність приводу підпресувальника і щільність отримуваних пресувань. Розбіжність між величинами вказаних параметрів, одержаних розрахунковим шляхом і в експерименті, для потужності приводу не перевищувало ± 10 %, для щільності пресовок — ± 7 %.

**Апробація результатів роботи.**

Матеріали роботи доповіли і обговорили на міжнародних науково-технічних конференціях: «Інтегровані системи управління в гірничо-металургійному комплексі» (м. Кривий Ріг, Україна); «8th International Symposium of Croatian Metallurgical Society SHMD» (р. Sibenik, Croatia); «Сучасні питання доменного виробництва» (м. Дніпропетровськ, Україна); «XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Теорія і практика стале-плавильных процесів» (м. Днепропетровськ, Україна); «Інформаційні технології в металургії і машинобудуванні» (м. Дніпропетровськ, Україна); IV, V і VI Міжнародні конференції «Стратегія якості в промисловості і освіті» (м. Варна, Болгарія); IV Міжнародна конференція студентів і аспірантів «До високих технологій на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп’ютерного конструювання матеріалів» (м. Київ, Україна); XXIII, XXIV науково-технічні конференції молодих фахівців ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Кривий Ріг, Україна); IX, X виставка-форум «Промисловість, інвестиції, технологія. Металургія України на порозі великих реформ» (Кривий Ріг, Україна), а також на засіданнях об'єднаних науково-технічних семінарів кафедр металургії чавуну, електрометалургії, механічного обладнання металургійних заводів (Криворізький металургійний факультет), автоматизації виробничих процесів Національної металургійної академії України (м. Дніпропетровськ, Україна).

**Публікації.**

По темі наукової праці захищена 1 кандидатська дисертація:

Верховська А.О. Вдосконалення взаємодії процесів грохочення та сходу шихти на колошнику для підвищення ефективності роботи доменної печі : дис. на здобуття вченого спуп. канд. техн. наук: 05.16.02 / Верховська Аліна Олександрівна; Національна металургійна академія України. - Д., 2009. - 229 с.

По темі наукової праці опубліковано 38 друкарських робіт, зокрема 2 науково-дослідні роботи, 23 статті в спеціалізованих наукових журналах, отримано 6 патентів України на корисну модель і 1 патент України на винахід, 6 тез доповідей.

Загальна кількість публікацій по темі наукової праці, які опубліковані у міжнародних журналах з ненульовим імпакт-фактором, складає 3:

1. Пополов Д.В. Исследование процесса спекания агломерационной шихты, под­готовленной подпрессовкой / Д.В. Пополов // Металлургическая и горно­рудная промышленность. – 2010. – № 6. – С. 87-89. (**імпакт-фактор дорівнює 2**)
2. Головко В.И. Метод фильтрации уровня расплава при управлении конвертерной плавкой / В.И. Головко, О.Н. Кукушкин, А.А. Верховская [и др.] // Металлургическая и горноруд­ная промышленность. – 2010. – № 5. – С. 272 – 274. (**імпакт-фактор дорівнює 2**)
3. Учитель А.Д. Оптимизация параметров подпрессовщика аглошихты / А.Д. Учитель, В.И. Засельский, Д.В. Пополов // Металлургическая и горноруд­ная промышленность. – 2009. – № 5. – С. 98-100. (**імпакт-фактор дорівнює 2**)

**Структура і об'єм роботи.**

Робота складається з введення, восьми розділів, виводів, списку використаних джерел і додатків. Робота викладена на 250 сторінках друкарського тексту і включає 94 малюнка, 27 таблиць і 38 сторінок додатків. Список використаних джерел складає 131 найменування.

Робота виконана в Національній металургійній академії України.