

До спеціалізованої вченої ради  
Д 08.084.03 при Інституті  
промислових та бізнес технологій  
Українського державного  
університету науки і технологій,  
м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4

**ВІДГУК**

офіційного опонента

кандидата технічних наук, **Молчанова Лавра Сергійовича**

на дисертаційну роботу Шарандіна Кирила Миколайовича «Розробка і впровадження ресурсозберігаючої технології підвищення стійкості футерівки конвертера з використанням магнезійних матеріалів на основі вітчизняної сировини», яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – Металургія чорних та кольорових металів та спеціальних сплавів.

*Актуальність теми дисертації.* Футерівка сталеплавильного агрегату в сучасних умовах є одним з найбільш важливих елементів конструкції, який визначає продуктивність процеси виробництва сталі. При цьому для кисневих конвертерів термін експлуатації вогнетривкої футерівки визначає загальну тривалість компанії. Таким чином, в практиці металургійного виробництва на даний момент стоїть задача зниження зношування вогнетривів за рахунок використання методів догляду та періодичного ремонту футерівки в процесі експлуатації конвертера. Актуальність дисертаційної роботи визначається тим, що вона спрямована на вивчення і розвиток наукових уявлень про особливості ведення конвертерної плавки за умови періодичного нанесення гарнісажу на робочий шар футерівки, динаміки формування шлаку, який формується при введенні магнезитових відходів, а також періодичного гарячого ремонту методом підварювання саморозтічними магнезійними масами.

*Об'єкт дослідження.* В дисертаційній роботі, що розглядається у якості об'єкта досліджень визначено процеси перемішування рідкої сталі та шлаку, а також налипання шлакового гарнісажу на робочу поверхню футерівки кисневого конвертера; процеси адгезії, корозійної і ерозійної стійкості підварювальної маси на ділянках футерівки конвертера що ремонтуються.

*Предмет дослідження.* Гідродинамічні та масообмінні процеси в системі «рідкий метал – шлак – футерівка конвертера» в умовах гарячих ремонтів робочого шару футерівки конвертера методом розбризкування шлаку і підварювання саморозтічними масами.

**Мета та завдання дослідження.** Основною метою дисертаційної роботи є розвиток теорії та технології конвертерної плавки, спрямованої на підвищення ефективності процесу виплавки в частині збільшення стійкості футерівки за рахунок періодичного нанесення гарнісажного шару зі шлаку, сформованого при додаванні спеціального флюсу, шляхом роздування азотом після випуску сталі, а також періодичного гарячого ремонту методом підварювання саморозтічними масами.

Необхідно відзначити, що у дисертаційній роботі чітко сформульовані завдання дослідження, які вирішуються коректно та послідовно.

**Методи дослідження.** Робота автора є комплексним дослідженням, що ґрунтується на використанні сучасних методів фізичного моделювання та математичного моделювання.

Адекватність створених автором моделей та методик підтверджується співвідношенням результатів математичного моделювання та теоретичних досліджень з промисловими експериментами і впровадженням у виробництво розроблених рекомендацій щодо оптимізації параметрів нанесення гарнісажу і підварювання місць локального зносу футерівки конвертера.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Серед зазначених в дисертаційній роботі пунктів наукової новизни необхідно відзначити, що автором вперше сформульовано концептуальний підхід до хіміко-гранулометричних параметрів модифікаторів, що дозволяють забезпечити цілеспрямоване управління фізико-хімічними властивостями кінцевого конвертерного шлаку. Так, наявність у магнезійному брикеті важкорозчинних компонентів у кількості 60 - 65% (мас.), з яких щонайменше 80%, мають фракцію 2-6 мм, забезпечують необхідний обсяг «зернового» наповнювача і формування арматурного «скелета» в охолодженому гарнісажі. При цьому легкокорозчинний, дрібнодисперсний, магнезійний компонент, взятий у кількості 40 - 45% (мас.) насичує шлак оксидом магнію до рівня 7-8%, вже в перші секунди процесу роздування. Виходячи з наведеного, необхідно відзначити, що сформульований концептуальний підхід до хіміко-гранулометричних параметрів флюсів-модифікаторів було запатентовано автором у патенті України на винахід.

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові положення та результати дисертації були представлені автором особисто на 5 міжнародних наукових конференціях, які проходили в Німеччині та Китаї.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності.** Дисертаційна робота Шарандіна Кирила Миколайовича складається з титульного аркуша, анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний текст дисертації викладено на 183 сторінках. У розділах дисертації 78 рисунків і 48 таблиць. Список використаних джерел на 13 сторінках містить 132 найменування. 2 додатки на 2 сторінках. Повний обсяг дисертації – 215 сторінок..

**Практичне значення отриманих результатів.** Практичне значення мають запропоновані та впроваджені в технологічний процес рекомендації щодо раціонального вибору флюсів для формування гарнісажу, що наноситься на робочу поверхню футерівки конвертера і параметрів процесу його нанесення, а також вибору компонентів флюсу, в тому числі з відходів магнезійних виробів. Застосування розроблених флюсів дозволяє підвищити стійкість футерівки конвертера, мінімізувати питомі витрати імпорتنих вогнетривів на основі магнезиту, а також підвищити продуктивність конвертера. Розроблені технологічні рекомендації забезпечують підвищення стійкості робочого шару футерівки конвертера і, відповідно, зменшують питому витрату вогнетривів у середньому на 1,2 - 3,5 кг/т сталі. Дослідно-промислові випробування розроблених магнезійних флюсів виконані в умовах конвертерних цехів металургійних комбінатів ПрАТ «МК «Азовсталь» і ПАТ «Алчевський МК». Економічний ефект від використання магнезійних модифікаторів для гарнісажного покриття становить 0,24-0,95 USD/т сталі.

Практичне значення мають запропоновані та впроваджені в технологічний процес рекомендації щодо вибору магнезійних, саморозтічних, підварювальних мас для гарячого ремонту зон випереджаючого (локального) зносу футерівки конвертера. Застосування розроблених вітчизняних саморозтічних мас дозволяє практично повністю мінімізувати залежність підприємств від імпорتنих аналогів, підвищити стійкість футерівки агрегатів і їх продуктивність, а також знизити питомі витрати вогнетривів на 0,003 - 0,01 кг/т сталі. Дослідно-промислові випробування розроблених магнезійних саморозтічних підварювальних мас виконано в умовах конвертерних цехів металургійних комбінатів ПрАТ «КаметСталь» і ПрАТ «МК «Азовсталь». На даний час підварювальна маса марки «GIR-RB-X-DMK» використовується в промислових умовах конвертерного цеху ПрАТ «КаметСталь» на постійній основі. Загальний економічний ефект від використання ремонтної маси становить 0,01 USD/т за рахунок оптимізації технології, високої стійкості і конкурентної вартості.

Запропоновані автором методики та принципи тестування властивостей флюсів, гарнісажних шлаків, властивостей підварювальних мас і їх експлуатаційних властивостей можуть бути використані на різних металургійних підприємствах, у тому числі і при створенні нових видів вогнетривких матеріалів для високопродуктивних конвертерів у великих сталеплавильних цехах, а також в навчальному процесі на металургійних факультетах технічних університетів.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач брав участь на всіх етапах досліджень, формулюванні мети і задач досліджень, планування і проведення експериментів, аналізу та узагальнення отриманих результатів. Здобувачем розширено уявлення про характер переміщення металу та шлаку в конвертері, що дало можливість вдосконалити технологічні аспекти отримання шлаку для

нанесення гарнісажу і ремонту місць локального зносу футерівки методом підварювання, що в підсумку забезпечує підвищення стійкості футерівки конвертера та зниження питомих витрат на кампанію.

**Загальні зауваження до дисертаційної роботи.** До тексту дисертації та автореферату є такі зауваження і запитання:

1. У розділі 1.2 *«Основні тенденції експлуатації високостійких вогнетривів і зниження питомих витрат за рахунок методів ремонту футерівки протягом кампанії»* автор описує метод підварювання футерівки конвертера штучними виробами (підварювальний брикет) який в певній мірі є альтернативою запропонованим саморозтічним масам. У якості недоліка цього методу вказується велика тривалість операції (до 60 хв), трудомісткість і високі витрати вогнетривів, але не конкретизується які саме витрати.

2. У другому розділі, де розглянуто основні моделі, методики та методи досліджень автор спроектував та розробив дві фізичні моделі конвертера в лінійному масштабі 1:6 та 1:20 по відношенню до конвертера ємністю 160 т. Слід було уточнити, який саме конвертер ємністю 160 т. (з якого підприємства) був взятий у якості прототипу, адже внутрішні геометричні розміри агрегатів можуть відрізнятися.

3. У розділі 2 пункті 2.5. *«Розробка методики оцінки фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей саморозтічної магnezіальної підварювальної маси»* агрегатом для проведення експериментів за оригінальною методикою автор обрає нагрівальну піч роторного типу, та приводить лише схему установки. Було б доцільно привести більш детальний та широкий опис даного лабораторного устаткування та його параметрів.

4. У розділі 3 пункті 3.4. *«Розробка та дослідження фізико-хімічних властивостей шлаків модифікованих магnezіальними матеріалами»* серед іншого досліджується залежність позірної в'язкості шлаку від вмісту різних флюсів-модифікаторів розроблених автором. Результати дослідження подаються у вигляді гістограми на Рисунок 3.19. – *«Позірна в'язкість кінцевого конвертерного шлаку модифікованого експериментальними складами»*. Було б доцільним введення в гістограму параметра, що показує позірну в'язкість «чистого» немодифікованого кінцевого конвертерного шлаку для наочності зростання позірної в'язкості з введенням того чи іншого модифікуючого матеріалу.

5. У розділі 4 пункті 4.4. *Дослідно-промислові випробування розробленої саморозтічної маси та основні стадії технології її виробництва в умовах ПрАТ «КрОЗ» у групі «GIR»* та у висновках до роботи про впровадження магnezіальної підварювальної маса марки «GIR-RB-X-DMK» автором невірно вказано підприємство ПАТ «ДМК». Коректна назва - ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Зазначені зауваження в цілому не впливають на результати дисертаційного дослідження, загальні висновки, наукову новизну і практичну цінність дисертаційної роботи здобувача Шарандіна К.М. Загалом дисертаційну

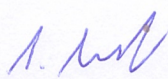
роботу виконано на високому науково-технічному рівні. Оформлення рукопису в цілому відповідає вимогам встановленим ВАК України. Дисертація написана коректною технічною мовою. Результати роботи викладені в логічній послідовності з повним і наочним поданням матеріалів, ілюстрованих малюнками і таблицями. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням та результатам, які наведено в роботі. Висновки дисертаційної роботи відповідають тексту, є логічними і послідовними, та повністю відповідають виконаним дослідженням. Результати дисертаційної роботи можуть бути рекомендовані до використання на відповідних металургійних підприємствах України та за кордоном.

*Загальний висновок про відповідність дисертації вимогам.* Аналіз новизни роботи, наукових і практичних результатів досліджень, висновків і рекомендацій дозволяють стверджувати про відповідність дисертаційної роботи вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., зі змінами, затвердженими постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015 р. та №1159 від 30.12.2015 р., та нормативним документам Міністерства освіти і науки України.

Аналіз особистого внеску автора роботи вказує на високий ступінь самостійності виконання досліджень та публікування їх результатів.

На основі представленого вище оцінювання в цілому вважаю, що дисертаційна робота Шарандіна К.М. **«Розробка і впровадження ресурсозберігаючої технології підвищення стійкості футерівки конвертера з використанням магнезійних матеріалів на основі вітчизняної сировини»** повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів вищої кваліфікації МОН України щодо кандидатських дисертацій, а здобувач **Шарандін Кирило Миколайович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – **Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів.**

Офіційний опонент,  
завідувач відділом фізико-технічних  
проблем металургії сталі  
інституту чорної металургії  
ім. З.І. Некрасова НАН України (м. Дніпро)  
кандидат технічних наук



Молчанов Л.С.

Підпис Молчанова Л.С. засвідчую.

Вчений секретар ІЧМ НАН України



Г.А. Кононенко