Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001523

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-04-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Подольський Ростислав Вячеславович
2. Rostyslav V. Podolskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0288-0641

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 132-Матеріалознавство

Дата захисту: 30-05-2023

Спеціальність за освітою: Матеріалознавство

Місце роботи здобувача: 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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 08.084.017

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:

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.49.05.37

Тема дисертації:

1. Розробка хімічного складу та режимів термічної обробки високоміцних рейок сталей перлітного класу
2. Development of chemical composition and modes of heat treatment of high-strength rails of pearlite class steels

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено розробці хімічного складу сталей та технологічних параметрів термічної обробки залізничних рейок на підприємствах України, що забезпечують підвищення експлуатаційних властивостей. В роботі показано, що рейки українського виробництва за поточною технологією поступаються зарубіжним аналогам по механічним властивостям, та, як наслідок, по експлуатаційній довговічності. Пропускна здатність рейок, вироблених в Україні, становить 0,5 млрд. тонн брутто, в той час як аналогічний показник у Франції, Японії становить 1 млрд. тонн брутто, тобто в 2 рази більше. Показано, що підвищення характеристик міцності сталі за рахунок розробки нового хімічного складу та термічної обробки призводить до підвищення експлуатаційних характеристик. Проведені дослідження впливу хімічних елементів на кінцеву структуру та механічні властивості сталі. На підставі даних досліджень було рекомендовано 3 сталі з дослідними хімічними складами для лабораторної виплавки та проведення подальших досліджень. З літературного аналізу встановлено, що сталі, що застосовуються в виробництві залізничних рейок для досягнення перлітної структури необхідні швидкості охолодження в діапазонах

0,63…18,2°С/с. Показано, що для сталі 75ХГСМ необхідна швидкість охолодження складає від 0,63…0,14°С/с, оскільки застосування легуючих елементів Cr, Mn, Si, Mo збільшує інкубаційний період. Таким чином, область перлітного перетворення стає більш схильна до переміщення в бік менш інтенсивних швидкостей охолодження. У сталі М76Т відбувається формування перлітної структури при швидкості охолодження в діапазоні 9,2…18,2°С/с, в сталі R350LHT - при швидкості охолодження близько 5°С/с. У сталях Е76ХФ та Е76ХАФ, до складу яких введено хром, після охолодження зі швидкостями 1 °С/с і менше, внаслідок розпаду переохолодженого аустеніту крім ферито-карбідної суміші перлітного типу спостерігається утворення надлишкового фериту. У сталі Е76Ф швидкість охолодження для утворення структури перліт необхідна швидкість охолодження склала до 10°С/с. Сучасні світові виробники рейкової продукції обрали кожен свій індивідуальний шлях технологічних рішень (застосовані технології виробництва і термічного зміцнення) для досягнення властивостей, за якими виконується випуск продукції. Цей перелік можна розділити на рейки без термічного зміцнення (Польща, Італія), рейки з диференційованим термічним зміцненням з прокатного нагріву (Японія, Австрія, США), рейки з диференційованим термічним зміцненням з окремого індукційного нагріву (Франція, Канада (нині завод закритий), Україна), рейки з об'ємним загартуванням в маслі з окремого пічного нагріву. Виходячи з результатів аналізу літературних джерел виконано комплекс досліджень з метою встановлення закономірностей формування структурного стану та механічних властивостей по перетину головки залізничних рейок в умовах українського виробництва, виготовлених з високовуглецевої сталі, мікролегованої ванадієм (марка К76Ф). Проведені дослідження мікроструктури термічно зміцнених рейок українського виробництва. Встановлено наявність неоднорідності структури на поверхні кочення рейки і низьку дисперсність карбідної фази на глибині 11 мм від поверхні кочення виробу. В роботі проведено дослідження з якого встановлено, що існуюча технологія термічної обробки, що застосовується на території України, не може забезпечити високий рівень твердості по перерізу головки рейки (до глибини 20 мм), що відповідає вимогам зарубіжних стандартів. В роботі застосовано математичну модель, що дозволяє проводити прогноз зміни температурних полів та миттєву швидкість охолодження в залізничній рейці під час проходження диференційованого охолодження. Застосована модель дозволяє визначати потрібні параметри термічної обробки для утворення структурних складових та досягнення регламентованого комплексу механічних властивостей сталі. Встановлено, що поточна технологія виробництва з застосування термозміцнення не припускає досягнення значень твердості по перерізу залізничної рейки на рівні ДСТУ EN 13674-1:2018, що пов’язано з недостатньо інтенсивним охолодженням, саме центральних ділянок головки рейки температура, якої складає - 680 °С. В рамках досліджень встановлено, що для забезпечення твердості (370 НВ) в осьових ділянках головки рейки (глибина 20 мм) відповідно до вимог ДСТУ EN 13674-1:2018 є значна необхідність в розробленні нових перспективних параметрів термічної обробки чи розробці перспективних хімічних складів сталей, що підвищать інтенсивність охолодження в центральних ділянках головки рейки. В результаті дилатометричних досліджень було побудовано діаграму розпаду переохолодженого аустеніту дослідної сталі з С=0,84%, Mn=0,95%, Si=0,44%, B=0,01%, Ca=0,0006% та встановлено, що при швидкостях охолодження 0,06-5,9°С/с структура складається переважно з перліту різної дисперсності, зі збільшенням швидкості охолодження до 64,3°С/с проходить утворення бейніту з подальшою зміною морфології з пір’ястого до голчастого.

2. The dissertation is devoted to the development of the chemical composition of steels and technological parameters of heat treatment of railway rails at enterprises of Ukraine, which ensure the improvement of operational properties. It is shown in the work that rails of Ukrainian production according to current technology are inferior to foreign analogues in terms of mechanical properties and, as a result, in operational durability. The throughput capacity of rails produced in Ukraine is 0.5 billion gross tons, while a similar indicator in France, Japan is 1 billion gross tons, i.e. 2 times more. It is shown that increasing the strength characteristics of steel due to the development of a new chemical composition and heat treatment leads to an increase in operational characteristics. The influence of chemical elements on the final structure and mechanical properties of steel was studied. Based on these studies, 3 experimental chemical compositions of steels were recommended for laboratory smelting and further research. From the literature analysis, it was established that steels used in the production of

railway rails require cooling rates in the range of 0.63...18.2°C/s to achieve pearlite structure. It is shown that for steel 75ХГСМ the required cooling rate is from 0.63...0.14°C/s, since the use of alloying elements Cr, Mn, Si, Mo increases the incubation period. Thus, the region of pearlitic transformation becomes more prone to move towards less intensive cooling rates. In M76T steel, the pearlite structure is formed at a cooling rate in the range of 9.2...18.2°C/s, in R350LHT steel - at a cooling rate of about 5°C/s. In E76ХФ and E76ХАФ steels, which contain chromium, after cooling at rates of 1 °C/s and less, as a result of the disintegration of supercooled austenite, in addition to the ferrite-carbide mixture of the pearlite type, the formation of excess ferrite is observed. In E76F steel, the cooling rate required for the formation of the pearlite structure was up to 10°C/s. Modern global manufacturers of rail products have each chosen their own individual path of technological solutions (applied production and thermal strengthening technologies) to achieve the properties according to which the products are manufactured. This list can be divided into rails without thermal strengthening (Poland, Italy), rails with differentiated thermal strengthening from rolling heating (Japan, Austria, USA), rails with differentiated thermal strengthening from separate induction heating (France, Canada (now the factory is closed), Ukraine), rails with volume hardening in oil from separate furnace heating. Based on the results of the analysis of literary sources, a complex of studies was carried out with the aim of establishing the regularities of the formation of the structural state and mechanical properties at the intersection of the head of railway rails in the conditions of Ukrainian production, made of high-carbon steel, microalloyed with vanadium (K76F brand). Studies of the microstructure of thermally strengthened rails of Ukrainian production have been conducted. The presence of heterogeneity of the structure on the rolling surface of the rail and the low dispersity of the carbide phase at a depth of 11 mm from the rolling surface of the product were established. In the work, a study was conducted, from which it was established that the existing heat treatment technology used in Ukraine cannot provide a high level of hardness in the section of the rail head (up to a depth of 20 mm), which meets the requirements of foreign standards. The work uses a mathematical model that predicts changes in temperature fields and the instantaneous cooling rate in a railway rail during differential cooling. The applied model allows determining the required heat treatment parameters for the formation of structural components and achieving a regulated set of mechanical properties of steel. It has been established that the current production technology using heat strengthening does not allow the cross-sectional hardness values of the railway rail to be reached at the level of European standards, which is due to insufficiently intense cooling, namely the central sections of the rail head, the temperature of which is - 680 °C. As part of the research, it was established that in order to ensure hardness (370 HB) in the axial sections of the rail head (depth 20 mm) in accordance with the requirements of European standards, there is a significant need for the development of new promising heat treatment parameters or the development of promising chemical compositions of steels that will increase the intensity of cooling in the central sections of the rail head.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Рослик О. В., Майстренко К. М., Подольський Р. В. (2020). Розробка сталей для металопродукції залізничного призначення: монографія. Дніпро: Домінанта-принт. 298 с.
- 2. Подольський Р. В., Бабаченко О. І., Кононенко Г. А. Романова Н. С., Сафронова А. О., Клемешов Е.С. (2022). Застосування спеціалізованого програмного забезпечення в матеріалознавстві та термічній обробці металів та сплавів: методичний посібник. Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол. 66 с.

- 3. Babachenko O. I., Kononenko G. A., Podolskyi R. V. (2021).Development of a calculated model of temperature change of rail steel K76F to determine the parameters of heat treatment, which will provide a given structural state and performance properties. Science and innovation. №4, 25-32. DOI: 10.15407/scine17.04.025
- 4. Babachenko, O.I., Kononenko, H.A., Podolskyi, R.V., Safronova O.A. (2021). Steel for Railroad Rails with Improved Operating Properties. Mater Sci. T.56, №6, 814–819. DOI: 10.1007/s11003-021-00499-1
- 5. Babachenko O. I., Kononenko G. A., Podolskyi R. V., Safronova O.A., Taranenko A.O. (2022). Analysis of the structure of samples of rail steels of the new generation with improved operational properties. Part 1, Metallofiz. Noveishie Tekhnol., T.44, № 12, 1661—1677. DOI:10.15407/mfint.44.12.1661
- 6. Babachenko O. I., Kononenko G. A., Podolskyi R. V., Safronova O.A., Baskevich O.S. (2023). Analysis of the structure of samples of rail steels of the new generation with improved operational properties. Part 2, Metallofiz. Noveishie Tekhnol., T.45, № 1, 137—156. DOI: 10.15407/mfint.45.01.0137
- 7. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. (2022). Дослідження кінетики розпаду аустеніту при безперервному охолодженні сталі з 0,84% C, 0,44% Si, 0,95% Mn, 0,01% B, 0,0006% Ca для залізничних рейок нового покоління. Український журнал будівництва та архітектури. №5, 7-12. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.7.885
- 8. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В., Сафронова О. А. (2021). Дослідження мікроструктури і твердості дослідних рейкових сталей в литому стані, після гарячої пластичної деформації і термічної обробки. Метал та лиття України. 1, 81-86. DOI:10.15407/steelcast2021.01.081
- 9. Бабаченко О. І., Дьоміна К. Г., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. (2020). Аналіз впливу деформаційного пророблення безперервнолитих заготовок на макро- і мікроструктуру конструкційних сталей (огляд). Металознавство та термічна обробка металів. 91 (4),17-29. DOI: 10.30838/J.PMHTM.2413.241120.17.687
- 10. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В., Сафронова О. А. (2020). Сталь для залізничних рейок з поліпшеними експлуатаційними властивостями. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 56 (6), 82-87. (http://nbuv.gov.ua/UJRN/PHKhMM_2020_56_6_13
- 11. Подольський Р. В., Сафронова О. А., Меркулов О. Є., Кононенко Г. А., Бабаченко О. І., Сафронов О. Л. (2022). Аналіз відповідності дослідних сталей для залізничних рейок сучасним стандартам України та ЄС. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 36, 362-369. DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-362-369
- 12. Бабаченко О.І., Кононенко Г.А., Дьоміна К.Г., Подольський Р.В. (2019). Дослідження впливу швидкості охолодження на структурний стан сталі К76Ф для звичайних рейок широкої колеї. Збірник наукових праць XV міжнародної конференції «Стратегія якості в промисловості і освіті». (3 – 6 червня 2019 р., м. Варна), 19-24
- 13. Подольський Р. В., Дейнеко Л. М. (2020). Визначення подальших напрямів підвищення експлуатаційної надійності залізничних рейок нового покоління. Всеукраїнська науково-технічна конференція "Молодая академия 2020". (21-22 травня 2020 р., м. Дніпро), 59.
- 14. Подольський Р. В., Сафронова О. А., Бабаченко О. І., Кононенко Г. А. (2020). Дослідження впливу термічної обробки на формування мікроструктури та твердості дослідних рейкових сталей. Всеукраїнська конференція молодих вчених "Молоді вчені - 2020". (12 березня 2021 р., Дніпро), 53–56
- 15. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. (2020). Імітаційне моделювання зміни теплового поля залізничної рейки під час диференційної термічної обробки. VI Міжнародна науково технічна конференція «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем». (4-6 листопада 2020р., Дніпро), 17–18.
- 16. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольский Р. В., Сафронова О. А. (2020). Дослідження впливу режимів термічної обробки дослідних сталей для залізничних рейок нового покоління на механічні властивості. Збірник наукових праць Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України «Фундаментальні і прикладні проблеми чорної металургії». 247-255

- 17. Бабаченко О.І., Подольський Р.В., Кононенко Г.А., Сафронова О.А. (2019). Порівняльний аналіз способів термічної обробки залізничних рейок та визначенням подальших напрямків підвищення їх експлуатаційної надійності. Збірник наукових праць Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України «Фундаментальні і прикладні проблеми чорної металургії». 219-231
- 18. Бабаченко О. А., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. (2020). Дослідження мікроструктури та розподілу твердості рейок по перерізу при термічній обробці головки рейки, які створюються при виробництві за поточною технологією. Матеріали міжнародної наукової конференції «Міждисциплінарні наукові дослідження: особливості та тенденції». (4 грудня 2020р, Чернігів), 50–56.
- 19. Бабаченко О.І., Дьоміна К.Г., Кононенко Г.А, Сафронова О.А., Подольский Р.В. (2021). Аналіз існуючих способів підвищення якості металопродукції залізничного призначення. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2021». (18-20 травня 2021 р, Запоріжжя), 256–259.
- 20. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Меркулов О.Є. Подольський Р. В., Клемешов Є. С., Сафронова О. А. (2021). Моделювання фазовоструктурних перетворень у сталі для залізничних рейок нового покоління. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 212-222
- 21. Подольський Р.В., Сафронова О.А., Меркулов О.Є., Кононенко Г.А. (2022). Виготовлення рейкової сталі нового покоління. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні». (15-17 березня 2022, Дніпро), 244–247. DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2022.01.044

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології; матеріали; методи, теорії, гіпотези; методичні документи; аналітичні матеріали

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: №ДР 0117U004145, №ДР 0117U004153, №ДР 0120U101186, №ДР 0120U101181, №ДР 0120U102688, №ДР 0119U101398

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бабаченко Олександр Іванович

2. Oleksandr I. Babachenko

Кваліфікація: д. т. н., с.н.с., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4710-0343

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. Волчук Володимир Миколайович
2. Volodymyr M. Volchuk

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Код за ЄДРПОУ: 02070772

Місцезнаходження: вул. Чернишевського, буд. 24-а, Дніпро, Дніпровський р-н., 49600, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Глушкова Діана Борисівна
2. Diana B. Glushkova

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8612-6584

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Код за ЄДРПОУ: 02071168

Місцезнаходження: вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, Харків, Харківський р-н., 61025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вакуленко Ігор Олексійович

2. Ihor O. Vakulenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7353-1916

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Перчун Галина Іванівна

2. Halyna I. Perchun

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.16.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9013-4659

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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Миронова Тетяна Михайлівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Миронова Тетяна Михайлівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Подольський Ростислав Вячеславович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна