Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000505

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-02-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №53-к від 16.04.2025

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Арендач Наталя Анатоліївна
2. Arendach Natalia A.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: 01-04-2025

Спеціальність за освітою: Металургія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 7744

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: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

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

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: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.31.23.21

Тема дисертації:

1. Розробка технологічних засад окислювальної продувки в сталерозливному ковші при виробництві сталі з низьким вмістом вуглецю.

2. Development of technological foundations of oxidizing melt purging in a ladle during the production of low-carbon steels.

Реферат:

1. У дисертаційній роботі представлено результати огляду джерел сучасної науково-технічної бази щодо технологічних аспектів виробництва сталей з вмістом вуглецю нижче 0,1%. Встановлено, що технологій з виплавки сталей з вмістом вуглецю нижче 0,1 % у кисневих конвертерах з подачею нейтрального газу з низу, а основного кисню зверху, які використовуються на сучасних металургійних підприємствах, супроводжуються зниженням виходу придатного рідкої сталі у порівнянні з виробництвом сталей вуглецевого сортаменту. Використання методів окислювальної продувки на етапі вакуумування сталі є найбільш ефективним методом зниження вмісту вуглецю нижче концентрації 0,1%. Це зумовлено саме значним впливом зовнішнього тиску на процеси окислення (моноксид вуглецю є газоподібною речовиною).

Підтверджена доцільність виділення двох етапів у процесі виробництва сталей з вмістом вуглецю менше 0,1%: видалення вуглецю з розплаву до рівня 0,2% у процесі виплавки; досягнення концентрації вуглецю нижче 0,1% за рахунок доведення металу на етапі позапічної обробки сталі. Проведено термодинамічні розрахунки процесу окислення домішок залізовуглецевого розплаву за рахунок донної продувки кисеньвмістною газовою фазою, які дозволили встановити черговість та пріоритетність процесів окислення у металевій ванні й вплив на них надмірного тиску. Таким чином, підтверджена теоретична можливість ефективного видалення вуглецю на етапі позапічної обробки сталі за рахунок донної продувки кисеньвмістним газом у бульбашковому режимі. Шляхом проведення комплексного дослідження, яке передбачало використання методів тіньової зйомки та низькотемпературного моделювання, була визначена раціональна конструкція донного продувного блоку для введення кисеньвмістної газової фази в об'єм металевого розплаву. Встановлено, що продувний блок розробленої конструкції повинен складатися: з каналів для підведення технологічних газів, камери-змішувача технологічних газів, бульбашкоутворювача для надання газовій фазі більшої поверхні контакту з металом. Щодо кожного з елементів продувного блоку встановлені раціональні параметри: найбільш ефективною конструкцією бульбашкоутворювача в складі донного пристрою для продування розплавів є використання матеріалів з неорієнтованою пористістю та щілинною пористістю з шириною щілин 1-2 мм, використання яких дозволяє отримати стабільний стовп дрібних бульбашок, що скорочує час гомогенізації розплав; відповідно до емпірично отриманих результатів канали для ведення різних продувних газів в камеру повинні знаходитися під кутом до вертикальної вісі в межах 25- 40о. Конструкція розробленого донного блоку для продувки металевого розплаву сумішшю технологічних газів у ковші захищена патентом України на корисну модель № 1226453 «Вогнетривкий блок для продувки металу газами». Проведені дослідження на натурній холодній моделі сталерозливного ковша щодо розчинення «важких» присадок речовин при продуванні крізь донну фурму за бульбашковим режимом з метою встановлення особливостей массообмінних процесів. За їх результатами було встановлено, що під час продувки крізь блок з ненаправленою пористістю формується потік бульбашок, який не тільки підіймається вгору під дією сил Архімеда, але й створює додатковий рух середовища в прилеглих до потоку бульбашок шарах ванни; найкращі умови перемішування ванни та найкоротший час її гомогенізації створюються при продуванні з інтенсивністю подачі продувного газу 0,684-1,026 м3/т·сталі год; найкращі умови щодо коливання рідкої ванни, які не повинні утворювати ділянки оголеного металу під час продувки, створюються при інтенсивності введення продувного газу 0,684-1,026 м3/т сталі·год; за відведений при виконанні досліджень час продувки заплановану концентрацію розчину 1% було досягнуто при інтенсивності введення у ванну газу 1,026 -1,368 м3/т·сталі год, при більш швидкому досягненні «гомогенного» стану рідкої ванни при інтенсивності подачі газу 1,026 м3/т· сталі год. Тобто рекомендацією для продування ванни у сталерозливному ковші крізь донний блок з ненаправленою пористістю у бульбашковому режимі для здійснення процесу зневуглецювання розплаву є продувка з інтенсивністю введення газу на рівні 0,36 м3/т сталі·год (при перерахуванні на реальний промисловий об'єкт – сталерозливний ківш ємністю 250т). За результатами високотемпературного моделювання процесу продувки залізовуглецевого розплаву з невеликим вмістом вуглецю (0,3%мас) сумішшю кисень – нейтральний газ через одинарний продувний канал, що імітує бульбашковий режим донної продувки, встановлено, що раціональним з точки зору окислення вуглецю та експлуатації продувних пристроїв є вміст у газовій суміші кисню 20-30%. При цьому процес окислення відбувається зі швидкістю 0,056%мас/хв і супроводжується пріоритетним окисленням вуглецю у багатокомпонентному залізовуглецевому розплаві.

