

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Двоєглазової Аліси Вікторівни

«Удосконалення технології одержання комплексного флюсу на основі вапняку та залізовмісних матеріалів при їх спільній термічній обробки», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів”

1. Актуальність теми дисертації

Поліпшення якості підготовки сировини для доменної плавки є пріоритетним завданням, спрямованим на забезпечення високоефективної і стабільної роботи доменних печей. Найбільш масовим компонентом доменної шихти залишається агломерат, до якості якого пред'являються підвищені вимоги, особливо до його механічної міцності. Тому найбільші перспективи застосування має високоосновний агломерат. Однією з основних причин руйнування офлюсованого агломерату є збільшення обсягу двокальцієвого силікату при його модифікаційних перетвореннях в процесі охолодження. З метою запобігання руйнування агломерату в його склад вводять ферити кальцію. Одним із способів введення феритів кальцію є використання комплексних флюсів, вдосконалення технології отримання яких є важливою актуальною задачею.

Зміст роботи відповідає сучасним напрямкам «Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2020 р.», планам науково-дослідних робіт Міністерства науки і освіти України, Національної металургійної академії України. Розглянуті в дисертаційній роботі питання і задачі складають результати досліджень, що виконані автором та викладені у звіті із науково-дослідної роботи «Наукове обґрунту-

вання та розробка ефективних тепло-масообмінних процесів в інноваційних металургійних технологіях» (номер державної реєстрації 0115U003176).

2. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності

Отримані у дисертації результати характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів дослідження, підтверджуються аналізом науково-технічної літератури. Цьому сприяло використання широкого методологічного інструментарію та літературної бази. Дисертантом, як зазначається у рукописі дисертації, використано 102 джерела, у яких відображено різні аспекти проблематики дисертації. Теоретичні дослідження виконані при коректному застосуванні методів математичного моделювання, статистичного і технологічного аналізу. Достовірність експериментальних даних забезпечується використанням сучасних засобів і методик досліджень. Отримані результати і висновки базуються на фундаментальних положеннях теорії металургійних процесів, у тому числі теорії огрудкування залізородних матеріалів, теплових та окислювально-відновних процесів.

Основні найбільш вагомні наукові результати, отримані автором:

1. На основі термодинамічного аналізу встановлено переважаюче утворення силікатів кальцію при спільному випалюванні вапняку та залізовмісного матеріалу, при цьому кінетичні можливості цієї реакції визначаються концентрацією реагуючих речовин та кількістю їх контактних взаємодій.

2. Розвинуті теоретичні основи випалу вапняку в присутності таких матеріалів як залізна руда та магнетитовий концентрат. Встановлено, що при термічній обробці комбінованих гранул за рахунок взаємодії вапна та оксидів рудних матеріалів суттєво підвищується швидкість та ступінь дисоціації вапняку за рахунок протікання екзотермічних реакцій взаємодії сві-

жовипаленого вапна з оксидами, що входять до складу залізовмісного матеріалу.

3. Встановлено, що формування мінералогічного складу комплексного флюсу залежить від вмісту SiO_2 в пустій породі залізовмісного матеріалу та кількості Fe_2O_3 в рудному компоненті, завдяки чому можливо контролювати кількість реагуючих контактів між SiO_2 та CaO та CaO і Fe_2O_3 .

3. Значення отриманих у дисертації наукових та прикладних результатів для науки та практики

Практичне значення мають наступні результати дисертаційної роботи:

- запропонована технологія виробництва комплексного флюсу на конвеєрній машині та технологія виробництва комплексного флюсу в індукційній печі, які дозволяють одержувати комплексний флюс без встановлення додаткового технологічного обладнання та суттєвих змін роботи металургійного виробництва;

- розроблені практичні рекомендації щодо вибору технологічного режиму виробництва комплексного флюсу, які полягають в наступному. Для отримання комплексного флюсу із високим вмістом феритів кальцію крупність вапняку та твердого палива повинна бути, відповідно, в межах 3 - 10 та 0 - 5 мм, крупність залізовмісного матеріалу - до 0,01 мм, вологість шихти 5 - 6%, витрата твердого палива на процес 8 - 9%.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи можуть бути використані при розробці державним підприємством «Укрдіпрометз» проектів реконструкції агломераційних фабрик України, а також використовуються у навчальному процесі на кафедрі металургії чавуну Національної металургійної академії України при вивченні дисципліни «Підготовка металургійної сировини» спеціальності 136 - «Металургія».

