

ВИСНОВОК
ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ
ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Щербачова Вадима Родіоновича

за темою: «Вдосконалення управління завантаженням доменної печі багатокomпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони»

поданої на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 136 –
Металургія

Дисертаційна робота Щербачова Вадима Родіоновича присвячена вдосконаленню управління завантаженням доменної печі багатокomпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони. Дисертація виконана на кафедрі металургії чавуну і сталі факультету металургійних процесів та хімічних технологій Українського державного університету науки і технологій, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальності 136 – металургія. Тема дисертації затверджена Вченою радою Українського державного університету науки і технологій, (протокол № 3 від. 20.12.2022 р.)

Актуальність роботи

Ефективність доменної плавки та якість чавуну, який виплавляється, багато в чому визначаються характеристиками структури стовпа шихтових матеріалів, що формується у процесі завантаження доменної печі. Аналіз результатів, отриманих провідними спеціалістами світу, та досвід досліджень доменної плавки показав, що розробка нових науково обґрунтованих способів управління процесом плавки, які забезпечують досягнення високої її ефективності, повинна у максимально можливій мірі враховувати закономірності та особливості формування структури стовпа шихти у доменній печі, одним з найважливіших елементів якої є пластична зона. В залежності від розподілу шихтових матеріалів, їх якості та параметрів дуттевого режиму, у доменній печі формується пластична зона різного профілю, від якого залежить техніко - економічна ефективність доменної плавки, експлуатаційні показники та тривалість кампанії доменної печі. Безпосередньо контролювати формування пластичної зони у доменній печі не представляється можливим, тому актуальною є розробка аналітичних методів визначення форми та положення пластичної зони.

Спрямоване варіювання розподілу рудних навантажень та компонентів шихти на колошнику доменної печі дозволить сформувати пластичну зону потрібної конфігурації, в найбільшій ступені відповідної поточним технологічним вимогам плавки.

Отже, дисертаційна робота Щербачова В.Р. є актуальною, оскільки присвячена розробці нового підходу до обґрунтування вибору ефективних

параметрів режиму завантаження з урахуванням характеристик пластичної зони. Результати роботи можуть бути використані для підвищення ресурсо- та енергоефективності технології доменної плавки за рахунок наукового обґрунтування управляючих впливів на хід печі шляхом вибору та корегування параметрів режиму завантаження шихтових матеріалів, що реалізують формування раціональної структури стовпа шихти у доменній печі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

В основу дисертації покладені результати наукових досліджень, що отримані у ході виконання науково-дослідних робіт за тематичними планами Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України: «Створення експертної системи вибору оптимального складу багатокомпонентної шихти на основі закономірностей фізико-хімічних перетворень з урахуванням розподілу компонентів в доменній печі» (№ держ. реєстрації 0117U004154); «Аналітичні дослідження впливу параметрів розподілу багатокомпонентної шихти на колошнику доменної печі на формування пластичної зони» (№ держ. реєстрації 0120U101188), в яких дисертант був виконавцем..

Наукова новизна отриманих результатів

Виконано наукове обґрунтування використання інформації о параметрах пластичної зони в доменній печі для вибору характеристик режиму завантаження багатокомпонентної шихти, включаючи програму розподілу порцій та параметри їх формування, які забезпечують раціональний розподіл компонентів шихти по радіусу колошника.

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 залізорудної частини шихти в об'ємі печі.

Практичне значення роботи

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 враховуватися 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 викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях

Основний зміст дисертації опубліковано в 11 наукових працях: з них 2 статті в журналах, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та WoS; 4 статті у фахових виданнях, що відповідають переліку ДАК МОН України; 5 тез доповідей науково-практичних конференцій.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації

Публікації в зарубіжних фахових виданнях або виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних

1. Повышение энергоэффективности доменной плавки за счет выбора рациональных параметров режима загрузки многокомпонентной шихты / Muraviova I.G., Ivancha N.G., Vishniakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Проблемы региональной энергетики. – 2022. – N2 (54). – P. 53-62. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.05>, <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-254-2022>
 2. Improvement of the Burden Column Structure by Controlling the Multicomponent Burden Loading Mode into the Blast Furnace / Ivancha N.G., Murav'yova I.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina E.P.// PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE (Moldova). – 2023. – V.2 (58). – P. 138-149. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.05>, <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-258-2023>
- Публікації у наукових фахових виданнях України*
3. Метод визначення положення і форми пластичної зони доменної печі з використанням показників розподілу температури газового потоку / Muravyova I.H., Ivancha M.H., Shcherbachov V.R., Vishnyakov V.I., Ermolina K.P., Biloshapka O.O., Khodotova N.Ye. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2022. – № 36. – P. 95-107. https://jrn.isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/sb36_2022.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2022-36-95-108>
 4. Удосконалення технологічних вимог до розподілу шихтових матеріалів та газового потоку при роботі доменних печей з низьким вмістом кремнію у чавуні та оцінка можливості їх реалізації на сучасних доменних печах / Ivancha M.H., Nesterov O.S., Muravyova I.H., Garmash L.I., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – № 37. – P. 76-103. https://jrn.isi.gov.ua/wp-content/uploads/2024/02/Sb2023_37-2.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-76-104>
 5. Узагальнення результатів досліджень впливу збільшення вмісту водню в дутті та його розподілу по радіусу доменної печі на технологічний режим доменної плавки / Muravyova I.H., Chaika O.L., Ivancha M.H., Kornilov B.V., Merkulov O.Ye., Nesterov O.S., Garmash L.I., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2024. – № 38. – P. 59-102. https://jrn.isi.gov.ua/sb/sb38/Sb2024_38.pdf?, DOI: <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-59-102>
 6. Удосконалення методів розрахунку розподілу компонентів шихти в об'ємі доменної печі / Ivancha M.H., Vishnyakov V.I., Muravyova I.H., Biloshapka O.O., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Теорія і практика металургії. – 2025. – № 2. <https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2004/p1505>

7. Методи розрахунку та математичні моделі розподілу шихтових матеріалів на колошнику доменної печі, що застосовуються у технологічній та дослідній практиці / Ivancha M.H., Vishnyakov V.I., Muravyova I.H., Garmash L.I., Shcherbachov V.R., Biloshapka O.O., Ermolina K.P. // Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету – 2026
8. Дослідження використання водню в доменній печі за існуючих та перспективних шихтових умов / Chaika O.L., Kornilov B.V., Moskalina A.O., Garmash L.I., Ivancha M.H., Shcherbachov V.R., Chaika A.O. // Теорія і практика металургії. – 2026. – №

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Метод визначення положення і форми пластичної зони доменної печі з урахуванням показників розподілу температур газового потоку по радіусу колошника / Muravyova I.G., Ivancha M.G., Shcherbachov V.R., Vishnyakov V.I. // XIX Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія 2023». – Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р.
<https://repository.kpi.kharkov.ua/items/a95db2dd-b6ab-40e4-8115-98daf58d2d33>
10. Комплексна математична модель процесу завантаження багатокomпонентної шихти в доменну піч / Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Muravyova I.G., Shcherbachov V.R. // Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні 2024». – Дніпро, Інститут промислових та бізнес технологій Українського державного університету науки і технологій.
<https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/article/view/1768>
11. Експертна система вибору оптимального складу багатокomпонентної шихти на основі закономірностей фізико-хімічних перетворень з урахуванням розподілу компонентів в доменній печі / Muravyova I.G., Togobytska D.M., Byelkova A.I., Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Stepanenko D.A., Shcherbachov V.R. // XX Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2024». – Харків, НТУ «ХПІ», 2024 р.
<https://repository.kpi.kharkov.ua/items/98cbea2e-ee53-43a5-b2bd-f8d2b9b471a5>
12. Аналіз відомих методів визначення форми та положення пластичної зони в доменній печі / Muravyova I.G., Ivancha M.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R. // XX Міжнародна науково-практична конференція «Литво. Металургія. 2024». – Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р.
13. Технологія завантаження багатокomпонентної шихти в сучасні доменні печі з безконусними завантажувальними пристроями / Ivancha M.G., Muravyova I.G., Vishnyakov V.I., Shcherbachov V.R., Ermolina K.P. // Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та

суспільства», 2024 р. – Кривий Ріг,
Криворізький національний університет. <https://www.knu.edu.ua/konferencii/mizhnarodna-naukovo-tehnicna-konferenciya-rozvytok-promyslovosti-ta-suspil-stva-2024-r>

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням дисертаційної роботи Щербачова В.Р. до захисту, а також про достатню повноту висвітлення наукових та практичних результатів в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація Щербачова Вадима Родіоновича за темою «Вдосконалення управління завантаженням доменної печі багатокомпонентною шихтою на основі інформації про параметри пластичної зони», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 136 – Металургія, є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у постанові КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають певне науково-практичне значення в галузі інженерії, вона базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без посилання на джерело (плагіату), і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 136 – Металургія.

Головуючий на засіданні
наукового семінару завідувач кафедри
металургії чавуну і сталі д.т.н., професор



Костянтин НІЗЯЄВ

Вчений секретар семінару к.т.н., доцент



Валерій МАМЕШИН

Підпис професора Нізова К
Содеста Мамешина В засвідчую
про засвідчую відділу кадрів
В.С. Шифрін