

# ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

4 • 2020

## *Теоретические основы металлургии*

**М. Е. Гетманова, О. В. Ливанова, А. Н. Никулин,  
Г. А. Филиппов**

Аналитическое моделирование влияния температурных режимов деформации на проработку макроструктуры литого металла в процессе передела непрерывнолитых заготовок в железнодорожные колеса .....5

## *Технологические процессы металлургии*

**А. В. Куклев, В. В. Чащин, А. Б. Тарасов**

Организация эффективного производства горячего полосового проката повышенной толщины .....18

## *Материаловедение и новые материалы*

**Л. И. Эфрон, Е. А. Волкова, Д. В. Кудашов, О. Н. Чевская, А. Р. Мишетьян**

Формирование структуры при нагреве под прокатку микролегированных ниобием трубных сталей .....24

**Е. М. Ребиков, В. В. Каширцев, В. В. Соснин, Е. В. Пименов**

Особенности структурообразования дисперсионно-твердеющих сплавов на никелевой основе с повышенными упругими свойствами .....34

**И. Г. Родионова, Н. А. Карамышева, А. А. Павлов, А. С. Мельниченко,  
А. И. Шпак, А. В. Папшев, Д. А. Гребенщиков**

Исследование влияния химического состава и технологических параметров на свойства горячеоцинкованного проката из сверхнизкоуглеродистых сталей типа IF с использованием методов статистического анализа .....41

**А. А. Холодный, М. Ю. Матросов, П. Г. Мартынов, Ю. И. Матросов, Я. С. Кузнеценко**

Снижение склонности трубных сталей к растрескиванию под напряжением в сероводородсодержащей среде .....59

**А. В. Амежнов, И. Г. Родионова, Н. А. Стукалова, А. Е. Антощенко, Ю. С. Гладченкова**

Установление причин преждевременного коррозионного разрушения насосно-компрессорной трубы .....68

**Л. А. Баева, К. В. Волков, В. П. Вылежнев,**

**Н. О. Ливанова, Е. Б. Нарусова, Г. А. Филиппов**

Влияние нагружения в упругой области на структурное состояние и склонность к замедленному разрушению высокоуглеродистой закаленной стали .....80

**А. А. Холодный, М. Ю. Матросов, П. Г. Мартынов,**

**Г. А. Филиппов, Е. В. Шульга, Е. В. Папета**

Влияние нагрева под горячую штамповку и отпуск на структуру и свойства низкоуглеродистых медесодержащих сталей для высокопрочных фитингов, изготавливаемых без закалки .....86

## *Информация*

Памяти Бориса Владимировича Молотилова .....94

Памяти Юрия Павловича Снитко .....95

Авторский указатель за 2020 год .....97

# PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENTS

4 • 2020

## *Fundamentals of metallurgy*

**Getmanova M.E., Livanova O.V., Nikulin A.N., Filippov G.A.**

Analytical modeling of the influence of deformation temperature conditions on the development of the macrostructure of cast metal in the process of redistribution of continuously cast billets into railway wheels .....5

## *Production processes in metallurgy*

**Kuklev A.V., Chashchin V.V., Tarasov A.B.**

Organization of efficient production of enhanced-thickness hot strip - rolled products .....18

## *Materials science and new materials*

**Efron L.I., Volkova E.A., Kudashov D.V., Chevskaya O.N., Mishet A.R. 'yan**

Formation of structure in the course of heating of microalloyed niobium pipe steels for rolling .....24

**Rebikov E.M., Kashirtsev V.V., Sosnin V.V., Pimenova E.V.**

Features of structure formation in precipitation-hardening nickel-based alloys with increased elastic properties .34

**Rodionova I.G., Karamysheva N.A., Pavlov A.A., Mel'nichenko A.S., Shpack A.I., Papshev A.V., Grebenshchikov D.A.**

Investigation on the influence of the chemical composition and technological parameters on the properties of hot-dip galvanized rolled products from IF type ultralow-carbon steels using statistical analysis methods .....41

**Kholodnyi A.A., Matrosov M.Yu., Martynov P.G., Matrosov Yu.I., Kuznechenko Ya.S.**

Reduced tendency of pipe steels to stress cracking in hydrogen sulfide-containing medium .....59

**Amezhnov A.V., Rodionova I.G., Gladchenkova Yu.S., Stukalova N.A., Antoshchenkov A.Ye.**

Establishing the causes of premature corrosion failure of the tubing .....68

**Baeva L.A., Volkov K.V., Vylezhnev V.P., Livanova N.O., Narusova E.B., Filippov G.A.**

The influence of loading in the elastic range on the structural state and the predisposition to delayed failure of high-carbon hardened steel .....80

**Kholodnyi A.A., Matrosov M.Yu., Martynov P.G., Filippov G.A., Shulga E.V., Papeta E.V.**

Effect of heating for hot stamping and tempering on structure and properties of low-carbon copper-containing steels for high strength fittings manufactured without quenching .....86

## *Information*

In memory of Boris Vladimirovitch Molotilov .....94

In memory of Yuriy Pavlovich Snitko .....95

Author's index 2019 .....97

УДК 621.77.075

## **Аналитическое моделирование влияния температурных режимов деформации на проработку макроструктуры литого металла в процессе передела непрерывнолитых заготовок в железнодорожные колеса**

**М. Е. Гетманова, О. В. Ливанова, А. Н. Никулин, Г. А. Филиппов**

*ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: iqs12@yandex. ru.*

Осуществлено с привлечением функции диссипации энергии аналитическое исследование влияния температурных режимов деформационного воздействия на проработку металла непрерывнолитой заготовки при производстве железнодорожных колес. Исследование выполнено при деформации модельного материала с температурами нагрева 1150 и 1200 °С на всех агрегатах прессо-прокатной технологической линии. Установлено, что при температуре нагрева заготовок 1150 °С эффективность деформационного воздействия на металл в ~ 1,5 раза выше, чем при деформации с температурой металла 1200 °С. Рассмотрены условия способствующие повышению эффективности деформационного воздействия при снижении температуры нагрева металла.

Ключевые слова: непрерывнолитая заготовка, температура нагрева, осадка, штамповка, раскатка, пресс, стан, диссипация энергии, эффективность режима, структура металла.

The analytical study of the influence of temperature modes of deformation on the metal processing of continuously cast billets in the production of railway wheels was carried out using the energy dissipation function. The study was performed when the model material was deformed with heating temperatures of 1150 and 1200 °C on all units of the press-rolling production line. It was found that at the heating temperature of the workpieces 1150 °C the efficiency of the deformation effect on the metal is ~1.5 times higher than at the deformation temperature of the metal 1200 °C. The conditions that contribute to increasing the efficiency of the deformation effect with a decrease in the heating temperature of the metal are considered.

Keywords: continuous cast billet, heating temperature, precipitation, stamping, rolling, press, mill, energy dissipation, mode efficiency, metal structure.

УДК 621.771.09

## **Организация эффективного производства горячего полосового проката повышенной толщины**

**А. В. Куклев, В. В. Чащин, А. Б. Тарасов**

*ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина”, Центр новых металлургических технологий,  
г. Москва. E-mail: info@corad.ru*

Показаны возможности повышения эффективности технологии производства на полосовых станах полос толщиной 8 – 16 (25) мм, имеющих альтернативный спрос у потребителей горячекатаной листовой продукции. Такие технологические приёмы, как перераспределение обжатий по клетям черновой группы, установки принудительного охлаждения и теплосохраниющие экраны на промежуточном рольганге, прокатка раската переменной толщины (“клиновидного”) в чистовой группе клетей, позволяют эффективно регулировать температуру, как по длине, так и по толщине раската, без использования внешних тепловых источников и потери высокой производительности непрерывной горячей прокатки

Ключевые слова: полосовой прокат, толщина, температура, охлаждение, обжатие, перераспределение, клиновидность, равномерность, теплота, работа, деформация.

---

The possibilities have been shown of increasing the efficiency of the technology for production at strip mills of strips 8 – 16 (25) mm in thick, which have an alternative demand among consumers of hot-rolled sheet products. Technological methods such as the redistribution of reductions over the roughing stands, forced cooling installations and heat-preserving screens on the intermediate roller table, rolling process of workpieces of variable thickness (“wedge-shaped”) at the finishing group of stands, make it possible to effectively regulate the temperature, both in length and thickness of the roll, without using external heat sources and loss of high productivity of continuous hot rolling

Keywords: strip rolled product, thickness, temperature, cooling, reduction, redistribution, wedge, uniformity, heat, work, deformation.

УДК 669.017; 669.046.4; 621.77.04

## **Формирование структуры при нагреве под прокатку микролегированных ниобием трубных сталей**

**Л. И. Эфрон<sup>1</sup>, Е. А. Волкова<sup>2</sup>, Д. В. Кудашов<sup>2</sup>,  
О. Н. Чевская<sup>3</sup>, А. Р. Мишетьян<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> АО “Выксунский металлургический завод”, г. Выкса Нижегородской обл.  
E-mail: lefron@otk.ru;

<sup>2</sup> Выксунский филиал НИТУ МИСиС, г. Выкса Нижегородской обл.;

<sup>3</sup> ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: pscenter@chermet.net

Представлены результаты микроскопических исследований двух низкоуглеродистых трубных сталей, отличающихся базовым составом и содержанием микролегирующих элементов и обладающих разной склонностью к росту зерна аустенита при нагреве под прокатку. Методом просвечивающей (ПЭМ) и сканирующей (СЭМ) электронной микроскопии определены тип, размер и распределение частиц карбонитридов в структуре исследуемых сталей. Показано, что вторичная рекристаллизация, наблюдаемая в стали с более низким содержанием ниобия, связана с отсутствием выделений карбидов ниобия субмикронного размера, способных эффективно сдерживать рост зерна при нагреве.

Ключевые слова: трубная сталь, микролегирование, ниобий, температура нагрева под прокатку, карбиды, нитриды, рост зерна, аустенит.

The paper presents the results of microstructural study of two low-carbon pipe steels. The investigated steels differ in amount of alloying and microalloying elements, exhibit various tendency to the grain growth of austenite after the heating for rolling. The type, size and distribution of carbonitride particles in the structure were determined by transmission electron microscopy (TEM) and scanning electron microscopy (SEM). It is shown that the secondary recrystallization observed in steel with lower niobium contents is associated with the absence of precipitates of submicron niobium carbides that can effectively restrain grain growth during heating.

Keywords: pipe steel, microalloying, niobium, heating temperature for rolling, carbides, nitrides, grain growth, austenite.

УДК 620.186.12

## **Особенности структурообразования дисперсионно-твердеющих сплавов на никелевой основе с повышенными упругими свойствами**

**Е. М. Ребиков<sup>1</sup>, В. В. Каширцев<sup>1</sup>, В. В. Соснин<sup>2</sup>,  
Е. В. Пименов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО “Композит”, г. Королёв Московской обл.

<sup>2</sup>ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: vvsosnin@gmail.ru

Дисперсионно-твердеющие сплавы на основе системы Ni – Cr – Nb – Mo широко используются в средствах телеметрии и датчиках за счет своих высоких упругих характеристик. Методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгено-дифрактометрического анализа и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) было установлено наличие интерметаллидных фаз трех различных модификаций, когерентно связанных с матрицей в материале после дисперсионного твердения.

Ключевые слова: никелевый сплав, модифицирование, микролегирование, рентгенофазовый анализ, просвечивающая электронная микроскопия, интерметаллидные фазы, дисперсионное твердение.

Precipitation-hardening alloys based on the Ni – Cr – Nb – Mo system are widely used in telemetry and sensors due to their high elastic characteristics. By means of scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffractometric analysis and transmission electron microscopy (TEM), the presence has been established of intermetallic phases of three various modifications, coherently bonded to the matrix in the material after precipitation hardening.

Keywords: nickel alloy, modification, micro alloying, X-ray phase analysis, transmission electron microscopy, intermetallic phases, precipitation hardening.

УДК 669.15-194.2:519.24:621.785.375

## **Исследование влияния химического состава и технологических параметров на свойства горячеоцинкованного проката из сверхнизкоуглеродистых сталей типа IF с использованием методов статистического анализа**

**И. Г. Родионова<sup>1</sup>, Н. А. Карамышева<sup>1</sup>,  
А. А. Павлов<sup>1</sup>, А. С. Мельниченко<sup>2</sup>, А. И. Шпак<sup>3</sup>,  
А. В. Папшев<sup>3</sup>, Д. А. Гребенщиков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: igrodi@mail.ru, NKmet20@yandex.ru.

<sup>2</sup> НИТУ «МИСиС», г. Москва.

<sup>3</sup> ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск Челябинской обл.

При использовании методов статистического анализа для оценки влияния химического состава и технологических параметров на свойства горячеоцинкованного проката из сверхнизкоуглеродистых сталей типа IF после обработки в агрегате непрерывного горячего цинкования (АНГЦ) выявлены ключевые технологические параметры, оптимизацией которых можно повысить комплекс механических характеристик. Сформулированы гипотезы о механизмах влияния технологических параметров на процессы, происходящие на разных стадиях производства холоднокатаного проката различной толщины, которые в дальнейшем целесообразно проверить экспериментальным путем. Подтверждена возможность влияния на свойства не только традиционных, широко описанных в литературе механизмов упрочнения (измельчение зеренной структуры, твердорастворное упрочнение и дисперсионное твердение), но и процессов старения, происходящих на низкотемпературной стадии обработки в АНГЦ.

Ключевые слова: сверхнизкоуглеродистые стали, горячеоцинкованные стали, высокие категории вытяжки, химический состав, термическая обработка, агрегат непрерывного горячего цинкования, технологические параметры, механические свойства, статистический анализ.

When using the methods of statistical analysis to assess the effect of the chemical composition and technological parameters on the properties of hot-dip galvanized rolled products, produced from ultra-low-carbon steels of the IF type, after processing in a continuous hot-dip galvanizing unit (CHDGU), key technological parameters have been identified, the optimization of which can increase the complex of mechanical characteristics. Hypotheses have been formulated about the mechanisms of influence of technological parameters on the processes occurring at various stages of cold flat-rolling of products of various thicknesses, which in the future it is appropriate to check experimentally. The possibility of influencing the properties of not only the traditional, widely described in the literature, hardening mechanisms (refinement of the grain structure, solid solution strengthening and precipitation hardening), but also the aging processes occurring at the low-temperature stage of processing at the CHDGU has been confirmed.

Keywords: ultralow-carbon steels, hot-dip galvanized steels, extra-deep drawing, chemical composition, thermal treatment, continuous hot-dip galvanizing unit, technological parameters, mechanical properties, statistical analysis.

УДК 669.15-194.2

## Снижение склонности трубных сталей к растрескиванию под напряжением в сероводородсодержащей среде

А. А. Холодный, М. Ю. Матросов, П. Г. Мартынов,  
Ю. И. Матросов, Я. С. Кузнеченко

ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва.  
E-mail: kholodnyi.aa@gmail.com

Исследовано влияние микроструктуры и прочности толстолистового проката, формируемых при различных режимах термомеханической обработки, на стойкость против сульфидного растрескивания под напряжением (SSC) при одноосном растяжении низколегированных трубных сталей категорий прочности X42-X70. Установлена положительная роль формирования ферритно-бейнитной микроструктуры взамен ферритно-перлитной, повышения дисперсности структурных составляющих и временного сопротивления ( $\sigma_b > 1,85 \cdot k \cdot \sigma_{t \text{ норм}}$ ) на стойкость против SSC за счет интенсивного ускоренного охлаждения из аустенитной области после контролируемой прокатки. Выявленные закономерности опробованы при изготовлении листов в промышленных условиях.

Ключевые слова: низколегированная трубная сталь, контролируемая прокатка, ускоренное охлаждение, толстолистовой прокат, микроструктура, механические свойства, сульфидное растрескивание под напряжением.

---

The influence of rolled plate microstructure and strength formed under various modes of thermomechanical treatment on the resistance to sulfide stress cracking (SSC) under uniaxial tension of low-alloy pipe steels grades X42-X70 was investigated. A positive role of ferrite-bainitic microstructure formation instead of a ferrite-pearlite one, an increase in the dispersion of structural components and tensile strength ( $\sigma_b > 1.85 \cdot k \cdot \sigma_{t \text{ norm}}$ ) on the resistance to SSC due intense accelerated cooling from the austenitic region after controlled rolling was established. The revealed patterns were tested in the manufacture of plate in an industrial environment.

Keywords: low-alloy pipe steel, controlled rolling, accelerated cooling, rolled plate, microstructure, mechanical properties, sulfide stress cracking.



## Установление причин преждевременного коррозионного разрушения насосно-компрессорной трубы

**А. В. Амежнов<sup>1</sup>, И. Г. Родионова<sup>1</sup>, Н. А. Стукалова<sup>2</sup>,  
А. Е. Антощенко<sup>3</sup>, Ю. С. Гладченкова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П.Бардина”, Россия, Москва,  
E-mail: [amejnov@mail.ru](mailto:amejnov@mail.ru), [igrodi@mail.ru](mailto:igrodi@mail.ru);

<sup>2</sup> Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”,  
Россия, Москва, e-mail: [stukalova-n@mail.ru](mailto:stukalova-n@mail.ru);

<sup>3</sup> ООО ТД “Сибирская Промышленная Группа”, Россия, Москва,  
E-mail: [a.antoshchenkov@td-spg.ru](mailto:a.antoshchenkov@td-spg.ru);

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Химический факультет Россия, Москва, E-mail: [jubykova@yandex.ru](mailto:jubykova@yandex.ru).

Проведены испытания и комплексные исследования с целью установления причин преждевременного выхода из строя насосно-компрессорной трубы. Показано, что наиболее вероятной причиной локальной (язвенной) коррозии является повышенная загрязненность стали трубы комплексными НВ на основе алюмомагниево-шпинели с повышенным содержанием корунда в комплексной оксидной составляющей включения. Также к снижению коррозионной стойкости стали могла привести повышенная загрязненность сульфидами марганца.

Ключевые слова: сталь, насосно-компрессорные трубы, механические свойства, микроструктура, неметаллические включения, локальная коррозия, коррозионная стойкость.

Tests and comprehensive studies have been carried out in order to establish the causes of premature failure of the tubing. It is shown that the most probable cause of local (pitting) corrosion is the increased contamination of the pipe steel with complex HB based on aluminum-magnesium spinel with an increased content of corundum in the complex oxide component of the inclusion. Also, increased contamination with manganese sulfides could lead to a decrease in the corrosion resistance of steel.

Key words: steel, tubing pipes, mechanical properties, microstructure, non-metallic inclusions, localized corrosion, corrosion resistance.

УДК 669-156.5

## **Влияние нагружения в упругой области на структурное состояние и склонность к замедленному разрушению высокоуглеродистой закаленной стали**

**Л. А. Баева<sup>1</sup>, К. В. Волков<sup>1</sup>, В. П. Вылежнев<sup>1</sup>,  
Н. О. Ливанова<sup>1</sup>, Е. Б. Нарусова<sup>2</sup>, Г. А. Филиппов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва, E-mail: iqs12@yandex.ru

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования РУТ (МИИТ), г. Москва

В работе проведено исследование влияния нагружения и выдержки под напряжением в упругой области высокоуглеродистой закаленной стали на склонность к замедленному разрушению и структурное состояние методом рентгеновской дифрактометрии. Предложен механизм немонотонного изменения ширины рентгеновской линии при увеличении приложенного напряжения в упругой области высокоуглеродистой закаленной стали и его влияния на уровень порогового напряжения при замедленном разрушении.

Ключевые слова: высокоуглеродистая сталь, замедленное хрупкое разрушение, закаленная сталь.

The article is devoted to the study of the influence of loading and holding under stress in the elastic range of high-carbon hardened steel on the tendency to delayed fracture and structural state by X-ray diffractometry. A mechanism for a non-monotonic change in the X-ray line width with an increase in the applied stress in the elastic range of high-carbon hardened steel and its influence on the level of the threshold voltage during delayed destruction is proposed.

Key words: high-carbon steel, delayed brittle fracture, hardened steel.

УДК 669.15-194.2

## **Влияние нагрева под горячую штамповку и отпуск на структуру и свойства низкоуглеродистых медесодержащих сталей для высокопрочных фитингов, изготавливаемых без закалки**

**А. А. Холодный, М. Ю. Матросов, П. Г. Мартынов,  
Г. А. Филиппов, Е. В. Шульга, Е. В. Папета**

*ГНЦ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва.*

*E-mail: kholodnyi.aa@gmail.com*

Исследовано влияние химического состава и режимов термической обработки, имитирующей нагрев под горячую штамповку и послесварочный отпуск при изготовлении соединительных деталей газопроводов без закалки, на микроструктуру и механические свойства низкоуглеродистых медесодержащих (0,85 – 1,40 % Cu) сталей. Установлено, что наиболее высокий уровень прочностных (класс К60) и вязкостных свойств достигается в стали с содержанием меди 1,4 % после обработки по температурным режимам нагрева под штамповку при 860 °С и отпуска при 550 – 600 °С.

Ключевые слова: фитинг, толстолистовой прокат, низкоуглеродистая медесодержащая сталь, легирование, горячая штамповка, термическая обработка, температура нагрева, отпуск, микроструктура, механические свойства, хладостойкость.

---

The effect of the chemical composition and heat treatment modes simulating heating for hot stamping and post-welding tempering at the manufacture of gas pipeline fitting without quenching on the microstructure and mechanical properties of low-carbon copper-containing (0,85 - 1,40 % Cu) steels was studied. It was established that the highest level of strength (class K60) and toughness is achieved in steel with a copper content of 1.4 % after treatment under temperature conditions of heating for stamping at 860 °C and tempering at 550 – 600 °C.

Keywords: fitting, rolled plate, low-carbon copper-containing steel, alloying, hot stamping, heat treatment, heating temperature, tempering, microstructure, mechanical properties, cold resistance.



## Памяти Бориса Владимироича Молотилова

Руководство Министерства промышленности и торговли России и ГНЦ “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина” с глубоким прискорбием извещают, что 20 августа 2020 года на 89-м году жизни скоропостижно скончался выдающийся ученый-металлург и материаловед, генеральный директор ЦНИИчермет им. И.П.Бардина (1987 – 1992 гг.) и директор Института прецизионных сплавов (1966 – 1987 гг.), академик РАЕН, доктор технических наук, профессор Борис Владимирович Молотилев.

Борис Владимирович родился 6 октября 1931 года в г. Томске. После окончания в 1955 г. Московского института стали он всю свою жизнь посвятил ЦНИИчермету, где прошел славный путь от младшего научного сотрудника до генерального директора. Он был ярким, талантливым и разносторонним ученым, сочетавшим в себе незаурядный талант металлофизика и металловеда с талантом металлурга, успешно возглавляя ряд ответственных технологических разработок и их практическую реализацию. Среди многочисленных научных достижений Бориса Владимировича необходимо отметить в первую очередь его бесценный вклад в создание научных основ и в организацию промышленного производства анизотропных и изотропных электротехнических сталей, аморфных и нанокристаллических сплавов. Он был

выдающимся организатором науки и блестящим педагогом, воспитавшим плеяду талантливых учеников. Его перу принадлежат более 10 монографий и более 400 научных статей и патентов. За заслуги перед отечеством он был награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени и многочисленными медалями. Ему были присуждены Государственная премия и Премия Совета Министров СССР.

