

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

2 • 2020

Теоретические основы металлургии

Н. Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянец, В. В. Павлов, А. А. Абина, О. В. Кузнецова

Термодинамика восстановления щелочноземельных металлов из оксидов и условия кристаллизации сплавов в системе Fe – Si – Me_(щЗМ).....5

В. Т. Бурцев

Исследование активности кислорода в никеле, раскисленного магнием и кальцием при P_{Ar} = 0,1 МПа и 1560 °С.....16

Технологические процессы металлургии

В. В. Темников, О. Ю. Шешуков, М. А. Михеенков, А. А. Метелкин, А. Л. Мамонов

Использование шлака внепечной обработки стали в аглопроизводстве.....22

А. А. Холодный, Ю. И. Матросов, С. П. Зубов, А. А. Придеин, Л. В. Прокопенко

Опробование производства на стане 2800 АО “Уральская Сталь” листов из экономнолегированной хладостойкой стали для газопроводных сероводородостойких труб категорий прочности X65MS и X70MS.....27

Материаловедение и новые материалы

А. А. Уманский, М. В. Темлянец, А. С. Симачев, Л. В. Думова

Исследование влияния микроструктуры непрерывнолитых заготовок рельсовой стали К76Ф на сопротивление пластической деформации32

Е. В. Протопопов, Р. А. Шевченко, Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, И. В. Осетковский

Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов38

В. В. Павлов, М. В. Темлянец, А. В. Трошкина

О связи усталостных показателей с прочностными свойствами стали и роли неметаллических включений44

В. Е. Кормышев, А. А. Юрьев, В. Е. Громов, Ю. Ф. Иванов, Ю. А. Рубанникова, Е. В. Полевый

Стадии преобразования пластинчатого перлита дифференцированно закаленных рельсов при длительной эксплуатации.....51

А. С. Гриншпон, В. Н. Зикеев, Н. О. Ливанова, А. И. Седышев, Г. А. Филиппов

Оценка влияния закалочных структур на сопротивление разрушению колесной стали и разработка режимов охлаждения, исключаящих их образование в ободке колеса57

А. В. Амежнов, Ю. С. Гладченкова, Н. Г. Шапошников, И. Г. Родионова,

Н. А. Арутюнян, И. Н. Чиркина

Исследование микроструктуры и коррозионной стойкости холоднокатаных микролегированных листовых сталей (HSLA) для автомобилестроения.....66

Н. М. Александрова, А. В. Гудков, К. В. Волков, О. В. Ливанова, Г. А. Филиппов

Микродефекты и особенности структуры сварных стыков рельсов при контактной сварке оплавлением.....83

Информация

А. А. Томчук, А. В. Колдаев

XI конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий”.....92

Е. В. Протопопов

Сибирский государственный индустриальный университет: 90 лет в образовании и науке.....95

В.А. Углов

Поздравление96

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Главный редактор

канд. техн. наук В.А.Углов

Заместители главного редактора:

акад. РАН, докт. техн. наук проф. О.А.Баннных;
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:

чл.-корр РАН, докт. техн. наук проф. М.И.Алымов;
канд. эконом. наук А.А.Бродов; докт. физ.-мат. наук В.В.Виноградов;
докт. физ.-мат. наук проф. А.М.Глезер;
канд. эконом. наук С.А.Гурова; канд. техн. наук Анд.Д.Дейнеко;
Г.Н.Еремин; докт. физ.-мат. наук проф. А.И.Зайцев;
докт. техн. наук проф. А.Б.Коростелев; докт. техн. наук проф. Л.В.Коваленко;
докт. техн. наук проф. К.Л.Косырев; докт. техн. наук А.В. Куклев;
докт. техн. наук проф. Е.А.Левашов;
канд. техн. наук В.В.Мальцев; докт. техн. наук проф. Б.В.Молотилов;
канд. техн. наук Ю.Д.Морозов; канд. техн. наук Т.П.Москвина;
докт. техн. наук А.Н.Никулин; канд. техн. наук О.Г.Оспенникова; канд. техн. наук А.В.Пинчук;
докт. техн. наук И.Г.Родионова; канд. техн. наук Б.А.Сарычев;
докт. техн. наук проф. А.Е.Сёмин; канд. техн. наук проф. Б.А.Сивак; О.А.Скачков;
акад. РАН, докт. техн. наук проф. Л.А.Смирнов; А.С.Ушаков;
докт. техн. наук, проф. Г.А.Филиппов; докт. техн. наук И.П.Шабалов.

Адрес редакции:

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

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

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 2019

PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENTS

2 • 2020

Fundamentals of metallurgy

N.F. Yakushevich, E.V. Protopopov, M.V. Temlyantsev, V.V. Pavlov, A.A. Abina, O.V. Kuznetsova
Thermodynamics of reduction of alkaline earth metals from oxides and conditions of crystallization of alloys in the system Fe – Si – Me_{aem}5

V.T. Burtsev
Investigation of oxygen activity in nickel, deoxidized by magnesium and calcium, at $P_{Ar} = 0,1$ MPa and 1560 °C16

Production processes in metallurgy

V.V. Temnikov, O.Yu. Sheshukov, M.A. Mikheenkov, A.A. Metelkin, A.L. Mamonov
The use of the slag of external steel treatment in sintering production22

A.A. Kholodnyi, Yu.I. Matrosov, S.P. Zubov, A.A. Pridein, L.V. Prokopenko
Production testing at the mill 2800 (Ural Steel JSC) of plates from an economically alloyed cold-resistant steel for hydrogen sulfide-resistant gas line pipes of strength categories X65MS and X70MS27

Materials science and new materials

A.A. Umanskiy, M.V. Temlyantsev, A.S. Simachev, L.V. Dymova
Research into the influence of the microstructure of continuously cast billets of the K76F rail steel on resistance to plastic deformation32

E.V. Protopopov, R.A. Shevchenko, N.A. Kozyrev, R.E. Kryukov, I.V. Ochetkovskiy
Investigation of the microstructure of rails welded joints38

V.V. Pavlov, M.V. Temlyantsev, A.V. Troshkina
On the relationship of fatigue indicators with the strength properties of steel and the role of nonmetallic inclusions44

V.E. Kormyshev, A.A. Yuriev, V.E. Gromov, Yu. F. Ivanov, Yu.A. Rubannikova, E.V. Polevoy
Transformation stages of plate perlite of differentially quenched rails at long term operation51

A.S. Grinshpon, B.N. Zikeev, N.O. Livanova, A.I. Sedyshev, G.A. Filippov
Evaluation of the influence of quenching structures on the fracture resistance of wheel steels and development of cooling modes excluding their formation in the wheel rim57

A.V. Amezhnov, Y.S. Gladchenkova, N.G. Shaposhnikov, I.G. Rodionova, N.A. Arutyunyan, I.N. Chirkina
Research on microstructure and corrosion resistance of cold-rolled, microalloyed, sheet and plate steels (HSLA) for automobile construction66

N.M. Alexandrova, A.V. Gudkov, K.V. Volkov, O.V. Livanova, G.A. Filippov
Microdefects and structural features of welded joints of rails after contact flash welding83

Information

A.A. Tomchuk, A.V. Koldaev
XI Conference of young specialists "Perspective of development of metallurgical technologies"92

E.V. Protopopov
Siberian State Industrial University: 90 years in education and science95

V.A. Uglov
Congratulation96

УДК 669.89.66-971.546.442

Термодинамика восстановления щелочноземельных металлов из оксидов и условия кристаллизации сплавов в системе Fe – Si – Me_(ЩЗМ)

**Н. Ф. Якушевич¹, Е. В. Протопопов¹,
М. В. Темлянцев¹, В. В. Павлов², А. А.Абина¹,
О. В. Кузнецова¹**

¹ ФГБОУ ВО “Сибирский государственный индустриальный университет”,
г. Новокузнецк, Кемеровская обл. E-mail: rector@sibsiu.ru

² ООО УК “Сибирская горно-металлургическая компания”, г. Новокузнецк,
Кемеровская обл. E-mail: antonova_iv@sgmk-group.ru

Рассмотрены термохимические характеристики щелочноземельных металлов (ЩЗМ) и их соединений (оксидов, силицидов, карбонатов, карбидов, сульфидов), зависимости энтальпий смешения и активностей компонентов в расплавах Si – Me_(ЩЗМ) и Si – Fe – Me_(ЩЗМ), давления пара компонентов над расплавами. Выполнена термодинамическая оценка условий восстановления кальция, бария и стронция из оксидов углеродом, кремнием и алюминием. Рассмотрены механизмы кристаллизации сплавов Fe – Si – Me_(ЩЗМ). Показано, что при любом содержании кремния и Кв сплаве, ЩЗМ концентрируются в силицидах типа (ЩЗМ) – Si и (ЩЗМ) – Si₂, формирующихся на последнем этапе кристаллизации. При этом содержание ЩЗМ в этих фазах превышает 30 масс. % и, соответственно, активность ЩЗМ в этих силицидах высока.