4. Загальна характеристика змісту дисертації.

Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу сучасного стану, теорії та практики застосування в металургії різноманітних флюсів. Автором проаналізовано: вплив флюсу на твердофазні перетворення при спіканні агломерату; особливості рідкофазного спікання агломерату різної основності; вплив основності шихти на якість та мінералогічний склад агломерату; поліморфізм двокальцієвого силікату та методи боротьби із ним. Показані переваги та недоліки існуючих технологій отримання комплексного флюсу. В результаті виконаного аналізу літературних даних визначені цілі та завдання запланованих досліджень.

У другому розділі представлені результати термодинамічного аналізу реакцій дисоціації вапняку в різних умовах. Автором виконано теоретичний аналіз, який проведено за допомогою програмного комплексу. Для оцінки дисоціації вапняку при наявності різноманітних добавок автором використана величина відносної зміни основних термодинамічних показників, таких як ентальпія та вільна енергія Гіббса. Ступінь дисоціації вапняку оцінювали як відношення утвореного CaO до загальної кількості CaO в вапняку.

Встановлено значні коливання величин енергії Гіббса та ентальпії при дисоціації вапняку в присутності добавок, причиною яких є взаємодія свіжовипаленого вапна з оксидами і утворення нових мінералів.

Автором досліджено можливості утворення з'єднань на основі вапна при взаємодії вапняку із різними оксидами. Показано, що основною причиною значних коливань величин енергії Гіббса та ентальпії при дисоціації вапняку в присутності добавок є взаємодія свіжовипаленого вапна з оксидами і утворення нових мінералів. Було проведено дослідження систем Ca -

O-Fe-Si-Al-C з метою визначення фазового стану продукту. В результаті термодинамічних досліджень автором показано, що при випалу вапняку в присутності Fe_2O_3 , Al_2O_3 та SiO_2 створюються сприятливі можливості для утворення феритів, силікатів та алюмінатів, які можуть бути основою комплексного флюсу.

У розділі 3 представлені результати виконаних автором експериментальних досліджень дисоціації вапняку в присутності залізовмісних матеріалів. Ці дослідження, які виконувались в три етапи, були направлені на перевірку даних теоретичного аналізу та дозволили визначити, як змінюється процес розкладання вапняку при добавці до нього залізовмісного матеріалу.

Перший етап виконаних автором експериментальних досліджень спрямовано на вивчення процесу дисоціації чистого вапняку. В ході другого етапу автором виконано аналіз особливостей розкладу вапняку (тонкоподрібненого до 0,1 мм) в суміші із залізорудним концентратом (магнетитовий концентрат), з якої були отримані брикети. На третьому етапі автором досліджено процес дисоціації вапняку в гранулах, утворених кусочками вапняку крупністю 3 - 12 мм та оболонкою товщиною 0,25 - 0,90 мм із залізорудних матеріалів (концентрат, залізна руда).

Автором встановлено, що при температурах 1000 - 1300°C наявність покриття з концентрату має помітний вплив на ступінь дисоціації вапняку. Так, ступінь дисоціації, який дорівнює 100% для чистого вапняку при температурі 1300°C досягається за 4 хвилини, а для вапняку з покриттям за 2 хвилини. Отримані автором результати підтверджують технологічність обраного напрямку виробництва комплексного флюсу внаслідок поєднання процесів виробництва вапна і утворення феритів кальцію.

Результати досліджень покладені в основу розробленої автором математичної моделі процесу обпалювання комбінованих гранул на конвеєрній машині, яка може бути використана для визначення температурно-

теплових режимів технологічного процесу виробництва комплексного флюсу.

У розділі 4 дисертаційної роботи представлено обґрунтування вибору технологічних параметрів технології виробництва комплексного флюсу заданого складу та властивостей.

По-перше, автором виконані дослідження впливу гранулометричного складу вапняку на технологічні показники процесу отримання комплексного флюсу. Для цього проведено дослідження особливостей спікання комплексного флюсу з гранул при використанні вапняку різної крупності. Оцінка впливу крупності вапняку та палива здійснювалася автором за допомогою показника питомої продуктивності установки по виробництву активного оксиду кальцію. В ході досліджень встановлено, що найкращі показники процесу отримання комплексного флюсу можуть бути досягнуті при використанні вапняку розміром 3 - 10 мм та палива крупності 0-5 мм.

По-друге, для розробки технології виробництва комплексного флюсу автором визначені інші технологічні параметри, такі як вміст концентрату в суміші, кількість суміші, що йде в накат, вміст палива, вологість шихти та висота шару, що спікається. Дослідження для визначення цих параметрів виконані у відповідності до методу центрально-композиційного рототабельного планування другого порядку. Автором встановлено, що максимальна продуктивність установки досягається при:

- накаті на кусочки вапняку 100-% концентрату;
- вмісті в шихті 15 - 25,0% суміші (від маси вапняку фракції 3 - 10 мм), що створює найкращі умови для її накочування на поверхню кусочків вапняку;
- використанні 8 - 9% палива в шихті, яке забезпечує необхідну кількість теплоти для протікання реакцій феритоутворення і випалу вапняку;

- вологості шихти, яка становить 5% та забезпечує утворення на поверхні вапняку кірки із накопленого концентрату заданих розмірів і міцності.

Автором визначена ефективність використання комплексного флюсу в процесах окискування металургійної сировини та показано, що заміна вапняку в аглошихті комплексним флюсом призвела до того, що вихід годного агломерату збільшився на 8,37%, індекс на удар збільшився на 2,96%, а питома продуктивність аглоустановки - на 16,02%. При заміні вапняку та вапна в аглошихті комплексним флюсом вихід годного збільшився на 4,97%, індекс на удар на 0,17%, а питома продуктивність зросла на 3,31%. Заміна вапняку та бентоніту при виробництві окатишів призвело до зростання їх відновності на 25% та зниження температурного інтервалу повного розплавлення окатишів, пористість окатишів на основі комплексного флюсу виражена наявністю пор малого розміру, а також структура таких окатишів наближається до агломератовидної.

Значний об'єм досліджень, які виконано автором, дозволив підтвердити той факт, що при спіканні агломерату, а також при отриманні окатишів використання в шихті комплексного флюсу є дієвим фактором підвищення ефективності виробництва та покращення якості готового продукту. Показано, що основною причиною суттєвого покращення показників процесів виробництва агломерату та окатишів є зниження витрат теплової енергії, зокрема на дисоціацію вапняку, а також суттєве покращення процесів в зонах твердо- та рідкофазного спікання. При заміні вапняку комплексним флюсом при спіканні агломерату знижуються витрати твердого палива на 1,3 -1,5%.

5. Конкретні напрями використання одержаних наукових і прикладних результатів роботи

Результати роботи можуть бути використані при дослідженнях, які спрямовані на удосконалення існуючих технологій отримання залізорудної сировини для доменної печі або створення нових видів залізорудних матеріалів, а також можуть бути реалізовані в навчальному процесі Національної металургійної академії України та інших вузів, які здійснюють підготовку спеціалістів для чорної металургії.

6. Повнота викладення в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертаційної роботи

Основні результати, отримані у дисертації, опубліковані у 14 роботах, із них 4 - статті у спеціалізованих наукових виданнях, затверджених ВАК України, 1 - стаття у наукових виданнях інших держав, 2 – патенти на корисну модель, 7 – матеріалів наукових конференцій.

В цілому публікації за темою дисертації в достатній мірі розкривають зміст роботи.

7. Основні недоліки роботи, яка захищається.

Оцінка в цілому змісту роботи, її завершеності, головні недоліки в частині оформлення

1. З аналізу розділу 1.6 «Існуючі технології отримання комплексного флюсу» слідує, що не всі недоліки відомих методів отримання комплексних флюсів враховані при формулюванні задач роботи.

2. У другому розділі роботи розглянуто утворення різних сполук у системі Fe-Al-Ca-Si-O. Наприклад, В.А. Утков на стор. 80 – 85 у монографії «Высокоосновный агломерат» наводить дані різних дослідників з цього питання. Неясно, що нового у автора?

3. З роботи незрозуміло, з якою метою порівнювали дослідження з оцінки ступеня дисоціації вапняку фракції 0-0,1 мм у суміші з залізорудним концентратом фракції 0-0,01 мм, якщо потім розробляється продукт з

гранул крупного вапняку з оболонкою з концентрату? В обох випадках цілковито різна кількість контактів між Са і Fe.

4. У третьому розділі наводяться результати експериментальних досліджень, в ході яких на вапняк фракції 3-10 мм «накочують» руду фракції 0-10 мм. Це не є накочуванням. Це повноцінне змішування двох рівнодисперсних продуктів, яке супроводжується багатьма контактами Fe і Са. У цьому випадку можливо створення великої кількості феритів кальцію.