В этот скорбный час мы выражаем восхищение и произносим слова сердечной и искренней благодарности этому выдающемуся ученому и человеку, внесшему неоценимый вклад в развитие отечественной и мировой науки о материалах. Борис Владимирович являлся для нас ярким примером служения родному институту, которому он отдал всего себя без остатка. Выражаем глубокие соболезнования родным и близким покойного и выражаем твердую уверенность в том, что светлое имя Б.В. Молотилова сохранится в наших сердцах и будет вписано золотыми буквами в историю ЦНИИчермет им. И.П. Бардина.

*Коллектив ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П.Бардина” и редколлегия журнала “Проблемы металлургии и материаловедения” выражают глубокое соболезнование родным и близким Б.В. Молотилова.*



## Памяти Юрия Павловича Снитко

Коллектив ОАО «Черметинформация» с прискорбием сообщает, что 31 октября на 68-м году жизни в результате болезни, вызванной коронавирусом, скончался Юрий Павлович Снитко, доктор технических наук, генеральный директор ОАО «Черметинформация».

Вся трудовая деятельность Ю.П. Снитко была связана с чёрной металлургией. После окончания в 1976 г. Сибирского металлургического института по специальности «Металлургия черных металлов» он работал на Кузнецком заводе ферросплавов. В 1979 г. Юрий Павлович был направлен в целевую аспирантуру «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина». Его диссертация была посвящена исследованию термодинамических свойств специальных сталей и сплавов. После защиты диссертации в 1983 г. он занимался проблемами производства высококачественных марок стали для судостроения.

С 1984 по 1989 г. Юрий Павлович — старший, затем ведущий научный сотрудник Восточного филиала Института черной металлургии (г. Новокузнецк). Основная тематика — освоение проектных мощностей нового электросталеплавильного цеха на Кузнецком металлургическом комбинате и нового металлургического завода в Комсомольске-на-Амуре («Амурсталь»). В 1987 г. за освоение выплавки качественных марок стали в сверхмощных дуговых печах Кузнецкого металлургического комбината Ю.П. Снитко удостоен премии им. И.П. Бардина Минчермета СССР.

В 1989 г. Юрий Павлович получил приглашение в докторантуру ИМет им. А.А. Байкова РАН, в 1993 г. окончил ее и защитил диссертацию. Основное направление диссертационной работы — теоретическое и практическое обоснование целесообразности производства ответственных сталей, таких как подшипниковая, рельсовая и др., в сверхмощных дуговых электропечах с последующей непрерывной разливкой.

В 1993 – 1995 гг. Ю.П. Снитко — профессор кафедры электрометаллургии стали и ферросплавов Сибирского металлургического института. В 1955 – 2000 гг. работал техническим директором Кузнецкого завода ферросплавов. В 1998 г. по поручению администрации области Юрий Павлович выполнял обязанности внешнего управляющего Кузнецким металлургическим комбинатом. За время работы была подготовлена и представлена программа реконструкции комбината, которая предусматривала сворачивание мартеновского производства и развитие производства электростали. В 2000 г. Ю.П. Снитко получил приглашение на должность технического директора Кузнецкого металлургического комбината для реализации ранее подготовленной программы модернизации. За 2000 – 2003 гг. была реализована программа реконструкции, включающая модернизацию копрового, электросталеплавильного, рельсобалочного цехов с выводом из эксплуатации мартеновского производства. Осуществлён перевод нагревательных пе-

чей с коксодоменного на природный газ. Освоено производство новых, высокоприбыльных видов продукции. Доля комбината на российском рынке качественных рельсов возросла с 0 до 60 %.

В 2003 г. Юрий Павлович перешел в компанию “Мечел” (г. Москва) на должность директора управления реконструкции и развития. За 2003 – 2011 гг. проведена работа по реконструкции ряда металлургических предприятий компании. На непрерывную разливку стали переведены все предприятия группы, модернизированы электропечи, прокатные станы. Ю.П. Снитко — автор проекта строительства рельсобалочного стана.

В 2011 г. Юрий Павлович Снитко получил приглашение в Центральный научно-исследова-

тельский институт информации и технико-экономических исследований “Черметинформация” (г. Москва) на должность генерального директора и принял его. Под его руководством были выполнены исследования по заказу ряда российских и зарубежных компаний, созданы новые направления в деятельности института — технико-экономический аудит, управление проектами.

*Коллектив ОАО “Черметинформация” и редакционная коллегия Бюллетеня научно-технической и экономической информации “Черная металлургия” выражают глубочайшие соболезнования родным и близким Юрия Павловича.*

## Авторский указатель за 2020 год

- Абина А.А. — см. Якушевич Н.Ф.
- Александрова Н.М. — см. Амежнов А.В.
- Александрова Н.М., Гудков А.В., Волков К.В., Ливанова О.В., Филиппов Г.А.** *Микродефекты и особенности структуры сварных стыков рельсов при контактной сварке оплавлением ..* ..... № 2, с. 83 – 91
- Амежнов А.В. — см. Родионова И.Г.
- Амежнов А.В., Гладченкова Ю.С., Шапошников Н.Г., Родионова И.Г., Арутюнян Н.А., Чиркина И.Н.** *Исследование микроструктуры и коррозионной стойкости холоднокатаных микролегированных листовых сталей (HSLA) для автомобилестроения ..* ..... № 2, с. 66 – 82
- Амежнов А.В., Заркова Е.И., Родионова И.Г., Александрова Н.М.** *Исследование влияния характеристик структурного состояния и микролегирования на коррозионную стойкость сверхнизкоуглеродистых и низкоуглеродистых сталей. ....* ..... № 1, с. 33 – 45
- Амежнов А.В., Родионова И.Г., Гладченкова Ю.С., Заркова Е.И., Стукалова Н.А.** *Сравнительная оценка агрессивности различных сред. Влияние характеристик среды на скорость и механизмы протекания коррозионных процессов ..* ..... № 3, с. 62 – 70
- Амежнов А.В., Родионова И.Г., Стукалова Н.А., Антощенко А.Е., Гладченкова Ю.С.** *Установление причин преждевременного коррозионного разрушения насосно-компрессорной трубы ..* ..... № 4, с. 68 – 79
- Антощенко А.Е. — см. Амежнов А.В.
- Арифлулов Ф.В. — см. Зайцев А.И.
- Арутюнян Н.А. — см. Амежнов А.В.
- Арутюнян Н.А. — см. Зайцев А.И.
- Баева Л.А., Волков К.В., Вылежнев В.П., Ливанова Н.О., Нарусова Е.Б., Филиппов Г.А.** *Влияние нагружения в упругой области на структурное состояние и склонность к замедленному разрушению высокоуглеродистой закаленной стали ..* ..... № 4, с. 80 – 85
- Баева Л.А., Волков К.В., Вылежнев В.П., Ливанова Н.О., Филиппов Г.А.** *Влияние структурного состояния на склонность к замедленному хрупкому разрушению высокоуглеродистой рельсовой стали ..* ..... № 1, с. 27 – 32
- Бакланова О.Н. — см. Родионова И.Г.
- Балакирев А.А. — см. Ковалев А.И.
- Белоусов Г.С., Борцов А.Н., Ливанова О.В., Куклев А.В., Филиппов Г.А., Волков К.В., Зубов С.П., Кузнецов М.С.** *Анализ наследования дефектов при производстве рельсов из непрерывнолитой заготовки и повышение качества рельсовой продукции на ТОО “Актюбинский рельсобалочный завод” ..* ..... № 3, с. 25 – 31
- Борцов А.Н. — см. Белоусов Г.С.
- Бродов А.А. — см. Грибков А.А.
- Бурцев В.Т.** *Исследование активности кислорода в никеле, раскисленного магнием и кальцием при  $P_{Ar} = 0,1$  МПа и 1560 °С ..* ..... № 2, с. 16 – 21
- Вайнштейн Д.Л. — см. Ковалев А.И.
- Василик Н.Я., Крымов Е.А., Скачков О.А., Шмелев В.М.** *Радиационные ИК горелки нового поколения для металлургии и металлообработки ..* ..... № 3, с. 32 – 34
- Вахрушев В.О. — см. Ковалев А.И.
- Виноградов В.В., Куклев А.В., Виноградова Е.П., Лонгинов А.М., Тяжелникова И.Л.** *О влиянии концентрационной зависимости объемной усадки фазового перехода на параметры “мягкого обжатия” при затвердевании непрерывнолитого стального слитка ..* ..... № 3, с. 5 – 11
- Виноградова Е.П. — см. Виноградов В.В.
- Волков А.И. — см. Зайцев А.И.
- Волков К.В. — см. Александрова Н.М.
- Волков К.В. — см. Баева Л.А. .... № 1, 4
- Волков К.В. — см. Белоусов Г.С.
- Волков К.В. — см. Семенов В.В.

- Волков К.В., Ливанова Н.О., Никулин А.Н., Филиппов Г.А.** Сдвиговые процессы при продольной прокатке заготовки и формирование потребительских свойств проката ..... № 3, с. 12 – 24
- Волкова Е.А. — см. Эфрон Л.И.
- Вылежнев В.П. — см. Баева Л.А. .... №№ 1, 4
- Гетманова М.Е., Ливанова О.В., Никулин А.Н., Филиппов Г.А.** Аналитическое моделирование влияния температурных режимов деформации на проработку макроструктуры литого металла в процессе передела непрерывнолитых заготовок в железнодорожные колеса ..... № 4, с. 5 – 17
- Гладченкова Ю.С. — см. Амежнов А.В. .... №№ 3, 4
- Гладченкова Ю.С. — см. Родионова И.Г.
- Гладченкова Ю.С.** Анализ методов коррозионных испытаний сталей. Методы определения показателей коррозионной стойкости сталей для нефтепромысловых трубопроводов ..... № 3, с. 83 – 93
- Глезер А.М. — см. Громов В.Е.
- Гребенчиков Д.А. — см. Родионова И.Г. .... №№ 1, 4
- Грибков А.А., Шевелев Л.Н., Мухатдинов Н.Х., Бродов А.А.** Анализ состояния и разработка предложений по совершенствованию оценки избыточных сталеплавильных мощностей. .... № 1, с. 58 – 62
- Гриншпон А.С., Зикеев В.Н., Ливанова Н.О., Седышев А.И., Филиппов Г.А.** Оценка влияния закалочных структур на сопротивление разрушению колесной стали и разработка режимов охлаждения, исключаящих их образование в ободке колеса ..... № 2, с. 57 – 65
- Громов В.Е. — см. Кормышев В.Е.
- Громов В.Е., Кормышев В.Е., Иванов Ю.Ф., Глезер А.М.** Эволюция структурно-фазовых состояний и свойств дифференцированно закаленных 100-метровых рельсов при экстремально длительной эксплуатации. Сообщение 2. Структура и свойства головки рельсов после пропущенного тоннажа 1411 млн тонн ..... № 3, с. 53 – 61
- Гудков А.В. — см. Александрова Н.М.
- Денисов С.В. — см. Родионова И.Г.
- Думова Л.В. — см. Уманский А.А.
- Дунаев С.Ф. — см. Зайцев А.И.
- Ефимов И.В., Степанов П.П., Сорокин А.Е.** Исследование процесса высокочастотной сварки труб с применением скоростной съемки ..... № 1, с. 12 – 20
- Жовнер С.А. — см. Родионова И.Г.
- Зайцев А.И., Колдаев А.В., Арутюнян Н.А., Краснянская И.А., Дунаев С.Ф., Могутнов Б.М.** Влияние карбидных выделений на упрочнение низкоуглеродистых Ti – Mo микролегированных сталей ферритного класса ..... № 1, с. 46 – 52
- Зайцев А.И., Краснянская И.А., Арифуров Ф.В., Волков А.И., Колдаев А.В.** Экспериментальное исследование процессов рекристаллизации в IF сталях ..... № 1, с. 21 – 26
- Заркова Е.И. — см. Амежнов А.В. .... №№ 1, 3
- Зикеев В.Н. — см. Гриншпон А.С.
- Зубов С.П. — см. Белоусов Г.С.
- Зубов С.П. — см. Холодный А.А.
- Иванов Ю.Ф. — см. Громов В.Е.
- Иванов Ю.Ф. — см. Кормышев В.Е.
- Карамышева Н.А. — см. Родионова И.Г. .... №№ 1, 4
- Каширцев В.В. — см. Ребиков Е.М.
- Клак В.П. — см. Семенов В.В.
- Ковалев А.И., Вайнштейн Д.Л., Вахрушев В.О., Балакирев А.А., Сахнов Д.А.** Размерный эффект изменений электронной структуры наночастиц “ядро – оболочка”  $Cu@CuO$  ..... № 3, с. 71 – 82
- Козырев Н.А. — см. Протопопов Е.В.
- Колдаев А.В. — см. Зайцев А.И. .... №1, с. 21 – 26, с. 46 – 52
- Колдаев А.В. — см. Томчук А.А.
- Кормышев В.Е. — см. Громов В.Е.
- Кормышев В.Е., Юрьев А.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Рубанникова Ю.А., Полевой Е.В.** Стадии преобразования пластинчатого перлита дифференцированно закаленных рельсов при длительной эксплуатации .... № 2, с. 51 – 56
- Краснянская И.А. — см. Зайцев А.И. .... №1, с. 21 – 26, с. 46 – 52
- Крымов Е.А. — см. Василик Н.Я.
- Крюков Р.Е. — см. Протопопов Е.В.
- Кудашов Д.В. — см. Эфрон Л.И.
- Кузнецов М.С. — см. Белоусов Г.С.
- Кузнецова О.В. — см. Якушевич Н.Ф.
- Кузнеченко Я.С. — см. Холодный А.А.
- Куклев А.В. — см. Белоусов Г.С.
- Куклев А.В. — см. Виноградов В.В.
- Куклев А.В. — см. Семенов В.В.
- Куклев А.В., Чашин В.В., Тарасов А.Б.** Организация эффективного производства горячего полосового проката повышенной толщины ..... № 4, с. 18 – 23
- Ливанова Н.О. — см. Баева Л.А. .... №№ 1, 4
- Ливанова Н.О. — см. Волков К.В.
- Ливанова Н.О. — см. Гриншпон А.С.
- Ливанова О.В. — см. Александрова Н.М.



- Ливанова О.В. — см. Белоусов Г.С.  
 Ливанова О.В. — см. Гетманова М.Е.  
 Лонгинов А.М. — см. Виноградов В.В.  
 Мамонов А.Л. — см. Темников В.В.  
 Мартынов П.Г. — см. Холодный А.А. ....  
 ..... № 4, с. 59 – 67, с. 86 – 93  
 Матросов М.Ю. — см. Холодный А.А. ....  
 ..... № 4, с. 59 – 67, с. 86 – 93  
 Матросов Ю.И. — см. Холодный А.А. ....  
 ..... № 4, с. 59 – 67, с. 86 – 93  
 Мельниченко А.С. — см. Родионова И.Г.  
 Метелкин А.А. — см. Темников В.В.  
 Михеенков М.А. — см. Темников В.В.  
 Мишетьян А.Р. — см. Эфрон Л.И.  
 Могутнов Б.М. — см. Зайцев А.И.  
 Мохова А.С. — см. Семенов М.Ю.  
 Мухатдинов Н.Х. — см. Грибков А.А.  
 Нарусова Е.Б. — см. Баева Л.А.  
 Никулин А.Н. — см. Волков К.В.  
 Никулин А.Н. — см. Гетманова М.Е.  
 Никулин А.Н. — см. Семенов В.В.  
 Осетковский И.В. — см. Протопопов Е.В.  
 Павлов А.А. — см. Родионова И.Г. .... №№ 1, 4  
 Павлов В.В. — см. Якушевич Н.Ф.  
**Павлов В.В., Темлянец М.В., Трошкина А.В.**  
*О связи усталостных показателей с прочностными свойствами стали и роли неметаллических включений ..... № 2, с. 44 – 50*  
 Папета Е.В. — см. Холодный А.А.  
 Папшев А.В. — см. Родионова И.Г. .... №№ 1, 4  
 Пименов Е.В. — см. Ребиков Е.М.  
 Полевой Е.В. — см. Кормышев В.Е.  
 Придеин А.А. — см. Холодный А.А.  
 Прокопенко Л.В. — см. Холодный А.А.  
 Протопопов Е.В. — см. Якушевич Н.Ф.  
**Протопопов Е.В.** *Сибирский государственный индустриальный университет: 90 лет в образовании и науке ..... № 2, с. 95*  
**Протопопов Е.В., Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Осетковский И.В.** *Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов ..... № 2, с. 38 – 43*  
**Ребиков Е.М., Каширцев В.В., Соснин В.В., Пименов Е.В.** *Особенности структурообразования дисперсионно-твердеющих сплавов на никелевой основе с повышенными упругими свойствами ..... № 4, с. 34 – 40*  
 Родионова И.Г. — см. Амежнов А.В. №№ 1, 2, 3, 4  
**Родионова И.Г., Амежнов А.В., Гладченкова Ю.С.**  
*Оценка применимости новой методики оценки коррозионной стойкости сталей в условиях эксплуатации нефтепромысловых трубопроводов различных месторождений ..... № 1, с. 63 – 67*  
**Родионова И.Г., Карамышева Н.А., Павлов А.А., Бакланова О.Н., Денисов С.В., Шпак А.И., Папшев А.В., Гребенщиков Д.А., Жовнер С.А.** *Управление структурой и свойствами горячеоцинкованного проката микрелегированных сталей (типа HSLA) ..... № 1, с. 53 – 57*  
**Родионова И.Г., Карамышева Н.А., Павлов А.А., Мельниченко А.С., Шпак А.И., Папшев А.В., Гребенщиков Д.А.** *Исследование влияния химического состава и технологических параметров на свойства горячеоцинкованного проката из сверхнизкоуглеродистых сталей типа IF с использованием методов статистического анализа ..... № 4, с. 41 – 58*  
 Рубанникова Ю.А. — см. Кормышев В.Е.  
 Саморуков М.Л. — см. Якушева Н.А.  
 Сахнов Д.А. — см. Ковалев А.И.  
 Седышев А.И. — см. Гриншпон А.С.  
**Семенов В.В., Никулин А.Н., Куклев А.В., Филиппов Г.А., Клак В.П., Волков К.В.** *Оптимизация химического состава и технологии разлива на МНЛЗ стали Э76Ф для формирования необходимого структурного состояния рельсов при их термической обработке в технологической линии рельсобалочного стана 950/800 “АРБЗ” ..... № 3, с. 35 – 47*  
**Семенов М.Ю., Смирнов А.В., Щербаков С.П., Мохова А.С.** *Контактная выносливость азотированных слоев комплексно-легированных теплостойких сталей ..... № 3, с. 48 – 52*  
 Симачев А.С. — см. Уманский А.А.  
 Скачков О.А. — см. Василик Н.Я.  
 Смирнов А.В. — см. Семенов М.Ю.  
 Сорокин А.Е. — см. Ефимов И.В.  
 Соснин В.В. — см. Ребиков Е.М.  
 Степанов П.П. — см. Ефимов И.В.  
 Стукалова Н.А. — см. Амежнов А.В. .... №№ 3, 4  
 Тарасов А.Б. — см. Куклев А.В.  
 Темлянец М.В. — см. Павлов В.В.  
 Темлянец М.В. — см. Уманский А.А.  
 Темлянец М.В. — см. Якушевич Н.Ф.  
**Темников В.В., Шешуков О.Ю., Михеенков М.А., Метелкин А.А., Мамонов А.Л.** *Использование шлака внепечной обработки стали в аглопроизводстве. .... № 2, с. 22 – 26*  
**Томчук А.А., Колдаев А.В.** *XI конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий” № 2, с. 92 – 94*  
 Трошкина А.В. — см. Павлов В.В.  
 Тяжелникова И.Л. — см. Виноградов В.В.

- Углов В.А.** Поздравление ..... № 2, с. 96
- Уманский А.А., Темлянец М.В., Симачев А.С., Думова Л.В.** Исследование влияния микро-структуры непрерывнолитых заготовок рельсовой стали К76Ф на сопротивление пластической деформации ..... № 2, с. 32 – 37
- Филиппов Г.А. — см. Александрова Н.М.
- Филиппов Г.А. — см. Баева Л.А. .... № 1, 4
- Филиппов Г.А. — см. Белоусов Г.С.
- Филиппов Г.А. — см. Волков К.В.
- Филиппов Г.А. — см. Гетманова М.Е.
- Филиппов Г.А. — см. Гриншпон А.С.
- Филиппов Г.А. — см. Семенов В.В.
- Филиппов Г.А. — см. Холодный А.А.
- Холодный А.А., Матросов М.Ю., Мартынов П.Г., Матросов Ю.И., Кузнеценко Я.С.** Снижение склонности трубных сталей к растрескиванию под напряжением в сероводородсодержащей среде ..... № 4, с. 59 – 67
- Холодный А.А., Матросов М.Ю., Мартынов П.Г., Филиппов Г.А., Шульга Е.В., Папета Е.В.** Влияние нагрева под горячую штамповку и отпуск на структуру и свойства низкоуглеродистых медесодержащих сталей для высокопрочных фитингов, изготавливаемых без закалки ..... № 4, с. 86 – 93
- Холодный А.А., Матросов Ю.И., Зубов С.П., Придеин А.А., Прокопенко Л.В.** Опробование производства на стане 2800 АО “Уральская Сталь” листов из экономнолегированной хладостойкой стали для газопроводных сероводородостойких труб категорий прочности X65MS и X70MS ..... № 2, с. 27 – 31
- Чащин В.В. — см. Куклев А.В.
- Чевская О.Н. — см. Эфрон Л.И.
- Чиркина И.Н. — см. Амежнов А.В.
- Шапошников Н.Г. — см. Амежнов А.В.
- Шевелев Л.Н. — см. Грибков А.А.
- Шевченко Р.А. — см. Протопопов Е.В.
- Шешуков О.Ю. — см. Темников В.В.
- Шмелев В.М. — см. Василик Н.Я.
- Шпак А.И. — см. Родионова И.Г. .... № 1, 4
- Шульга Е.В. — см. Холодный А.А.
- Щербаков С.П. — см. Семенов М.Ю.
- Эфрон Л.И., Волкова Е.А., Кудашов Д.В., Чевская О.Н., Мишетьян А.Р.** Формирование структуры при нагреве под прокатку микролегированных ниобием трубных сталей ..... № 4, с. 24 – 33
- Юрьев А.А. — см. Кормышев В.Е.
- Якушева Н.А., Саморуков М.Л.** Технологические особенности ротационной сварки трением высокопрочной конструкционной мартенситностареющей стали ВКС-180. .... № 1, с. 5 – 11
- Якушевич Н.Ф., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Павлов В.В., Абина А.А., Кузнецова О.В.** Термодинамика восстановления щелочноземельных металлов из оксидов и условия кристаллизации сплавов в системе Fe – Si – Me(ЦЗМ) ..... № 2, с. 5 – 15