

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ISSN 1997-9258

**Журнал входит в перечень ведущих периодических изданий,
рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук**

Главный редактор:

Семенов В.В., канд. экон. наук

Заместители главного редактора:

Леонтьев Л.И., академик РАН

Матросов Ю.И., д-р техн. наук

Волков А.И., канд. хим. наук

Члены редколлегии:

Алымов М.И., член-корр. РАН

Бабул Т., профессор (Польша)

Бродов А.А., канд. экон. наук

Григорович К.В., академик РАН

Денисов С.Н., д-р экон. наук

Дуб А.В., д-р техн. наук

Еремин Г.Н., канд. техн. наук

Иевлев В.М., академик РАН

Комлев В.С., член-корр. РАН

Куклев А.В., д-р техн. наук

Левашов Е.А., д-р техн. наук

Морозов Ю.Д., канд. техн. наук

Москвина Т.П., канд. техн. наук

Никулин А.Н., д-р техн. наук

Орыщенко А.С., член-корр. РАН

Петрова Л.Г., д-р техн. наук

Рубаник В.В., член-корр. НАНБ (Беларусь)

Рудской А.И., академик РАН

Родионова И.Г., д-р техн. наук

Скачков О.А.

Смирнов Л.А., академик РАН

Сомерс М.А.Дж., профессор (Дания)

Тихонов А.К., д-р техн. наук

Филиппов Г.А., д-р техн. наук

Филонов М.Р., д-р техн. наук

Флюге В., профессор (Германия)

С требованиями к публикациям в журнале «ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ» и правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте ЦНИИчермет им. И.П. Бардина – www.chermet.net

Подписной индекс 58999

в объединенном каталоге «Пресса России» на сайте www.pressa-rf.ru и «Пресса по подписке» <https://www.akc.ru>

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № ФС77-60022

Выпуск подготовлен

Информационно-издательским центром ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»:

Руководитель ИИЦ Е.Х. Иванова

Редактор Н.В. Колясникова, канд. техн. наук

Верстка П. Несмелова

Адрес редакции:

105005 Москва, ул. Радио, дом 23/9,
стр. 2, оф. 474

ЦНИИчермет им. И.П. Бардина,

тел. +7 495 777 93 02, 777 95 13 ,

E-mail: ntphm@yandex.ru, rhenium@list.ru,

metallurgizdat@yandex.ru

Подписано в печать 19.12.2024 г.

Формат 60×88 1/8.

Отпечатано в ООО «Металлургиздат»

www.metallurgizdat.com

Фото на обложке В.П. Чекалова

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

4 • 2024

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИИ

- Филиппова В.П., Чудаков И.Б., Блинова Е.Н., Головачев С.Г., Банных О.А.
Анализ влияния легирующих элементов на плотность стали 4
- Матросов Ю.И., Чевская О.Н., Колясникова Н.В., Банных О.А.
Формирование расщеплений в процессе ударных испытаний и их влияние на сопротивление разрушению малоуглеродистых трубных сталей. 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАЛЛУРГИИ

- Филиппов Г.А., Ливанова Н.О., Банных О.А.
Актуальные вопросы улучшения качества и свойств рельсовой стали 18
- Балановский А.Е., Конюхов В.Ю., Ремезов И.С.
Разработка технологии сварки трением алюминиевых сплавов. 29

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Соснин В.В., Лонгинов А.М., Зимичев С.А., Дьяконов Д.Л., Блинова Е.Н., Шурыгина Н.А.
Особенности формирования структуры суперсплава системы Co-Ni-Cr-W-Al-Ti после электронно-лучевого переплава. 39
- Дагман А.И., Казарин А.Ю., Колдаев А.В., Арутюнян Н.А., Машарипов С.З., Дьяконов Д.Л.
Повышение прочности горячекатаных низкоуглеродистых микролегированных титаном сталей путем формирования системы наноразмерных фазовых выделений 49
- Поспелов И.Д., Матвеева Д.В.
Исследование микроструктуры и твердости горячекатаной конструкционной хромистой стали после различных температурных режимов отпуска 56
- Семин А.П., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Панин С.В., Соснин В.В., Могильников П.С., Литовченко И.Ю., Селиванов И.Д.
Структура, функциональные свойства и деформационное поведение лент аморфных сплавов системы Fe-Co-Si-B-P 64
- Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Миненко С.С., Чапайкин А.С., Гусева Т.П., Романов Д.А.
Структура и свойства наплавки высокоэнтропийной молибденовой быстрорежущей стали, подвергнутой многократной термической обработке. 78

КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

- Гранилина Э.С., Буков К.А., Мельниченко А.С., Рузаев Д.Г., Пименова Т.В., Никольская Л.И., Гладченкова Ю.С.
Исследование соответствия результатов коррозионных испытаний по лабораторной экспресс-методике и натуральных испытаний. Часть 1. 90

Амежнов А.В.

Оценка применимости методики измерения плотности тока насыщения анодного растворения стали в коррозионной среде с целью определения коррозионной стойкости сталей для нефтепромысловых трубопроводов. 100

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Попов А.В., Худякова В.А., Севастьянов Г.М., Комаров О.Н.

Влияние легирующих элементов на характеристики сталей, предназначенных для применения в условиях низких и криогенных температур. 108

ИСТОРИЯ. ХРОНИКА

Запарий Вл.В., Запарий В.В., Шешуков О.Ю.

Перебирая старые бумаги, или исправление ошибки через полвека. 122

Академику Леопольду Игоревичу Леонтьеву – 90 лет 127

PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENTS

4 • 2024

THEORETICAL FOUNDATIONS OF METALLURGY

Filippova V.P., Chudakov I.B., Blinova E.N., Golovachev S.G., Bannyh O.A.
Analysis of the influence of alloying elements on steel density 4

Matrosov Yu.I., Chevskaya O.N., Kolyasnikova N.V., Bannyh O.A.
The formation of delaminations during impact testing and their influence on the fracture resistance of low-carbon tubular steels 9

PRODUCTION PROCESSES IN METALLURGY

Filippov G.A., Livanova N.O., Bannyh O.A.
Topical issues of improving the quality and properties of rail steel 18

Balanovsky A.E., Konyukhov V.Yu., Remezov I.S.
Development of friction welding technology for aluminum alloys 29

MATERIALS SCIENCE AND NEW MATERIALS

Sosnin V.V., Longinov A.M., Zimichev S.A., Dyakonov D.L., Blinova E.N., Shurygina N.A.
Features of the formation of the superalloy structure of the Co–Ni–Cr–W–Al–Ti system after electron beam remelting 39

<i>Dagman A.I., Kazarin A.Yu., Koldaev A.V., Arutuinyan N.A., Masharipov S.Z., D'yakonov D.L.</i> Increasing the strength of hot-rolled low-carbon titanium microalloyed steels by forming a system of nano-sized phase precipitates	49
<i>Pospelov I.D., Matveeva D.V.</i> Investigation of the microstructure and hardness of hot-rolled structural chromium steel after various tempering treatment	56
<i>Semin A.P., Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Panin S.V., Sosnin V.V., Mogilnikov P.S., Litovchenko I.Yu., Selivanov I.D.</i> Structure, functional properties and deformation behavior of amorphous alloy tapes of the Fe–Co–Si–B–P system	64
<i>Ivanov Yu.F., Gromov V.E., Minenko S.S., Chapaikin A.S., Guseva T.P., Romanov D.A.</i> Structure and properties of high-entropy molybdenum high-speed steel surfaced by multiple heat treatments	78

CONTROL OF METALLURGICAL PRODUCTION AND METAL PRODUCTS

<i>Granilina E.S., Bukov K.A., Melnichenko A.S., Ruzaev D.G., Pimenova T.V., Nikolskaya L.I., Gladchenkova Yu.S.</i> Study of conformity between the results of corrosion tests using the laboratory express method and field tests. Part 1	90
<i>Amezhnov A.V.</i> Evaluation of the applicability of the method for measuring the saturation current density of anodic dissolution of steel in a corrosive environment for the purpose of determining the corrosion resistance of steels for oil field pipelines	100

RESOURCE SAVING

<i>Popov A.V., Khudyakova V.A., Sevastyanov G.M., Komarov O.N.</i> Influence of alloying elements on the characteristics of steels intended for use at low and cryogenic temperatures	108
---	-----

HISTORY. THE CHRONICLE

<i>Zaparii V.I., Zaparii V.V., Sheshukov O.Yu.</i> Going through old paper, or correcting an error after half a century	122
Academician Leopold Igorevich Leontiev is 90 years old	127

DOI 10.52351/00260827_2024_4_4
УДК 669.539.2

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЛОТНОСТЬ СТАЛИ

Варвара Петровна Филиппова¹, канд. физ.-мат. наук, **Иван Борисович Чудаков**¹,
канд. физ.-мат. наук, **Елена Николаевна Блинова**¹, канд. физ.-мат. наук,
Станислав Георгиевич Головачев¹, **Олег Александрович Банных**², д-р техн. наук, акад. РАН

¹ ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина, Москва, Россия

² Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

E-mail: varia.filippova@yandex.ru, i-chudakov@yandex.ru, blinova_en@rambler.ru, golstar@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются факторы, ответственные за влияние легирующих элементов на плотность стали. Предлагается критерий, позволяющий оценить плотность стали в зависимости от химического состава и соотношения структурных компонентов. Приводятся исходные справочные данные для количественных расчетов плотности стали.

Ключевые слова: сталь, плотность, легирующие элементы, фазовый состав, кристаллическая структура

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ALLOYING ELEMENTS ON STEEL DENSITY

Varvara P. Filippova¹, **Ivan B. Chudakov**¹, **Elena N. Blinova**¹, **Stanislav G. Golovachev**¹,
Oleg A. Bannyh²

¹ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

² Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Moscow, Russia

Abstract. The factors responsible for the influence of alloying elements on the density of steel are considered. A criterion is proposed to evaluate the density of steel depending on the chemical composition and the ratio of structural components. The initial reference data for quantitative calculations of steel density are given.

Keywords: steel, density, alloying elements, phase composition, crystal structure

ФОРМИРОВАНИЕ РАСЩЕПЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЮ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

Юрий Иванович Матросов¹, д-р техн. наук; Ольга Николаевна Чевская¹;
Наталья Валерьевна Колясникова¹, канд. техн. наук; Олег Александрович Банных²,
д-р техн. наук, акад. РАН

¹ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

E-mail: nkolyasnikova@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены условия возникновения расщеплений в изломах ударных образцов, отобранных от листов низколегированных C–Mn–, C–Mn–V–Nb и C–Mn–Mo–V–Nb-сталей, подвергнутых контролируемой прокатке. Установлено, что в результате деформации в γ + α - и α -областях в стали возникает текстура {100}<110>, обуславливающая образование расщеплений, приводящих к разрушению по типу «естественного многослоя», что способствует понижению температуры перехода к хрупкому разрушению в процессе испытаний на ударную вязкость.

Ключевые слова: низколегированные стали, контролируемая прокатка, текстура, расщепления, микролегирование, анизотропия, хладостойкость

THE FORMATION OF DELAMINATIONS DURING IMPACT TESTING AND THEIR INFLUENCE ON THE FRACTURE RESISTANCE OF LOW-CARBON TUBULAR STEELS

Yuriy I. Matrosoy¹, Olga N. Chevskaya¹, Nataliya V. Kolyasnikova¹, Oleg A. Bannyh²

¹ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

² Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Moscow, Russia

Abstract. The conditions for the occurrence of delaminations in the fractures of impact samples taken from plates of low-alloy C–Mn–, C–Mn–V–Nb and C–Mn–Mo–V–Nb steels subjected to controlled rolling are considered. It was found that as a result of deformation in the γ + α - and α -regions, a texture {100}<110> appears in steel, causing the formation of delaminations leading to destruction by the type of "natural multilayer", which contributes to a decrease in the temperature of transition to brittle fracture during toughness tests.

Keywords: low-alloy steels, controlled rolling, texture, cleavage, delaminations, microalloying, anisotropy, cold resistance

DOI 10.52351/00260827_2024_4_18
УДК 669.018.294.2

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА И СВОЙСТВ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ*

Георгий Анатольевич Филиппов¹, д-р техн. наук, Надежда Олеговна Ливанова¹,
Олег Александрович Банных², д-р техн. наук, акад. РАН

¹ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

E-mail: iqs12@yandex.ru

* Статья по материалам доклада на 139 заседании некоммерческого партнерства «Рельсовая комиссия» в сентябре 2023 г.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы роли дисперсности структуры высокоуглеродистой рельсовой стали в формировании механических характеристик рельсов, перспективных технологий микролегирования, как средства повышения эксплуатационной стойкости и сопротивления замедленному хрупкому разрушению в связи с особенностями образования структурной неоднородности при производстве рельсов из непрерывнолитой заготовки.

Ключевые слова: рельсовая сталь, непрерывнолитая заготовка, микролегирование, мартенсит, перлит

TOPICAL ISSUES OF IMPROVING THE QUALITY AND PROPERTIES OF RAIL STEEL

Georgiy A. Filippov¹, Nadezhda O. Livanova¹, Oleg A. Bannyh²

¹ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

² Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Moscow, Russia

Abstract. The article considers the role of the dispersion of the structure of high-carbon rail steel in the formation of mechanical characteristics of rails, promising micro-alloying technologies as a means of increasing operational resistance and resistance to delayed brittle fracture due to the peculiarities of the formation of structural heterogeneity in the production of rails from continuously cast billets.

Keywords: rail steel, continuous cast billet, microalloying, martensite, perlite

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Андрей Евгеньевич Балановский, канд. техн. наук, **Владимир Юрьевич Конюхов**, канд. техн. наук, **Илья Сергеевич Ремезов**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

E-mail: fuco.64@mail.ru, konyukhov_vyu@mail.ru, remezilia@bk.ru

Аннотация. Рассмотрены практические вопросы сварки трением перемешиванием алюминиевых сплавов. Для исследования был выбран промышленный термически неупрочняемый деформируемый алюминий-магний сплав АМг5 (зарубежный аналог – сплав 5083) в виде прокатанных пластин толщиной 4,5 мм. Эксперимент осуществлялся на универсальном фрезерном станке, измерения температуры в зоне нагрева проводились с помощью пирометра. Инструмент, вращающийся по часовой стрелке, с различной угловой скоростью заглаблялся в образец до касания заплечика, после чего включалась продольная подача стола и осуществлялась сварка. Результат испытания по каждому режиму сварки представлял собой среднее арифметическое значений предела прочности трех разрушенных образцов. Испытания на статический изгиб проводили для определения способности сварного соединения выдерживать заданную пластическую деформацию для оценки предельной пластичности металла при изгибе. В ходе проведенных исследований установлено, что во время процесса скорость вращения инструмента и скорость подачи объединяются таким образом, что получается асимметричный поток металла. В частности, наблюдаются продвигающаяся сторона и отступающая сторона: первая характеризуется «положительной» комбинацией скорости подачи инструмента и скорости периферийного инструмента, в то время как вторая имеет векторы скорости подачи и вращения, противоположные друг другу. Асимметрия сварного соединения является уникальной характеристикой метода FSW. Основные параметры процесса FSW: скорость вращения инструмента, скорость перемещения, глубина погружения инструмента, угол наклона шпинделя и условия зажима приспособления. Для осуществления FSW требуются относительно высокий крутящий момент и сила врезания для адекватного размягчения материала для формирования качественной структуры сварного шва. Относительно высокое напряжение, вызываемое инструментом, вызывает сильный износ инструмента и преждевременный выход из строя инструмента.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, алюминиевые сплавы, скорость вращения, инструмент

DEVELOPMENT OF FRICTION WELDING TECHNOLOGY FOR ALUMINUM ALLOYS

Andrey E. Balanovsky, Vladimir Yu. Konyukhov, Ilya S. Remezov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The practical issues of friction stir welding of aluminum alloys are considered. For the study, an industrial thermally non-hardening deformable aluminum-magnesium alloy AMg5 (foreign analogue – alloy 5083) in the form of rolled plates with a thickness of 4.5 mm was chosen. The experiment was carried out on a universal milling machine; temperature measurements in the heating zone were carried out using a pyrometer. The tool, rotating clockwise, at different angular speeds was buried into the sample until it touched the shoulder, after which the longitudinal feed of the table was turned on and welding was carried out. The test result for each welding mode was the arithmetic mean of the tensile strength values of three destroyed samples. Static bending tests were carried out to determine the ability of a welded joint to withstand a given plastic deformation to assess the ultimate ductility of the metal in bending. In the course of the research, it was found that during the process, the rotation speed of the tool and the feed rate are combined in such a way that an asymmetric metal flow is obtained. In particular, an advancing side and a retreating side are observed: the former is characterized by a “positive” combination of tool feed rate and peripheral tool speed, while the latter has feed rate and rotation vectors that are opposite to each other. Weld joint asymmetry is a unique characteristic of the FSW method. The main parameters of the FSW process are: tool rotation speed, traversing speed, tool immersion depth, spindle angle and fixture clamping conditions. FSW requires relatively high torque and cutting force to adequately soften the material to form a good weld structure. The relatively high stress generated by the tool causes severe tool wear and premature tool failure.

Keywords: friction welding with stirring, aluminum alloys, rotation speed, tool

DOI 10.52351/00260827_2024_4_39

УДК 669.25:539.4

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СУПЕРСПЛАВА СИСТЕМЫ Co-Ni-Cr-W-Al-Ti ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ПЕРЕПЛАВА

Владимир Владимирович Соснин, канд. физ.-мат. наук, **Александр Михайлович Лонгинов**, канд. техн. наук, **Сергей Александрович Зимичев**, **Дмитрий Львович Дьяконов**, **Елена Николаевна Блинова**, канд. физ.-мат. наук, **Надежда Александровна Шурыгина**, канд. физ.-мат. наук

ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия
E-mail: vvsosnin@gmail.com, blinova_en@rambler.ru

Аннотация. Методом просвечивающей электронной микроскопии проведено исследование структуры образцов суперсплава системы Co-Ni-Cr-W-Al-Ti после электронно-лучевого переплава в области существования упорядоченной фазы со структурой типа $L1_2$ после различных режимов термической обработки. Экспериментально определена температура начала рекристаллизации, температурный интервал существования γ' -фазы и температура сольвуса. Обнаружен процесс «вторичного» выделения частиц γ' -фазы при термообработке в определенном интервале температур. Установлена зависимость структурно-фазовых состояний от режимов закалки и отпуска холоднодеформированных образцов.

Ключевые слова: суперсплав на основе кобальта, микроструктура, жаропрочность, твердорастворное упрочнение, дисперсионное упрочнение, интерметаллидная фаза, просвечивающая электронная микроскопия, электронно-лучевой переплав

FEATURES OF THE FORMATION OF THE SUPERALLOY STRUCTURE OF THE Co-Ni-Cr-W-Al-Ti SYSTEM AFTER ELECTRON BEAM REMELTING

Vladimir V. Sosnin, Alexander M. Longinov, Sergey A. Zimichev, Dmitry L. Dyakonov, Elena N. Blinova, Nadezhda A. Shurygina

I.P. Bardin TSNIChermets, Moscow, Russia

Abstract. Transmission electron microscopy was used to study the structure of superalloy samples of the Co-Ni-Cr-W-Al-Ti system after electron beam remelting in the region of the existence of an ordered phase with an $L1_2$ type structure, after various heat treatment modes. The temperature of the beginning of recrystallization, the temperature range of the existence of the γ' phase and the solvus temperature were determined experimentally. The dependence of the structural-phase states on the tempering regime of cold-deformed samples has been established.

Keywords: cobalt-based superalloy, microstructure, heat resistance, solid-solution hardening, dispersion hardening, intermetallic phase, transmission electron microscopy, electron beam remelting

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ ТИТАНОМ СТАЛЕЙ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ НАНОРАЗМЕРНЫХ ФАЗОВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ

Алексей Игорьевич Дагман¹, канд. техн. наук, **Александр Юрьевич Казарин**¹,
Антон Викторович Колдаев², канд. физ.-мат. наук, **Наталья Анриевна Арутюнян**^{2,3},
канд. физ.-мат. наук, **Саддам Зохиридзонович Машарипов**², **Дмитрий Львович Дьяконов**²

¹ НЛМК, г. Липецк, Россия

² ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

³ Химический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dagman_ai@nlmk.com, kazarin_ay@nlmk.com, koldaevanton@gmail.com, naarutyunyan@gmail.com, masharipov.saddam@mail.ru, aberkas@yandex.ru

Аннотация. Проведено исследование структурного состояния и механических свойств горячекатаного проката высокопрочных низкоуглеродистых микролегированных титаном сталей, произведенных в промышленных условиях с различными режимами горячей прокатки. Установлено благоприятное влияние титана на формирование сульфидных включений глобулярной формы. Показано, что, контролируя температуры конца прокатки и скотки, можно варьировать количество и размер фазовых выделений и влиять на реализацию механизмов зернограницного упрочнения и дисперсионного твердения. Это позволяет производить экономичные высокопрочные автолистовые стали с пределом текучести от 315 до 420 МПа, микролегированные только титаном.

Ключевые слова: высокопрочная низколегированная сталь, горячекатаный прокат, микролегирование титаном, неметаллические включения, фазовые выделения, механические свойства

INCREASING THE STRENGTH OF HOT-ROLLED LOW-CARBON TITANIUM MICROALLOYED STEELS BY FORMING A SYSTEM OF NANO-SIZED PHASE PRECIPITATES

Aleksey I. Dagman¹, **Alexandr Yu. Kazarin**¹, **Anton V. Koldaev**², **Nataliya A. Arutuinyan**^{2,3},
Saddam Z. Masharipov², **Dmitriy L. D'yakonov**²

¹ Novolipetsk Steel, Lipetsk, Russia

² I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

³ Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The structural state and mechanical properties of hot-rolled high-strength low-carbon titanium microalloyed steels produced under industrial conditions with different hot rolling modes were studied. The favorable effect of titanium on the formation of globular sulfide inclusions was established. It was shown that by controlling the temperatures of the rolling end and the coiling, it is possible to vary the number and size of phase precipitates and influence the implementation of mechanisms of grain boundary strengthening and precipitation hardening. This allows producing economical high-strength automotive sheet steels with a yield strength of 315 to 420 MPa, microalloyed only with titanium.

Keywords: high-strength microalloyed steel, hot rolled products, titanium microalloying, non-metallic inclusions, phase precipitates, mechanical properties

DOI 10.52351/00260827_2024_4_56
УДК 620.181:620.178

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ ХРОМИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОТПУСКА

Иван Дмитриевич Поспелов, Дина Вагифовна Матвеева

*Череповецкий государственный университет, г. Череповец, Россия
E-mail: idpospelov@chsu.ru*

Аннотация. Исследовано влияние различных температур отпуска на микроструктуру и твердость горячекатаной конструкционной стали 35Х с исходной феррито-перлитной структурой. После проведения экспериментов определен оптимальный температурный режим отпуска для получения дополнительного требования к твердости не более 197 НВ по ГОСТ 4543–71 применительно к горячекатаному толстолистовому прокату.

Ключевые слова: конструкционная толстолистовая сталь 35Х, твердость по Бринеллю, режимы высокотемпературного отпуска, микроструктура, карбидная фаза, уравнение регрессии

INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF HOT-ROLLED STRUCTURAL CHROMIUM STEEL AFTER VARIOUS TEMPERING TREATMENT

Ivan D. Pospelov, Dina V. Matveeva

Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

Abstract. The effect of different tempering temperatures on the microstructure and hardness of hot-rolled 0.35-Cr structural steel with an initial ferrite-pearlite structure has been studied. After the experiments the optimal tempering temperature was determined to obtain an additional hardness requirement of no more than 197HB according to GOST 4543-71 in relation to hot-rolled plate products.

Keywords: 0.35-Cr structural steel, Brinell hardness, high temperature tempering modes, deformation-temperature schedules, microstructure, carbide phase, regression equation

СТРУКТУРА, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЛЕНТ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Fe–Co–Si–B–P

Александр Петрович Семин¹, канд. техн. наук, **Виктор Евгеньевич Громов**¹, д-р физ.-мат. наук, **Юрий Федорович Иванов**², д-р физ.-мат. наук, **Сергей Викторович Панин**³, д-р техн. наук, **Владимир Владимирович Соснин**⁴, канд. техн. наук, **Павел Сергеевич Могильников**^{4,5}, канд. техн. наук, **Игорь Юрьевич Литовченко**³, д-р физ.-мат. наук, **Илья Дмитриевич Селиванов**¹

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

² Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

³ Институт физики прочности и материаловедения, г. Томск, Россия

⁴ ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

⁵ МИСИС, Москва, Россия

E-mail: syomin53@bk.com, gromov@physics.sibsiu.ru, yuf55@mail.ru, paninsergey71@mail.ru, vlsosnin@yandex.ru, pavel_mog@mail.ru, litovchenko@spti.tsu.ru, ilyselivanov@mail.ru

Аннотация. Методами современного физического материаловедения выполнен анализ структурно-фазовых состояний, механических и магнитных свойств аморфных сплавов FeCoBSi и FeCoBSiP, полученных методом спиннингования. Методом картирования прослежено распределение элементного состава и отмечено расслоение сплава по кремнию и бору. Показано, что определенные экспериментально значения индукции насыщения (1,7–1,8 Тл) и коэрцитивной силы (18–20 А/м) практически не зависят от изменения состава лент в исследованном диапазоне содержания элементов. Проведенная оценка значения предела прочности (~162 МПа) и удлинения до разрушения (~0,23 %) свидетельствует о низкой пластичности исследуемых лент. Однако величина модуля упругости имела высокое значение на уровне 81,5 МПа. Методом корреляции цифровых изображений рассчитаны картины распределения полей продольной, поперечной и сдвиговой деформации.

Ключевые слова: магнитомягкие сплавы, спиннингование, структура, механические свойства, деформационное поведение

STRUCTURE, FUNCTIONAL PROPERTIES AND DEFORMATION BEHAVIOR OF AMORPHOUS ALLOY TAPES OF THE Fe–Co–Si–B–P SYSTEM

Alexander P. Semin¹, **Viktor E. Gromov**¹, **Yuriy F. Ivanov**², **Sergey V. Panin**³, **Vladimir V. Sosnin**⁴, **Pavel S. Mogilnikov**^{4,5}, **Igor Yu. Litovchenko**³, **Ilya D. Selivanov**¹

¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

² Institute of High-Current Electronics SB RAS, Tomsk, Russia

³ Institute of Strength Physics and Materials Science, Tomsk, Russia

⁴ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

⁵ NUST MISIS, Moscow, Russia

Abstract. The methods of modern physical materials science were used to analyze the structural-phase states, mechanical and magnetic properties of amorphous alloys FeCoBSi and FeCoBSiP obtained by spinning. The distribution of the elemental composition was traced using mapping method, and the alloy stratification by silicon and boron was noted. It was shown that the experimentally determined values of saturation induction (1.7–1.8 T) and coercive force (18–20 A/m) are practically independent of changes in the composition of the tapes in the studied range of element content. The conducted assessment of the tensile strength (~162 MPa) and elongation before failure (~0.23%) indicates low ductility of the studied tapes. However, the elastic modulus had a high value of 81.5 MPa. The distribution patterns of longitudinal, transverse and shear deformation fields were calculated using the digital image correlation method.

Keywords: soft magnetic alloys, spinning, structure, mechanical properties, deformation behavior

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАПЛАВКИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОЙ МОЛИБДЕНОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ПОДВЕРГНУТОЙ МНОГОКРАТНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Юрий Федорович Иванов¹, д-р физ.-мат. наук, Виктор Евгеньевич Громов², д-р физ.-мат. наук, Сергей Сергеевич Миненко², Александр Сергеевич Чапайкин², Татьяна Павловна Гусева², Денис Анатольевич Романов², д-р техн. наук

¹ Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

² Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

E-mail: yuf55@mail.ru, gromov@physics.sibsiu.ru, mss121278@mail.ru, thapajkin.as@yandex.ru,

guseva_tp@sibsiu.ru, romanov_da@physics.sibsiu.ru

Аннотация. На стали 30ХГСА методом плазменной наплавки в среде азота сформирован слой высокоэнтропийной быстрорежущей стали на базе М10 толщиной до 9 мм. Осуществлена комплексная обработка слоя, сочетающая двукратный высокотемпературный отпуск и последующее облучение в вакууме интенсивным импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия (30 Дж/см², 50 мкс, 0,3 с⁻¹, 10 имп.). Установлено, что обработка системы «наплавка/подложка» сопровождается увеличением микротвердости наплавленного металла до 8,4 ГПа, что превышает в 2,8 раза микротвердость подложки (сталь 30ХГСА). Показано, что микротвердость наплавленного слоя, подвергнутого комплексной обработке, практически не зависит от расстояния до подложки. Облучение наплавки сопровождается формированием упроченного поверхностного слоя толщиной ≈100 мкм, что обусловлено закалочным эффектом, сочетающим измельчение зеренной и субзеренной структуры.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, наплавка быстрорежущей стали, высокотемпературный отпуск, облучение, импульсный электронный пучок, структура, свойства

STRUCTURE AND PROPERTIES OF HIGH-ENTROPY MOLYBDENUM HIGH-SPEED STEEL SURFACED BY MULTIPLE HEAT TREATMENTS

Yuriy F. Ivanov¹, Viktor E. Gromov², Sergey S. Minenko², Alexander S. Chapaikin², Tatyana P. Guseva², Denis A. Romanov²

¹ Institute of High Current Electronics SB RAS, Tomsk, Russia

² Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract. A layer of high-entropy high-speed steel based on M10 with a thickness of up to 9 mm was formed on 30KhGSA steel using the method of plasma surfacing in a nitrogen environment. Complex processing of the layer was carried out, combining double high-temperature tempering and subsequent irradiation in a vacuum with an intense pulsed electron beam of submillisecond duration of exposure (30 J/cm², 50 μs, 0.3 s⁻¹, 10 imp.). It was found that the processing of the "surfacing/substrate" system is accompanied by an increase in the microhardness of the deposited metal to 8.4 GPa, which is 2.8 times higher than the microhardness of the substrate (30KhGSA steel). It is shown that the microhardness of the deposited layer subjected to complex processing is practically independent of the distance to the substrate. Irradiation of the weld is accompanied by the formation of a hardened surface layer with a thickness of ≈100 μm, which is due to the hardening effect, which combines the refinement of the grain and subgrain structure.

Keywords: high-entropy alloy, high-speed steel surfacing, high-temperature tempering, irradiation, pulsed electron beam, structure, properties

DOI 10.52351/00260827_2024_4_90
УДК 669.15-194.2:621.785.735

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКЕ И В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ. Часть 1

Элина Станиславовна Гранилина¹, Константин Александрович Буков¹,
Александр Семенович Мельниченко¹, канд. техн. наук, Дмитрий Григорьевич Рузаев²,
Татьяна Валериевна Пименова³, Любовь Ивановна Никольская¹,
Юлия Сергеевна Гладченкова¹, канд. техн. наук

¹ ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² АвтоВАЗ, г. Тольятти, Россия

³ ЦНИИТМАШ, Москва, Россия

E-mail: elinagranilina@gmail.com, bukov.kostya@gmail.com, asmeln@yandex.ru, dmitriy.ruzaev@vaz.ru, tvpimenova@cniitmash.com, l.nikolskaya@chermet.net, jubykova@yandex.ru

Аннотация. Для установления взаимосвязи между скоростью коррозии, получаемой из экспериментов по лабораторной экспресс-методике, и скоростью коррозии при натурных испытаниях на открытой площадке в течение одного и двух месяцев проведены параллельные лабораторные и натурные испытания образцов автолистового проката различных марок сталей (часть 1 работы). Установлено, что значения скорости коррозии, полученные при испытаниях по лабораторной экспресс-методике, равные 0,2–0,6 г/(м²ч), что соответствует значениям 0,005–0,017 мм/год при натурных испытаниях на открытой площадке. Показано, что по результатам натурных испытаний продолжительностью до двух месяцев можно разделить исследованные стали на две группы: стали с повышенной коррозионной стойкостью (скорость коррозии 0,005–0,009 мм/год) и стали с пониженной коррозионной стойкостью (скорость коррозии более 0,010–0,017 мм/год).

Ключевые слова: коррозионные испытания, метод переменного погружения, стойкость против атмосферной коррозии, автолистовые стали, холоднокатаный листовой прокат, низкоуглеродистые и сверхнизкоуглеродистые стали, микролегированные стали

STUDY OF CONFORMITY BETWEEN THE RESULTS OF CORROSION TESTS USING THE LABORATORY EXPRESS METHOD AND FIELD TESTS. Part 1

Elina S. Granilina¹, Konstantin A. Bukov¹, Alexandr S. Melnichenko¹, Dmitriy G. Ruzaev²,
Tatyana V. Pimenova³, Lyubov I. Nikolskaya¹, Yuliya S. Gladchenkova¹

¹ I.P. Bardin TSNIChermet, Moscow, Russia

² AvtoVAZ, Tolyatti, Russia

³ TSNIITMASH, Moscow, Russia

Abstract. In order to establish the relationship between the corrosion rate obtained in the experiments using the express laboratory method and the corrosion rate during full-scale tests in the open air for 1 and 2 months, parallel laboratory and full-scale tests of automotive sheet metal samples of various steel grades were carried out (Part 1). It was found that the corrosion rate values, obtained in the tests using the express laboratory method, equal to 0.2–0.6 g/(m²h), correspond to the values 0.005–0.017 mm/year during full-scale tests in the open air. It is shown that, based on the results of full-scale tests lasting up to 2 months, the studied steels can be divided into two groups: steels with increased corrosion resistance (corrosion rate of 0.005–0.009 mm/year) and steels with reduced corrosion resistance (corrosion rate of more than 0.010–0.017 mm/year).

Keywords: corrosion testing, alternating immersion method, atmospheric corrosion resistance, automotive sheet steel, cold-rolled sheet metal, low-carbon and ultra-low-carbon steels, microalloyed steels

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА НАСЫЩЕНИЯ АНОДНОГО РАСТВОРЕНИЯ СТАЛИ В КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЕ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ ДЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Андрей Владимирович Амежнов, канд. техн. наук

ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва Россия
E-mail: amezhnov@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты установления применимости «Методики определения коррозионной стойкости углеродистых и низколегированных сталей и изделий из них путем измерения плотности тока насыщения анодного растворения стали в коррозионной среде электрохимическим методом» для определения коррозионной стойкости сталей для нефтепромысловых трубопроводов. Проведены исследования пяти вариантов горячекатаных микролегированных трубных сталей, отличающихся по химическому составу. Проведены испытания по оценке коррозионной стойкости исследуемых сталей по двум разным методикам: измерения плотности тока насыщения и линейной анодной поляризации. Исследована сходимость результатов двух разных методик, на основе чего установлено, что скорости коррозии, полученные двумя разными методами, для каждого из образцов имеют между собой очень близкие значения и показывают схожую тенденцию.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, методы оценки коррозионной стойкости, плотность тока насыщения, анодная поляризация, трубные стали, нефтепромысловые среды, углекислотная коррозия

EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF THE METHOD FOR MEASURING THE SATURATION CURRENT DENSITY OF ANODIC DISSOLUTION OF STEEL IN A CORROSIVE ENVIRONMENT FOR THE PURPOSE OF DETERMINING THE CORROSION RESISTANCE OF STEELS FOR OIL FIELD PIPELINES

Andrey V. Amezhnov

I. P. Bardin TsNIIChermet, Moscow, Russia

Abstract. The paper presents the results of establishing the applicability of the "Methodology for Determining the Corrosion Resistance of Carbon and Low-Alloy Steels and Their Products by Measuring the Saturation Current Density of Anodic Dissolution of Steel in a Corrosive Environment Using the Electrochemical Method" for determining the corrosion resistance of steels for oil field pipelines. The studies of 5 variants of hot-rolled microalloyed pipe steels with different chemical compositions were conducted. Tests were conducted to assess the corrosion resistance of the steels under study using two different methods: measuring the saturation current density and linear anodic polarization. The convergence of the results of two different methods was studied, on the basis of which it was established that the corrosion rates obtained by two different methods for each of the samples have very close values to each other and show a similar trend.

Keywords: corrosion resistance, methods of corrosion resistance assessment, saturation current density, anodic polarization, pipe steels, oil field environments, carbon dioxide corrosion

DOI 10.52351/00260827_2024_4_108
УДК 669.15

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ И КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Артем Владимирович Попов, Вилена Александровна Худякова, Георгий Мамиевич Севастьянов, канд. физ.-мат. наук,
Олег Николаевич Комаров, канд. техн. наук

*Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край, Россия
E-mail: popov.av@live.com, ms.viliena@mail.ru, akela.86@mail.ru, olegnikolaevitsch@rambler.ru, mail@imim.ru*

Аннотация. Интенсивное освоение Арктики и развитие Северного морского пути (СМП) открывают новые перспективы экономического роста и формируют актуальные задачи для целого ряда отраслей промышленности и науки. Смещение вектора внимания в сторону полярных и северных областей обусловливается сосредоточением там богатейших природных запасов, способных удовлетворить существующие и прогнозные потребности, а также возможностью транзитной перевозки грузов по СМП, сокращающего расстояние между Европой и Азией примерно на треть. Добыча ресурсов, транспортировка грузов, а также иные сопутствующие мероприятия в условиях арктического холода требуют применения объектов инфраструктуры, машин и механизмов, инструмента, оснастки и т.д., выполненных из специальных материалов, способных безаварийно функционировать в сложных условиях отрицательных температур. Основным материалом для производства указанного оборудования являются хладостойкие стали, которые неплохо зарекомендовали себя при работе в суровых климатических районах. Отличительной особенностью рассматриваемых материалов от традиционно применяемых железоуглеродистых сплавов является их низкая температура перехода из пластического состояния в хрупкое (DBTT), определяющая низкотемпературную вязкость (СIT). Указанная характеристика обусловливается микроструктурой стали, которой управляют в основном формированием определенного химического состава и режимами термической, термомеханической обработки (ТМСП) и ультразвуковой прокатки (USRП), способствующими получению определенного размера и типа структурных составляющих, а также формы и размеров включений. Обеспечение оптимального соотношения пластических и прочностных свойств материала является важным условием подбора легирующих элементов, видов и режимов обработки. Совершенствование свойств не только промежуточного продукта в виде металлопроката, способного функционировать в условиях резко отрицательных температур, но и неразъемных соединений и литых заготовок представляется актуальной задачей. При этом управление свойствами изделий возможно на стадии сварки, выплавки, кристаллизации и охлаждения, а также последующих операциях термической обработки. В работе приведен мировой опыт применения легирующих компонентов, а также сопутствующих видов и режимов термообработки для получения сталей с низкой температурой вязко-хрупкого перехода применительно для производства техники, способной эффективно функционировать в условиях Арктики.

Ключевые слова: легирующий элемент, включения, обработка, микроструктура, сталь, температура перехода, прочность, ударная вязкость

INFLUENCE OF ALLOYING ELEMENTS ON THE CHARACTERISTICS OF STEELS INTENDED FOR USE AT LOW AND CRYOGENIC TEMPERATURES

Artem V. Popov, Vilena A. Khudyakova, Georgy M. Sevastyanov, Oleg N. Komarov

Khabarovsk Federal Research Center, Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Komsomolsk-on-Amur, Khabarovsk Territory, Russia

Abstract. The intensive development of the Arctic and the development of the Northern Sea Route (NSR) open up new prospects for economic growth and create urgent tasks for a number of industries and sciences. The vector of attention is shifting towards the polar and northern regions due to the concentration there of the richest natural resources capable of meeting existing and forecasted needs, as well as the possibility of transit transportation of goods along the NSR, reducing the distance between Europe and Asia by about a third. Resource extraction, cargo transportation, as well as other related activities in the Arctic cold conditions require the use of infrastructure facilities, machinery, tools, equipment, etc. made of special materials capable of trouble-free operation in difficult conditions of subzero temperatures. The main material for the production of this equipment are cold-resistant steels, which have proved themselves well when working in harsh climatic regions. A distinctive feature of these materials from traditionally used iron-carbon alloys is their low transition temperature from plastic to brittle (DBTT), which determines the low-temperature toughness (CIT). This characteristic is determined by the microstructure of steel, which is controlled mainly by the formation of a certain chemical composition and modes of thermal, thermomechanical processing (TMCP) and ultrasonic rolling (USR), which contribute to obtaining a certain size and type of structural components, as well as the shape and size of inclusions. Ensuring the optimal ratio of plastic and strength properties of the material is an important condition for the selection of alloying elements, types and modes of processing. Improvement of properties not only of the intermediate product in the form of rolled metal products capable of functioning under conditions of sharply negative temperatures, but also of permanent joints and castings seems to be an urgent task. In this case, the control of product properties is possible at the stage of welding, melting, crystallization and cooling, as well as subsequent operations of heat treatment. The paper presents the world experience in the use of alloying components, as well as associated types and modes of heat treatment to obtain steels with low ductile-brittle transition temperature for the production of equipment capable of efficient operation in the Arctic.

Keywords: alloying element, inclusions, treatment, microstructure, steel, transition temperature, strength, impact toughness

DOI 10.52351/00260827_2024_4_122

ПЕРЕБИРАЯ СТАРЫЕ БУМАГИ, ИЛИ ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБКИ ЧЕРЕЗ ПОЛВЕКА

Владимир Васильевич Запарий¹, д-р ист. наук, **Василий Владимирович Запарий**¹,
канд. ист. наук, **Олег Юрьевич Шешуков**^{1,2}, д-р техн. наук

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

² Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vzap@mail.ru, pantera.zap@gmail.com, o.j.sheshukov@urfu.ru

Аннотация. Авторы статьи на основе найденного в личном архиве Вайсбергов письма Л.Э. Вайсберга на имя И.П. Казанца уточняет фамилии инженеров и металлургов, сыгравших основную роль в освоении производства танковой брони на Кузнецком металлургическом комбинате в годы Великой Отечественной войны. Как следует из документа, в ходе работы над публикацией обобщающей книги по истории чёрной металлургии СССР в ее текст вкрались ошибки. Авторы статьи вносит коррективы и исправляет эту историческую ошибку, т. к. письмо никогда не публиковалось, а текст книги никто не перепечатывал.

Ключевые слова: черная металлургия СССР, Великая отечественная война, танковая броня, Кузнецкий металлургический комбинат, новые технологии, Леонид Эммануилович Вайсберг

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24–28–00837

GOING THROUGH OLD PAPER, OR CORRECTING AN ERROR AFTER HALF A CENTURY

Vladimir V. Zaparii¹, **Vasiliy V. Zaparii**¹, **Oleg Yu. Sheshukov**^{1,2}

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. Yekaterinburg, Russia

² Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Yekaterinburg, Russia

Abstract. The author of the article, based on a letter from L.E. Weisberg to I.P. Kazants found in the personal archive of the Weisbergs, clarifies the names of the engineers and metallurgists who played a major role in mastering the production of tank armor at the Kuznetsk Metallurgical Plant during the Great Patriotic War. As follows from the document, during the work on the publication of a general book on the history of ferrous metallurgy of the USSR, errors crept into its text. The author of the article makes adjustments and corrects this historical error, since the letter was never published, and no one reprinted the text of the book.

Keywords: Ferrous metallurgy of the USSR, Great Patriotic War, tank armor, Kuznetsk Metallurgical Plant, new technologies, Leonid Emmanuilovich Weisberg



АКАДЕМИКУ ЛЕОПОЛЬДУ ИГОРЕВИЧУ ЛЕОНТЬЕВУ – 90 ЛЕТ

1 декабря 2024 г. исполнилось 90 лет со дня рождения выдающегося учёного-металлурга, академика РАН Леонтьева Леопольда Игоревича. Приведем некоторые сведения о жизненном пути юбиляра.

Леопольд Игоревич родился 1 декабря 1934 года в г. Свердловске (пос. Шарташ). Поскольку детство пришлось на трудные военные годы, Леопольд Игоревич с ранних лет был приучен к самостоятельности и труду, нес ответственность за младших братья и сестру, помогал родителям по хозяйству. По семейным обстоятельствам он сменил несколько школ, но был отличником почти по всем предметам.

В 1952 г. будущий ученый поступает в Уральский политехнический институт им. С.М. Кирова (УПИ) на металлургический факультет. В июне 1957 г. он защитил на отлично дипломный проект «Достройка аглофабрики Череповецкого металлургического завода для обеспечения доменного цеха агломератом» и единственным из своей группы получил диплом с отличием по специальности «Металлургия черных металлов».

После учебы Л.И. Леонтьев по распределению попал в Институт металлургии Уральского филиала Академии наук (УФАН СССР) на должность старшего лаборанта

в лабораторию исследования сырья и процессов его подготовки. Его первые научные исследования под руководством профессора В.Я. Миллера связаны с переработкой руд Лисаковского месторождения. В 1961 г. Л.И. Леонтьев был зачислен в аспирантуру по специальности «Теория металлургических процессов» под руководством члена-корреспондента АН СССР Г.И. Чуфарова. В 1964 г. в УПИ успешно прошла защита кандидатской диссертации на тему «О механизме и кинетике восстановления ферритов кальция». С 1964 г. он продолжил работу в лаборатории прямого получения стали (позднее – лаборатория процессов комплексной переработки минерального сырья) Института металлургии УФАИ, где занимал должность старшего научного сотрудника. Научные исследования Леопольда Игоревича этого времени направлены на переработку красных шламов, железистых бокситов, кремнезёмистых железных руд, титаномагнетитовых руд.

В 1978 г. в Институте металлургии для исследований и испытаний в укрупнённых масштабах разрабатываемых технологий образована лаборатория технологического моделирования, первым руководителем которой стал Л.И. Леонтьев. В 1983 г. Леопольд Игоревич защитил докторскую диссертацию по теме «Теоретические основы и разработка технологии окускования и пирометаллургического обогащения комплексного железорудного сырья». С 1984 г. Л.И. Леонтьев становится заместителем директора Института металлургии УНЦ АН СССР. С 1987 по 1993 гг. он был профессором кафедры металлургии, а затем кафедры руднотермических технологий УПИ.

В 1990 г. был избран член.-корр. АН СССР. В это время Леопольд Игоревич уже

был известным ученым в области комплексной безотходной переработки железорудного сырья сложного состава: железо-ванадий-титанистых, железохромоникелевых, высокоглиноземистых и высокомагнезиальных руд и материалов. Им предложены схемы пирометаллургического обогащения такого сырья с получением железных и легированных концентратов, пригодных для извлечения оксидов титана и алюминия, оригинальные методы восстановительной агломерации, получения окатышей с металлом, скоагулированным внутришлаковой оболочки, способы прямого получения железа. В 1993 г. ему присвоено звание профессора.

В 1993 г. Леопольд Игоревич Леонтьев становится первым заместителем Министра науки и технической политики РФ. В министерстве занимался инновационной деятельностью, проверял реализацию работ, финансируемых министерством. В то же время он не прерывал занятия наукой и продолжал работу в Институте металлургии УрО РАН в должности главного научного сотрудника лаборатории пирометаллургии восстановительных процессов по совместительству, где у него были аспиранты, соискатели, докторант.

После окончания работы в министерстве в 1996 г. Леопольд Игоревич возвращается в Екатеринбург, где получает должность первого заместителя председателя УрО РАН по научной работе. В 1997 г. был избран действительным членом РАН по отделению физикохимии и технологии неорганических материалов, а с 1998 г. стал директором Института металлургии УрО РАН. С 1998 г. был директором Агентства по управлению имуществом РАН, которое несколько раз меняло своё название. До 2014 г. академик руководил

этой структурой. Л.И. Леонтьев внес большой вклад в обеспечение сохранности и эффективного использования имущества РАН.

В 1999 г. академик Л.И. Леонтьев избран членом Президиума РАН и занимал эту должность до 2013 г. С 2010 г. по настоящее время он является председателем Научного Совета по металлургии и металловедению Отделения химии и наук о материалах РАН, созданным по его инициативе.

Л.И. Леонтьев – автор более 500 научных работ, 11 монографий, более 120 авторских свидетельств и патентов. Под его руководством защищено 11 кандидатских и две докторские диссертации. Он является членом бюро Отделения химии и наук о материалах РАН, членом Президиума Научного центра РАН в Черногловке, членом правления Российского химического общества им. Д.И. Менделеева, членом экспертного совета Общественной палаты РФ по экологии, заместителем председателя совета РАН по глобальным экологическим проблемам, председателем экспертного совета по присуждению премий Правительства РФ в области металлургии, членом совета старейшин РАН, вице-президентом Международного союза металлургов, Совета главных металлургов ведущих предприятий России, членом Союза металлургов Свердловской области, членом редакционных коллегий и руководителем редакций научных журналов «Наука в России», «Химическая технология», «Промышленность и экология», «Металлы Евразии», «Ресурсосбережение и экология», «Проблемы черной металлургии и металловедения», «Сталь», «Металлы», «Расплавы», «Известия высших учебных заведений. Черная металлургия», «Редкие земли».

Редакция журнала, коллектив Научного центра комплексной переработки сырья им. Н.П. Лякишева сердечно поздравляют Леопольда Игоревича с юбилеем, желают ему и его близким крепкого здоровья, благополучия в семье, удачи в делах, успеха и дальнейших свершений в научной работе!



Уважаемые авторы!

Приглашаем Вас опубликовать результаты своих исследований в журнале «Проблемы черной металлургии и материаловедения». Журнал публикует на безвозмездной основе оригинальные статьи и обзоры, связанные с переработкой рудного и техногенного сырья, получением чугуна, стали и ферросплавов, свойствам сплавов на основе железа, материаловедением и физикой металлов, вопросами ресурсосбережения, экологии, стратегии развития и экономической эффективности металлургической отрасли. Издание входит в перечень журналов, рекомендуемых ВАК для публикации трудов соискателей ученых степеней, в электронном виде статьи размещены в научной электронной библиотеке eLibrary.ru, РИНЦ, журнал входит в базу данных «Russian Science Citation Index» (коллекция лучших российских журналов на платформе Web of Science).

Журнал выпускается с 2007 г. Его учредителем является Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина. Для повышения качества публикаций, обеспечения высокого научного уровня, практической значимости, освещения последних научных достижений проводится серьезная работа по привлечению авторов, обсуждению, рецензированию рукописей.

ВНИМАНИЕ! ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА на журнал

«ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ»

Подписку на журнал можно оформить:

- На сайте «Объединенного каталога «Пресса России» www.pressa-rf.ru
Подписной индекс – 58999
- Подписаться через интернет-магазин «Пресса по подписке» можно на сайте <https://www.akc.ru>;
- Подписка в редакции.

На электронную версию журнала можно подписаться на сайте Научной Электронной Библиотеки (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>

Приобрести журналы за безналичный расчет можно в ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Для оформления подписки на журнал по безналичному расчету необходимо прислать заявку с указанием номера журнала и количества экземпляров, адрес и банковские реквизиты.

Всю информацию следует отправить по электронной почте:

E-mail: ntphm@yandex.ru,

Тел. редакции: (495)777-94-98; (495)777-93-02; (495)777-95-13

www.thermet.net