5. Зменшення крупності палива (як це показано в роботі) приведе до збільшення вмісту сірки в агломераті за рахунок збільшення контактів між паливом та розплавом (як це вказано в авторському свідоцтві, прийнятому у якості прототипу патентів за участі автора роботи). Враховувалося це автором роботи?

6. У четвертому розділі роботи сказано, що для інтенсифікації процесу агломерації крупність флюсу повинна бути 0-3 мм. У пункті 2 практичної цінності та висновках мова йде про фракцію 3-10 мм. З цього виходить, що для отримання фракції 0-3 мм використовується операція дроблення. Якщо це так, то процес отримання комплексного флюсу передбачає додаткові затрати електроенергії, втрати з пилоутворенням та т.п.

7. З роботи незрозуміло, скільки в підсумку змогли отримати феритів кальцію, який вміст чистого СаО, а скільки СаСО₃ не продисоціювало? Який вміст двокальцієвого силікату (2СаО·SiO₂), боротися з поліморфізмом якого повинні ферити кальцію?

8. Комплексний флюс – це ядро фракції 3-10 мм з СаСО₃ + тонка корочка з залізовмісного концентрату товщиною 0,25 – 0,9 мм. Як у такій гранулі можливий активний розвиток процесів феритоутворення? Відомо, що утворення феритів здійснюється за рахунок безпосереднього контакту СаСО₃ і Fe₂O₃. Ферити будуть утворюватися тільки в тонкій зоні контакту між вапняком та концентратом, а значить феритів буде мало.

9. Дисоціація СаСО₃ активно здійснюється при температурах більше 900° С при умовах, що СО₂, який утворюється при розкладанні СаСО₃, від-

водиться від зони реакції. Покриття з залізовмісного концентрату буде тільки заважати відводу CO_2 та гальмувати процес дисоціації. Незрозуміло, за рахунок чого отримано збільшення ступені дисоціації у гранулах з покриттям у зрівнянні з шматками чистого вапняку?

10. Автор пише, що дисоціація вапняку досягає 100 %. Невже 100% CaCO_3 у всьому об'ємі гранули розкладається та перетворюється у CaO , або все-таки є якесь ядро вапняку, що не розклалось?

11. Порівнювалася ефективність процесу агломерації при використанні запропонованого флюсу з використанням вапна?

12. Неясно, як зрозуміти фразу (стор. 10 автореферату) «У випадку, коли залізо в концентраті окиснене до Fe_2O_3 , то при випалі вапняку таке залізо швидко окисляється до Fe_2O_3 і далі активно взаємодіє з вапном»?

13. В авторефераті відсутні посилання на рис. 9 – 11.

14. На основі яких даних у висновку (п.8) по роботі прогнозується позитивний ефект від використання агломерату, отриманого з комплексним флюсом для доменних печей? В роботі відсутні металургійні характеристики цього агломерату та його чисельний мінералогічний склад.

15. Висновки по розділам роботи не в достатній мірі відображають їх змістовну частину.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. В цілому робота є завершеною науковою працею, характеризується наявністю елементів наукової і технічної новизни одержаних результатів. Дисертація написана технічно грамотно. Зміст дисертації відповідає спеціальності, за якою автор захищається.

8. Ідентичність автореферату щодо змісту дисертації

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати.

9. Загальні висновки

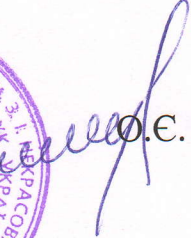
Дисертаційна робота Двоєглазової Аліси Вікторівни за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу задачу – розробити технологію виробництва комплексного флюсу шляхом поєднання процесів випалу вапна та одержання феритних сполук. За напрямком проведених досліджень дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів”.

Дисертація за науковим рівнем, практичним значенням отриманих результатів, об’ємом, змістом, оформленням відповідає вимогам пункту 8 «Положення про порядок присудження наукових ступенів», а її автор Двоєглазова Аліса Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів”.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, завідувач відділом
технологічного обладнання та систем управління
Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова
НАН України, старший науковий співробітник  І.Г. Муравйова

Підпис Муравйової І.Г. засвідчую:

Вчений секретар Інституту чорної металургії, к.т.н.  О.Є. Меркулов