Ключевые слова: щелочноземельные металлы (ЩЗМ), оксиды ЩЗМ, восстановление оксидов, активность, упругость пара, силициды, кристаллизация.

The thermochemical characteristics of alkaline earth metals (AEM) and their compounds (oxides, silicides, carbonates, carbides, sulfides), the dependences of mixing enthalpies and component activities in Si – Me_{AEM} and Si – Fe – Me_{AEM} melts, the vapor pressure of the components over the melts have been considered. A thermodynamic assessment was performed of the conditions for the reduction of calcium, barium and strontium from oxides by carbon, silicon, and aluminum. The crystallization mechanisms of Fe – Si – Me_{AEM} alloys were considered. It has been shown that for any content of silicon and AEM in the alloy, AEM is concentrated in silicides of the type AEM – Si and AEM – Si₂, which are formed at the last stage of crystallization. In this case the content of AEM in these phases exceeds 30 mass. Pct and, accordingly, the activity of AEM in these silicides is high.

Keywords: alkaline earth metals (AEM), oxides AEM, oxides reduction, activity, vapor pressure, silicides, crystallization.

УДК 536.221:669.24

Исследование активности кислорода в никеле, раскисленного магнием и кальцием при $P_{Ar} = 0,1$ МПа и 1560 °С

В. Т. Бурцев

*Институт металлургии и материаловедения им.А.А.Байкова РАН, г.Москва.
E-mail: burtsev@imet.ac.ru*

Методом ЭДС исследовали активность кислорода ($a_{[O]}$) в расплавах Ni-O при раскислении Mg и Ca до концентрации 0,2 масс. % каждого в атмосфере сверхчистого Ar при 1560 °С. Изменения $a_{[O]}$ от концентраций раскислителей описали логарифмическими зависимостями. При раскислении Mg значения $a_{[O]}$ показали 10-кратный рост раскислительной способности Mg к Al при содержании 0,05 %. При раскислении Ca увеличение раскислительной способности Ca к Al при указанном количестве составило 8,4 раза, то есть при всех прочих равных условиях Mg является в 1,25 раза более сильным раскислителем, чем Ca. Это следует учитывать при введении раскислителей в расплавы Ni.

Ключевые слова: расплавы никель-кислород, раскисление, активность кислорода, метод ЭДС, магний, кальций.

The EMF method was applied to investigate oxygen activity ($a_{[O]}$) in Ni – O melts during deoxidation by Mg and Ca up to concentration 0.2 wt. pct. of each in the atmosphere of ultrapure Ar at 1560 °C. The changes in $a_{[O]}$ on the deoxidants concentrations were described by logarithmic dependences. On deoxidation by Mg the $a_{[O]}$ values showed a 10-fold increase in the deoxidizing ability of Mg as compared with Al at the content of 0.05 pct. When deoxidizing by Ca, the increase in the deoxidizing ability of Ca to Al with the indicated amount was 8.4 times. This means that, ceteris paribus, Mg is 1.25 times stronger deoxidant than Ca. When deoxidizing by Ca, the increase in the deoxidizing ability of Ca to Al at the indicated concentration was 8.4 times, that is at all other factors being the same Mg is a more powerful deoxidant than Ca. This should be taken into account when introducing deoxidizers into Ni melts.

Keywords: nickel-oxygen melts, deoxidation, oxygen activity, EMF method, magnesium, calcium.

УДК 669.046.585.004.82

Использование шлака внепечной обработки стали в аглопроизводстве

**В. В. Темников¹, О. Ю. Шешуков², М. А. Михеенков³,
А. А. Метелкин⁴, А. Л. Мамонов⁵**

¹АО “ЕВРАЗ НТМК”, г. Нижний Тагил. E-mail: Vladislav.Temnikov@evraz.com

²ФГАОУ ВО УрФУ, г. Екатеринбург.

³ФГБУН Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург.

⁴Филиал ФГАОУ ВО УрФУ, г. Нижний Тагил.

⁵ОАО “ЕВРАЗ ВГОК”, г. Нижний Тагил.

Ежегодно в АО “ЕВРАЗ НТМК” образуется более 90 тыс. т шлака внепечной обработки стали (ВОС). При остывании этот шлак распадается в мелкозернистый порошок, не находит сбыта и временно складывается в ожидании решения по его утилизации [1]. Проработана возможность утилизации шлака ВОС путем использования его при производстве агломерата в качестве флюса, не требующего подготовки. Шлак ВОС подавали в шихту железоблюсы в виде смеси со сталеплавильными шлаками, содержащими ванадий. Испытания по использованию шлака ВОС в агломерации были успешно проведены, при этом из шихты был полностью выведен сырой известняк, снижен расход кокса, повышена производительность агломашин и улучшена прочность аглопродукта. Так как шлаки содержали до 3,0% V_2O_5 , это позволило привлечь в агло-доменный процесс дополнительный ванадий в объеме более 100 т в месяц.

Ключевые слова: шлак, внепечная обработка стали, железоблюсы, конвертерный шлак, ванадийсодержащий шлак, товарный ванадий.

Each year EVRAZ NTMK JSC produces more than 90 thousand tons of slag in the course of external steel treatment (EST). During cooling this slag disintegrates into a fine-grained powder, does not find sale and is temporarily stored in anticipation of a decision on its utilization [1]. The possibility of utilizing EST slag has been worked out through its use for production of sinter as a flux that does not require preparation. The EST slag was fed into the iron flux charge in the form of a mixture with steelmaking slags, containing vanadium. Tests on the use of EST slag in sintering were successfully carried out. In the process raw limestone was completely removed from the charge, the coke consumption was reduced, the productivity of sintering machines was increased and the strength of the sinter product was improved. As the slags contained up to 3.0 pct V_2O_5 , this made it possible to attract additional vanadium to the agglomeration process in the amount of more than 100 tons per month.

Keywords: slag, external steel treatment, iron flux, converter slag, vanadium-containing slag, commercial vanadium.

УДК 669.15-194.2

Опробование производства на стане 2800 АО “Уральская Сталь” листов из экономнолегированной хладостойкой стали для газопроводных сероводородостойких труб категорий прочности X65MS и X70MS

**А. А. Холодный¹, Ю. И. Матросов¹, С. П. Зубов²,
А. А. Придеин², Л. В. Прокопенко²**

¹ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: kholodnyi.aa@gmail.com

² АО “Уральская Сталь”, г. Новотроицк, Оренбургская обл.
E-mail: a.pridein@uralsteel.com

Рассмотрены результаты опробования производства в условиях АО “Уральская Сталь” листов толщиной 16 мм из экономнолегированной хладостойкой стали для изготовления электросварных газопроводных труб большого диаметра категорий прочности X65MS и X70MS в сероводородостойком исполнении. Низкий уровень центральной сегрегации непрерывнолитых слэбов и их прокатка на стане 2800 по оптимальным режимам термомеханической обработки с ускоренным охлаждением обеспечили высокую стойкость листов против растрескивания в сероводородсодержащей среде. Получены заданные механические свойства категорий X65 и X70 и высокая хладостойкость ($KV^{-40} \geq 200$ Дж; $DWTT^{-20} \geq 95\%$) листов при экономном легировании стали.

Ключевые слова: низколегированная сталь, трубная сталь, химический состав, толстолистовой прокат, термомеханическая обработка, механические свойства, хладостойкость, водородное растрескивание, сульфидное растрескивание под напряжением.

The results are considered of production testing at Ural Steel JSC of 16 mm thick plates from an economically alloyed cold-resistant steel for manufacture of large diameter SAWL gas pipes of strength categories X65MS and X70MS for sour service. The low level of central segregation of the continuously cast slabs and their rolling at the 2800 mill by optimal thermomechanical treatment with accelerated cooling modes provided high plates resistance to cracking in hydrogen sulfide-containing medium. The specified mechanical properties of grades X65 and X70 and high cold resistance ($KV^{-40} \geq 200$ J; $DWTT^{-20} \geq 95\%$) have been provided for the plates by economical alloying of the steel.

Keywords: low-alloy steel, pipe steel, chemical composition, rolled plate, thermomechanical treatment, mechanical properties, cold resistance, hydrogen-induced cracking, sulfide stress cracking.

УДК 621.771.011

Исследование влияния микроструктуры непрерывнолитых заготовок рельсовой стали К76Ф на сопротивление пластической деформации

**А. А. Уманский, М. В. Темлянецв, А. С. Симачев,
Л. В. Думова**

*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,
Кемеровской обл. E-mail: umanskii@bk.ru, uchebn_otdel@sibsiu.ru,
simachev_as@mail.ru, doumova@bk.ru.*

Экспериментальными исследованиями установлены закономерности изменения деформационных свойств по сечению непрерывнолитых заготовок рельсовой стали К76Ф. Показано, что по мере удаления от поверхности к осевой зоне непрерывнолитых заготовок сопротивление пластической деформации снижается, что обусловлено увеличением размера зерна. Повышенное содержание углерода и увеличенная концентрация неметаллических включений в осевой зоне непрерывнолитых заготовок, обусловленные протеканием ликвационных процессов, несколько нивелируют эффект, получаемый за счет увеличения размера зерен.

