

Прийнято до спеціалізованої
вченої ради РНД 12812
5.05.2026р.
Голова спеціалізованої вченої ради
д.т.н., проф. І. Кошкіна

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Щербачова Вадима Родіоновича

«ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯМ
ДОМЕННОЇ ПЕЧІ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЮ ШИХТОЮ НА ОСНОВІ
ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПАРАМЕТРИ ПЛАСТИЧНОЇ ЗОНИ», представленої на
здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 136 – «Металургія»

Оцінка структури змісту дисертації

Дисертаційна робота Щербачова Вадима Родіоновича складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків до розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Бібліографічний список містить 83 джерела. У роботі представлено 26 рисунків та 18 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 152 сторінки.

Побудова дисертації є логічною, матеріал викладено у послідовності, що забезпечує цілісне сприйняття результатів дослідження.

У **Вступі** здобувачем розвинуто вирішення задачі підвищення ресурсо- та енергоефективності технології доменної плавки в залежності від сформованого стовпа шихти у печі. Автор чітко формулює об'єкт та предмет дослідження, наголошуючи на важливості визначення та контролю параметрів пластичної зони, як ключового чинника, що суттєво впливає на ефективність доменної плавки.

Перший розділ присвячений аналітичному огляду методів визначення параметрів пластичної зони. Автор фокусується на еволюції методів її моделювання. Виконаний аналіз відомих способів управління доменною плавкою показав, що сучасні особливості доменної шихти, яка є багатокompонентною, визначають необхідність врахування радіального розподілу компонентів по радіусу колошника.

У другому розділі представлено результати розробки методу визначення параметрів пластичної зони у доменній печі, що базується на використанні інформації про розподіл температур газового потоку над поверхнею засипу шихти. Автором удосконалено підходи до розрахунку поверхні плавлення пластичної зони з урахуванням теплових процесів, що відбуваються у нижній частині доменної печі. Запропоновано алгоритм визначення координат ліній розм'якшення та плавлення, а також товщини пластичної зони у різних радіальних зонах печі.

У третьому розділі наведено результати розрахункових досліджень з використанням запропонованого методу, спрямованих на визначення форми та положення пластичної зони за різних технологічних режимів роботи доменної печі. Для аналізу було використано декілька характерних періодів роботи доменної печі, що відрізнялися використанням різних видів паливних добавок. На основі отриманих даних виконано порівняльний аналіз зміни параметрів пластичної зони залежно від технологічних умов роботи печі..

У четвертому розділі запропоновано критерій оцінки форми та положення пластичної зони у доменній печі. Проведено дослідження зв'язків цього критерію з основними технологічними параметрами процесу доменної плавки. Отримані результати дозволяють використовувати запропонований критерій для оцінки ефективності технологічних режимів роботи доменної печі та контролю раціональності формування пластичної зони.

У п'ятому розділі розроблено підходи до корегування режиму завантаження шихтових матеріалів з метою формування раціональних параметрів пластичної зони. Автором досліджено взаємозв'язки між параметрами пластичної зони, температурним режимом газового потоку та розподілом рудного навантаження по радіусу колошника. Запропоновано рекомендації щодо регулювання складу шихти та розподілу її компонентів у різних кільцевих зонах печі, що дозволяє впливати на формування пластичної зони та підвищувати ефективність доменного процесу.

У загальних висновках систематизовано отримані результати досліджень та окреслено шляхи їх практичного застосування для корегування процесу завантаження доменної шихти. Рекомендації, що надані, можуть слугувати основою для управління формуванням пластичної зони та ефективності доменної плавки.

Перелік використаних джерел достатньо повно відображає сучасний стан досліджень у галузі управління завантаженням доменної печі з урахуванням структури стовпа шихти та свідчить про глибоку обізнаність здобувача з вітчизняними та зарубіжними науковими розробками.

Оцінка оформлення, мови і стилю дисертації

Виклад наукових положень ведеться у чіткій, аргументованій формі, з використанням професійної термінології, що відповідає сучасним академічним стандартам. Стиль дисертації забезпечує зрозумілість і доступність матеріалу, а оформлення роботи відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Наукові результати дисертації

1. Вперше для визначення параметрів пластичної зони в доменній печі застосовано підхід, який заснований на комплексному використанні інформації про розподіл температур газового потоку над поверхнею засипу шихти (або температур поверхні засипу) та математичних моделей процесу завантаження доменної печі, температурно – відновлювальної обробки шихти з утворенням розплавів та моделі поверхні плавлення, що дозволило розробити новий метод визначення параметрів пластичної зони у доменній печі. На відміну від відомих методів запропонований враховує розподіл компонентів шихти по кільцевим зонам колошника, відмінності складу сумішей компонентів у різних зонах колошника та обумовлену цим різницю температурних умов агрегатних перетворень по перерізу печі. Адекватність запропонованого методу підтверджена виконаними аналітичними дослідженнями, в результаті яких встановлені (виявлені) зв'язки параметрів

пластичної зони, розрахованих на основі запропонованого методу, з основними технологічними параметрами процесу плавки.

2. Вперше встановлені зв'язки рудного навантаження в кільцевих зонах колошника доменної печі з координатами положення точок лінії плавлення у цих зонах та показано, що залежність цих параметрів може бути представлена степеневою функцією. Встановлено, що зміна рудного навантаження на одну й ту ж величину у різних зонах доменної печі може обумовлювати зміщення лінії плавлення, яке відрізняється у 3 – 5 рази: для заданої зміни вертикальної координати лінії плавлення в осьовій та приосьовій зонах потрібна, як правило, значно менша зміна рудного навантаження, ніж у проміжній та периферійній зонах.

