

# ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

1 • 2014

<i>Теоретические основы металлургии</i>	
<b>В. С. Дуб, А. Н. Ромашкин, А. Н. Мальгинов, И. А. Иванов, Д. С. Толстых</b> Изучение влияния конфигурации кузнечных слитков на распределение химических элементов по их сечению .....	5
<b>Н. Г. Шапошников, А. В. Колдаев, Б. М. Могутов</b> Термодинамика системы Fe – S .....	20
<i>Сырьевая база черной металлургии</i>	
<b>Д. Ю. Жуков, А. Н. Серегин</b> Перспективы производства металлического марганца из бедных руд в России. 1. Ситуация на мировом рынке .....	37
<i>Технологические процессы металлургии</i>	
<b>В. А. Синельников</b> Проблемы сталеплавильного производства на современном этапе .....	43
<b>А. И. Зайцев, И. Г. Родионова, С. В. Никонов, А. Д. Хорошилов</b> Исследование комплексной технологии производства штрипсового металла с целью снижения уровня отсортировки непрерывнолитых заготовок и проката по дефектам поверхности и результатам ультразвукового контроля .....	54
<b>Б. Ф. Зинько, Р. К. Ченгелия, Ю. Д. Морозов, К. Л. Косырев</b> О технологическом обеспечении выплавки низкоуглеродистой высокопрочной конструкционной стали .....	64
<b>К. Н. Вдовин, Л. Г. Сычь, А. В. Меняйло</b> Гранулированный флюс для центробежного литья .....	70
<i>Переработка техногенного сырья</i>	
<b>Н. Н. Федюнина, А. С. Кириченко, И. Ф. Серёгина, А. И. Волков, А. Н. Серёгин</b> О некоторых методах определения содержания металлов платиновой группы в отработанных автомобильных катализаторах и продуктах их переработки .....	73
<i>Материаловедение и новые материалы</i>	
<b>Ю. Ф. Иванов, В. Е. Громов, А. М. Глезер, А. Б. Юрьев, К. В. Волков, К. В. Морозов, Е. В. Полевой, К. В. Алсараева</b> Формирование внутренних полей напряжений в рельсах .....	79
<b>С. В. Яцук, Н. Г. Шапошников, А. В. Нищик, С. Е. Филиппова</b> Исследование фазовых превращений при нагреве холоднокатаной микролегированной ниобием стали .....	85
<b>А. В. Габец, А. В. Сухов, М. В. Сапетов, Г. А. Филиппов</b> Совершенствование материала для фрикционного клина узла гашения колебаний тележки грузового вагона .....	91
<b>Ю. И. Матросов, А. А. Холодный, Е. С. Попов, С. В. Сосин, Г. Н. Коновалов</b> Влияние режимов деформационно-термической обработки трубной стали на формирование микроструктуры и сопротивление водородному растрескиванию (НКС) .....	98
<i>Информация</i>	
Премия И.П. Бардина 2013 г. ....	105
5-я Научно-техническая конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий” .....	106
К 110-летию со дня рождения академика А.И.Целикова (1904 – 1984 гг.) .....	107

# ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

---

## **Главный редактор**

Докт. техн. наук проф. К.Л. Косырев

## **Заместители главного редактора:**

Акад. РАН, докт. техн. наук проф. О.А. Банных;  
акад. РАН, докт. техн. наук проф. Л.И. Леонтьев;  
докт. хим. наук проф. Б.М. Могутнов;  
акад. РАН, докт. техн. наук проф. Ю.В. Цветков

## **Редакционная коллегия:**

Канд. техн. наук В.Т. Абабков; канд. техн. наук В.Б. Акименко; С.З. Афонин;  
канд. эконом. наук А.А. Бродов; канд. хим. наук О.Д. Вернидуб;  
докт. техн. наук Т.Ф. Волынова; докт. физ.-мат. наук проф. А.М. Глезер;  
канд. техн. наук Анд.Д. Дейнеко; докт. физ.-мат. наук проф. А.И. Зайцев;  
докт. техн. наук проф. А.Б. Коростелев;  
чл.-корр РАН, докт. техн. наук проф. В.И. Костиков;  
канд. техн. наук В.В. Мальцев; докт. техн. наук проф. Б.В. Молотилов;  
канд. техн. наук Ю.Д. Морозов; канд. техн. наук В.М. Некрасов;  
канд. техн. наук О.Г. Оспенникова; канд. техн. наук В.А. Парамонов;  
канд. техн. наук А.В. Пинчук; докт. техн. наук проф. И.Г. Родионова;  
канд. техн. наук Б.А. Сарычев; канд. хим. наук А.Н. Серегин;  
докт. техн. наук проф. А.Е. Семин; канд. техн. наук Б.А. Сивак;  
акад. РАН, докт. техн. наук проф. Л.А. Смирнов; канд. техн. наук В.А. Углов;  
докт. техн. наук, проф. Г.А. Филиппов; канд. техн. наук В.П. Чекалов;  
докт. техн. наук И.П. Шабалов.

## **Адрес редакции:**

105005 Москва, 2-я Бауманская ул., дом 9/23,  
ЦНИИчермет им. И.П. Бардина,  
тел. 777 93 02, 777 95 13, факс 777 93 00,  
E-mail: bmogutnov@mtu-net.ru

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

**ISSN 1997-9258**

Журнал зарегистрирован в агентстве «РОСПЕЧАТЬ» 23.01.2008 г.  
Регистрационный индекс 58999.

© ЦНИИчермет им. И.П. Бардина 2014

# PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

## CONTENT

1 • 2014

<i>Fundamentals of metallurgy</i>	
<b>V. S. Dub, A. N. Romashkin, A. N. Malginov, I. A. Ivanov, D. S. Tolstykh</b> The study of influence of forging ingots configuration on the distribution of chemical elements in their cross-section .....	5
<b>N. G. Shaposhnikov, A. V. Koldaev, B. M. Mogutnov</b> Thermodynamics of the Fe – S system .....	20
<i>Raw materials for ferrous metallurgy</i>	
<b>D. Yu. Zhukov, A. N. Seregin</b> Prospects for production of manganese metal from low-grade ores in Russia. 1. The situation on the world market .....	37
<i>Production processes in metallurgy</i>	
<b>V. A. Sinel'nikov</b> Problems of steelmaking at the present-day stage .....	43
<b>A. I. Zaitsev, I. G. Rodionova, S. V. Nikonov, A. D. Khoroshilov</b> The study of complex production technology of skelp steel with the aim to reduce the level of rejection of cast billets and rolled metal by surface defects and the results of ultrasonic control .....	54
<b>B. F. Zin'ko, R. K. Chengeliya, Yu. D. Morozov, K. L. Kosyrev</b> About technological support of smelting of low-carbon high-strength constructional steels .....	64
<b>K. N. Vdovin, L. G. Sych, A. V. Menyailo</b> Granulated flux for centrifugal casting .....	70
<i>Recycling of technogenic raw materials</i>	
<b>N. N. Fedyunina, A. S. Kirichenko, I. F. Seregina, A. I. Volkov, A. N. Ceregin</b> Some methods of determination of platinum group metals in motor exhaust catalysts and products of their recycling .....	73
<i>Materials science and new materials</i>	
<b>Yu. F. Ivanov, V. E. Gromov, A. M. Glezer, A. B. Yuriev, K. V. Volkov, K. V. Morozov, E. V. Polevoy, K. V. Alsaraeva</b> Internal stress fields formation in rails .....	79
<b>S. V. Yashchuk, N. G. Shaposhnikov, A. V. Nishchik, S. E. Filippova</b> The study of phase transformations during heating of a cold-rolled niobium-microalloyed steel .....	85
<b>A. V. Gabets, A. V. Sukhov, M. V. Sapetov, G. A. Filippov</b> Improvement of material for the friction wedge of damping assembly of freight-car trucks .....	91
<b>Yu. I. Matrosov, A. A. Kholodnyi, E. S. Popov, S. V. Sosin, G. N. Konovalov</b> Influence of thermomechanical processing and heat treatment on microstructure formation and HIC resistance of pipe steel .....	98
<i>Information</i>	
I. P. Bardin prize 2013 .....	105
5-th Scientific-technical conference of young specialists "Prospects of development of metallurgical technologies" .....	106
To the 110-th anniversary of the birth of academician A. I. Tselikov .....	107

УДК 621.73-412.004.12

## **Изучение влияния конфигурации кузнечных слитков на распределение химических элементов по их сечению**

**В. С. Дуб, А. Н. Ромашкин, А. Н. Мальгинов, И. А. Иванов,  
Д. С. Толстых**

*ОАО НПО "ЦНИИТМАШ", г. Москва. E-mail: an\_romashkin@cniitmash.ru, raslovo@bk.ru.*

На основании компьютерного моделирования и обобщения имеющегося опыта изучения химической неоднородности кузнечных слитков выявлены общие закономерности распределения ликватов в осевом и радиальном направлениях.

Ключевые слова: слиток, технология, разливка, неоднородность, ликвация, сегрегация, затвердевание, кристаллизация, дендриты, скорость.

---

Based on computer modeling and generalization of the experience of studying chemical heterogeneity in forging ingots general regularities have been identified in distribution of segregating steel components in axial and radial directions.

Keywords: ingot, technology, casting, heterogeneity, segregation, solidification, crystallization, dendrites, rate.

УДК 669.001.12/.18

# **Перспективы производства металлического марганца из бедных руд в России.**

## **1. Ситуация на мировом рынке**

**Д. Ю. Жуков<sup>1</sup>, А. Н. Серегин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва. E-mail: dzhukov35@yandex.ru.

<sup>2</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: ferrosplav@chermet.net

Проведена оценка разведанных запасов марганцевых руд в России и в мире и их компонентного состава. Использование марганца является неотъемлемой частью сталелитейной промышленности. Марганец обладает особыми химическими свойствами, за счет которых повсеместно используется в сталеплавильных процессах, являясь важнейшим легирующим элементом. По мировым объемам использования марганец является четвертым металлом после железа, алюминия и меди. За минувшее десятилетие семикратно возрасли объемы производства металлического марганца.

Ключевые слова: марганец, марганцевые руды, сталелитейная промышленность, легирование, сплав, электролитический марганец.

---

Established resources of manganese ores in Russia and in the world and their component compositions have been assessed. Use of manganese is an integral part of the steel industry. Manganese possesses specific chemical properties, due to which it is widely used in steelmaking processes as important alloying ingredient. On the global scale of the use, manganese is the fourth metal after iron, aluminium and copper. Over the past decade, the volume of production of manganese metal has increased sevenfold.

Keywords: manganese, manganese ores, steel industry, alloying, alloy, electrolytic manganese.

УДК 669.18

## **Проблемы сталеплавильного производства на современном этапе**

**В. А. Синельников**

*Представительство ОАО "НЛМК" в Москве. E-mail: sinelnikov\_va@nlmk.ru*

В XXI в. на передний план исследований и промышленного применения выдвигаются процессы физического воздействия на жидкий металл при выплавке и разливке: использование низковольтного электрического потенциала в конвертере; ультразвука и электромагнитного перемешивания жидкого металла в процессе разливки. Эти воздействия позволят получать более высокий уровень качества готовой продукции. К важным вопросам современного сталеплавильного производства относится микролегирование стали нитридообразующими элементами и лигатурами, содержащими силикокальций, барий и РЗМ. Нерешенными проблемами в настоящее время остаются снижение осевой ликвации в непрерывнолитым слитке для получения внутренней структуры на уровне 1-го класса по шкале Манесмана; производство бездефектных слябов при разливке сталей перитектического состава. Эти проблемы усиливаются при непрерывной разливке толстых слябов на криволинейных и радиальных МНЛЗ. Решение найдено только в отношении МНЛЗ вертикального типа. Данные обстоятельства необходимо учитывать металлургическим предприятиям при реконструкции и строительстве новых МНЛЗ.

Ключевые слова: кислородно-конвертерный процесс, низковольтный электрический потенциал, ультразвук, непрерывная разливка, электромагнитное перемешивание, нитридообразующие элементы, осевая ликвация, перитектическая сталь, тостоябковая МНЛЗ, мягкое обжатие заготовки.

---

The XXI century has brought to the forefront the investigations and industrial applications of physical actions on the molten metal during smelting and casting: the use of low-voltage electrical potential in the converter; ultrasound and electromagnetic stirring of molten metal in the course casting process. These actions make it possible to achieve a higher level of finished steel quality. The important issues of modern steelmaking are microalloying of steel with nitride-forming elements and additions of ligatures containing calcium silicon, barium and REM. At present among the unresolved problems remain reduction of center segregation in continuously cast ingots required for obtaining the internal structure at the 1st class level on the Mannesmann's scale; production of flawless slabs during casting steels of peritectic composition. Continuous casting of thick slabs on curved and radial CCM exacerbate these problems. The solution is found only for vertical type continuous casters. These circumstances should be considered by metallurgical enterprises while reconstruction and construction of new CCM.

Keywords: basic oxygen process, low-voltage electrical potential, ultrasound, continuous casting, electromagnetic stirring, nitride-forming elements, center segregation, peritectic steel, thick slab caster, billets soft draft.

УДК 620.193

# Исследование комплексной технологии производства штрипсового металла с целью снижения уровня отсортировки непрерывнолитых заготовок и проката по дефектам поверхности и результатам ультразвукового контроля

А. И. Зайцев<sup>1</sup>, И. Г. Родионова<sup>1</sup>, С. В. Никонов<sup>2</sup>, А. Д. Хорошилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», Москва. E-mail: aizaitsev@mtu-net.ru

<sup>2</sup> ЧерМК ОАО «Северсталь», г. Череповец, Вологодская обл.

Проведено детальное теоретическое и экспериментальное исследование на большом массиве (около 300) опытных конвертерных плавков причин и механизмов формирования на всех переделах дефектов поверхности штрипсового металла и дефектов, выявляемых при ультразвуковом контроле. Показано, что возникновение дефектов сталеплавильного происхождения может быть связано со следующими факторами: тип, состояние, качество настройки и стабильность работы УНРС; нарушение технологии непрерывной разливки для конкретных заготовок; повышенное содержание и/или неравномерное распределение водорода в металле; присутствие неметаллических включений. Они могут быть как независимыми, так и усиливать действие друг друга. С использованием современных методов физико-химического моделирования и анализа установлены закономерности эволюции неметаллических включений по ходу ковшовой обработки и непрерывной разливки стали, и найдены ключевые технологические параметры производства штрипсового металла, контролируемые возможность возникновения дефектов поверхности. Установлены их оптимальные значения минимизирующие или предупреждающие отсортировку проката по дефектам. Однозначно показано, что предпосылки возникновения дефектов разных типов, заложенные на предыдущих стадиях обработки стали, могут проявляться или не проявляться на последующих переделах в зависимости от принятой технологии.

Ключевые слова: непрерывнолитые заготовки, штрипсовый прокат, дефекты поверхности, дефекты, выявляемые при ультразвуковом контроле, водород в стали, неметаллические включения.

Causes and mechanisms of forming surface defects and defects that are detected by ultrasonic control have been theoretically and experimentally studied in detail on all phases of skelp steel production. A data bulk of about 300 converter melting was used for the purpose. It has been shown that the occurrence of defects of steelmaking origin may be connected with the following factors: the type, condition, quality settings and processing stability of continuous casting machines; breakdowns in processing of continuous casting of specific billets; the increased content and / or uneven distribution of hydrogen in the metal; the presence of non-metallic inclusions. These factors might be both independent and reinforce each other's action. Regularities of evolution of nonmetallic inclusions during the ladle treatment and continuous casting of steel have been established by modern methods of physical and chemical analysis and modeling. This enabled us to find the key technological parameters of skelp steel production that control surface defects appearance. The optimal values of these parameters have been determined that allow minimizing or preventing rejection of rolled metal by defects. Simultaneously it has been shown that prerequisites for appearance of various types of defects generated at the previous phases of steel processing might or might not reveal themselves at subsequent process phases, depending on the adopted technology.

Keywords: continuously-cast billets, skelp steel, surface defects, defects detected by ultrasonic control, hydrogen in steel, non-metallic inclusions.

УДК 669. 14.018

## **О технологическом обеспечении выплавки низкоуглеродистой высокопрочной конструкционной стали**

**Б. Ф. Зинько, Р. К. Ченгелия, Ю. Д. Морозов,  
К. Л. Косырев**

*ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: morozov@chermet.net*

Выполнен анализ развития технологии выплавки высокопрочных марок конструкционной стали. Рассмотрены вопросы обеспечения чистоты стали по содержанию вредных примесей и повышению качества металлопродукции. Показано влияние формы неметаллических включений на напряженное состояние металлоконструкций.

Ключевые слова: требования к качеству стали, высокопрочная сталь, технология выплавки, неметаллические включения, дефосфорация.

---

The development of smelting technology of high-strength constructional steel has been analyzed. The following problems have been considered: ensuring of steel cleanness in harmful impurities content and improvement of metal production quality. The influence of non-metallic inclusions shapes on the stressed state of metal frameworks has been established.

Keywords: quality requirements for steel, high-strength steel, smelting technology, nonmetallic inclusions, dephosphorization.



УДК 621.74.042:621.745.45

## Гранулированный флюс для центробежного литья

**К. Н. Вдовин, Л. Г. Сычь, А. В. Меняйло**

*ФГБОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова",  
г. Магнитогорск. E-mail: kn.vdovin@gmail.com*

Рассмотрены существующие флюсы, применяемые для литья прокатных валков, указаны их недостатки. Подобраны материалы для нового флюса и методами термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии получили информацию о фазовых превращениях и химических реакциях, происходящих в новом флюсе, установили: характеристики размягчения, плавления, растекания и кристаллизации. Все исследования проводили в условиях непрерывного нагрева и охлаждения образцов со скоростью 10 °С/мин в среде инертного газа (аргона). Изготовили и испытали в производстве гранулированный флюс при литье центробежным способом прокатных валков. Флюс дал положительный результат и внедряется в производство.

Ключевые слова: флюс, шлак, центробежное литье, валок, шлакообразующая смесь, калориметрия, термогравиметрия.

---

The existing fluxes used for casting of forming rolls were considered and their imperfections were indicated. Materials were chosen for a new flux and with thermogravimetry and differential scanning calorimetry techniques information was obtained about phase transitions and chemical reactions occurring in the new flux. Characteristics of the flux softening, melting, spreading and crystallization were found. All studies were conducted under samples continuous heating and cooling with rate of 10 centigrade per min in inert gas (argon). The granulated flux was prepared and tested in the course of centrifugal casting of forming rolls. Testing gave positive results and now the flux is applying in industry.

Keywords: flux, slag, centrifugal casting, roll, slag-forming mixture, calorimetry, thermogravimetry .

УДК 543.427: 543.421: 543.51

## **О некоторых методах определения содержания металлов платиновой группы в отработанных автомобильных катализаторах и продуктах их переработки**

**Н. Н. Федюнина<sup>1</sup>, А. С. Кириченко<sup>2</sup>, И. Ф. Серёгина<sup>1</sup>,  
А. И. Волков<sup>2</sup>, А. Н. Серёгин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «МГУ им. М.В. Ломоносова», г. Москва.

<sup>2</sup> ФГУП «ЦНИИЧермет им.И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: rhenium@list.ru, ferrosplav@chermet.net.

Сопоставлены результаты определения металлов платиновой группы (МПГ) в отработанных автомобильных катализаторах и продуктах их переработки (сплава и шлака) методами рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП). Отмечено, что чувствительность РФА недостаточна для определения МПГ в шлаке. Метод РФА рекомендован как экспрессный и малозатратный способ определения МПГ в катализаторах и металле только при наличии градуировочных образцов. Методом ААС не удалось определить платину во всех образцах. Этот метод без предварительной стадии разделения и концентрирования пригоден только для определения родия и палладия в образцах катализатора и металла. Метод МС-ИСП пригоден для определения МПГ как в исходных катализаторах, так и в продуктах их переработки. Этот метод незаменим при анализе шлака.

Ключевые слова: отработанные автомобильные катализаторы, продукты переработки катализаторов, металлы платиновой группы, химический анализ, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционная спектроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ.

Results of analyzing dead motor catalysts and products of their recycling (alloy and slag) for platinum group metals (PGM) are compared. The following methods were applied: x-ray fluorescence analysis (XRF), atomic absorption spectroscopy (AAS) and mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-MS). The sensitivity of the XRF was found insufficient for PMG contents determination in slag. This method is recommended as a rapid and cost-effective way to determine the PMG in catalysts and metal on condition that calibrated samples are available. The AAS technique failed to determine platinum in all samples. Without the preliminary stage of the separation and concentration it is suitable only for determination of rhodium and palladium in samples of the catalysts and metal. The ICP-MS method is suitable for the PGM determination both in catalysts and products of their recycling. This method is indispensable for the slag analysis.

Keywords: dead motor catalysts, products of catalysts recycling, platinum group metals, chemical analysis, mass spectrometry with inductively coupled plasma, atomic absorption spectroscopy, x-ray fluorescence analysis.

УДК 669.18:669.04.:669.12

## **Формирование внутренних полей напряжений в рельсах**

**Ю. Ф. Иванов<sup>1,2</sup>, В. Е. Громов<sup>3</sup>, А. М. Глезер<sup>4</sup>, А. Б. Юрьев<sup>5</sup>,  
К. В. Волков<sup>5</sup>, К. В. Морозов<sup>5</sup>, Е. В. Полевой<sup>5</sup>, К. В. Алсараева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

*E-mail: yufi55@mail.ru.*

<sup>2</sup> Институт сильноточной электроники СО РАН, г.Томск.

<sup>3</sup> Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк.

*E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru.*

<sup>4</sup> ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина", г. Москва. *E-mail-a.glezer@mail.ru*

<sup>5</sup> ОАО "ЕВРАЗ – Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат",

г. Новокузнецк. *E-mail: volkov\_kv@nkmk.ru.*

Методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии выполнен послойный анализ внутренних полей напряжений, формирующихся в рельсах, подвергнутых объемной закалке с последующим отпуском и дифференцированной закалке воздухом. Установлено, что плотность концентраторов напряжений достигает максимального значения у поверхности катания. Для объемно закаленных рельсов она выше, чем для дифференцированно закаленных. Наиболее опасными концентраторами напряжений, которые преимущественно формируются в рельсах, подвергнутых объемной закалке, являются границы раздела глобулярные частицы цементита – матрица.

Ключевые слова: рельсы, структура, фазовый состав, закалка, внутренние поля напряжений.

---

The transmission electron diffraction microscopy technique was applied for the layer by layer analysis of the internal stress fields being formed in rails subjected to the bulk hardening with the following tempering and differentiated hardening by the air. It is established that the stress concentrators density reaches the maximum value at the tread contact surface. It is higher for the bulk hardened rails than for differentiated hardened ones. The most dangerous stress concentrators which are predominantly forming in the rails subjected to the bulk hardening are the interfaces between globular cementite particles and matrix.

Keywords: rails, structure, phase composition, hardening, internal stress fields.

УДК 536.6:669.017.3

## Исследование фазовых превращений при нагреве холоднокатаной микролегированной ниобием стали

С. В. Ящук<sup>1</sup>, Н. Г. Шапошников<sup>1</sup>, А. В. Нищик<sup>1</sup>,  
С. Е. Филиппова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П. Бардина, г. Москва. E-mail: nicolas-shaposhnikov@rambler.ru

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «МГУ им. М.В.Ломоносова», г. Москва.

Методом DTA при различных скоростях нагрева исследованы фазовые превращения в двух низкоуглеродистых сталях, одна из которых микролегирована ниобием. Обнаружено, что образование аустенита в деформированном металле сопровождается не одним, как в отожженном, а двумя эндотермическими эффектами. При увеличении скорости нагрева «низкотемпературный» эффект возрастает за счет «высокотемпературного». При этом степень этого изменения в микролегированной стали меньше. Высказано предположение, что наблюдаемое отличие в поведении сталей связано с особенностями взаимодействия процессов рекристаллизации и образования аустенита.

Ключевые слова: холоднокатаная сталь, микролегированная сталь, рекристаллизация, образование аустенита, дифференциальный термический анализ.

---

Method DTA was applied to study phase transformations in two low-carbon steels, one of which was microalloyed with niobium, at various heating rates. It was found that austenite formation in the deformed metal is accompanied by not one endothermic effect as in the annealed state but two endothermic effects. As the heating rate grew the “low-temperature” effect increased at the expense of the “high-temperature” one. The degree of the effect changes was smaller in the microalloyed steel. It was suggested that the observed difference in the steels behaviour is due to the peculiarities of interconnection between processes of recrystallization and austenitizing.

Keywords: cold-rolled steel, microalloyed steel, recrystallization, austenite formation, differential thermal analysis.

УДК 620.17:669.131

## Совершенствование материала для фрикционного клина узла гашения колебаний тележки грузового вагона

А. В. Габец<sup>1</sup>, А. В. Сухов<sup>2</sup>, М. В. Сапетов<sup>3</sup>, Г. А. Филиппов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ООО "СибТрансМаш", г. Барнаул,

<sup>2</sup> ОАО "ВНИИЖТ", г. Москва

<sup>3</sup> "ВГРК-2", г. Москва

<sup>4</sup> ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П.Бардина", г. Москва. E-mail: iqs12@yandex.ru

Проведен анализ причин неудовлетворительной эксплуатационной стойкости рабочих поверхностей фрикционных клиньев тележек вагонов, изготовленных из чугуна марки СЧ25. Установлено, что это связано с недостаточной твердостью материала. Предложен состав модифицированного легированного чугуна марки ЧМН-35М с повышенными твердостью, прочностью и износостойкостью. Усовершенствована конструкция фрикционного клина, обеспечивающая снижение материалоемкости на 20%.

Ключевые слова: чугун, модифицирование, фрикционный клин, твердость, износостойкость.

---

The unsatisfactory service durability of working surfaces of freight-car trucks friction wedges made from the brand СЧ25 cast iron has been found to be caused by the material inadequate hardness. An inoculated alloyed cast iron ЧМН-35М was proposed with high hardness, strength and wear resistance. The design of the friction wedges was improved that allowed the reduction of the material consumption by 20%.

Keywords: cast iron, inoculation, friction wedge, hardness, wear resistance.

УДК 669.14.018.29

## **Влияние режимов деформационно-термической обработки трубной стали на формирование микроструктуры и сопротивление водородному растрескиванию (НИС)**

**Ю. И. Матросов<sup>1</sup>, А. А. Холодный<sup>1</sup>, Е. С. Попов<sup>2</sup>, С. В. Сосин<sup>3</sup>,  
Г. Н. Коновалов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: morozov@chermet.net.

<sup>2</sup> ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» Группы Метинвест, г. Мариуполь, Украина.

<sup>3</sup> ООО «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ», г. Донецк, Украина.

Исследовано влияние режимов деформационно-термической обработки на микроструктуру и сопротивление водородному растрескиванию (НИС) низколегированных трубных сталей категорий прочности Х46-Х56. Формирование однородной по толщине феррито-бейнитной микроструктуры обеспечило повышенную стойкость стали к водородному растрескиванию. Показано, что оптимальной технологической схемой производства толстолистового проката для труб, эксплуатируемых в кислых средах, является контролируемая прокатка с последующим ускоренным охлаждением.

Ключевые слова: растрескивание, вызванное водородом (НИС), низколегированная сталь, контролируемая прокатка, ускоренное охлаждение, закалка с отпуском, микроструктура, твердость.

---

The effect has been studied of thermomechanical processing schedules on microstructure formation and hydrogen-induced cracking (HIC) resistance of low-alloy pipe steels X46-X56. Formation of homogeneous through-thickness ferrite/bainite microstructure allowed increasing HIC resistance of the steels. It has been demonstrated that optimal manufacturing process for sour service pipe steels is controlled rolling with subsequent accelerated cooling (TMCP-process).

Keywords: hydrogen-induced cracking (HIC), low-alloy steel, controlled rolling, accelerated cooling, quenching and tempering, microstructure, hardness.

## Премия И.П. Бардина 2013 г.

В год 130-летия со дня рождения выдающегося советского ученого-металлурга академика И.П. Бардина Президиум Российской академии наук присудил премию его имени новокузнецким ученым и специалистам: заведующему кафедрой физики Сибирского государственного индустриального университета, доктору физико-математических наук, профессору В.Е.Громову; управляющему директору ОАО “Евраз-Западно-Сибирский металлургический комбинат”, доктору технических наук, профессору А.Б.Юрьеву и начальнику отдела металловедения и термической обработки того же комбината, кандидату технических наук В.Я.Чинокалову. Премия присуждена за цикл исследований “Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий упрочнения проката и прокатных валков, обеспечивающих получение высокого уровня прочности и эксплуатационной стойкости”.

В своих исследованиях авторы установили физическую природу упрочнения чугуновых валков при плазменной обработке, термомеханическом упрочнении арматуры большого диаметра и двутавровой балки из низкоуглеродистых марок стали. Это позволило разработать и внедрить технологические решения и оборудование для упрочняющих обработок на ОАО “Евраз-ЗСМК” с экономическим эффектом, превышающим 300 млн рублей в нынешних ценах. Полученные научные результаты изложены в 12 монографиях, более чем в 300 статьях, половина из которых в журналах списка ВАК, защищены 29 патентами РФ.

Для создания физико-технических основ промышленных упрочняющих технологий, обеспечивающих значительное увеличение эксплуатационных и механических свойств проката и оборудования, было необходимо понимание природы процессов формирования и эволюции структуры, фазового состава, дефектной субструктуры сталей и сплавов в условиях внешних энергетических и деформационных воздействий. Это было достигнуто методами современного физического материаловедения и, прежде всего, просвечивающей и растровой электронной микроскопией. В частности удалось доказать, что одним из механизмов, ответственных за плазменное упрочнение чугуновых валков, является формирование нанокристаллической зеренной структуры, стабилизированной частицами цемен-тита размером 3-5 нанометров. За повышение механических свойств проката — арматуры и двутавровой балки — также ответственны наноразмерные кристаллы мартенсита и карбида железа, формирующиеся при термомеханическом упрочнении.

Знаменательно, что премия, учрежденная Академией наук, основной задачей которой является проведение фундаментальных исследований в различных областях науки, присуждена за цикл работ, выполненных на стыке прикладных и фундаментальных направлений. В своей деятельности И.П. Бардин придерживался принципа обязательного внедрения разработок ученых в производство, что и было успешно реализовано.

## **5-я Научно-техническая конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий”**

21 – 22 апреля 2014 года в ФГУП “Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина” состоится 5-я научно-техническая конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий”. Она будет проходить в рамках празднования 70-летия со дня основания института, который создан Постановлением Государственного Комитета Обороны СССР и за долгие годы работы стал известен в России и за рубежом своими разработками в области металлических материалов и металлургических технологий.

На конференции будут рассмотрены основные направления развития металлургических технологий, создания новых металлических материалов и повышения служебных характеристик производимой на металлургических предприятиях продукции. Целью её проведения является повышение квалификации молодых специалистов, объединение усилий представителей различных организаций при решении важных производственно-технических задач, укрепление связи науки и производства. Аспирантам и соискателям представляется хорошая возможность апробации диссертационных работ.

Лучшие доклады будут опубликованы в научно-техническом журнале “Проблемы черной металлургии и материаловедения”.

По вопросам, связанным с участием в работе конференции, просьба обращаться к председателю Совета молодых ученых и специалистов ЦНИИчермет им. И.П.Бардина Амежнову Андрею Владимировичу по тел. (495) 777-95-26.





## К 110-летию со дня рождения академика А.И.Целикова (1904 – 1984 гг.)

Александр Иванович Целиков родился 20 апреля 1904 г. в Москве в семье преподавателя Московского высшего технического училища (МВТУ). В 1921 г. Александр Иванович поступил в МВТУ, которое успешно окончил в 1928 г.

Трудовую деятельность он начал в 1921 г. слесарем, будучи еще студентом, затем работал конструктором (1925 – 1931) в бюро металлургических и теплотехнических конструкций (с 1928 г. переименовано в “Стальпроект”), на металлургическом заводе “Серп и Молот”. В 1932 – 1935 гг. Александр Иванович работал начальником строительства цеха блюминга на Ижевском металлургическом заводе.

С 1935 г. начинается его преподавательская деятельность в МВТУ имени Н.Э.Баумана, которая с небольшими перерывами продолжалась до конца его жизни сначала как основная работа (1935 – 1938), а затем как работа по совместительству (1949 – 1984). В этом институте Александр Иванович в 1949 г. основал кафедру “Прокатка и волочение”, которой заведовал непрерывно в течение 35 лет. В 1945 г. А.И.Целиков возглавил созданное по его инициативе Центральное конструкторское бюро металлургического машиностроения (ЦКБММ) в Москве, которое в 1959 г. было реорганизовано во Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения (ВНИИМЕТМАШ).

В настоящее время Акционерная холдинговая компания ВНИИМЕТМАШ им. акад.А.И.Целикова является ведущим предприятием страны в области металлургического машиностроения и обладает статусом Государственного научного центра Российской Федерации.

Основная творческая деятельность Александра Ивановича проходила в стенах ЦКБММ — ВНИИМЕТМАШа непрерывно в течение 39 лет вплоть до его кончины 28 октября 1984 г. В историю науки и техники А.И.Целиков вошел как выдающийся ученый, конструктор, воспитатель инженерных и научных кадров, внесший огромный вклад в развитие отечественного металлургического машиностроения.

Созданная А.И. Целиковым научная школа по теории прокатки, расчетам и конструированию прокатных станов имеет до настоящего времени основополагающее значение при создании металлургических технологий и оборудования.

Под его руководством разработаны высокопроизводительные прокатные, трубoproкатные и трубосварочные станы, машины непрерывной разливки стали, мощные сталеплавильные конверторы, уникальные гидравлические прессы, гамма деталепрокатных станов и др.

Мировое признание получили созданные А.И.Целиковым принципиально новые процессы прокатки и станы для их осуществления. Наиболее известными и важными из них являются роликовые

станы для получения особо тонкостенных труб, планетарные станы, а также деталепрокатные станы.

Александр Иванович оставил богатое научное наследие: им опубликовано 36 монографий (9 — переведены на иностранные языки), свыше 500 статей, ему с соавторами выдано 226 авторских свидетельств и патентов.

За выдающиеся научные достижения в 1953 г. А.И.Целиков был избран чл.-корр., а в 1964 г. — действительным членом Академии наук СССР. Он был признанным руководителем советской школы металлургического машиностроения, проводил большую работу по подготовке научно-технических кадров, являлся членом Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР.

Заслуги А.И.Целикова высоко оценены государством. Он дважды удостоен звания Героя Со-

циалистического Труда, награжден многими орденами и медалями СССР. Ему присуждена высшая награда Академии наук СССР — золотая медаль им. М.В.Ломоносова. Он удостоен звания лауреата Ленинской премии и трижды — звания лауреата Государственной премии СССР.

Памяти А.И.Целикова посвящены научные издания, выпущенные в свет издательством “Наука”: “Александр Иванович Целиков. Ученый, конструктор, педагог” (1991 г. Серия “Ученые СССР. Очерки, воспоминания, материалы”) и сборник “Александр Иванович Целиков. Очерки. Воспоминания. Избранные статьи” (2003 г.). Ему посвящен также ряд монографий, опубликованных его учениками, в том числе т. IV – V 40-томной Энциклопедии машиностроения: “Машины и агрегаты металлургического производства” М.: Машиностроение, 2000.