

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

1 • 2022

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАЛЛУРГИИ

<i>Ерёмин Г.Н., Ливанова Н.О., Никулин А.Н., Филиппов Г.А.</i> Влияние размерных соотношений заготовки на напряженное состояние металла при прокатке.	3
<i>Гетманова М.Е., Ливанова О.В., Никулин А.Н., Филиппов Г.А., Седышев А.И.</i> Влияние термической обработки на структуру и механические свойства колесной стали.	19
<i>Елисеев Э.А., Леонов А.В., Вознесенская Н.М., Нефедкин Д.Ю.</i> Исследование изменения структуры под действием влияния различных технологических факторов на свойства холоднокатаной ленты из никель-бериллиевого сплава марки 97НЛ-ВИ	29
<i>Барaboшкин К.А.</i> А606 – металлопрокат для гибких насосно-компрессорных труб с повышенной коррозионной стойкостью	35

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Паришуков Л.И., Панин Ю.В., Коржов К.Н.</i> Исследование сварного шва из стали 12Х18Н10Т для соединения трубопроводов контурных тепловых труб	40
<i>Эфрон Л.И., Степанов П.П., Судьин В.В., Багмет О.А., Сметанин К.С., Жарков С.В.</i> Влияние микродобавок титана на структуру и свойства околошовной зоны при сварке трубных сталей.	45
<i>Кузнецов Р.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Юрьев А.А., Кормышев В.Е., Полевой Е.В.</i> Эволюция структурно-фазовых состояний и свойств дифференцированно закаленных 100-метровых рельсов при экстремально длительной эксплуатации. Сообщение 5. Градиентные структурно-фазовые состояния по радиусу скругления головки рельсов после сверхдлительной эксплуатации	56

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

<i>Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Шлярова Ю.А., Коновалов С.В., Воробьев С.В., Кириллова А.В.</i> Модифицирование структуры и свойств высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi импульсным электронным пучком.	65
<i>Филиппова В.П., Блинова Е.Н., Томчук А.А., Морозов Н.С.</i> Исследование атомной структуры поверхностных сегрегаций в сталях и сплавах на основе α -Fe.	77

ИНФОРМАЦИЯ

Юрию Ивановичу МАТРОСОВУ – 85 лет.	86
XI конференция молодых специалистов «Перспективы развития металлургических технологий».	87

PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENTS

1 • 2022

PRODUCTION PROCESSES IN METALLURGY

- Eremin G.E., Livanova N.O., Nikulin A.N., Filippov G.A.*
The effect of the dimensional ratios of the billet on the stress state of the metal during rolling. 3
- Getmanova M.E., Livanova O.V., Nikulin A.N., Filippov G.A., Sedishev A.I.*
The effect of heat treatment on the structure and mechanical properties of wheel steel. 19
- Eliseyev E.A., Leonov A.V., Voznesenskaya N.M., Nefyedkin D.Yu.*
Study of structural changes under the influence of technological factors on the properties of cold-rolled strip made of nickel-beryllium alloy 97NL-VI 29
- Baraboshkin K.A.*
A606 – rolled steel for production coiled tubing with increased corrosion resistance 35

MATERIALS SCIENCE AND NEW MATERIALS

- Parshukov L.I., Panin Yu.V., Korzhov K.N.*
Investigation of a welding joint of stainless steel 12X18N10T for connecting of loop heat pipes tube lines 40
- Efron L.I., Stepanov P.P., Sud'in V.V., Bagmet O.A., Smetanin K.S., Zharkov S.V.*
Influence of titanium microalloying on the structure and properties of the weld heat-affected zone of pipeline steels 45
- Kuznetsov R.V., Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Yur'ev A.A., Kormishev V.E., Polevoy E.V.*
Evolution of the phase state, microstructure and properties of differentially hardened 100-meter rails after extremely long service life. Message 5. Gradient Structural-Phase States along the radius of the Rail Head after extremely long service life 56

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES

- Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Shlyarova Yu.A., Konovalov S.V., Kirillova A.V.*
Modification of the structure and properties of a high-entropy CrMnFeCoNi alloy by pulsed electron beam 65
- Filippova V.P., Blinova E.N., Tomchuk A.A., Morozov Y.S.*
Investigation of Surface Segregation Atomic Structure Forming in Steels and Alloys based on α -Fe 77

INFORMATION

- Yu.I. Matrosov celebrates his 85th birthday 86
- XI youth conference «Prospects for the development of metallurgical technologies» 87

Влияние размерных соотношений заготовки на напряженное состояние металла при прокатке

© **Еремин Геннадий Николаевич**, канд. техн. наук; **Ливанова Надежда Олеговна**; **Никулин Анатолий Николаевич**, д-р техн. наук; **Филиппов Георгий Анатольевич**, д-р техн. наук

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Москва, Россия. E-mail: iqs12@yandex.ru

Рассмотрены условия разделения при прокатке поперечного сечения заготовки на структурно-деформационные элементы, а также появления в деформируемом объеме металла жестких и пластичных зон, их роль и участие в процессе деформации. Осуществлен анализ влияния размера заготовки на напряженное состояние металла при прокатке. С увеличением размера заготовки возрастает негативная роль жестких зон в деформационной проработке исходной макроструктуры металла и ухудшении технико-экономических показателей производства. Установлен оптимальный размер заготовок, использование которых обеспечит изготовление качественной металлопродукции и более чем приемлемую рентабельность производства.

Ключевые слова: прокатка, размер заготовки, краевой эффект, пластичные и жесткие зоны, напряженное состояние, сдвиги металла, поле скоростей, компоненты напряжений.

The conditions for separation of the cross section of the billet into structural-deformation elements during rolling and the appearance of rigid and plastic zones in the deformable volume of the metal, their role and participation in the deformation process are considered. The analysis of the influence of the billet size on the stress state of the metal during rolling is carried out. With an increase of the billet size, the negative role of hard zones in the deformation study of the initial macrostructure of the metal and the deterioration of the technical and economic indicators of production increases. The optimal size of blanks, the use of which will ensure the manufacture of high-quality metal products and more than acceptable profitability of production, has been established.

Keywords: rolling, billet size, edge effect, plastic and rigid zones, stress state, metal shear, velocity field, stress components.

Влияние термической обработки на структуру и механические свойства колесной стали

© Гетманова Марина Евгеньевна¹; Ливанова Ольга Викторовна¹, канд. техн. наук; Никулин Анатолий Николаевич¹, д-р техн. наук; Филиппов Георгий Анатольевич¹, д-р техн. наук; Седышев Александр Игоревич²

¹ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Москва, Россия. E-mail: getmanovamarina@yandex.ru; ovlivanova@gmail.com; iqs12@yandex.ru; iqs12@yandex.ru

² АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса, Россия. E-mail: sedyshev_ai@vsw.ru

Проанализировано влияние параметров микроструктуры высокоуглеродистой стали на механические и эксплуатационные свойства металла железнодорожных колес различного назначения. Показано, что на уровень свойств колесной стали влияют размер исходного аустенитного зерна, размер перлитных колоний, межпластиночное расстояние, наличие дисперсных фаз, объемная доля и распределение свободного феррита, загрязненность неметаллическими включениями. Прочностные характеристики определяются дисперсностью перлита: они тем выше, чем меньше межпластиночное расстояние. Пластичность зависит от размера колоний перлита и увеличивается с уменьшением их размера. Вязкость и суммарная работа разрушения возрастают с уменьшением межпластиночного расстояния и размера перлитных колоний. Исследовано последовательное формирование микроструктуры стали на различных этапах производства колес из стали состава, мас. %: 0,72–0,74 C; 0,79–0,81 Mn и 0,38–0,43 Si, микролегированной алюминием и без микролегирования. Опробован режим прерывистой закалки обода колеса.

Исследована структура и механические свойства металла обода, диска и ступицы колес после термической обработки.

Ключевые слова: термическая обработка, высокоуглеродистая сталь, структура, перлит, механические свойства, микролегирование, железнодорожное колесо.

Influence of parameters of high-carbon steel microstructure on mechanical and operational properties of metal of various purposes railway wheels was analyzed. It was shown that the level of properties of wheel steel is influenced by the size of the initial austenitic grain, the size of the pearlite colonies, the interplastic distance, the presence of disperse phases, volume fraction and distribution of free ferrite, contamination with non-metallic inclusions. Strength characteristics are determined by the dispersion of pearlite: the smaller the interplastic distance, the higher they are. Plasticity depends on the size of the pearlite colonies and increases as their size decreases. Impact strength and total fracture operation increase with reduction of interplastic distance and size of pearlite colonies. Sequential formation of steel microstructure at various stages of steel wheels production (composition, %: 0.72–0.74 C; 0.79–0.81 Mn and 0.38–0.43 Si), microalloyed with aluminium and without microalloying was investigated. The mode of intermittent hardening of the wheel rim has been tested. Structure and mechanical properties of metal of rim, disk and hub of wheels after heat treatment are investigated.