Ключевые слова: сопротивление пластической деформации, рельсовая сталь, непрерывнолитая заготовка, микроструктура, неметаллические включения, химический состав.

Experimental studies have established the regularities of changes in deformation properties over the cross-section of continuously cast billets of the K76F rail steel. It is shown that with the distance from the surface to the axial zone of continuously cast billets, the resistance to plastic deformation decreases due to increasing grains size. The increased carbon content and the increased concentration of nonmetallic inclusions in the axial zone of continuously cast billets, formed in the course of liquation processes, equalize somewhat the effect obtained through increasing the grain size.

Keywords: plastic deformation resistance, rail steel, continuous cast billet, microstructure, nonmetallic inclusions, chemical composition.

УДК 669.1.17

Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов

**Е. В. Протопопов, Р. А. Шевченко, Н. А. Козырев,
Р. Е. Крюков, И. В. Осетковский**

*ФГБОУ ВО “Сибирский государственный индустриальный университет”,
г. Новокузнецк. E-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru.*

В работе проведено исследование структуры сварных соединений рельсовой стали марки Э76ХФ при различных режимах сварки. Установлено, что в зоне сварного шва преобладает структура пластинчатого перлита. После контактной стыковой сварки без использования дополнительной обработки в зоне сварного шва рельса выявлены недопустимые структуры, представляющие собой игольчатый мартенсит. В ходе исследования были определены оптимальные параметры сварки, благодаря которым возможно получение требуемой структуры материала.

Ключевые слова: рельсы, сварное соединение, микроструктура.

The structure of welded joints of rail steel of the E76KhF grade was studied after various welding conditions. It has been established that the structure of lamellar pearlite predominates in the seam welded zone. After pressure contact butt welding without using additional processing, impermissible structures representing acicular martensite have been revealed the seam welded zone of the rail. Optimal welding parameters have been determined in the course of the study due to which it is possible to obtain the required material structure.

Keywords: rails, welded joint, microstructure.

УДК 669.14.004.12

О связи усталостных показателей с прочностными свойствами стали и роли неметаллических включений

В. В. Павлов¹, М. В. Темлянцев², А. В. Трошкина¹

¹ ООО УК “Сибирская горно-металлургическая компания”, Новокузнецк, Кемеровская область. E-mail: antonova_iv@sgmk-group.ru

² ФГБОУ ВО “Сибирский государственный индустриальный университет”, Новокузнецк, Кемеровская обл. E-mail: rector@sibsiu.ru

В статье представлены результаты статистических исследований и связей прочностных свойств: временное сопротивление, предел текучести и усталостных характеристик стали обычной категории прочности и в высокопрочном состоянии. Показано влияние неметаллических включений на усталостную прочность для разных групп прочности.

Ключевые слова: прочностные, усталостные свойства стали, неметаллические включения.

The article presents the results of statistical researches and relationships of strength properties: ultimate strength, yield strength and fatigue characteristics of steel of the usual strength category and in the high-strength condition. The influence of non-metallic inclusions on fatigue strength for different strength groups is shown.

Keywords: strength, fatigue properties of steel, non-metallic inclusions.

УДК 669.539.382:669.17

Стадии преобразования пластинчатого перлита дифференцированно закаленных рельсов при длительной эксплуатации

**В. Е. Кормышев¹, А. А. Юрьев², В. Е. Громов¹,
Ю. Ф. Иванов³, Ю. А. Рубанникова¹, Е. В. Полевой²**

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

² *АО "Евраз-Западно-Сибирский металлургический комбинат", г. Новокузнецк.
E-mail: Ant-yurev@yandex.ru*

³ *Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск. E-mail: yufi55@mail.ru*

Методами просвечивающей электронной микроскопии проанализированы стадии преобразования структуры пластинчатого перлита дифференцированно закаленных рельсов при длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 691,8 и 1411 млн т брутто). Обсуждены механизмы разрушения пластин цементита: перерезание пластин цементита, вынос атомов углерода и вытягивание атомов углерода из карбидной фазы и уход на дислокации. Проведено сопоставление с механизмами преобразования пластинчатого перлита при других видах деформации.

Ключевые слова: пластины цементита, разрушение, перерезание, вынос атомов, вытягивание атомов углерода.

Using the methods of transmission electron diffraction microscopy the stages of lamellar perlite structure transformation of differentially quenched rails at long term operation (passed tonnage 691.8 and 1411 mln. tons brutto) are analysed. The fracture mechanisms of cementite plates are discussed: the lamellar cutting with the carbon atoms takeaway, stretching of carbon atoms from carbide phase and care for dislocation. The comparison with the lamellar perlite mechanisms transformation at other deformation types are carried out.

Keywords: cementite plates, fracture, cutting, atom takeaway, carbon atoms departure.

УДК 669-156.5

Оценка влияния закалочных структур на сопротивление разрушению колесной стали и разработка режимов охлаждения, исключая их образование в ободке колеса

**А. С. Гриншпон¹, В. Н. Зикеев², Н. О. Ливанова²,
А. И. Седышев¹, Г. А. Филиппов²**

¹ АО “Выксунский металлургический завод”, г. Выкса, Нижегородская обл.
E-mail: sedyshev_ai@vsw.ru

² ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: iqs12@yandex.ru

Исследовано влияние закалочных структур на сопротивление разрушению колесной стали с повышенным содержанием углерода. Разработаны режимы термической обработки, обеспечивающие получение однородной структуры по сечению обода железнодорожных колес практически всего выпускаемого сортамента. Это позволило улучшить качество выпускаемой продукции, повысить ее конкурентоспособность, удовлетворить требования потребителя.

Ключевые слова: высокоуглеродистая сталь, термическая обработка, обод железнодорожного колеса, макроструктура, микроструктура, замедленное хрупкое разрушение, закалка, отпуск.

The influence of quenching structures on the fracture resistance of wheel steel with a high carbon content was investigated. Heat treatment modes have been developed that ensure obtaining a homogeneous structure along the cross section of the rim of railway wheels for almost the entire range of products. This allowed improving the quality of products, increasing their competitiveness and satisfying consumer requirements.

Keywords: high-carbon steel, heat treatment, railway wheel rim, macrostructure, microstructure, delayed brittle fracture, hardening, tempering.

УДК 669.15-194.2:620.193

Исследование микроструктуры и коррозионной стойкости холоднокатаных микролегированных листовых сталей (HSLA) для автомобилестроения

А. В. Амежнов¹, Ю. С. Гладченкова²,
Н. Г. Шапошников¹, И. Г. Родионова¹,
Н. А. Арутюнян², И. Н. Чиркина¹

¹ ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина», г. Москва.

E-mail: amejnov@mail.ru, igrodi@mail.ru

² Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

E-mail: jubykova@yandex.ru, naarutyunyan@gmail.com

Проведено исследование микроструктуры и коррозионной стойкости холоднокатаных HSLA сталей различных классов прочности. Показано, что скорость коррозии сталей классов прочности 260 и 300, плотность наноразмерных выделений нитрида ниобия в которых мала, в основном определяет состояние твердого раствора, формирующееся в секциях перестаривания агрегатов непрерывного отжига (АНО) и при последующем охлаждении. При снижении скорости движения полосы в АНО в большей степени развиваются процессы старения, связанные с формированием на дислокациях сегрегаций углерода, которые играют роль анодных участков. Для проката сталей класса прочности 420 с высоким содержанием марганца и ниобия после отжига в АНО наблюдается некоторое снижение коррозионной стойкости из-за формирования большого количества наноразмерных выделений карбонитрида ниобия. Стали класса прочности 340 занимают промежуточное положение. Подобно сталям типа HC420LA формирующиеся в них мелкозернистая структура и повышенная плотность дислокаций из-за неполной рекристаллизации при отжиге повышают их коррозионную стойкость. Однако их воздействия недостаточно, чтобы преодолеть негативное влияние на коррозионную стойкость наноразмерных частиц и процессов старения.

Ключевые слова: автолистовая сталь, микролегированная сталь, непрерывный отжиг, рекристаллизация, коррозионная стойкость, коррозионные испытания, микроструктура, старение, избыточные фазы.

Microstructure and corrosion resistance of cold-rolled HSLA steels of various strength classes were studied. It has been shown that the corrosion rate of steels of the 260 and 300 strength classes, in which the density of nanoscale niobium nitride precipitates is small, is mainly determined by the state of the solid solution formed in the overaging sections of continuous annealing line (CAL) and subsequent cooling. With decreasing the strip speed in the CAL aging processes develop in a greater degree, which is associated with the formation of carbon segregations on dislocations. These segregations play the role of anodic area. For rolled products of steels of the 420 strength class with a high content of manganese and niobium a slight decrease in corrosion resistance is observed after annealing in CAL due to the formation of a large number of nanosized precipitates of niobium carbonitride. Steels of the 340 strength class occupy an intermediate position. Similar to steels of the HC420LA type, the fine-grained structure formed in them and the increased dislocation density due to incomplete recrystallization during annealing can be considered as factors that increase their corrosion resistance. However, their actions are not enough to overcome the negative impact of nanosized particles and aging processes on the corrosion resistance.

Keywords: automobile sheet and plate steel, microalloyed steel, continuous annealing, recrystallization, corrosion resistance, corrosion tests, microstructure, ageing, excess phases.

УДК 621.791:625.143.48

Микродефекты и особенности структуры сварных стыков рельсов при контактной сварке оплавлением

**Н. М. Александрова¹, А. В. Гудков², К. В. Волков³,
О. В. Ливанова¹, Г. А. Филиппов¹**

¹ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: iqs12@yandex.ru,
n-alexandrova@yandex.ru

² АО “ВНИИЖТ”, г. Москва. E-mail: gudkov.aleksandr@vniizht

³ ТОО “АРБЗ”, Актобе, р-н Алматы, , Актюбинская обл., Республика Казахстан

Проведены исследования дефектов и структуры сварных соединений рельсов Р65 из стали Э76Ф, полученных контактной стыковой сваркой оплавлением. Определены места наиболее вероятного сосредоточения поверхностных дефектов сварки по сечению рельсов — выкружка головки рельса и торцевая поверхность пера. Выявлены структурные составляющие, снижающие прочностные характеристики сварных соединений: крупное зерно и сетка свободного феррита в области сварного шва, участки мартенситно-бейнитной неоднородности в области неполного расплавления и в зоне термического влияния. Установлены места локализации пор и различных типов неметаллических включений в области сварных стыков. Рассмотрен механизм трансформации ликвационной неоднородности металла шейки рельса в микроучастки с недопустимой мартенситной структурой. Проведено ранжирование микродефектов сварного соединения рельсов по степени их опасности.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка оплавлением, железнодорожные рельсы, сварные соединения, дефекты, микроструктура, мартенситная неоднородность, неметаллические включения, фрактография.

Defects and structure have been studied of welded joints of R65 rails from the E76F steel produced by flash butt welding. The places of the most probable concentration of surface welding defects have been determined along the rail section – the fillet of the rail head and the end of surface of the rail sole feather. The structural components have been revealed that reduce the strength characteristics of welded joints: coarse grain and networks of free ferrite in the weld area, sections of martensitic-bainitic heterogeneity in the region of incomplete melting and in the zone of thermal influence. The places have been established of localization and various types of non-metallic inclusions in the field of welded joints. The mechanism of transforming segregation heterogeneity of the rail neck metal into microsites with an unacceptable martensitic structure were considered. Microdefects in the welded joint of the rails have been ranked according to their degree of danger.

Keywords: contact flash butt welding, railway rails, welded joints, defects, microstructure, martensitic heterogeneity, non-metallic inclusions, fractography.

XI конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий”

А. А. Томчук, А. В. Колдаев

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

27 февраля 2020 г. в ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П.Бардина” состоялась ежегодная, одиннадцатая по счёту, конференция молодых специалистов “Перспективы развития металлургических технологий”. По давно сложившейся традиции целью проведения конференции являлось повышение квалификации молодых специалистов, объединение усилий представителей различных организаций при решении важных производственно-технических задач, укрепление связи науки и производства, апробация дипломных работ студентов и диссертаций аспирантов.

В конференции приняли участие молодые ученые и специалисты из различных научно-исследовательских организаций. Среди них крупные научно-исследовательские институты: ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина” (г. Москва), “Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности” (г. Челябинск), Институт проблем химической физики РАН (г. Черноголовка, Московская обл.), ФГУП “ВИАМ” (г. Москва), ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН (г. Москва), НИЦ “Курчатовский институт” — ЦНИИ КМ “Прометей” (г. Санкт-Петербург), Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН (г. Москва), ИМЕТ УрО РАН (г. Екатеринбург), Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН (г. Черноголовка,

Московская обл.), АО “НПО “ЦНИИТМАШ” (г. Москва).

В конференции также участвовали сотрудники: ведущих ВУЗов России: НИТУ “МИСиС” (г. Москва), МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва), Липецкий государственный технический университет, МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), ФГБОУ ВО “МГТУ им. Г.И. Носова” (г. Магнитогорск) и промышленных предприятий: (АО “ПОЛЕМА” (г. Тула), Новолипецкий металлургический комбинат (г. Липецк), АО “Волжский трубный завод” (г. Волжский), ПАО “ТАГМЕТ” (г. Таганрог), ООО УК “Металлоинвест” (г. Москва), АО “Уральская Сталь (г. Новотроицк), ПАО “Ижсталь” (г. Ижевск), ПАО “Ашинский металлургический завод” (г. Аша), АО “ВМЗ” (г. Выкса), ООО “ОМЗ-Спецсталь” (г. Санкт-Петербург)).



Сибирский государственный индустриальный университет: 90 лет в образовании и науке

Е.В. Протопопов

23 июня 2020 года исполняется 90 лет с даты основания Сибирского института черных металлов, впоследствии Сибирского металлургического института, Сибирской государственной горно-металлургической академии и Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). Судьба университета тесно связана с Кузнецким металлургическим комбинатом (в настоящее время АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»). У истоков создания ВУЗа и комбината стоял известный ученый — академик Иван Павлович Бардин. В далекие 30-е годы прошлого века Иван Павлович возглавил строительство Кузнецкстроя, дав мощный толчок в развитии города Новокузнецка и инициировал создание «кузницы кадров» для комбината — Сибирского государственного индустриального университета. Символично, что металлургический и горно-технологический корпуса университета расположены на проспекте, носящем имя этого легендарного ученого.

В настоящее время СибГИУ в соответствии с лицензией может реализовывать 108 направлений подготовки по 25 УГСН, в том числе: среднего профессионального образования — 17; высшего образования — бакалавриат — 43; специалитет — 5; магистратура — 30; аспирантура — 13 и докторантура по 9 научным специальностям.

За время своего существования ВУЗ подготовил более 95 000 специалистов, в том числе почти 30 000 — выпускники металлургических и 12000 горных специальностей. Ежегодно общий контингент обучающихся по программам высшего и среднего профессионального образования составляет порядка 8000 человек.

В настоящее время университет представляет собой современный учебно-научный комплекс, включающий 10 институтов: Институт металлургии

и материаловедения; Институт машиностроения и транспорта; Институт горного дела и геосистем; Архитектурно-строительный институт; Институт информационных технологий и автоматизированных систем; Институт экономики и менеджмента; Институт педагогического образования; Институт дополнительного образования; Институт открытого образования; Институт физической культуры, здоровья и спорта и Университетский колледж. В университете функционирует 14 научных школ, 3 диссертационных совета по 9 научным специальностям. СибГИУ является соучредителем журнала «Известия высших учебных заведений», индексируемого в международной базе данных Scopus.

В 2019 году СибГИУ вошел в состав Научно-образовательного центра мирового уровня «Кузбасс» и во взаимодействии со своими научными и индустриальными партнерами ГНЦ РФ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» и АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» приступил к созданию инновационной технологии производства железнодорожных рельсов с особыми эксплуатационными свойствами (повышенной хладостойкости, износостойкости, контактно-усталостной выносливости и др.), имеющих ресурс не менее 2,5 млрд тонн брутто пропущенного груза.

В этот номер журнала «Проблемы черной металлургии и материаловедения» включены статьи авторских коллективов ученых университета, посвященные решению фундаментальных и прикладных научно-практических задач современной металлургии.

Свой 90-летний юбилей научно-педагогический коллектив университета встречает полный планов, новых идей и перспектив на дальнейшее развитие.

Уважаемые коллеги!

От лица редакции журнала “Проблемы черной металлургии и материаловедения” искренне поздравляем профессорско-преподавательский состав, студентов и выпускников Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ) с 90-летием со дня основания!

На счету вашего коллектива, имеющем богатую историю и давние традиции, множество покroенных вершин, ярких побед и заслуженных наград. В университете осуществляется постоянный поиск современных форм и методов обучения, активно внедряются новейшие образовательные технологии.

Высокий интеллектуальный потенциал преподавателей и сотрудников и в наше время позволяет университету активно участвовать в укреплении российской высшей школы, развитии науки и инноваций, что позволило воспитать десятки тысяч высококвалифицированных специалистов и талантливых ученых, стать “кузницей кадров” для металлургических предприятий.

Знание всегда было, есть и будет самым большим богатством человека, а звание “педагог” — почетным и уважаемым. От вашего профессионализма, гражданской позиции, доброты, мудрости, душевной щедрости зависит будущее России. Пусть с каждым днем у вас будет все больше поводов для гордости за свою деятельность.

От всей души желаем коллективу университета и его студентам новых перспектив, планов, творческих идей, дальнейшего профессионального развития, смелых решений, успехов, удачи и, конечно, всем доброго здоровья!

*С искренним уважением,
Главный редактор
В. А. Углов*