3. Вперше встановлені особливості зміни координат лінії плавлення при зміні рудного навантаження в різних кільцевих зонах колошника при роботі доменної печі з використанням пиловугільного палива – зміна координати лінії плавлення на одиницю зміни рудного навантаження в осьовій та приосьовій зонах в 1,7, а у проміжній та периферійній зонах – в 2,2 рази менше, ніж при роботі доменної печі без використання пиловугільного палива.

4. Вперше встановлені зв'язки величини вмісту залізовмісних компонентів шихти в кільцевих зонах печі з параметрами пластичної зони. Показано, що величина температурного інтервалу пластичної зони у будь якій кільцевій зоні печі прямо пропорційна співвідношенню кількості окатишів та агломерату у даній кільцевій зоні. Встановлено, що зміна співвідношення кількості окатишів та агломерату у кільцевій зоні печі на 0,1 обумовлює в ній зміну температурного інтервалу пластичної зони на 5 – 7 °С.

5. Для підвищення ефективності плавки запропоновано та обґрунтовано новий підхід до вибору характеристик режиму завантаження багатокомпонентної шихти, оснований на формуванні раціональних параметрів пластичної зони шляхом корегування розподілу рудних навантажень та компонентів залізородної частини шихти в об'ємі печі.

Практичні результати дисертації

Практичне значення мають розроблені новий метод визначення параметрів пластичної зони у доменній печі та спосіб обґрунтованого корегування характеристик режиму завантаження шихти, який забезпечує формування раціональних параметрів пластичної зони в доменній печі. Ці розробки можуть бути використані у технологічній практиці для вибору характеристик режиму завантаження багатокомпонентної шихти, включаючи програму розподілу порцій та параметри їх формування, які забезпечують раціональний розподіл компонентів шихти по радіусу колошника для підвищення ефективності доменної плавки.

Для корегування та досягнення раціональних геометричних параметрів зони розм'якшення – плавлення без корегування розподілу рудного навантаження запропоноване використання зміни співвідношення основних залізовмісних компонентів – агломерату та окатишів у кільцевих зонах колошника.

Для доменних печей з різними структурами систем завантаження отримані формули для визначення уставки розташування дози компонента в об'ємі порції при заданих вмісті компонента у кільцевій зоні та вмісті його у шихті. Визначена уставка може використовуватися у якості управляючого параметру для регулювання розподілу конкретного компонента змішаної залізородної порції та направлено формування складу сумішей шихтових матеріалів у різних зонах колошника.

Практичне значення для корегування положення лінії плавлення має встановлена різниця її зміщення у різних зонах доменної печі, яке при зміні рудного навантаження на одну й ту ж величину, може відрізнятись у 3 – 5 рази: для заданої зміни вертикальної координати лінії плавлення в осьовій та приосьовій зонах потрібна, як правило, значно менша зміна рудного навантаження, ніж у проміжній та периферійній зонах, що повинно враховуватись технологом при зміні параметрів режиму завантаження.

Для застосування запропонованого способу визначення та корегування параметрів пластичної зони у сучасних технологічних умовах встановлені особливості зміни координат лінії плавлення при роботі доменної печі з використанням пиловугільного палива - зміна координати лінії плавлення на одиницю зміни рудного навантаження в осьовій та приосьовій зонах в 1,7, а у проміжній та периферійній зонах – в 2,2 рази менше, ніж при роботі доменної печі без пиловугільного палива.

Розроблені методи є складовими інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень по управлінню доменною плавкою та експертної системи вибору оптимального складу шихти, які розроблені в ІЧМ НАНУ.

Розроблені методи можуть бути реалізовані у складі АСУ ТП доменних печей, оснащених системами контролю температури газового потоку та поверхні засипу шихти на колошнику.

Подана заявка до Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій на державну реєстрацію винаходу «Спосіб визначення параметрів пластичної зони у доменній печі» (заявка U 2026 00325 від 20.01.26 р.).

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в рамках виконання науково-дослідницьких робіт та впроваджені в навчальний процес Українського державного університету науки і технологій при підготовці магістрів за спеціальністю 136-Металургія.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основний зміст дисертації опубліковано в 14 наукових працях: з них 2 статті в журналах, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та WoS; 5 статті у фахових виданнях, що відповідають переліку ДАК МОН України; 7 тез доповідей науково-практичних конференцій.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. У роботі недостатньо розкритий вплив різних видів паливних добавок у дутті на формування пластичної зони в доменній печі. Це дозволило б краще зрозуміти обмеження та межі застосування запропонованого підходу.

2. Бажано розширити порівняння отриманих результатів із існуючими методами та даними інших авторів. Такий аналіз підкреслить новизну дисертаційного дослідження та дозволить більш обґрунтовано оцінити практичну значущість запропонованих рішень.

3. Автор використовує поняття «раціональна форма пластичної зони», проте варто було б чіткіше сформулювати кількісні критерії цієї раціональності.

4. У роботі бажано було б деталізувати діапазони впливу запропонованих методів управління характеристиками пластичної зони шляхом зміни параметрів режиму завантаження.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальний висновок та оцінка роботи

Представлена дисертаційна робота на тему «Вдосконалення управління завантаженням доменної печі багатоконпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони» за своєю актуальністю та обсягом проведених досліджень є цілісною науковою працею, виконана на високому науковому рівні та відповідає вимогам, передбаченим «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р.), положенням Вимог до оформлення дисертації (затверджених наказом Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р.).