Keywords: heat treatment, high-carbon steel, structure, pearlite, mechanical properties, microalloying, railway wheel.

Исследование изменения структуры под влиянием технологических факторов на свойства холоднокатаной ленты из никель-бериллиевого сплава марки 97НЛ-ВИ

© **Елисеев Эдуард Анатольевич**, канд. техн. наук; **Леонов Александр Владимирович**; **Вознесенская Наталья Михайловна**, канд. техн. наук; **Нефедкин Данила Юрьевич**

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва, Россия. E-mail: yeliseyeva@viam.ru; alexndr_leonov@mail.ru

С целью повышения прочности холоднокатаной ленты из никель-бериллиевого сплава марки 97НЛ-ВИ проведено моделирование технологического процесса холодной деформации в программе QForm 3D.

Исследовано влияние температуры промежуточного нагрева в процессе холодной прокатки ленты из никель-бериллиевого сплава марки 97НЛ-ВИ с целью получения мелкозернистой структуры.

Проведено исследование влияния степени холодной пластической деформации ленты и промежуточных нагревов в процессе прокатки на уровень механических свойств и микроструктуру.

Ключевые слова: никель-бериллиевый сплав, холодная деформация, термообработка, степень пластической деформации, дисперсионное твердение

In order to increase the strength of a cold-rolled strip made of 97NL-VI nickel-beryllium alloy, a simulation of the technological process of cold deformation was carried out using by QForm 3D program.

The influence of the intermediate heating temperature in the process of cold rolling of a 97NL-VI nickel-beryllium alloy strip in order to obtain a fine-grained structure has been studied.

The influence of the degree of cold plastic deformation of the strip and intermediate heating during rolling on the level of mechanical properties and microstructure has been studied.

Keywords: nickel-beryllium alloy, cold deformation, heat treatment, the degree of cold plastic deformation.

А606 – металлопрокат для гибких насосно-компрессорных труб с повышенной коррозионной стойкостью

© Барабошкин Кирилл Алексеевич

АО «Северсталь менеджмент», г. Череповец, Россия. E-mail: ka.baraboshkin@severstal.com

Представлены результаты разработки стали марки А606 повышенной коррозионной стойкости. Обеспечено повышение коррозионной стойкости проката при сохранении прочности в результате максимального снижения содержания С и Мп, что компенсируется введением Cr и Cu. Достигнут уровень механических свойств путем применения комплексного легирования V–Nb, а также благодаря очень быстрому и равномерному охлаждению металла после его прокатки, что позволяет миновать все промежуточные структурные превращения, которые могут негативно повлиять на микроструктуру стали. Обеспечена свариваемость труб за счет углеродного эквивалента $C_e \leq 0,43$. Для снижения себестоимости разрабатываемого продукта был выбран минимальный уровень легирования.

Ключевые слова: трубная сталь, А606, бейнитный феррит, коррозионная стойкость, гибкие насосно-компрессорные трубы, прокат, ПАО «Северсталь».

The results of the development of steel grade A606 with increased corrosion resistance are presented. An increase in the corrosion resistance of steel while maintaining strength is ensured due to the maximum reduction in the content of C and Mn, which are compensated by using Cr and Cu. The level of mechanical properties has been achieved by using V–Nb alloying, as well as due to very fast and uniform cooling of the steel after its rolling, which makes it possible to bypass all intermediate structural transformations that can adversely affect the steel microstructure. Weldability of pipes is ensured due to the carbon equivalent $C_e \leq 0.43$. To reduce the cost of the developed product, the minimum level of alloying was chosen.

Keywords: pipe steel, A606, bainitic ferrite, corrosion resistance, flexible tubing, rolled products, PAO Severstal.

DOI: 10.54826/19979258_2022_1_40
УДК 621.791.75.037

Исследование сварного шва из стали 12Х18Н10Т для соединения трубопроводов контурных тепловых труб

© **Паршуков Леонид Иванович**, канд. физ.-мат. наук;
Панин Юрий Вячеславович, канд. техн. наук; **Коржов Кирилл Николаевич**

АО «НПО Лавочкина», г. Химки, Московская область, Россия.

E-mail: parshukov@laspace.ru; paninIUV@laspace.ru; korzhovKN@laspace.ru

В работе представлены результаты исследований процессов сварки стыкового соединения деталей контурных тепловых труб из стали 12Х18Н10Т. Показаны преимущества применения микроплазменной сварки и результаты отработки новых режимов сварки применительно к контурным тепловым трубам.

Ключевые слова: контурные тепловые трубы, сварные соединения, микроплазменная сварка, аустенитная сталь 12Х18Н10Т.

This paper presents the results of studies of the processes of butt joint welding of parts of loop heat pipes made of steel Cr18Ni10Ti. The advantages of using microplasma welding and the results of developing new welding modes in relation of loop heat pipes are presented in this article.

Keywords: loop heat pipes, welding joints, microplasma welding, austenitic steel Cr18Ni10Ti.

Влияние микродобавок титана на структуру и свойства околошовной зоны при сварке трубных сталей

© Эфрон Леонид Иосифович¹, д-р техн. наук; Степанов Павел Петрович¹, канд. техн. наук; Судьин Владислав Витальевич², канд. техн. наук; Багмет Олег Александрович¹, канд. техн. наук; Сметанин Кирилл Сергеевич¹; Жарков Сергей Владимирович¹

¹ АО «Выксунский металлургический завод», г. Выкса, Нижегородская обл., Россия.
E-mail: Efron_li@vsw.ru

² ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия. E-mail: vsudyin@imet.ac.ru

Исследована ударная вязкость околошовной зоны при сварке низкоуглеродистых трубных сталей классов прочности К52–К60, микролегированных титаном и ниобием промышленного производства. Исследование проводили как на образцах с имитированной микроструктурой околошовной зоны, так и на образцах, вырезанных из линии сплавления реальных сварных соединений. Показано, что инициатор хрупкого разрушения обладает наименьшим напряжением скола, определяющего минимальный уровень ударной вязкости зоны термического влияния трубных сталей, и состоит из включения нитрида титана, находящегося в крупном бейнитном пакете, ориентация преимущественных плоскостей скола которого близка к плоскости поверхности разрушения. Данные об охрупчивающем влиянии крупных частиц нитрида титана получены как на имитированных, так и на реальных сварных соединениях труб. Чем крупнее размер зерна, тем раньше (ближе к надрезу) может произойти инициирование хрупкой трещины. На расстоянии, превышающем 3 мм, охрупчивающее влияние частиц TiN не установлено.

Ключевые слова: сталь, сварка, микролегирование, микроструктура, ударная вязкость, хрупкое разрушение, нитрид титана.

The impact toughness of the heat-affected zone in the welding of low-carbon pipe steels of strength classes K52–K60 microalloyed with titanium and niobium of industrial production has been studied. The study was carried out both on samples with a simulated microstructure of the heat-affected zone, and on samples cut from the fusion line of real welded joints. It is shown that the brittle fracture initiator, which has the lowest cleavage stress, which determines the minimum level of impact toughness of the heat-affected zone of pipe steels, consists of an inclusion of titanium nitride located in a large bainitic package, the orientation of the predominant cleavage planes of which is close to the plane of the fracture surface. Data on the embrittlement effect of large particles of titanium nitride were obtained both on simulated and real welded pipe joints. The larger the grain size, the earlier (closer to the notch) the initiation of a brittle crack can occur; at a distance exceeding 3 mm, the embrittlement effect of TiN particles has not been established.

Keywords: steel, welding, microalloying, microstructure, impact toughness, brittle fracture, titanium nitride.

Эволюция структурно-фазовых состояний и свойств дифференцированно закаленных 100-метровых рельсов при экстремально длительной эксплуатации. Сообщение 5. Градиентные структурно-фазовые состояния по радиусу скругления головки рельсов после сверхдлительной эксплуатации

© **Кузнецов Роман Вадимович**¹; **Громов Виктор Евгеньевич**¹, д-р физ.-мат. наук; **Иванов Юрий Федорович**², д-р физ.-мат. наук; **Юрьев Антон Алексеевич**³, канд. техн. наук; **Кормышев Василий Евгеньевич**¹, канд. техн. наук; **Полевой Егор Владимирович**³, канд. техн. наук

¹ *Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия. E-mail: mail@kuzmash.com; gromov@physics.sibsiu.ru; 89236230000@mail.ru*

² *Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия. E-mail: yufi55@mail.ru*

³ *АО «Евраз-Западно-Сибирский металлургический комбинат», г. Новокузнецк, Россия. E-mail: ant-yurev@yandex.ru; Egor.Polevoj@evraz.com*

Методами оптической, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии изучены градиенты структурно-фазового состояния и дефектной субструктуры в сечении головки рельсов по радиусу скругления выкружки на расстоянии до 10 мм от поверхности после сверхдлительной эксплуатации (пропущенного тоннажа 1770 млн т брутто). Проанализировано изменение дисперсности микроструктуры, скалярной и избыточной плотности дислокаций, содержания различных типов структуры, объемной доли цементита.

Ключевые слова: структура, фазовый состав, дислокации, рельсы, сверхдлительная эксплуатация, выкружка.

Using the methods of optical, scanning and transmission electron microscopy the gradients of structure-phase states and defect substructure in cross section of rail head along the fillet rounding radius at the distance up to 10 mm from surface after ultra-extreme (gross passed tonnage 1770 mln. tons) long-term operation are investigated. The change of microstructure dispersion, scalar and excess dislocation density, content of different structure types, cementite volume fraction is analyzed.

Keywords: structure, phase composition, dislocations, rails, ultra-long-term operation, fillet.

Модифицирование структуры и свойств высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi импульсным электронным пучком

© Громов Виктор Евгеньевич¹, д-р физ.-мат. наук; Иванов Юрий Федорович², д-р физ.-мат. наук; Шлярова Юлия Андреевна¹; Коновалов Сергей Валерьевич³, д-р тех. наук; Воробьев Сергей Владимирович¹, д-р тех. наук; Кириллова Анна Викторовна³

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.
E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

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

³ Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, г. Самара, Россия

С использованием технологии проволоочно-дугового аддитивного производства (WAAM) получен высокоэнтропийный сплав (ВЭС) CoCrFeMnNi неэквивалентного состава. Сняты и проанализированы кривые деформации при растяжении ВЭС в исходном состоянии и после электронно-пучковой обработки (ЭПО) с параметрами: плотность энергии пучка электронов 10–30 Дж/см², длительность 50 мкс, число импульсов 3, частота следования импульсов 0,3 с⁻¹. ЭПО приводит к снижению прочностных и пластических свойств ВЭС. Установлены зависимости прочности и пластичности, нано- и микротвердости, трибологических свойств от плотности энергии пучка электронов. Исследование поверхности разрушения ВЭС после ЭПО выявило наличие областей с полосовой (пластинчатой) структурой наряду с областями с вязким механизмом разрушения. Выявлено немонокотное изменение скалярной плотности дислокаций, достигающее максимального значения $\approx 5,5 \cdot 10^{10}$ см⁻² на расстоянии 25 мкм от поверхности облучения. Высказано предположение, что дефекты, образующиеся в поверхностных слоях при ЭПО, могут быть одной из причин снижения прочности и пластичности ВЭС.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, аддитивные технологии, импульсный электронный пучок, элементный и фазовый состав, дефектная субструктура, свойства.

Using the technology of wire-arc additive manufacturing (WAAM) a nonequivalent composition CoCrFeMnNi high-entropy alloy (HEA) was obtained. Deformation curves of samples in tension are plotted and analyzed in the initial state and after the electron-beam processing (EBP) with the following parameters: the energy density of electron beam 10–30 J/cm², duration 50 μ s, pulse number 3, pulse repetition rate 0.3 s⁻¹. The EBP results in a decrease in the HEA's strength and plastic properties. Dependences of the ultimate strength and plasticity, nano- and microhardness, tribological properties on the energy density of electron beam are established. A study of the HEA's fracture surface after the EBP except for regions with a ductile fracture mechanism revealed regions with a band (lamellar) structure. A non-monotonous change in the scalar dislocation density, reaching a maximum value of $\approx 5.5 \cdot 10^{10}$ cm⁻² at a distance of 25 μ m from the irradiation surface is revealed. It is suggested that defects being formed in surface layers in the EBP may be one of the reasons for decreasing the values of HEA strength and plasticity.

Keywords: high-entropy alloy, additive technologies, pulsed electron beam, elemental and phase composition, defective substructure, properties.

Исследование атомной структуры поверхностных сегрегаций в сталях и сплавах на основе α -Fe

© Филиппова Варвара Петровна¹, канд. физ.-мат. наук; Блинова Елена Николаевна¹, канд. физ.-мат. наук; Томчук Александр Александрович^{1,2}, канд. физ.-мат. наук; Морозов Николай Сергеевич¹

¹ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Москва, Россия. E-mail: varia.flippova@yandex.ru; blinova_en@rambler.ru; nikolussss@gmail.com

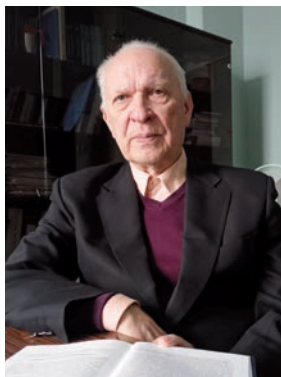
² ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Москва, Россия. E-mail: tomchuk-a@yandex.ru

Методами, основанными на Оже-спектроскопии, были исследованы закономерности формирования поверхностных сегрегаций в твердом растворе на основе α -Fe при изотермических выдержках в вакууме. Используя метод анализа спектров потерь энергии Оже-электронов, экспериментально исследовали структуру поверхностных сегрегаций в масштабе размеров атомов.

Ключевые слова: поверхностные сегрегации, сплавы на основе железа, термообработка сталей, анализ поверхности, Оже-спектроскопия.

By methods based on Auger-spectroscopy, the regularities of the formation of surface segregation in a solid solution based on α -Fe under isothermal exposure in vacuum were investigated. Using the method of analyzing the spectra of Auger-electron energy losses, the structure of surface segregation was experimentally investigated by the atomic scale.

Keywords: surface segregation, iron-based alloys, heat treatment of steels, surface analysis, Auger-spectroscopy.



Юрию Ивановичу МАТРОСОВУ – 85 лет

В марте 2022 г. исполнилось 85 лет ученому-металловеду, доктору технических наук, профессору, главному научному сотруднику Центрального научно-исследовательского института черной металлургии им. И.П. Бардина **Юрию Ивановичу Матросову**.

В 1960 г. Ю.И. Матросов окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана, затем работал технологом в термическом цехе оборонного предприятия, производящего космическую технику. С 1963 г. по настоящее время Ю.И. Матросов работает в ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», проводя исследования по созданию и освоению технологии производства новых конструкционных низколегированных сталей повышенной прочности и хладостойкости для газо- и нефтепроводных труб большого диаметра.

Ю.И. Матросов одним из первых занялся разработкой прогрессивной технологии производства отечественной трубной стали методом контролируемой прокатки. Освоение этой технологии позволило достичь уникального сочетания повышенной прочности и ударной вязкости при отрицательных температурах со значительной экономией энергетических затрат. Ю.И. Матросовым сформулированы основные положения теории формирования структуры и свойств трубных сталей в процессе контролируемой прокатки с учетом влияния химического состава на фазовые превращения, рекристаллизацию, дисперсионное упрочнение. Разработанные с участием Ю.И. Матросова стали для труб классов прочности K56–K65, X60–X80 и технологии их производства нашли широкое применение на металлургических предприятиях России и стран СНГ.

К числу наиболее значимых достижений следует отнести разработку принципов микролегирования карбонитридообразующими элементами (ниобием, ванадием и титаном) толстолистовых низколегированных малоуглеродистых сталей с высоким комплексом физико-механических и технологических свойств, отвечающих современным требованиям, предъявляемым газовой промышленностью к материалам для изготовления высокоответственных магистральных трубопроводов.

Большое внимание Юрий Иванович уделяет актуальным направлениям разработки сталей для газопроводных труб, эксплуатируемым в специальных условиях, сталей, стойких против агрессивного воздействия сероводородсодержащих сред; для труб глубоководных морских трубопроводов; для труб наземных трубопроводов на давление газа до 100–120 атм.

Результаты научных исследований Ю.И. Матросова обобщены в семи монографиях:

- «Контролируемая прокатка», 1979 г.;
- «Металловедение качественных сталей и сплавов», 1982 г.;
- «Сталь для магистральных газопроводов», 1989 г.;
- «Ниобийсодержащие низколегированные стали», 1999 г.;
- «Центральная сегрегационная неоднородность в непрерывнолитых листовых заготовках и толстолистовом прокате», 2005 г.;
- «Сталь для газонефтепроводных труб, стойких против разрушения в сероводородсодержащих средах», 2017 г.;
- «Pipeline Steels for Sour Service», 2019 г.

Юрий Иванович – автор более 150 статей и 50 патентов и авторских свидетельств.

За плодотворную научно-исследовательскую работу в области создания современных сталей для газопроводных труб большого диаметра Ю.И. Матросову присуждена Государственная премия Совета Министров СССР. Он неоднократно удостоен золотых медалей ВВЦ (ВДНХ).

Ю.И. Матросов является активным участником международного научно-технического сотрудничества с ведущими металлургическими компаниями Германии, Бразилии, США, работающими в области создания новых сталей и технологий их производства. Он неоднократно выступал с докладами на международных симпозиумах и конференциях, пропагандируя достижения отечественной металлургической науки. Юрий Иванович – член диссертационного совета Д 31.1.007.01 в ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, ведет большую педагогическую работу. Под его руководством подготовлены и успешно защищены шесть кандидатских и одна докторская диссертации.

Коллективы ЦНИИчермет им. И.П. Бардина и Центра сталей для труб и сварных конструкций, редакционная коллегия нашего журнала сердечно поздравляют Юрия Ивановича Матросова с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, семейного благополучия, успеха в труде.

XI конференция молодых специалистов «Перспективы развития металлургических технологий»

В марте 2022 г. в ЦНИИчермет им. И.П. Бардина прошла XI конференция молодых специалистов по перспективам развития металлургических технологий, на которой выступили с докладами представители ведущих российских производственных, образовательных и научных организаций.

Участники рассказали о результатах своих исследований по актуальным проблемам разработки и совершенствования процессов получения металлов и сплавов, а также о новых методах исследования современных металлических материалов.

Всего выступили 27 молодых специалистов, работающих в известных в металлургической промышленности организациях и предприятиях: ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, ПАО «Северсталь», НИЦ «Курчатовский институт», ФГУП «ВИАМ», ПАО «НЛМК», АО «НПО Лавочкина», МАДИ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, НИТУ «МИСиС», ИТЦ ТУ АО «ТАГМЕТ», ВГБО ВО «Московский авиационный институт» и АО «НПО «ЦНИИТМАШ».

Представители ЦНИИчермет им. И.П. Бардина сделали доклады по темам, связанным с переработкой отходов металлургического производства, механизмом разрушения рельса и методами выявления дефектов. Молодые специалисты также рассказали о путях повышения трещиностойкости катаных мелющих шаров, термообработке и способах легирования сплавов.

Одной из тем презентаций наших коллег стала **переработка отходов металлургического производства с получением товарной продукции**. Выступающие обратили внимание на то, что с развитием металлургических технологий, истощением минерального сырья и необходимостью решения экологических проблем объем переработки шлаковых отвалов, отходов из шламовых производств и иных металлургических отходов возрастает.

Однако сегодня вторичное использование отходов с учетом роста производства и наличия отвалов недостаточное. Главная причина – отсутствие доступных и экономически оправданных технологий, а также отсутствие информации об уже существующих передовых методах переработки. В результате исследования ученые ЦНИИчермет им. И.П. Бардина создали технологию переработки отходов дробления высокоуглеродистого феррохрома и пыли асирации дробления с получением низкоуглеродистого феррохрома, с содержанием хрома не менее 70%. Также предложена технология переработки ванадийсодержащих шламов с получением товарного пентаоксида

ванадия и железного концентрата, которые пригодны для дальнейшей металлургической переработке.

Специалисты Научного центра качественных сталей ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (НЦКС) рассказали о результатах **исследования силовых параметров процесса холодной сквозной прошивки втулок**. При изготовлении таких деталей возникает ряд проблем: как получить высокое качество продукции, уменьшить количество производственных отходов, энергоемкость и себестоимость изделий. Ученые Института предложили решение этих задач за счет применения процесса сквозной прошивки.

Еще одной темой выступления молодых специалистов НЦКС стали результаты изучения **механизма разрушения рельса типа Р65 после длительной эксплуатации**. Ученые установили, что основная причина разрушения исследованного рельса – первичная трещина, которая образовалась от концентрации напряжений в области некачественно выполненного дроссельного отверстия. Распространению этой трещины и последующему разрушению рельса способствовали трещины в головке контактно-усталостного происхождения, сдвиговые неперлитные фазы в осевой зоне шейки рельса, а также высокий уровень остаточных микронапряжений.

Среди докладов были и подготовленные учеными ЦНИИчермет им. И.П. Бардина совместно с металлургическими комбинатами – партнерами. Такой общей темой для Института и АО «ЕВРАЗ НТМК» стали **пути повышения трещиностойкости стальных катаных мелющих шаров с высокой поверхностной и объемной твердостью**. Они эксплуатируются в цилиндрических мельницах для измельчения горной породы и приготовления компонентов строительных смесей. Но шары склонны к расколу, и для их длительного использования нужно обеспечивать их высокую трещиностойкость.

Для решения этой задачи ученые провели экспериментальные исследования и определили направления оптимизации химического состава и режимов термической обработки. Это снижение содержания углерода в стали и микролегирование ниобием с одновременной дополнительной нормализацией шаровой заготовки.

Молодые специалисты ЦНИИчермет им. И.П. Бардина также выступили с докладом об **исследовании способов легирования сплавов типа «пермендюр» с целью повышения механической прочности**. Ученые провели исследования механических и магнитных свойств сплава «Vacodur S+» в зависимости от температуры и длительности термо-

обработки, которые в целом подтвердили заявляемые производителем характеристики.

По итогам обзора зарубежных и отечественных источников в Институте выплавлен целый ряд модельных составов, легированных никелем, цирконием, иттрием, молибденом и вольфрамом, а также получены перспективные результаты по прочностным и магнитным характеристикам на уровне мировых образцов. Результаты исследования будут использованы в создании новых магнитно-мягких сплавов для высокооборотных электромашин с улучшенными удельными характеристиками.

Представители ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина рассказали об **исследовании возможностей получения текстурованного проката электротехнической стали с ориентированным зерном в двух направлениях**. Как отметили выступающие, при разработке научных принципов производства энергоэффективных электротехнических сталей исключительно важным является вопрос подавления отрицательного влияния кремния и уменьшения магнитных потерь за

счет формирования необходимой текстуры. Поэтому молодые специалисты Института стремились разработать технологии производства текстурованной изотропной в плоскости листа стали.

Молодые специалисты ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина выступили с докладом **о влиянии состава и условий термообработки на гистерезисные магнитные свойства и величину удельного электросопротивления системы Co-Fe**. Это актуальная тема для промышленности, так как для изготовления деталей перспективных электромашин требуются материалы, обладающие высокими характеристиками. Среди них – высокая термическая стабильность, низкое удельное электрическое сопротивление и высокий уровень гистерезисных магнитных свойств.

Результаты исследования будут использованы при дальнейшей оптимизации режимов термообработки и микрولةгирования сплавов на основе Co-Fe для получения конкурентоспособного материала для деталей электромашин.

Заседание Комитета по металлургии и тяжелому машиностроению по вопросу безопасности критической информационной инфраструктуры

25 марта 2022 г. в ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина состоялось заседание Комитета по металлургии и тяжелому машиностроению, на котором участники обсудили вопросы применения предприятиями закона о безопасности российской критической информационной инфраструктуры. В заседании приняли участие представители Минпромторга России, ФСТЭК России, промышленных и научно-технических предприятий и объединений.

Участники отметили необходимость проведения на промышленных предприятиях аудита системы безопасности критической информационной инфраструктуры, а также ее дальнейшего развития. Акцент на вопросах безопасности позволит создать условия не только для устойчивого развития системы и подбора необходимых технологий, но и для создания и сертификации новых средств защиты и обучения высококвалифицированных специалистов. У россий-

ских предприятий уже есть опыт успешной реализации политики информационной безопасности как непрерывного процесса с учетом принципов бизнес-ориентированности и инновационной деятельности. Таким опытом представители предприятий готовы делиться со своими коллегами в рамках формирующейся системы обучения.

С предложением о создании отраслевых и обучающих центров по проблематике критической информационной инфраструктуры выступил генеральный директор ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина В.В. Семенов. Это, по его словам, позволит при проведении мониторинга инфраструктуры задействовать опыт и знание производственных и технологических процессов существующих отраслевых центров компетенций, а также обучать специалистов предприятий при методической поддержке ФСТЭК России.

Денис Овчаренко, пресс-секретарь
ГНЦ ФГУП «ЦНИИЧермет
им. И.П. Бардина»