2. The dissertation presents the results of a review of the sources of the modern scientific and technical base regarding the technological aspects of the production of steels with a carbon content below 0.1%. It was established that technologies for steels smelting with a carbon content less than 0.1% in oxygen converters with the top oxygen supply and the bottom supply of neutral gas are used at modern metallurgical enterprises. However, they are accompanied with a decrease in the yield of liquid steel in comparison with the production of middle carbon steels. The use of oxidation blowing methods at the steel vacuuming stage is the most effective method of reducing the carbon content below a concentration of 0.1%. This is due to the significant influence of

external pressure on oxidation processes (carbon monoxide is a gaseous substance). As for the processes of carbon oxidation with oxygen under reduced pressure, they are not widely used due to the low stability of the nodes supplying oxygen to the melt. The expediency of separating two stages in the production process of steels with a carbon content less than 0.1% was confirmed: removal of carbon from the melt to the level of 0.2% in the smelting process; achieving a carbon concentration below 0.1 due to metal treatment at the stage of out-of-furnace steel processing. Thermodynamic calculations of the oxidation process of iron-carbon melt impurities due to bottom purging with an oxygen-containing gas were carried out. The theoretical possibility of effective carbon removal at the stage of out-of-furnace steel processing due to bottom purging with oxygen-containing gas in the bubbling mode was confirmed. By conducting a study with the use of shadow photography and low-temperature modeling a rational design of the bottom purging unit with an oxygen-containing gas was determined. The blowing unit of the developed design should consist of: channels for supplying process gases, a mixing chamber for process gases, the bubbler to give the gas a larger contact surface with the metal. Rational parameters were set for each element of the blowing block. The most effective design of the bubble generator is the use of materials of non-oriented and slotted porosity with a slit width 1-2 mm. Their use allows to obtain a stable column of small bubbles, shortens the homogenization time of the melt. According to the empirically results, the channels for supply purging gases into the chamber should be at an angle to the vertical axis within 25-40o. The design of the developed bottom block was protected by Ukrainian patent for utility model No. 1226453 “Refractory block for blowing metal with gases”. Studies were conducted on a cold model of a steel ladle regarding the dissolution of additives during purging through the bottom plug in order to establish the characteristics of mass transfer processes. It was established that during purging through a block with non-directed porosity, a stream of bubbles is formed, which not only rises up under the action of Archimedean forces, but also creates additional movement of the area in the layers of the bath adjacent to the stream of bubbles. During purging in bubble mode, the largest concentration change occurs in the middle of the ladle bath. The best conditions for the bath mixing and the shortest time for its homogenization are created during purging with the intensity of the gas supply of 0.684-1.026 m3/t·h. The best conditions for the oscillation of the liquid bath, which should not form areas of bare metal during purging, are created at the intensity of the purging gas supply of 0.684-1.026 m3/t h. During the purging time the planned solution concentration of 1% was achieved at the intensity of gas supply into the bath of 1.026 -1.368 m3/t·h, with a faster achievement of the “homogeneous” state of the liquid bath at the intensity of gas supply of 1.026 m3/t·h. That is, the recommendation for purging the bath in a steel casting ladle through the bottom block with non-directional porosity in the bubble mode for the process of decarburization of the melt with the intensity of gas supply at the level of 0.36 m3/t of steel h (when transferred to a real industrial object - steel casting ladle with a capacity of 250 tons). According to the results of high-temperature modeling of the process of iron-carbon melt purging with a lower carbon content (0.3% by mass) with a mixture of oxygen and neutral gas through a single blowing channel (simulating the bubbling mode of bottom blowing), it was established that the rational from the point of view of carbon oxidation and the operation of purging devices is the oxygen content in the gas mixture is 20-30%. At the same time, the oxidation process occurs at a rate of 0.056 wt%/min and is accompanied by priority oxidation of carbon in the multicomponent iron-carbon melt

