

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0223U001895

Державний реєстраційний номер: 0120U102087

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-02-2023

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Підвищення конкурентоздатності низьколегованих сталей вітчизняного виробництва формуванням гетерофазної структури з TRIP-ефектом за рахунок термічної та термодеоформаційної обробок

Початок етапу: 01.2020

Закінчення етапу: 12.2022

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Державний вищий навчальний заклад "Приазовський державний технічний університет"

Код за ЄДРПОУ: 02070812

Місцезнаходження: вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Донецька обл., 87555, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380629333416

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: просп. Перемоги, 10, м. Київ, Київська обл., 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1280.000

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Підвищення конкурентоздатності низьколегованих сталей вітчизняного виробництва формуванням гетерофазної структури з TRIP-ефектом за рахунок термічної та термодеформаційної обробки

Назва роботи англійською:

Increasing the competitiveness of low-alloy steels of domestic production by forming a heterophase structure with TRIP-effect by means of heat treatment and thermo-mechanical treatment

Реферат українською:

Об'єкт досліджень - процеси фазово-структурних перетворень в залізобуглецевих сплавах при термічній обробці. Методи досліджень: оптична мікроскопія, електронна сканувальна та трансмісійна мікроскопія; енергодисперсійний, рентгеноструктурний, дилатометричний методи аналізу; випробування на механічні властивості; комп'ютерне моделювання. В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення механічних і експлуатаційних властивостей конструкційних сталей шляхом коригування хімічного складу та режимів термічної обробки задля застосування деформаційного мартенситного перетворення (TRIP-ефекту). Досліджено вплив хімічного складу на кінетику фазово-структурних перетворень, мікроструктуру та властивості низьковуглецевих TRIP-assisted сталей. Показано, що введення невеликих добавок хрому (0,5-0,6 %), молібдену (0,2 %), ванадію (0,10 %) та ніобію (0,04-0,05 %) суттєво поліпшує прогартуваність та комплекс механічних властивостей 0,2%С-Mn-Si сталі. Розроблено хімічний склад TRIP-assisted сталі 20C2Г2ХФМБ та 20C2Г2Б з підвищеним рівнем технологічних та механічних властивостей. Встановлені раціональні режими їх термічної обробки за технологіями ізотермічного гартування та «Quenching-and-Partitioning» із пічного нагріву, а також у комплексі із попередньою деформацією (аусформінг). Встановлено можливість застосування високовуглецевої TRIP-assisted сталі 120Г3С2 для виготовлення зварних з'єднань високої абразивної зносостійкості, які реалізують TRIP-ефект при зношуванні. Показано вирішальний вплив деформаційного мартенситного перетворення на комплекс властивостей TRIP-assisted сталей, зроблено висновки щодо оптимальної кінетики перетворення.

Реферат англійською:

The object of research is the processes of phase-structural transformations in iron-carbon alloys during heat treatment. Research methods: optical microscopy, electron scanning and transmission microscopy; energy dispersive, X-ray structural, dilatometric methods of analysis; tests on mechanical properties; computer simulation. The work solves the problem of improving the mechanical and operational properties of structural steels by adjusting the chemical composition and heat treatment regimes for the application of deformation martensitic transformation (TRIP effect). The influence of the chemical composition on the kinetics of phase-structural transformations, microstructure and properties of low-carbon TRIP-assisted steels was studied. It is shown that the introduction of small additions of chromium (0.5-0.6%), molybdenum (0.2%), vanadium (0.10%) and niobium (0.04-0.05%) significantly improves hardenability and complex mechanical properties of 0.2%C-Mn-Si steel. The chemical composition of TRIP-assisted steel 20C2Г2ХФМБ and 20C2Г2Б with an improved mechanical properties has been developed. Rational regimes of their heat treatment using the technologies of isothermal hardening and "Quenching-and-Partitioning" from furnace heating, as well as in a complex with preliminary deformation (ausforming) are established. The possibility of using high-carbon TRIP-assisted steel 120Г3С2 for the manufacture of welded joints with high abrasive wear resistance, which realize the TRIP effect during wear, has been established. The decisive influence of the deformation martensitic transformation on the set of properties of TRIP-assisted steels is shown, and conclusions are made regarding the optimal kinetics of the transformation.

Індекс УДК: 621.771:62-412.004.12;620.18:621.771, 669.14.018.29:669.11;669.14.018.9:669.11, 669.017:543, 621.785.4:669.15-194.2(043.3)

Коди тематичних рубрик:53.43.03.19, 53.49.13.05, 53.49.21

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Єфременко Василь Георгієвич

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Хімічний склад сталі, що використовує TRIP ефект, та режими термічної та термодформаційної обробок.

Назва НТП англійською: The chemical composition of steel using the TRIP effect and modes of thermal and thermal deformation treatments.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Вироби технічні, Технології, Матеріали

Галузь застосування: 25 Виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування, 25.7 Виробництво інших готових металевих виробів

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Розроблено хімічний склад «TRIP-assisted» сталей. Досліджено кінетику фазово-структурних перетворень в дослідних сталях. Побудовано ізотермічні діаграми розпаду переохолодженого аустеніту з попереднім нагрівом у міжкритичний інтервал та у аустенітний інтервал температур. Отримано данні щодо впливу параметрів термодформаційної та термічної обробки за схемами «Intercritical Annealing + Austempering» «Quenching + Partitioning» на мікроструктуру та механічні властивості розроблених «TRIP-assisted» сталей. Проаналізовано залежності «Параметри обробки – Механічні властивості» з урахуванням особливостей схеми термічної та термомеханічної обробок. Виконано аналіз фазово-структурного стану «TRIP-assisted» сталей після різних технологій обробки. Запропоновано оптимальні схеми та режими термічної і термодформаційної обробок розроблених «TRIP-assisted» сталей. Розроблено аналітично-програмний комплекс вибору режиму роботи установки контролюваного охолодження сталевих прокату в потоці прокатного стану.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 12.2025

Споживачі продукції: Підприємства машинобудівної галузі України

Перспективні ринки: Україна, Словаччина, Польща

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.: 1500

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану: Ні

Техніко-економічне обґрунтування: Ні

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років): 3

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. Zurnadzhly V. I., Efremenko V. G., Brykov M. N., I. Petryshynets, Pastukhova T.V., Kussa R.A. The Metastability of Retained Austenite in Multiphase Steel during Abrasive Wear // Journal of Friction and Wear, 2020, Vol. 41, No. 2, pp. 119–124.
2. Zurnadzhly V.I., Efremenko V.G., Wu K.M., Lekatou A.G., Shimizu K., Chabak Yu.G., Zotov D.S., Dunayev E.V. Quenching and Partitioning–Based Heat Treatment for Rolled Grinding Steel Balls // Metallurgical and Materials Transactions A 51, 3042–3053 (2020).
3. Zurnadzhly V.I., Efremenko V.G., Petryshynets I., Shimizu K., Brykov M.N., Kushchenko I.V., Kudin V.V. Mechanical properties of carbide-free lower bainite in complex-alloyed constructional steel: Effect of bainitizing treatment parameters // Kovove Materialy. 2020. vol. 58. – p. 129–140. DOI: 10.4149/km_2020_2_129
4. Zurnadzhly V.I., Efremenko V.G., Wu K.M., Petryshynets I., Shimizu K., Zusin A.M., Brykov M.N., Andilakhai V.A. Tailoring strength/ductility combination in 2.5wt% Si-alloyed middle carbon steel produced by the two-step Q-P treatment with a prolonged partitioning stage // Materials Science and Engineering: A, 2020, Volume 791, 139721
5. Vasily Efremenko, Roman Kussa, Ivan Petryshynets, Kazumichi Shimizu, František Kromka, Vadim Zurnadzhly, Victoria Gavrilova. Element partitioning in low-carbon Si₂Mn₂CrMoVNb TRIP-assisted steel in intercritical temperature range Acta Metallurgica Slovaca Vol 26 No 3 (2020) 116–121 <https://doi.org/10.36547/ams.26.3.554>
6. Brykov M.N., Petryshynets I., Džupon M., Kalinin Y.A., Efremenko V.G., Makarenko N.A., Pimenov D.Y., Kováč F. Microstructure and Properties of Heat Affected Zone in High-Carbon Steel after Welding with Fast Cooling in Water. // Materials. 2020. vol.13. 5059. doi:10.3390/ma13225059
7. Roman A. Kussa, Vadym I. Zurnadzhly, Manuele Dabala, Mattia Franceschi, Vasily G. Efremenko, Ivan Petryshynets, František Kromka, Michail N. Brykov. Comparative study on the effect of (Cr, Mo, V)-alloying on transformation and mechanical behavior of 0.2 wt.% C TRIP-assisted steel // Kovove Materialy. 2022. vol. 60. P. 31–43.
8. Zurnadzhly V., Efremenko V., Petryshynets I., Dabalà M., Franceschi M., Wu K., Kováč F., Chabak Y., Puchy V., Brykov M. Alternative Approach for the Intercritical Annealing of (Cr, Mo, V)-Alloyed TRIP-Assisted Steel before Austempering // Metals. 2022. vol.12, 1814.
9. Zurnadzhly V., Zaichuk N., Sergeev A., Chabak Y., Efremenko V. Optimal Parameters of Q&P Heat Treatment for High-Si Steels Found by Modeling Based on “Constrained Paraequilibrium” Concept. In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, 2020, P. 487–496.
10. Roman Kussa, Ihor Kushchenko, Volodymyr Andilakhai, Ivan Petryshynets, Vasily Efremenko, Vadym Zurnadzhly. Austenite Transformation Behavior and Mechanical Properties of Constructional V, Nb-alloyed TRIP-assisted Steel. Key Engineering Materials. 2020. Vol. 864, pp 241–249.
11. Efremenko V.G., Zotov D.S., Zurnadzhly V.I., Kussa R.A., Savenko V.I., Sagirov R.I., Bocharova O.A., Efremenko A.V. Computer modelling-based selection of accelerated cooling parameters for advanced high-strength structural steel. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1037 (2021) 012030
12. Калинин Ю. А., Петришинец И., Ефременко В. Г., Капустян А. Е., Брыков М. Н. Влияние изотермической обработки на микроструктуру закалённой на аустенит высокоуглеродистой низколегированной стали // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: зб. наук. пр. – 2020. – Вип. 88, т. 1. – С. 58–66.
13. Brykov M., Efremenko V., Osipov M., Kapustyan A., Akrytova T., Kalinin Y.A. High-carbon steel: microstructure and abrasive wear resistance of heat affected zone after welding with fast cooling // Problems of Tribology. – 2021. – 26(1/99). – P. 59–65.

14. Кусса Р.О., Волошин В.С., Зурнаджи В.І., Єфременко В.Г., Зайчук Н.П., Ткачев Р.О., Гаврилова В.Г., Джеренова А.В. Технології термічної обробки високоміцних AHSS-сталей третього покоління // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2021, №71, С.181-190.
15. Зурнаджи В.И., Волошин В.С., Кусса Р.А., Ефременко В. Г., Джеренова А.В., Цветкова Е.В. Современные конструкционные стали с TRIP-эффектом //Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2020. – № 5 (89). – С. 80-92.
16. Кусса Р.О. Вплив Q&P-обробки на мікроструктуру та механічні властивості низьковуглецевої TRIP-assisted сталі // Вісник Приазовського державного технічного університету.-2021. – № 42.-С. 28-36.
17. Курпе О.Г., Кухар В.В., Ву К., Єфременко В.Г., Зурнаджи В.І. Развитие системных подходов до превентивного керування якістю термомеханічно обробленого товстолиствого прокату категорії K60 // Наукові нотатки, 2022, № 74, С. 39-48.
18. Zurnadzhy V.I., Efremenko V.G., Petryshynets I., Chabak Yu.G., Efremenko A.V. Improvement of mechanical properties of structural steels by multi-phase structure formation. – Praha: Premier Publishing s.r.o. 2022. – 142 p. ISBN 978-80-908612-7-5
19. Stavrovskaja V.E., Efremenko V.G., Zurnadzhy V.I., Zotov D.S., Sagirov R.I., Chabak Yu. G., Brykov M.N., Efremenko B.V. Effect of Chemical Composition and Normalization Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Microalloyed Sheet Steel for Structural Purposes. In Advances in Materials Science Research, Eds. Maryann C. Wythers. 2022, Volume 55. Nova Science Publisher, New York. P. 97-152. ISBN: 979-8-88697-213-9
20. Патент на винахід № 121697. Спосіб термічної обробки високовуглецевої сталі. Автори: Єфременко В.Г., Зурнаджі В.І., Кусса Р.О.заяв. u201806867 від 18.06.2018; опубл. 10.07.2020, бюл. № 13
21. Заявка а 2022 02943 на винахід. Спосіб зміцнювальної термічної обробки сталі. Автори: Зурнаджи В.І., Єфременко В.Г., Чабак Ю.Г., Єфременко Б.В., Зайчук Н.П. від 5.08.2022.
22. Заявка а 2022 03692 на винахід. Конструкційна сталь. Автори: Зурнаджи В.І., Єфременко В.Г., Чабак Ю. Г., Єфременко Б.В., Малишева І.Ю. від 04.10.2022.

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Ленцов Ігор Альбертович

К. Т. Н.

Перелік осіб-виконавців

Єфременко Василь Георгійович

(д. т. н., 05.16.01)

Бриков Михайло Миколайович

(д. т. н., 05.02.01)

Голинський Михайло Андрійович

Джеренова Антонина Василівна

Зурнаджи Вадим Іванович

(к. т. н.)

Калінін Юрій Анатолійович

Кусса Роман Олександрович

Малишевський Артур Олександрович

Матвієнко Віктор Михайлович

(д.і.н., 23.00.04)

Федун Віктор Іванович

(к. ф.-м. н.)

Цветкова Олена Валентинівна

(к. ф.-м. н.)

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Єфременко Василь Георгійович

Телефон

+38 (098) 118-29-84

Реєстратор

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

