

ВИСНОВОК
ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ
ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Рубана Володимира Олександровича

за темою: «Розробка енергозберігаючої технології обробки металу на
установці «ківш-піч» при використанні графітованого
порожнистого електрода»,
поданої на здобуття наукового ступеню доктора філософії
за спеціальністю 136 – Металургія

Дисертаційна робота Рубана Володимира Олександровича присвячена розробці енергозберігаючої технології нагріву металу на установці «ківш-піч» з використанням графітованого порожнистого електрода. 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 Національної металургійної академії України, (протокол № 9 від 18.11.2019 р.) та уточнена на засіданні Вченої ради Українського державного університету науки і технологій (протокол № 10 від 03.07.2023 р.).

Актуальність роботи

В даний час технологія позапічної обробки металу є однією з основних умовою виробництва якісних сталей. Ключовими операціями якої є десульфуріяція, легування та модифікування неметалевих включень. Всі вищезазначені технологічні прийоми пов'язані з затратами тепла, яке компенсується шляхом використання електричної дуги для нагріву металу на УВП. Однак тепловий ККД роботи установок «ківш-піч» не в повній мірі відповідає сучасним вимогам, та потребує вдосконалення.

Отже, дисертаційна робота Рубана В.О. є актуальною, оскільки присвячена удосконаленню теплової роботи установки «ківш-піч». Результати роботи можуть бути використані для покращення техніко-економічних показників роботи установки «ківш-піч» на металургійних підприємствах України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконувалася в рамках наукових напрямків науково-дослідницької діяльності кафедри металургії чавуну і сталі

Українського державного університету науки і технологій. Розглянуті в дисертаційній роботі актуальні проблеми і задачі в області позапічної обробки металу на установці «ківш-піч» відповідають пріоритетам науково-технічного розвитку. Основу дисертаційної роботи складають результати досліджень, що виконані автором та викладені у звіті з науково-дослідницької роботи «Дослідження роботи графітованого порожнистого електрода на установці «ківш-піч»» № Держ. реєстрації 0122U201342 (2022–2023 рр.). Також деякі результати роботи були висвітлені у звіті держбюджетної НДР «Інноваційне вдосконалення металургійних технологій з метою збільшення їх енергоефективності та екологічної безпеки» № Держ. реєстрації 0119U000333 (2019–2021 рр.), що виконувалася в Національній металургійній академії України, в якій дисертант був виконавцем.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше отримані відомості щодо спільного впливу імпульсу електричної дуги і газового струменю, який подається каналом графітованого порожнистого електрода на змінення геометричних параметрів лунки. Показано, що подача газу каналом порожнистого електрода збільшує поверхню теплообміну. На основі обробки експериментальних даних отримані аналітичні вирази, що показують спільний вплив імпульсу електричної дуги і газового струменю, які впливають на характеристику теплообміну.

2. Встановлено закономірності формування температурного поля та визначено вплив подачі газу на змінення температурних показників графітованого порожнистого електрода в процесі його експлуатації на установці «ківш-піч». Визначено, що в періоди експлуатації електрода без подачі струму спостерігається утворення локально перегрітої зони в його нижній частині, що має форму сплющеного уздовж осі тора, на формування якої впливає теплота, яка була акумульована електродом в попередньому періоді нагріву.

3. Шляхом чисельного моделювання з використанням детермінованих моделей встановлено, що частина теплоти отриманої металом випромінюванням збільшується за рахунок подачі газу каналом порожнистого електрода і сягає величини 86,89 %.

Практичне значення роботи

Проведені дослідження дозволили отримати математичні моделі для описання форми і розмірів лунки сформованої в піделектродній зоні на установці «ківш-піч» при подачі газу ГПЕ. Показано, що подача нейтрального газу за обраних витрат, які становлять від 3 до 10 м³/год при висоті шлакового

покрову 100–200 мм збільшує площу поверхні металевої лунки в 1,1 – 1,7 рази. За рахунок цього покращуються умови передачі теплоти від дуги до металевої ванни.

Отримані дані зміни енергії Гіббса процесів дисоціації і відновлення порошкоподібних оксидів металів, які подаються каналом ГПЕ в реакційну зону під електродом при температурах горіння електричної дуги. Визначено, що протікання реакцій дисоціації відбувається в діапазоні температур 4050–6800 °С, у той час як відновлення – 800–3000 °С. Показано доцільність використання вуглецю у якості відновника за температур горіння дуги 3000–7000 °С.

Отримані дані градієнту температур в об'ємі графітованого порожнистого електрода з подачею газу його каналом під час позапічної обробки сталі на УВП. Так, в періоди нагріву на торці електрода градієнт температур складає від 6,57 °С/мм до 8,29 °С/мм, а в періоди охолодження суттєво знижується і від епіцентру тора до торця електрода складає 1,47 °С/мм, до внутрішньої та зовнішньої поверхонь – 0,38 °С/мм і 3,61 °С/мм відповідно.

Встановлено важливі показники стосовно теплової роботи установки «ківш-піч» в піделектродній зоні, які в подальшому можуть бути використані для вдосконалення виробничих процесів. Визначено вплив зміни геометричних параметрів реакційної зони під електродом на приріст температури ванни. Так, максимальні значення приросту температури металу склали 0,6 °С/хв.

Отримані дані дають змогу: знизити процес окислення графітованого електрода шляхом екрануванням інертним газом, особливо в зоні високих температур, за рахунок висхідних потоків аргону; покращити теплову роботу електрода; збільшити кількість теплоти переданої металевій ванні.

Повнота викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях

Основний зміст дисертації опубліковано в 23 наукових працях: з них 2 статті в журналах, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та WoS; 3 статті у фахових виданнях, що відповідають переліку ДАК МОН України; 1 патент на корисну модель; 16 тез доповідей науково-практичних конференцій; 1 методичні вказівки.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації

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

1. Ruban, V. Determining changes in the temperature field of a graphitized hollow electrode during metal processing periods in ladle-furnace / V. Ruban, O. Stoianov, K. Niziaiev, Y. Synehin // Eastern-European Journal of

Enterprise Technologies. – 2021. – №2. – P. 109–115. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.230002>

2. Ruban, V. Investigating cavity formation in an electric arc zone during out-of-furnace processing of steel / V. Ruban, O. Stoianov, K. Niziaiev, Y. Synehin, S. Zhuravlova, K. Malii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – № 4/1. – P. 134–142. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284884>

Публікації у наукових фахових виданнях України

3. Рубан, В.О. Термодинаміка процесів дисоціації та відновлення оксидів металів в зоні горіння дуги при обробці на установці «ківш-піч» / В.О. Рубан, О.М. Стоянов // Теорія і практика металургії. – 2022. – №5. – С. 57 – 62. doi: <https://doi.org/10.34185/tpm.5.2022.08>.

4. Рубан, В.О. Аналітичні дослідження технології рафінування і легування металу на установці «ківш-піч» / В.О. Рубан, О.М. Стоянов // Теорія і практика металургії. – 2022. – №6. – С. 19–24. doi: <https://doi.org/10.34185/tpm.6.2022.04>

5. Ruban, V.O. The investigation of the thermal performance of the graphitized hollow electrode in the «ladle-furnace» with the supply of neutral gas / V.O. Ruban, O.M. Stoianov // Metal and casting of Ukraine. – 2023 – №2 – P. 18–26. Doi: <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.02.018>

Патенти

6. Пат. На корисну модель. Україна. МКИ В22D 41/015 С21С 7/0 . Спосіб обробки рідкого металу в агрегаті ківш-піч / Рубан В.О., Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Синегін Є.В. – № 147183; Заявл. 28.09.2020; Опубл. 21.04.2021. Бюл. № 16. – 3 с.

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Рубан, В.О. Холодне моделювання гідродинаміки ковшової ванни / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Є.В. Синегін // Литво. Металургія-2019: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 21-23 травня 2019 р.– Запоріжжя, 2019. – С. 332-333.

8. Рубан, В.О. Моделювання гідродинамічних процесів при продувці в ковші через донні дуттьові пристрої / В.О. Рубан // Наука і металургія: Всеукраїнська науково-технічна конференція. Дніпро, 9-10 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – С. 10-11.

9. Stoianov O. Simulation of hydrodynamic processes during argon bottom blowing in teeming ladle / O. Stoianov, V. Ruban, I. Mamuzić // 14th

International Symposium of Croatian Metallurgical Society «Materials and Metallurgy» (SHMD 2020), Šibenik, June 21-26, 2020. P. 433.

10. Низяев, К.Г. К вопросу об использовании кальция для внепечной обработки железоуглеродистых расплавов / К.Г. Низяев, А.Н. Стоянов, N. Raumakers, Е.В. Синегин, Л.С. Молчанов, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2020: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 8-10 вересня 2020 р.– Запоріжжя, 2020. – С. 268-270.

11. Рубан, В.О. Моделювання продувки металу на установці «ківш-піч» та її вплив на відсоток видалених неметалевих включень / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Є.В. Синегін // Литво. Металургія-2020: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 8-10 вересня 2020 р.– Запоріжжя, 2020. – С. 291-293.

12. Стоянов, А.Н. Определение влияния химического состава искусственных рафинирующих смесей на их физико-химические свойства / А.Н. Стоянов, К.Г. Низяев, Е.В. Синегин, Л.С. Молчанов, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2020: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 8-10 вересня 2020 р.– Запоріжжя, 2020. – С. 305-308.

13. Рубан В.А. Температурные поля в графитированных полых электродах установки «ковш-печь» / В.А. Рубан, А.Н. Стоянов, Е.В. Синегин // II Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» (17 грудня 2020 р., м. Дніпро): Дніпро, 2020. – С. 137-141.

14. Рубан, В.О. Вплив оголення дзеркала металу на витрати тепла при різних режимах продувки на установці «ківш-піч» / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, Я.А. Кириленко, Є.В. Синегін // Литво. Металургія-2021: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 18-20 травня 2021 р.– Запоріжжя, 2021. – С. 345-348.

15. Рубан В.О. Огляд технологій рафінування і легування металу за допомогою порожнистого електроду / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, Є.В. Синегін // Литво. Металургія-2021: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 18-20 травня 2021 р.– Запоріжжя, 2021. – С. 349-351.

16. Стоянов, О.М. О возможности применения азота в ковшевой металлургии / О.М. Стоянов, С.Б. Бойченко, К.Г. Нізяєв, Є.В. Синегін, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2021: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 18-20 травня 2021 р.– Запоріжжя, 2021. – С. 390-392.

17. Стоянов, О.М. Анализ и расчеты температурно-скоростного режима разлива хромистых сталей / О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Є.В. Синегін, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2021: Матеріали Х Міжнародної науково-

практичної конференції. Запоріжжя, 18-20 травня 2021 р.– Запоріжжя, 2021. – С. 392-395.

18. Рубан В.О. Аналіз утворення локально перегрітих зон графітованого порожнистого електрода при позапічній обробці сталі / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, Є.В. Синегін // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Наука і металургія» : Збірник наукових праць, 24 червня 2021 р. – Дніпро: Інститут металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, 2021. – С. 14-15. [DOI 10.52150/2522-9117-2021-conferens](https://doi.org/10.52150/2522-9117-2021-conferens)

19. Ruban V. Simulation of steel blowing processes in LF through hollow electrodes / V. Ruban, O. Stoianov, K. Niziaiev, Y. Synehin // 15th International Symposium of Croatian Metallurgical Society «Materials and Metallurgy» (SHMD 2022), Zagreb, March 22-23, 2022. P. 564.

20. Рубан, В.О. Дослідження температурного поля графітованого порожнистого електрода при обробці сталі на установці «ківш-піч» / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, Є.В. Синегін, С.Б. Бойченко // Литво. Металургія. 2022: Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції (04-06 жовтня 2022 р., м. Харків-м. Київ) Харків, НТУ «ХПІ». – 271 стор.

21. Рубан, В.О. Моделювання продувки сталі графітованим порожнистим електродом на установці «ківш-піч» / В.О. Рубан, О.М. Стоянов, N. Raupmakers, Є.В. Синегін // Литво. Металургія. 2022: Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції (04-06 жовтня 2022 р., м. Харків-м. Київ) Харків, НТУ «ХПІ». – 271 стор.

22. Ruban V.O. Analysis of the thermal performance of a graphitized hollow electrode / V.O. Ruban, O.M. Stoianov, Y.V. Synehin, I. Mamuzić // 16th International Symposium of Croatian Metallurgical Society «Materials and Metallurgy» (SHMD 2023), Zagreb, April 20-21, 2023. P. 321

Методичні вказівки

23. Методичні вказівки до виконання практичних завдань та семінарських занять з дисципліни «Моделі сталеплавильних систем» для здобувачів третього освітнього рівня, ступеню вищої освіти доктор філософії, що навчаються за ОНП «Металургія», спеціальність 136 – Металургія / Укл.: О.М. Стоянов, Є.В. Синегін, В.О. Рубан – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 8 с.

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