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Молчанов Л. С., Шеремета Н. А., Синегін Є. В. Дослідження ефективності гомогенізації рідкої сталі при продувці через блоки різної конструкції. Теорія і практика металургії. 2018. № 6, С. 76 – 80.
- Molchanov L., Arendach N., Synehin Y. Study of the design of bottom blowing devicesfor oxidative bloving in teeming ladles. Сучасні проблеми металургії. 2021. № 24, С. 81-89
- Молчанов Л.С., Голуб Т.С., Арендач Н.А. Комплексне дослідження особливостей перебігу окиснення вуглецю в стальковші при донному бульбашковому продуванні сумішшю газів системи «кисень — нейтральний газ». Збірник наукових праць ДДТУ Технічні науки. 2024. Вип..2. С. 19-28
- Молчанов Л.С., Арендач Н.А., Голуб Т.С. Лабораторне дослідження особливості змішування газових струменів технологічних газів . Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 2024. №38, С.222-231
- Голуб Т.С., Арендач Н.А. Термодинамічне дослідження процесів окислення домішок розплаву Fe-C за рахунок взаємодії з бульбашкою системи «нейтральний газ - кисень». Металл та лиття України, 2024. Вип. 32. № 3-4. С. 50-61.
- Шеремета Н.А., Молчанов Л. С., Бойченко Б.М., Нізяєв К.Г., Стоянов О.М., Синегін Є.В., Лантух О.С., Цибулько В. С. Патент України на корисну модель 126453. Опубл. 25.06.2018, Бюл.№ 12
- Молчанов Л.С., Арендач Н.А., Синегін Є.В. Визначення впливу конструктивних параметрів донного продувального блоку на ефективність процесів гомогенізації розплаву. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні імені професора Михальова О.І.: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 17-19 березня, 2020р. 2020, С. 48-50
- Арендач Н.А. , Молчанов Л.С., Синегін Є.В. Напрями вдосконалення технології виробництва низько вуглецевих розплавів. Литво. Металургія-2020: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 8-10 вересня 2020 р. 2020, С. 196-197
- Молчанов Л.С., Синегін Є.В., Арендач Н.А. Математичне моделювання фізико-хімічних процесів металургійного виробництва. Всеукраїнська науково-методична конференція «Проблеми математичного моделювання»: Матеріали всеукраїнської науково-методичної конференції. Кам'янське, 27 – 28 травня 2020 р. 2020, С. 14-15
- Arendach N., Molchanov L., Synehin Y., Mamuzić I. Carbon removal from steel by oxidation blowing in teeming ladle. 14th Iinternational symposium of Croatian metallurgical society materials and metallurgy SHMD – 2020. Šibenik, CROATIA, June 21 – 26, 2020, P. 433
- Molchanov L., Arendach N., Synehin Y. Study of metal homohenization in teeming ladles with use of various bottom blowing devices for oxidative blowing. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні, 16-18 березня 2021р., Дніпро. 2021, С. 41-44
- Арендач Н.А., Молчанов Л.С., Синегін Є.В. Розробка режимів окислювальної продувки залізовуглецевих розплавів сумішшю інертний газ – кисень у сталерозливному ковші. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія-2021», 18-20 травня 2021 р., Запоріжжя. 2021, С. 255-256
- Арендач Н.А., Молчанов Л.С. Аналіз ефективності видалення вуглецю з розплаву на різних етапах виробництва сталі. Всеукраїнська науково-технічна конференція «НАУКА І МЕТАЛУРГІЯ», 14-16 листопада 2023 р. Дніпро. 2023, С. 7
- Голуб Т.С., Молчанов Л.С., Арендач Н.А. Оцінка повердінки домішок при продувці металевої ванни сцумішшю кисень – нейтральний газ через донний продувний блок. Всеукраїнська науково-технічна конференція «НАУКА І МЕТАЛУРГІЯ 2024» присвячена 85-річчю Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, 19-20 листопада 2024 р., Дніпро. 2024, С. 15
- Голуб Т.С., Молчанов Л.С., Арендач Н.А. Процес окислення вуглецю при виробництві сталі за рахунок продувки сумішшю технологічних газів системи «кисень – нейтральний газ», як запорука ресурсозбереження. VIII Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища, Енергоощадність, Збалансоване природокористування» 16-18 жовтня 2024 року, Львів. 2024, С. 185

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Шеремета Н.А., Молчанов Л. С., Бойченко Б.М., Нізяєв К.Г., Стоянов О.М., Синегін Є.В., Лантух О.С., Цибулько В. С. Патент України на корисну модель 126453. Опубл. 25.06.2018, Бюл.№ 12

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: ДР№ 0124U001695

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Молчанов Лавр Сергійович
2. Lavr S. Molchanov

Кваліфікація: к. т. н., 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6139-5956

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: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Смірнов Олексій Миколайович
2. Aleksei N. Smirnov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5247-3908

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417153

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, буд. 34/1, Київ, 03142, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жаданос Олександр Володимирович
2. Oleksandr V. Zhadanos

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9533-9933

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:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Піптюк Віталій Петрович
2. Віталій П. Піптюк

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

Ідентифікатор ORCID 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: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кисляков Володимир Геннадійович

2. Volodymyr H. Kysliakov

Кваліфікація: к. т. н., 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1775-5050

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: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Чернятевич Анатолій Григорович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Чернятевич Анатолій Григорович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Кононенко Ганна Андріївна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна