Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101723

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 11-12-2023

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рубан Володимир Олександрович
2. Volodymyr O. Ruban

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6617-296X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 136

Назва наукової спеціальності: Металургія

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Металургія

Дата захисту: 16-01-2024

Спеціальність за освітою: 136 - Металургія

Місце роботи здобувача: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 08.084.022

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.31.23.21

Тема дисертації:

1. Розробка енергозберігаючої технології обробки металу на установці «ківш-піч» при використанні графітованого порожнистого електрода

2. Development of an Energy-Efficient Metal Treatment Technology in a Ladle-Furnace Using Graphitized Hollow Electrodes

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено розробці енергозберігаючої технології нагріву металу при використанні графітованого порожнистого електрода під час позапічної обробки сталі на підприємствах України та світу, що забезпечить покращення техніко-економічних показників роботи установки «ківш-піч» (УКП). Спираючись на проведений аналіз літературних джерел, розроблено методику експерименту та створено лабораторну установку для проведення фізичного моделювання на холодній моделі. Задачею моделювання є визначення впливу вдування газу каналом графітованого порожнистого електрода (ГПЕ) на зміну геометричних параметрів лунки сформованої в піделектродній зоні під дією електричної дуги, а також

вивчення поведінки металевої ванни і шлакового покрову. Розраховані значення геометричних параметрів лунки утвореної під дією електродугового розряду в піделектродній зоні установки «ківш-піч» за базовим режимом роботи агрегату (без подачі газу). Зокрема, площа криволінійної поверхні лунки дорівнює 0,19–0,21 м2 при висоті шлакового покрову 100-¬200 мм. За результатами проведеного фізичного моделювання процесу вдування газу каналом порожнистого електрода отримані дані геометричних параметрів утвореної лунки в металевій ванні на установці «ківш-піч». Визначені раціональні витрати газу, що подається каналом графітованого порожнистого електрода. Встановлено, що надмірне збільшення інтенсивності подачі газу призводить до значного зростання глибини лунки металу, що може призвести до процесу її «захлинання» металевою ванною. Також відмічено, що шлаковий покров, який зосереджено навколо електрода, буде розриватися відкриваючи лунку, через що зростуть втрати теплоти в атмосферу агрегату. Відповідно для шлакового покрову 100 мм витрати газу складають 3–6 м3/год, а для шлаку з висотою 200 мм – 6–10 м3/год ці витрати унеможливлюють процес «захлинання» лунки і прорив шлакового шару. Визначено площу лунки, яка формується за цих витрат газу. Зокрема, для шлаку висотою 100 мм і 200 мм площа лунки становила від 0,21 до 0,23 м2 та від 0,29 до 0,35 м2 відповідно. Виконано аналіз процесу нагріву графітованого порожнистого електрода при обробці сталі на установці «ківш-піч». Отримані значення температурного градієнту електрода в високотемпературній зоні, які для першого періоду нагріву досягали 8,29 °С/мм, а третього до 6,57 °С/мм. Встановлено, що в періоди його охолодження (другий і четвертий періоди) градієнт температур суттєво знижується і становить від епіцентру тора: до внутрішньої поверхні 0,38 °С/мм; до зовнішньої поверхні 3,61 °С/мм; і вертикальній площині до торця електрода 1,47 °С/мм. Показано, що подача нейтрального газу через графітований порожнистий електрод з витратами 3 м3/год зміщує високотемпературну зону до периферії, що сприяє більш рівномірному розповсюдженню температури його об'ємом. В періоди експлуатації без подачі струму спостерігається утворення локально перегрітої зони, що має форму сплющеного уздовж осі тора, яка сформувалася в результаті акумуляції тепла попереднього періоду. Виконаний аналіз ефективності передачі теплоти від електродугового розряду, сформованого в піделектродній зоні, до металевої ванни на установці «ківш-піч» при використанні звичайного електрода і порожнистого. Встановлено частину теплоти, яка передається випромінюванням і конвекцією. Так, при висоті шлаку 100¬–200 мм та витратах газу 3–10 м3/год випромінюванням передається від 86,99% до 92,97%, а конвекцією – 7,03–13,01 %. Визначено що, для висоти шлакового покрову 100 мм при використанні звичайного електрода частина корисної теплоти отриманої металом складає 81,17%, шлаком – 18,83%, а при використанні порожнистого електрода кількість теплоти що передається металу на 1,83% більше. Для випадку з висотою шлакового покрову 200 мм кількість теплоти що передається металу збільшується на 7,25% у порівнянні зі звичайним електродом. Визначено вплив параметрів реакційної зони, що формується під ГПЕ з подачею газу, на передачу теплоти від електричної дуги до металевої ванни, так розрахункові максимальні значення приросту температури металу склали 0,6°С/хв. Результати дослідження свідчать про ефективність використання графітованих порожнистих електродів. За рахунок збільшення площі контакту дуги з металом покращуються умови передачі теплоти, що позитивно впливає на зниження витрат енергоресурсів при позапічній обробці сталі на УКП. Таким чином, використання ГПЕ з вдуванням нейтральних газів та можливістю інжекції порошкоподібних матеріалів може виявитися важливим кроком у напрямку розвитку енергозберігаючих технологій нагріву металу під час позапічної обробки в ковші.

2. The dissertation focuses on creating an energy-efficient technology for heating metal by means of a graphitized hollow electrode during out-of-furnace steel processing at Ukrainian and international enterprises, which will improve the technical and economic performance of the ladle-furnace (LF). Based on the analysis of literary sources, an experimental methodology was developed and a laboratory facility was created for physical modeling on a "water" model. The goal of modeling was to determine the impact of gas injection through the Graphitised Hollow Electrodes (GHE) channel on the change in the geometric parameters of the cavity formed in the sub-electrode zone under the action of an electric arc, as well as to study the behavior of the metal bath and the slag layer. Calculated values of the geometric parameters of the cavity formed under the action of the electric arc discharge in the sub-electrode zone of the LF under the basic operating mode of the unit (without gas supply). In

particular, the area of the curved surface of the cavity is 0.19–0.21 m2 with a slag layer thickness of 100–200 ¬mm. According to the results of the physical modeling of the gas blowing through the channel of the GHE, the data of the geometric parameters of the formed cavity in the LF bath were obtained. The rational consumption of the gas supplied through the GHE channel is determined. It was established that an excessive increase in the intensity of gas supply leads to a significant increase in the depth of the metal cavity, which can lead to the process of its "clogging" with a metal bath. It was also noted that the slag layer, which is concentrated around the electrode, will break open opening the cavity, causing increase of heat loss to the LF atmosphere. Accordingly, for a slag layer of 100 mm, the gas consumption is 3–6 m3/h, and for slag of a thickness of 200 mm is 6–10 m3/h, these costs make the process of "clogging" of the cavity and breaking of the slag layer impossible. The area of the cavity, which is formed with these gas flows, is determined. In particular, for slag thickness of 100 mm and 200 mm, the area of the cavity was from 0.21 to 0.23 m2 and from 0.29 to 0.35 m2, respectively. An analysis of the process of the GHE heating during steel processing in the LF was performed. The obtained values of the temperature gradient of the electrode in the high-temperature zone reached 8.29 °C/mm for the first heating period, and up to 6.57 °C/mm for the third. It was established that during the periods of its cooling (the second and fourth periods), the temperature gradient significantly decreases and is from the epicenter of the torus: to the inner surface of 0.38 °C/mm; to the outer surface 3.61 °C/mm; and the vertical plane to the end of the electrode 1.47 °C/mm. It is shown that the supply of neutral gas through a GHE with a flow rate of 3 m3/h shifts the high-temperature zone to the periphery, which contributes to a more even distribution of temperature throughout its volume. During periods of operation without current supply, the formation of a locally overheated zone, which has the shape of a flattened along the axis of the torus, is observed, which was formed as a result of the accumulation of heat in the previous period. The analysis of the efficiency of heat transfer from the electric arc discharge formed in the sub-electrode zone to the metal bath in the LF when using a conventional electrode and a hollow one was performed. Part of the heat transferred by radiation and convection is determined. Thus, with a slag thickness of ¬100–200 mm and gas consumption of 3–10 m3/h, 86.99% to 92.97% is transmitted by radiation, and 7.03–13.01% by convection. It was determined that, for the thickness of the slag layer of 100 mm, when using a conventional electrode, a part of useful heat received by the metal is 81.17%, by slag - 18.83%, and when using the GHE, the value of heat transferred to the metal is 1.83% more. For the case with a slag layer thickness of 200 mm, the amount of heat transferred to the metal increases by 7.25% compared to the conventional electrode. The influence of the parameters of the reaction zone, which is formed under the GHE with gas supply, on the transfer of heat from the electric arc to the metal bath was determined, so the calculated maximum values of the metal temperature increase were 0.6°C/min. The results of the study testify to the effectiveness of the GHE use. Due to the increase in the contact area of the arc with the metal, the conditions of heat transfer are improved, which has a positive effect on the reduction of energy consumption during out-of-furnace steel processing at the LF. Thus, the use of GPE with the injection of neutral gases and the possibility of injecting powdered materials can be an important step in the direction of the development of energy-saving technologies for heating metal during out-of-furnace processing in a ladle.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- 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 forma tion 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
- 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
- 6. Пат. На корисну модель. Україна. МКИ B22D 41/015 C21C 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.
- 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. Raymakers, Е.В. Синегин, Л.С. Молчанов, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2020: Матеріали IX 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 IX 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 IX 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 X 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 X 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 X 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 разливки хромистых сталей / О.М. Стоянов, К.Г. Нізяєв, Є.В. Синегін, В.О. Рубан // Литво. Металургія-2021: Матеріали X 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
- 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 електроду 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. Raymakers, 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.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; економія матеріалів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: № 0122U201342; № 0119U000333

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стоянов Олександр Миколайович

2. Oleksandr Stoianov

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.16.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-7136-7403

Додаткова інформація: ;https://orcid.org/0000-0002-7136-7403;https://www.researchgate.net/profile/Olexandr-Stoianov

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Піптюк Віталій Петрович
2. Vitalii P. Piptiuk

Кваліфікація: к. т. н., с.н.с., 05.16.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-2915-1756

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 00190294

Місцезнаходження: пл. Академіка Стародубова, буд. 1, Дніпро, Дніпровський р-н., 49050, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сігарьов Євген Миколайович
2. Yevhen M. Sigarev

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8229-7877

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський державний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070737

Місцезнаходження: вул. Дніпробудівська, буд. 2, Кам'янське, 51918, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Петренко Віталій Олександрович
2. Vitaliy Petrenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.16.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5017-1674

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мамешин Валерій Сергійович
2. Valerii S. Mameshyn

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.16.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-8044-4899

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Український державний університет науки і технологій

Код за ЄДРПОУ: 44165850

Місцезнаходження: вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Галузевий

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Камкіна Людмила Володимирівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Камкіна Людмила Володимирівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Рубан Володимир Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна