

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

4 • 2016

Теоретические основы металлургии

А. В. Колдаев, Н. Г. Шапошников

Моделирование кинетики инициируемого деформацией выделения избыточных фаз в низкоуглеродистых сталях 5

Технологические процессы металлургии

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

Влияние технологических условий деформирования на механические свойства металла при торцевой раскатке заготовок 16

А. А. Холодный, С. В. Сосин, Ю. И. Матросов, А. В. Кармазин

Разработка и освоение технологии производства на МК "Азовсталь" листов для сероводородостойких труб большого диаметра категорий прочности X52 – X65 26

Ю. А. Пак, Г. А. Филиппов, М. В. Глухих

Влияние содержания углерода в полупродукте на показатели выплавки и эффективность конвертерного производства 35

К. А. Кологривев, А. Н. Серегин

Разработка технологии выплавки феррохрома из хромитовых руд Аганозерского месторождения 41

Переработка техногенного сырья

А. В. Букин, А. Н. Серегин

Разработка технологии получения сварочного флюса марки АН-17М на основе Североонежских бокситов Иксинского месторождения 48

Материаловедение и новые материалы

М. Ю. Семенов, М. М. Лашнев, Г. С. Севальнёв, А. С. Мохова

Применение нитроцементации для повышения износостойкости зубчатых колес из комплексно-легированных сталей мартенситного класса 53

К. Ю. Ментюков, А. Н. Борцов, А. А. Величко, О. Н. Сычев

Прогнозирование механических свойств основного металла при изготовлении прямошовных труб большого диаметра 59

Ю. С. Гладченкова, И. Г. Родионова, А. И. Зайцев,

А. В. Колдаев, Н. Г. Шапошников, Д. Л. Дьяконов
Комплексные фазовые выделения и свойства низкоуглеродистых сталей 68

М. Ю. Семенов, В. С. Крапошин, А. Л. Талис

Оценка энергетического порога полиморфного превращения в железе 74

Г. С. Белоусов, А. В. Белоусов, М. Е. Гетманова, Г. А. Филиппов

Функциональные подшипниковые стали, легированные азотом 81

Н. А. Арутюнян, А. И. Зайцев, С. Ф. Дунаев, Н. Г. Шапошников

Анализ термодинамических свойств и фазовых равновесий в системе В – Ег 86

М. А. Асеев, А. Ф. Шевакин, П. А. Харин, Г. А. Филиппов,

А. П. Пантюхин, И. Б. Половов, К. В. Дедов
Разработка технологии производства и анализ свойств сплава типа ХН63МБ со сверхнизким содержанием углерода 90

Наноматериалы и нанотехнологии

Р. В. Сундеев, А. В. Шалимова, А. А. Велиджанин, Я. В. Зубавичус,

А. А. Чернышов, Т. В. Рассадина, А. П. Скорлупов
Использование синхротронного излучения для структурной диагностики аморфно-нанокристаллических материалов 93

Информация

Кулебакский металлургический завод "Русполимет" — 150 лет 98

Борису Владимировичу Молотилкову – 85 лет 105

Памяти Вячеслава Алексеевича Синельникова 107

Авторский указатель за 2016 год 108

PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENT

4 • 2016

Fundamentals of metallurgy

A. V. Koldaev, N. G. Shaposhnikov

Modeling of kinetics of excess phases precipitation in low-carbon steels initiated by deformation. 5

Production processes in metallurgy

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

Influence of deformation technology conditions on the metal mechanical properties at face expansion of billets 16

A. A. Kholodnyy, S. V. Sosin, Yu. I. Matrosov, A. V. Karmazin

Development of the production technology at the ISW "Azovstal" of sheets for hydrogen sulfide-resistant pipes of large diameter of the X52 – X65 strength classes 26

Yu. A. Pak, G. A. Filippov, M. V. Glukhikh

Influence of carbon content in semiproduct on the steelmaking index and the efficiency of converter process 35

K. A. Kologriev, A. N. Seregin

Development of technology for smelting of ferrochrome from chromite ores of the Aganozersky deposit 41

Recycling of technogenic raw materials

A. V. Bukin, A. N. Seregin

Development of technology for production of the welding flux of the AN-17M grade on the basis of the Severoonezhsk bauxites of the Iksinsky deposit 48

Materials science and new materials

M. Yu. Semenov, M. M. Lashnev, G. S. Seval'nev, A. S. Mokhova

Application of carbonitriding for increasing wear resistance of gear wheels from complex — alloy martensitic steels 53

K. Yu. Mentyukov, A. N. Bortsov, A. A. Velichko

Predicting mechanical properties of basic metal in the course of production of longitudinal welded pipes of large diameter 59

Yu. S. Gladchenkova, I. G. Rodionova, A. I. Zaitsev, A. V. Koldaev, N. G. Shaposhnikov, D. L. D'yakonov

Complex phase precipitates and properties of low-carbon steels 68

M. Yu. Semenov, V. S. Kraposhin, A. L. Talis

Assessment of the energy barrier for polymorphic transformation in iron 74

G. S. Belousov, A. V. Belousov, M. E. Getmanova, G. A. Filippov

Functional bearing steels alloyed by nitrogen 81

N. A. Arutyunyan, A. I. Zaitsev, S. F. Dunaev, N. G. Shaposhnikov

Analysis of thermodynamic properties and phase equilibria in the B – Er system 86

M. A. Aseev, A. F. Shevakin, P. A. Kharin, G. A. Filippov, A. P. Pantyukhin, I. B. Polovov, K. V. Dedov

Development of the production technology and analysis of properties of an alloy of the CrNi63MoNb type with ultra-low carbon content 90

Nanomaterials and nanotechnologies

R. V. Sundeev, A. V. Shalimova, A. A. Veligzhanin, Ya. V. Zubavichus,

A. A. Chernyshov, T. V. Rassadina, A. P. Skortupov

Use of synchrotron radiation for structural diagnostics of amorphous - nanocrystalline materials 93

Information

Kulebaki Metallurgical Plant «Ruspolymet» – 150 anniversary 98

Boris V. Molotilov — 85 anniversary 105

In memory of Vyacheslav Alekseevitch Sinel'nikov 107

Author's index 108

УДК 669.15-194.2 544.015.2

Моделирование кинетики инициируемого деформацией выделения избыточных фаз в низкоуглеродистых сталях

А. В. Колдаев, Н. Г. Шапошников

ФГУП ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, Москва. E-mail: koldaevanton@gmail.com

Создана модель, описывающая кинетику выделения частиц избыточных фаз в низкоуглеродистых сталях. В её основе лежат законы классической теории зарождения и роста, примененные для случая выделения на дислокациях, образующихся в результате деформации. Для определения химической движущей силы зарождения применены методы современной расчетной термодинамики, позволяющие учитывать влияние легирующих элементов и возможность образования нестехиометрического соединения. В модели реализован мультиклассовый подход, позволяющий одновременно описывать зарождение, рост и коалесценцию и получать распределение частиц по размерам. Проведено экспериментальное исследование кинетики выделения карбида ниобия из деформированного и недеформированного аустенита микролегированной стали, которое позволило определить величину поверхностной энергии, рассматриваемой в качестве подгоночного параметра. Адекватность модели подтверждена удовлетворительным согласием с независимыми экспериментальными данными.

Ключевые слова: моделирование, кинетика, низкоуглеродистые стали, микролегированные стали, выделение избыточных фаз.

A model has been developed that describes the kinetics of excess phases precipitation in low-carbon steels. It is based on the laws of the classical theory of nucleation and nucleus growth applied to precipitation on dislocations, which appear during deformation. The chemical driving force of nucleation has been determined using modern thermodynamic calculation techniques with taking into account the influence of alloying elements and the possibility to form non-stoichiometric compounds. The model is developed using the multiclass method allowing to describe simultaneously nucleation, growth and coalescence and to obtain particle-size distribution. Niobium carbide precipitation kinetics from deformed and undeformed austenite of microalloyed steels has been experimentally studied. This study resulted in determination of interface energy value, which was used as adjustable parameter in this model. Adequacy of the model was confirmed by the agreement with the independent published data.

Keywords: modelling, kinetics, low-carbon steels, microalloyed steels, precipitation of excess phases.

УДК 621.73.001:669.075.

Влияние технологических условий деформирования на механические свойства металла при торцевой раскатке заготовок

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

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

Выполнены исследования по определению наиболее рациональных калибровок инструмента и технологических режимов деформации при торцевой раскатке круглых сортовых заготовок в плоские диски, способных повысить их качественные и служебные характеристики и снизить производственные издержки технологического процесса. Установлены калибровка рабочей поверхности пуансона и температурные режимы деформации, позволяющие повысить механические свойства изготовленных дисков за счет интенсификации развития сдвиговых смещений металла при раскатке заготовок.

Ключевые слова: заготовка, торцевая раскатка, осадка, режим деформации, калибровка, пуансон, диск-структура, механические свойства, качество, сдвиговые смещения.

Research has been undertaken into determination of the most rational calibrations of the tool and the technological modes of deformation for face expansion of round high-quality billets into flat disks, capable to raise their qualitative and service characteristics and to lower manufacturing costs of technological process. The calibration of the punch effective area and temperature schedules of deformation have been established, which allow to increase the mechanical properties of the made disks by intensifying development of shift displacements in the metal in the course of billets face expansion.

Keywords: billet, face expansion, draft, deformation mode, calibration, punch, disk structure, mechanical properties, quality, shift displacements.

УДК 669.14.018.29.

Разработка и освоение технологии производства на МК “Азовсталь” листов для сероводородостойких труб большого диаметра категорий прочности X52 – X65

А. А. Холодный¹, С. В. Сосин², Ю. И. Матросов¹, А. В. Кармазин²

¹ ФГУП {ЦНИИчермет им. И.П. Бардина}, г. Москва. E-mail: pscenter@chermet.net.

² ЧАО “МК “АЗОВСТАЛЬ” Группы Метинвест, г. Мариуполь, Украина

Установлено влияние содержания углерода и марганца, температурно-скоростных параметров последеформационного охлаждения на микроструктуру основного металла и центральной сегрегационной зоны, механические свойства и стойкость против водородного растрескивания листов из низколегированных трубных сталей. Разработана и освоена технология изготовления на стане 3600 МК «Азовсталь» толстолистового проката для труб большого диаметра категорий прочности X52 – X65 в сероводородостойком исполнении.

Ключевые слова: низколегированная сталь, толстолистовой прокат, ускоренное охлаждение, микроструктура, центральная сегрегационная зона, механические свойства, водородное растрескивание.

The effects of carbon and manganese contents, temperature-speed conditions of postdeformation cooling have been established on microstructure of the metal of basic and central segregation zones, mechanical properties and resistance to hydrogen cracking of sheets from low-alloyed pipe steels. The processing technology of plate steel at the 3600 mill of the ISW «Azovstal» has been developed for large diameter pipes of the X52-X65 strength classes resistant to hydrogen sulfide.

Keywords: low-alloy steel, plate steel, accelerated cooling, microstructure, central segregation zone, mechanical characteristics, hydrogen cracking.

УДК 669.184.

Влияние содержания углерода в полупродукте на показатели выплавки и эффективность конвертерного производства

Ю. А. Пак, Г. А. Филиппов, М. В. Глухих

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

Исследовали изменения показателей выплавки и эффективности конвертерного производства при увеличении содержания углерода в полупродукте. Пользуясь возможностями современных средств автоматизации, можно останавливать продувку на углероде, приближенном к нижнему пределу марочных требований. Перспективным направлением дальнейшего развития конвертерного производства видится переход от типового передувка к более гибкому управлению конвертерной плавкой с разработкой дифференцированных технологических приемов для каждой группы марок стали.

Ключевые слова: конвертер, металлический полупродукт, сера, фосфор, марганец, кислородная продувка, передув, окисленность шлака, угар раскислителей, угар ферросплавов.

Changes in the steelmaking indexes and the efficiency of converter process with increasing carbon content in semi-product have been studied. Using capabilities of modern means of automation makes possible to stop blowing when carbon content approaches to the lower limit of the requirements of the steel grade. A perspective direction of further development of converter production seems to be transition from the standard overblowing to more flexible control of converter smelting coupled with working out of the differentiated processing methods for each group of steel grades.

Keywords: converter, metal semiproduct, sulfur, phosphorus, manganese, oxygen blowing, overblowing, degree of slag oxidation, deoxidants loss, ferroalloys loss.

УДК 669.168

Разработка технологии выплавки феррохрома из хромитовых руд Аганозерского месторождения

К. А. Кологриев, А. Н. Серегин

ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина", г. Москва. E-mail: ferrosplav@chermet.net

Разработаны основы технологии переработки некондиционных хромитовых руд Аганозерского месторождения. Проведены исследования химического состава шихтовых материалов, расчеты состава шихты для выплавки феррохрома и термодинамики процесса рафинирования рудноизвесткового расплава (РИР). Проведены экспериментальные плавки рафинирования РИР от железа углеродистым феррохромом. Получен высококачественный низкоуглеродистый феррохром марки FeCr80C5LP в соответствии с ГОСТ 4757-91 (ISO 5448-81). Извлечение хрома составило 92,5 %, содержание оксида хрома в шлаке достигло 1 %.

Ключевые слова: Аганозерское месторождение, хромитовая руда, некондиционные руды, выплавка феррохрома, металлургическое обогащение, рудноизвестковый расплав, извлечение.

Fundamentals of the technology have been developed for processing of substandard chromite ores of the Aganozersky deposit. Chemical compositions of raw materials were studied and the calculations were conducted of charge compositions for ferrochrome smelting and thermodynamics of refining ore and lime melts (OLM). Experiments were performed on refining OLM from iron by carbon ferrochrome. High-quality low-carbon ferrochrome of the FeCr80C5LP grade was produced in accordance with GOST 4757-91 (ISO 5448-81). Extraction of chromium was 92.5 pct, the chromium oxide content in the slag was about 1 pct.

Keywords: Aganozersky deposit, chromite ore, substandard ores, ferrochrome smelting, metallurgical concentration, ore and lime melt, extraction.

УДК 621.791.048.

Разработка технологии получения сварочного флюса марки АН-17М на основе Североонежских бокситов Иксинского месторождения

А. В. Букин, А. Н. Серегин

ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”, г. Москва. E-mail: ferrosplav@chermet.net.

Предложена схема переработки некондиционных бокситов для получения сварочного флюса марки АН-17М. Выбран оптимальный состав шихты для выплавки флюса. Разработана технология получения сварочного флюса марки АН-17М на основе Североонежских бокситов Иксинского месторождения.

Ключевые слова: Североонежские бокситы, Иксинское месторождение, сварочный флюс, флюорит, периклазовый порошок, известь.

The scheme of processing sub-standard bauxites for production of the welding flux of the AN-17M grade has been proposed. The optimum composition of the charge for flux smelting was selected. The technology has been developed for production of the welding flux of the AN-17M grade on the basis of the Severoonezhsk bauxites of the Iksinsky deposit.

Keywords: Severoonezhsk bauxites, Iksinsky deposit, welding flux, fluorite, periclase powder, lime.

УДК 621.785.533

Применение нитроцементации для повышения износостойкости зубчатых колес из комплексно-легированных сталей мартенситного класса

**М. Ю. Семенов¹, М. М. Лашнев², Г. С. Севальнёв³,
А. С. Мохова¹**

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. E-mail: szigona.podzogin@gmail.com.

² АО "ВНИИАЛМАЗ", г. Москва.

³ ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П.Бардина", г. Москва.

Исследована структура диффузионных слоев комплексно-легированных сталей мартенситного класса после ионной и вакуумной нитроцементации, состоящая из мартенсита, карбонитридной фазы сложного состава и остаточного аустенита. Определены зависимости износостойкости нитроцементированных слоев от объемной доли карбонитридной фазы и твердости на поверхности. Сформулированы рекомендации для промышленности об областях приоритетного применения вакуумной нитроцементации в замену вакуумной цементации зубчатых колес.

Ключевые слова: комплексно-легированные стали, стали мартенситного класса, вакуумная химико-термическая обработка, нитроцементация, сопротивление изнашиванию, зубчатые колеса.

The structure of the diffusion layers of martensitic complex-alloyed steels after ion and vacuum carbonitriding was examined. This structure consists of martensite, complex carbonitride phase and residual austenite. A correlational relationship was determined between the wear resistance of the carbonitrided layers, the volume fraction of the carbonitride phase and the surface hardness. Recommendations have been offered for the rational industrial application of vacuum carbonitriding of gear wheels as alternative to theirs vacuum carburizing.

Keywords: complex-alloyed steels, martensitic steels, vacuum thermo-chemical treatment, carbonitriding, wear resistance, gear wheels.

УДК 669.14.018.295:621.774.21

Прогнозирование механических свойств основного металла при изготовлении прямошовных труб большого диаметра

К. Ю. Ментюков¹, А. Н. Борцов¹, А. А. Величко², О. Н. Сычев³

¹ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: kmentyukov@gmail.com.

² ЗАО «ИТЗ», г. Санкт-Петербург,

³ АО «Северсталь Менеджмент», г. Санкт-Петербург. E-mail: onsychev@severstal.com.

Выполнен анализ влияния характера напряженно-деформированного состояния при формовке и экспандировании на уровень механических свойств материала труб. На основе результатов проведенных экспериментов разработана физическая модель для определения механических свойств материала труб в зависимости от свойств материала листов, а также параметров формовки и экспандирования. Подготовлен программный продукт для прогноза механических свойств основного металла труб в зависимости от сортамента трубы и класса прочности стали.

Ключевые слова: механические свойства, трубный передел, экспандирование, трубы большого диаметра.

The analysis was performed of the influence of the character of the stress-deformed state during pipe forming and expansion on the level of mechanical properties of the pipe material. On the basis of experimental results a physical model was developed for determining mechanical properties of the pipe material, depending on the properties of plates material, forming and expansion parameters. A software product has been prepared for predicting mechanical properties of the basic metal of pipes, depending on the pipes assortment and the steels strength grade.

Keywords: mechanical properties, pipe forming, expansion, large diameter pipes

УДК 669.15

Комплексные фазовые выделения и свойства низкоуглеродистых сталей

Ю. С. Гладченкова, И. Г. Родионова, А. И. Зайцев,
А. В. Колдаев, Н. Г. Шапошников, Д. Л. Дьяконов

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: aizaitsev1@yandex.ru.

На низкоуглеродистых сталях типа 08Ю промышленной выплавки проведено исследование влияния химического состава и параметров рекристаллизационного отжига в агрегатах непрерывного горячего цинкования на структурное состояние и механические свойства оцинкованного холоднокатаного проката. Установлено, что повышение температуры отжига с 800 до 850 °С закономерно приводит к увеличению размера зерна феррита и снижению предела текучести проката. Основными типами индивидуальных фазовых выделений являются AlN и MnS, причем количество и размер выделений MnS изменяется в широких пределах в зависимости от содержания марганца и, в основном, серы. Оптимальное содержание серы находится в диапазоне 0,012 – 0,018 %, что обеспечивает формирование достаточно большого количества выделений MnS размера 0,2 – 0,7 мкм, которые являются эффективной подложкой для выделения цементита и нитрида алюминия. Управляя процессами формирования комплексных фазовых выделений, можно достичь существенного повышения пластичности, штампуемости, снижения предела текучести оцинкованного холоднокатаного проката из низкоуглеродистых сталей.

Ключевые слова: низкоуглеродистые стали, холоднокатаный прокат, рекристаллизационный отжиг, агрегат непрерывного горячего цинкования, комплексные фазовые выделения, сульфид марганца, нитрид алюминия, цементит, механические свойства.

The influence of chemical composition and conditions of recrystallization annealing in continuous units for hot-dip galvanizing has been studied on the structural state and mechanical properties of zinc-coated cold-rolled low-carbon industrial steels of the 08Yu type. It was established that rise of the annealing temperature from 800 to 850 °C naturally results in increasing the ferrite grain size and decreasing the yield point of rolled products. The main types of individual phase precipitates are AlN and MnS, the amount and size of MnS precipitates change over a wide range depending on manganese and, particularly, sulphur contents. The optimum sulfur concentration is in the range of 0,012 – 0,018 pct that provides formation of rather large amounts of MnS precipitates of 0,2 – 0,7 microns in size, which are effective substrates for precipitation of cementite and aluminum nitride. Control over processes of forming complex phase precipitates makes it possible to reach essential increase in plasticity and stamping capacity, decrease in yield point of zinc-coated cold-rolled low-carbon steels.

Keywords: low-carbon steels, cold-rolled steel, recrystallization annealing, continuous units for hot-dip galvanizing, complex phase precipitates, manganese sulfide, aluminum nitride, cementite, mechanical properties.

УДК 669.017.3:669.127

Оценка энергетического порога полиморфного превращения в железе

М. Ю. Семенов¹, В. С. Крапошин¹, А. Л. Талис²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. E-mail: szigona.podzhogin@gmail.com, kraposhin@gmail.com.

² Институт элементоорганических соединений им. А.Н.Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН), г. Москва. E-mail: talishome@mail.ru.

В приближении парного потенциала, аппроксимированного экспоненциальными функциями по Петтифору, рассчитали энергетический барьер переброски диагоналей в ромбе из атомов, предложенной ранее в качестве симметрично возможного элементарного акта полиморфных превращений в металлах. Численные параметры аппроксимирующей потенциал функции калиброваны по экспериментальным значениям энергии сублимации и температурной зависимости упругих модулей железа. Величина энергетического барьера переброски диагоналей в ромбе для железа при 1193 К определена равной около 160 кДж/моль в хорошем согласии с литературными экспериментальными и расчетными данными для сплавов на основе железа.

Ключевые слова: полиморфное превращение, железо, потенциал парного взаимодействия, энергия активации

The energy barrier has been calculated for transferring diagonals in a rhombus from atoms, which was previously proposed as a symmetrically possible elementary act of polymorphic transformation in metals. The energy was approximated by exponential functions in a model of pair potential according to Pettifor. Numerical parameters of the potential approximating functions were calibrated according the experimental values of sublimation energy and the temperature dependence of the shear modulus of iron. The value of the energy barrier of transferring the rhombus diagonals in iron at 1193 K was found equal to about 160 kJ/mol, which is in good agreement with published experimental and calculated data for iron-based alloys.

Keywords: polymorphic transformation, iron, the potential of the pair interaction, activation energy.

УДК 621.785.532

Функциональные подшипниковые стали, легированные азотом

**Г. С. Белоусов, А. В. Белоусов, М. Е. Гетманова,
Г. А. Филиппов**

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

Разработаны металлургические и термодинамические основы легирования сталей для тел качения до сверхравновесных концентраций азота. Рассчитана фугитивность для рабочих давлений и температур функционирования промышленного оборудования. Проведено опробование легирования азотом методом газотермобарической обработки на двух составах хромистых сталей. Исследована структура сталей, проведена оценка механических свойств и распределения эквивалентных напряжений от взаимодействия тел качения по глубине упрочненного слоя.

Ключевые слова: азотирование, аммиак, нитриды, фугитивность, твердый раствор, структура, контрактные напряжения.

Physical metallurgical and thermodynamic basics have been developed of alloying steels for rolling bodies by nitrogen up to superequilibrium concentrations. Nitrogen fugacity was calculated for operating pressures and temperatures of industrial equipment. Nitriding was tested by the gas-thermobaric technique on chromium steels of two compositions. The steels structure was investigated, mechanical characteristics and distribution of the equivalent tensions from interaction of rolling bodies in depth of the strengthened layer were assessed.

Keywords: nitriding, ammonia, nitrides, fugacity, solid solution, structure, contract tension.

УДК 541.11

Анализ термодинамических свойств и фазовых равновесий в системе В – Ер

Н. А. Арутюнян¹, А. И. Зайцев^{1,2}, С. Ф. Дунаев¹,
Н. Г. Шапошников²

¹ Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

² ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва. E-mail: naarutyunyan@gmail.com

Проведен взаимосогласованный анализ всех имеющихся сведений о термодинамических свойствах и фазовых равновесиях в системе В – Ер. Температурно-концентрационные зависимости термодинамических свойств расплава описаны в рамках теории идеальных ассоциированных растворов. Получено хорошее согласие результатов расчета с экспериментальными данными.

Ключевые слова: система В – Ер, фазовые равновесия, термодинамические свойства, термодинамическое моделирование, ассоциированный раствор.

A self-consistent analysis of the available data on thermodynamic properties and phase equilibria in the В – Ер system has been performed. Temperature-concentration functions of the melt thermodynamic properties have been approximated on the basis of the concept of ideal associated solutions. A good agreement between calculation results and experimental data has been achieved.

Keywords: В – Ер system, phase equilibria, thermodynamic properties, thermodynamic modelling, associated solution.

УДК 669.245:669.046.542:669...7:669-131.4

Разработка технологии производства и анализ свойств сплава типа ХН6ЗМБ со сверхнизким содержанием углерода

**М. А. Асеев¹, А. Ф. Шевакин¹, П. А. Харин³, Г. А. Филиппов¹,
А. П. Пантюхин¹, И. Б. Половов², К. В. Дедов²**

¹ ФГУП “ЦНИИчермет им.И.П.Бардина”, г. Москва. E-mail: aseevmixail@gmail.com;
kim291287@yandex.ru; shevakin@bk.ru.

² ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина”, г. Екатеринбург. E-mail: polovov_ilya@mail.ru

³ ОАО “НИИхиммаш”, г. Москва. E-mail: peter@niichimmash.ru

В работе представлены результаты разработки состава и технология производства, а также анализа свойств нового хромоникелевого сплава со сверхнизким содержанием углерода (менее 0,006%) для эксплуатации в диапазоне температур от 600 до 650 °С в кипящих растворах хлористых кислот. Новый сплав, по сравнению с используемыми в настоящее время импортными сплавами, обладает высоким уровнем механических свойств, а также повышенной стойкостью к межкристаллитной коррозии.

Ключевые слова: никелевый сплав, коррозионная стойкость, жаропрочность, технология выплавки, прокатка, углерод.

The paper presents the results of developing the composition and production technology together with the analysis of properties of a new chromium-nickel alloy with ultra-low carbon content (less than 0,006 pct) destined for service at the temperature range from 600 to 650 °C in boiling solutions of chlorous acids. The new alloy, in comparison with import alloys now in use, possesses the high level of mechanical characteristics and also the increased resistance to intercrystalline corrosion.

Keywords: nickel alloy, corrosion resistance, hot strength, smelting technology, rolling, carbon.

УДК 539.264, 528.831.1.

Использование синхротронного излучения для структурной диагностики аморфно-нанокристаллических материалов

**Р. В. Сундеев^{1,2}, А. В. Шалимова¹, А. А. Велигжанин³,
Я. В. Зубавичус³, А. А. Чернышов³, Т. В. Рассадина²,
А. П. Скорлупов²**

¹ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П.Бардина”, г.Москва. E-mail: sundeev55@yandex.ru.

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Московский технологический университет”, г. Москва.

³ Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, г. Москва;

Проведен анализ локальной атомной структуры аморфно-кристаллического сплава $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ после деформации кручением под высоким давлением (КВД) при различных температурах. Разработано специальное программное обеспечение для предварительного отбора и обработки дифрактограмм, которое позволяет осуществить выделение угловых диапазонов, вычитание фона, экспорт выбранных файлов в обработанном виде для получения функций парных корреляций на большом массиве экспериментальных данных. Сравнения параметров тонкой структуры для образцов, деформированных при 293 и 77К, выявило различия только в области второй координационной сферы (4 – 6 Å). На основании полученных результатов показано, что скорость “растворения” кристаллической фазы в аморфно-кристаллическом сплаве $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ в условиях КВД замедляется при 77 К по сравнению с тем же процессом при 293 К.

Ключевые слова: кручением под высоким давлением, синхротронное излучение, аморфно-кристаллический сплав, фазовый переход.

The local atomic structure of the $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ amorphous-crystalline alloy after high pressure torsion (HPT) at different temperatures has been studied. Special software has been developed for pre-screening and processing diffraction patterns. This software allows separating angle ranges, subtracting background, exporting selected files in the processed form for obtaining the pair correlation functions on the basis of large mass of experimental data. The comparison of fine structure parameters for samples deformed at 293 and 77 K revealed the differences in the second coordination sphere (4 – 6 Å) only. The obtained results showed that the rate of “dissolution” of the crystalline phase in the $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ amorphous-crystalline alloy was slowed down in the course of HPT at 77 K in comparison with the same process at 293 K.

Keywords: high pressure torsion, synchrotron radiation, amorphous-crystalline alloy, phase transition.

Кулебакский металлургический завод “Русполимет” — 150 лет

В этом году Кулебакский металлургический завод “Русполимет” празднует свое 150-летие. За полтора века предприятие прошло долгий и славный путь от небольшого чугуноделательного заводика, затерянного в Муромских лесах, до российского лидера в производстве цельнокатаных и сварных колец из специальных сталей и сплавов — высококачественной продукции, используемой в гражданском авиационном, энергетическом и общем машиностроении. Все эти годы Кулебакский металлургический завод находился в постоянном процессе обновления, меняясь вместе со страной и ее машиностроительной промышленностью, осваивая новые виды продукции, совершенствуя технологии и приобретая новых заказчиков.

Дорога — это жизнь

Начало второй половины XIX в. было для России особым периодом. Поражение страны в Крымской войне, вызванное, прежде всего, техническим отставанием от передовых западноевропейских держав, стало сильнейшим стимулом для модернизации. А отмена крепостного права в 1861 г. сняло один из основных барьеров, стоявших на пути развития экономики по капиталистическому пути. В 60 – 70-е годы XIX в. новые заводы росли в России буквально как грибы. Стране было нужно всё, а правительство охотно поддерживало инициативы на местах и не чинило никаких бюрократических препон основанию новых предприятий. Были сняты многие сословные ограничения, которые ранее препятствовали приходу в производственную сферу купеческих, старообрядческих, иноземных капиталов.

Именно тогда в России появились и начали расти промышленно-торговые империи Губониных, Морозовых, Мамонтовых, Третьяковых.

Этот всеобщий дух грюндерства, создания с нуля нового бизнеса охватил и чиновника средней руки Николая Федорова, в 1861 г. открывшего прямо в своем имении в селе Кулебаки Ардатовского уезда Нижегородской губернии небольшие залежи приличной по качеству железной руды. На такой же местной руде в свое время поднялся расположенный по соседству Выксунский горный завод, приносивший своим владельцам громадные прибыли. Не удивительно, что и помещику Федорову захотелось стать металлургическим магнатом. Взяв в компаньоны выксунского купца Бородачева, он построил на своих землях доменную печь для выплавки чугуна, давшую первый металл в августе 1866 г.

Однако быть заводчиком оказалось совсем непросто. Не было опыта у руководителей, не было опыта у рабочих. И главное, затеявая дело, начинающие промышленники не продумали вопрос сбыта. Продавать чугун оказалось некому. Соседний Выксунский горный завод как раз тогда переживал трудные времена, а возить металлические чушки за тридевять земель на подводах было бессмысленно, так как затраты на перевозку делали их «золотыми». Помыкавшись пару лет, компаньоны продали завод английской фирме, взявшей в аренду горный завод в Выксе, но и у британцев мало что получилось. Чтобы получить прибыль с кустарно организованного предприятия, в него надо было сначала что-то вложить. А вот этого-то как раз им и не хотелось.

Возможно, завод в Кулебаках так бы и зачах на корню, однако, в 1872 г. на это предприятие обратил

внимание один очень интересный человек — Аманд Егорович Струве, военный инженер по специальности и предприниматель, как говорится, от бога. Известность пришла к нему в 1863 г., когда 28-летний инженер получил подряд на строительство железнодорожного моста через Оку в Коломне. В те времена Россия не имела собственного производства мостовых металлоконструкций. Их заказывали за границей, везли пароходами, а затем мучительно долго и с большими затратами доставляли тысячи тонн груза в российскую глубинку. Аманд Струве решил эту проблему, построив в Коломне первый в стране завод данного профиля, и вскоре на него посыпался вал заказов со всей Европейской России — от Петербурга до Киева. Наряду с мостовыми конструкциями, завод в 1865 г. освоил производство железнодорожных вагонов, а еще через четыре года — паровозов. В то время это было очень актуальное и исключительно прибыльное направление. Сеть железных дорог в стране, в 1855 г. составлявшая всего лишь 980 верст, через десять лет выросла до 3,8 тыс. верст, а еще через десять — до 19 тыс. верст. И для этого стремительно растущего хозяйства требовалось все больше мостовых металлоконструкций, вагонов и паровозов. Чтобы облегчить управление все более масштабным бизнесом, Аманд Струве призвал на помощь старшего брата Густава, тоже военного инженера. А затем к братьям присоединился со своими капиталами и связями московский купец своей гильдии баварскоподданный Антон Лессинг. В 1872 г. было основано Акционерное общество Коломенского машиностроительного завода с капиталом в 2,8 млн руб. — огромная по тем временам сумма.

Развитие Коломенского завода сдерживалось только нехваткой металла. Его поставщиком и должен был стать Кулебакский завод, в 1872 г. перешедший в собственность коломенских машиностроителей. В отличие от прижизнистых англичан братья Струве не жалели инвестиций на развитие своих предприятий. В 1875 г. в Кулебаках были введены в строй пудлинговые печи, в которых чугун переплавляли в низкоуглеродистое "сварное железо" и станы для прокатки пудлинговых криц. Через два года заработала первая мартеновская печь, которая тогда представляла собой крутой хай-тек. Ведь к тому времени прошло всего 13 лет с тех пор, как французский инженер Пьер Мартен впервые получил сталь своим способом и 10 лет с момента запуска первой в России печи его имени на Ивано-Сергиевском заводе. К середине 90-х годов XIX в. Кулебакский горный завод действительно стал основной металлургической базой Коломенского машиностроительного. И не только

металлургической. Скромно начав с поставок стальных болванок и сортового проката, за двадцать лет он освоил производство листового и котельного железа, вагонных осей и рам, пружин и рессор. Одним из важнейших видов его продукции стали бандажи — железные ободы, надевавшиеся на вагонные колеса, чтобы предотвратить их истирание. В 1877 г. в Кулебаках появился первый в России бандажепрокатный стан, а еще через пять лет — второй, что сделало завод крупнейшим в стране предприятием данного профиля.

В 1894 г. с постройкой узкоколейки была, наконец, разрешена главная проблема Кулебакского завода — логистическая. Ранее руда и другие сырьевые материалы доставлялись на предприятие гужевым транспортом, а для доставки готовой продукции в Коломну использовались мелкосидящие речные пароходы. Теперь же эти вопросы были решены, что позволило существенно увеличить производство. В конце XIX в. Кулебакский горный завод стал вторым по величине промышленным предприятием Нижегородской губернии, уступая только Сормовскому заводу. Ежегодно он потреблял миллион пудов (16 тыс. т) руды и получал чугун с распложенного неподалеку Бальковского завода, в 1897 г. арендованного Коломенским обществом. Объем выпуска стальной продукции достигал 800 тыс. пудов (14,4 тыс. т). На предприятии насчитывалось 4 доменных (в 1900 г. они были заменены одной большой домной), 9 сварочных, 4 мартеновских и 5 пудлинговых печей, 5 прокатных станов, 8 паровых молотов. В 1902 г. вступила в строй электрическая станция мощностью 120 кВт, что по тем временам было достаточно солидно. К тому времени Коломенский завод выпускал не только паровозы и вагоны, но и сельскохозяйственную технику, дизельные установки для морских и речных судов, а также немало прочей продукции.

Смерть Аманда Струве в 1898 г. (его брат ушел из жизни еще раньше) не замедлила темпов развития одного из главных машиностроительных предприятий России и, соответственно, его кулебакского подразделения по производству металла и комплектующих. В 1910 – 1912 гг. на предприятии была проведена модернизация всего прокатного передела. В сортамент завода вошла продукция военного назначения, в частности, броневая сталь.

Круговорот

В 1916 г. Кулебакский завод достиг рекордного объема выплавки стали — 80 тыс. т, но это уже была, как говорится, лебединая песня. В феврале 1917 г.

началась революция, за ней — Гражданская война и разруха. Впрочем, Кулебакскому заводу повезло в том, что он с самого начала и до конца войны находился на советской территории. Через него не перекатывались фронты, власть не переходила из рук в руки. Даже в самые сложные времена предприятие не простаивало, хотя объем выпуска в 1920 – 1921 гг. упал в 6 – 7 раз по сравнению с предреволюционными годами. Интересно, что даже в эти времена на заводе не прекращалась рационализаторская деятельность. Так, в 1921 г. кулебакские мартеновцы освоили новые технологии производства легированной стали, а в 1922 г. Кулебакский завод первым в стране начал применять в доменном переделе вместо дефицитного древесного угля местные запасы торфа. Впрочем, в 1924 г. на заводе отказались от использования доменной печи, окончательно перейдя на выплавку стали в мартеновских печах из доставлявшихся извне переделного чугуна и металлолома. Чтобы облегчить труд рабочих в том же году на Кулебакском заводе была установлена приобретенная за границей завалочная машина напольного типа. Правда, окончательно механизировать этот участок удалось лишь сорок лет спустя, в 1964 г.

Основным производством предприятия в 1920 – 1930-е годы было бандажепрокатное. Уже в 1923 г. на Кулебакском заводе было модернизировано отделочное отделение, установлены подвесные дорожки для транспортировки заготовок и готовых изделий, что повысило производительность труда и позволило снизить травматизм. В конце 1920-х — начале 1930-х годов на заводе появились новые нагревательные и термические печи, бандажепрокатный стан взамен установленного в 1922 г., позднее — слиткоразрезные станки, позволившие перейти к изготовлению бандажей из комплектных слитков и значительно повысить качество продукции. Если на производство первого миллиона бандажей на Кулебакском заводе понадобилось почти полвека, то второй миллион был откатан всего за 12 лет — с 1924 по 1936 гг., а третий — за 9 лет. За это время свою железную "обувку" от предприятия получили свыше 10 тыс. паровозов и полмиллиона вагонов. С 1930 г. завод освоил выпуск новой продукции — специальных колец для машиностроительной отрасли. Так на нем возникло производство, которому в дальнейшем будет суждено стать основным.

Конечно, в конце 1920-х, в 1930-е годы в СССР возникли новые металлургические гиганты, которые далеко обошли старые предприятия по валовым объемам выпуска. Однако на Кулебакском заводе и не стояла задача по выплавке сотен тысяч тонн стали. Предприятие все больше играло роль специализи-

рованного поставщика нерядовой, качественной продукции высокого передела для судостроения, общего машиностроения, энергетики. Среди его заказчиков были Горьковский автозавод, ДнепроГЭС и даже московское метро. Завод числился в переделах и был известен на всю страну благодаря своей культуре рационализаторского производства.

Перед Великой Отечественной войной завод, которому в 1935 г. было присвоено имя Сергея Мироновича Кирова, находился на взлете. В 1940 г. был запущен новый термический цех, заменивший старые обжигательные мастерские. В 1940 – 1941 гг. была проведена модернизация листопрокатного и сортопрокатного цехов, новый слиткоразрезной пролет появился в бандажепрокатном цехе. С началом войны завод, как и вся отечественная промышленность, начал работать на оборону страны. В первые, самые тяжелые месяцы, когда эвакуировались на восток несколько тысяч предприятий, кулебакские металлурги и прокатчики должны были взять на себя ношу товарищей, временно выбывших из строя. В рекордные сроки завод освоил новые для себя виды продукции — быстрорежущую и инструментальную сталь, ответственное и специальное литье, танковую броню и погоны под танковые башни. При этом на предприятии не прекращалась работа по рационализации производства, экономии сырья и энергии. Так, во время Сталинградской битвы, когда нарушились поставки по Волге бакинской нефти, завод в сжатые сроки перевел мартеновские печи, работавшие на мазуте, на газ, который получали на собственной газогенераторной станции из торфа и дров, а также в сжатые сроки построил три новые газовые шахты.

После победного 1945 г. Кулебакский завод вернулся к мирной продукции. В частности, в начале 1950-х годов было освоено производство чугунных и стальных деталей к тракторам и другой сельскохозяйственной технике. При этом роль предприятия в обеспечении советского сельхозмашиностроения была весьма существенной. Так, Кулебакский завод был единственным в стране производителем вкладышей к коленчатым валам и одним из крупнейших поставщиков башмаков для тракторных гусениц. В начале 1960-х годов в Кулебаках появилось даже собственное машиностроительное производство — сначала бобовых жаток, а затем детских велосипедов. Кстати, их компания выпускает на одном из своих дочерних предприятий до сих пор.

В конце 1950-х — первой половине 1960-х годов завод прошел широкомасштабную реконструкцию. На всех производственных участках был, наконец, полностью ликвидирован тяжелый ручной труд, в

основных цехах осуществлена автоматизация производства. Все мартеновские печи перевели на природный газ. В 1964 – 1966 гг. был построен новый современный листопрокатный цех, что позволило значительно увеличить объем производства и повысить качество продукции. В бандажепрокатном цехе появился новый пролет длиной 70 метров, где было установлено новое оборудование, в частности, гидравлические прессы, карусельные токарные и слиткоразрезные станки.

Крылатое кольцо

Однако именно в это время завод столкнулся, можно сказать, с мировоззренческим кризисом. Основная продукция предприятия — бандажи — становилась устаревшей и невостребованной. В середине 60-х советские железнодорожники начали переходить на использование цельнокатаных колес с закаленными ободами. В Нижнем Тагиле был построен первый в стране колесопрокатный комплекс, который за месяц выдавал больше колес, чем Кулебакский металлургический мог изготовить бандажей за год. К производственным проблемам прибавились административные. С 1957 по 1965 гг. советская промышленность управлялась не по отраслевому, а по территориальному принципу через так называемые совнархозы. После возвращения к привычной структуре министерств предприятие осталось "бесхозным". Министерство транспортного машиностроения, к которому оно ранее относилось, не было воссоздано вновь, а Минэлектротраммаш, унаследовавший активы этого ведомства, от Кулебакского завода отказался, он не соответствовал ему по профилю. Не проявил интереса к предприятию и Минчермет, а Министерство сельскохозяйственного машиностроения, к которому его в конце концов решили "прицепить", не нашло ничего лучшего, кроме как, превратить завод в филиал Челябинского тракторного.

Возможно, Кулебакский металлургический завод так и превратился бы в поставщика комплектующих для тракторов, если бы не тогдашний директор Анатолий Яковлевич Рабинович — будущий Почетный гражданин города Кулебаки и дважды кавалер Ордена Ленина. Именно при его непосредственном руководстве была проведена модернизация предприятия, закуплено передовое по тем временам иностранное оборудование, построены новые цеха, обновлена и расширена социальная инфраструктура. Переводить все это богатство на тракторные гусеницы, шестерни и валы было не по-хозяйски. Анатолий Рабинович и его команда тщательно

проанализировали номенклатуру ряда смежных министерств в поисках тех видов продукции, выпуск которых мог бы освоить завод на имеющемся оборудовании. Приоритет при этом отдавался высокотехнологичным отраслям, сотрудничество с которыми могло бы дать самому предприятию стимулы для совершенствования, освоения новых технологий и дальнейшего развития. Выбору нового направления деятельности во многом помог случай.

Уроженец Кулебак директор Казанского моторостроительного завода И.Т.Борисов, навещая своих родителей, зашел на предприятие и посетил бандажепрокатный цех, где ему с гордостью показали последнюю новинку — запущенный во второй половине 1964 г. опытно-промышленный стан "3000" для прокатки колец, оснащенный нагревательной печью. Казанского гостя поразило это оборудование — ведь на его предприятии кольца для авиационных двигателей вытачивались на станках из цельных заготовок. Применение для получения этой продукции прокатной технологии позволило бы сократить время на производство детали и расход металла в десятки раз! Посетив дирекцию завода, Борисов попросил прокатать несколько опытных колец для проведения испытаний и изучения возможности их использования в авиапромышленности. Испытания прошли успешно. И пока в Минсельхозмаше только не спеша готовились принять в свои ряды неожиданное и не слишком желанное приобретение, Кулебаки посетила представительная делегация Министерства авиационной промышленности. Поначалу представители отраслевой науки были настроены весьма скептически. Завод всегда работал только с черными металлами, у него не было опыта обращения со специальными авиационными сплавами. Тем более что на вид это было типичное стале-прокатное предприятие пусть и с нестандартным сортаментом. Тем не менее у руководства Кулебакского металлургического завода был запасен солидный козырь — авторитетное мнение производителей авиационных двигателей. Им нужны были кольца, много качественных колец, которые можно было изготовлять именно на том самом оборудовании, что имелось у предприятия и в то время было недостаточно загружено. Руководство Минавиапрома прислушалось к этим аргументам и Кулебакский завод по решению Совмина СССР был включен в его структуру.

За новым крутым поворотом в жизни предприятия последовал труд — очень, очень много труда. Период второй половины 1960-х — начала 1970-х годов был временем быстрого прогресса в авиационной технике. Росли возможности отечественных авиационных двигателей, соответственно ужесточа-

лись требования и к поставщикам комплектующих к ним, в частности, колец. Кулебакский завод по-прежнему оставался металлургическим заводом. Он продолжал выпускать сортовой и листовой прокат, изготавливал валки и поковки. Но в его сортаменте все большую роль играли кольца из легированных и нержавеющей сталей, легких сплавов на основе алюминия и титана, жаропрочных сплавов на основе никеля. Объемы выпуска были настолько значительными, что для утилизации титановых отходов на предприятии было создано собственное производство ферротитана. Завод превращался в крупный центр отраслевой науки. На нем была организована базовая научно-технологическая лаборатория Минавиапрома, где совместно со специалистами отраслевых научно-исследовательских институтов — ВИЛС, ВИАМ, НИИД, ВНИИМетмаш и других разрабатывались новые технологии кольцепрокатного производства, новые материалы и сплавы. При этом предприятие работало не только на авиастроение. В середине 1980-х годов в Кулебаках было освоено производство катаных колец для роторных и тяжело нагруженных статорных деталей.

В 1986 г. на заводе было установлено передовое по тем временам кольцепрокатное оборудование западногерманской компании "Banning", что позволило предприятию стать одним из наиболее современных производителей колец в мире и признанным лидером среди советских поставщиков колец для гражданской авиации. На освобожденных площадях термического цеха было создано производство металлических порошков — наукоемкой, высокотехнологичной и очень перспективной продукции. Установленная там линия горячего прессования с усилием в 34,5 тыс. т стала самой мощной в Европе. Таким образом, Кулебакский завод был готов стать одним из лидеров научно-технического прогресса для всей советской промышленности, окончательно перейти к выпуску передовой продукции для наиболее продвинутых отраслей. Но тут наступил недоброй памяти 1991 г. и все надежды заводчан пошли прахом вместе с ушедшей в небытие великой страной.

В 1990-е годы деятельность предприятия можно было описать всего одним словом — выживание. И не всегда успешное. Завод терял людей, которым было нечего делать и нечем платить, терял уникальные производства, терял партнеров и заказчиков. Тогда предприятие бралось за все — выпускало детали для тракторов и электровозов, автомобильных колес из легких сплавов, даже баллонов аквалангов. На завод приезжало немало представителей зарубежных фирм, но они, как правило, не были заинтересованы в равноправном сотрудничестве. Они больше

изучали, чем реально заказывали. Но и в эти трудные времена безвременья на заводе удалось сохранить главное — уникальное оборудование, технологии, костяк специалистов. Кулебакский металлургический не превратился в завод-призрак с пустыми цехами и порезанными на металлолом станками. Он многое потерял, был вынужден сократить численность сотрудников в несколько раз, но выжил и дождался поворота к лучшему.

От горного завода к высокой металлургии

С начала 2000-х годов российская экономика постепенно пошла на поправку. Сначала слабые, а затем все более отчетливые признаки жизни начали проявлять авиастроение, энергетическое машиностроение, другие отрасли, в которых использовалась продукция предприятия. А в 2005 г. на завод пришла новая команда, было создано акционерное общество "Русполимет", руководство которого разработало и реализовало беспрецедентную за всю его полуторавековую жизнь программу модернизации.

К настоящему времени эта программа в основном выполнена. Вместо мартенов, с которыми завод окончательно распрощался в 2011 г., было создано новое электрометаллургическое производство, одно из наиболее передовых в России, а может быть, и в Европе. Это суперсовременный сталеплавильный итальянский комплекс, в состав которого входят 10-тонная электродуговая печь, установка "печь — ковш", двухкамерный вакууматор, автоматизированная разливочная машина, который позволяет выплавлять более 3000 видов сталей и сплавов. Это модернизированное кольцепрокатное производство с новой, введенной в эксплуатацию в 2009 г., немецкой линией, состоящей из пресса, прокатного стана, рельсового и мобильного манипуляторов, нагревательных печей, термического участка, позволяющий изготавливать цельнокатаные кольца диаметром до 6000 мм, высотой до 1200 мм, массой до 9500 кг. Это ковочное производство, начавшее свою работу в 2012 г. с монтажа итальянского ковочного модуля мощностью 16 МН и доукомплектованное в 2016 г. вторым модулем большей мощностью 35 МН, позволяющее производить поковки различного сечения и размеров.

Сложнейшая технология выплавки специальных сталей и сплавов, уникальные технологии штамповки на суперпрессах, точная прокатка, специальная термообработка, полный комплекс испытаний и 100 % контроля всеми современными способами — все это стало возможным благодаря модернизации кольцепрокатного и электрометаллургического производств,



Рис. 1. Печь ЭШП-14.

наращиванию ковочных и термических мощностей, созданию испытательного центра.

Новая печь — новые перспективы

10 ноября этого года "Русполимет" ввел в эксплуатацию новую 14-тонную печь электрошлакового

переплава (ЭШП-14) (рис. 1) в рамках программы импортозамещения. Первая плавка на печи ЭШП началась сразу после того, как на кнопку пуска нажали заместитель министра промышленности и торговли РФ Александр Валерьевич Потапов, заместитель президента — председателя правления банка Валерий Васильевич Лукьяненко, председатель совета директоров ПАО "Русполимет" Виктор Владимирович Ключай (см. рис. 2). Новая печь позволит заводу выпускать металл высочайшего качества со специальными свойствами. ЭШП является одной из двух 14-тонных печей электрошлакового перепада, вторая достраивается и планируется к запуску в декабре 2016 г., отметил председатель совета директоров ПАО "Русполимет" В.В.Ключай, выступая на торжественном запуске ЭШП-14. А программа модернизации производства предприятия, которая стартовала в 2006 г., заканчивается в первом полугодии следующего года.

Слитки, получаемые в ходе перепада на современных печах ЭШП, отличаются более высоким качеством, отчего, соответственно, улучшаются и свойства произведенных из них изделий. Металл электрошлакового перепада сегодня в России очень востребован, поскольку потребителям его приходится закупать за рубежом, что в условиях кризиса и из-за экономических санкций отечественным потребителям металла весьма невыгодно.

Государственная программа импортозамещения реализуется прямо у нас на глазах, прокомментировал после пуска печи заместитель министра промышленности и торговли РФ А.В.Потапов. И здесь, скорее, надо говорить об импортной независимости и новом технологическом переделе, потому что мы



Рис. 2. Председатель Совета директоров ПАО "Русполимет" В.В.Ключай, заместитель министра промышленности и торговли РФ А.В.Потапов, зам. президента — зам. председателя правления банка ВТБ В.В.Лукьяненко нажимают кнопку пуска печи ЭШП-14.

не повторяем того, что было, а достигаем новых свойств. На реализацию данного инвестиционного проекта ПАО "Русполимет" взял кредит у банка ВТБ в размере 3 млрд рублей сроком на 8 лет. В обеспечение займа выдана государственная гарантия.

ВТБ традиционно участвует в поддержке предприятий реального сектора экономики. При финансовой поддержке банка "Русполимет" успешно реализует планы по развитию специальной электрометаллургии высоколегированных сталей и сплавов. В свою очередь, это поспособствует производству конкурентоспособных импортозамещающих товаров и услуг, их применению в различных отраслях российской экономики и продвижению на международный рынок, сказал заместитель президента — председателя правления банка В. В. Лукьяненко.

Всего на участке спецэлектрометаллургии ЭМП построены и с июля 2014 г. поэтапно введены в промышленную эксплуатацию три новые австрийские электрометаллургические печи: ВИП-3 (рафинирующего вакуумно-индукционного переплава), ЭШП-10 (рафинирующего электрошлакового переплава) и ВДП-6,8 (рафинирующего вакуумно-дугового переплава). Это современные печи камерного типа с автоматизированной системой управления, предназначенные для получения слитков собственного переплава из жаропрочных марок сталей и сплавов. Далее, эти слитки направляются в кольцепрокатное производство ПАО "Русполимет"

и используются для производства поковок, кольцевой продукции или продаются. Работают эти три печи в комплексе с немецкой электрометаллургической печью вакуумно-дугового переплава ВДП-2,5, запущенной в эксплуатацию в феврале 2009 г.

Строить две новые печи ЭШП-14 начали в феврале 2016 г., а спустя 8 месяцев на первой был выплавлен первый слиток, а на второй планируется декабре. И теперь уже все шесть печей, включая австрийские ВИП-3, ЭШП-9, 8, ВДП-7 и немецкую "ALD", составляют единый комплекс для выпуска и переплава слитков из жаропрочных марок сталей и сплавов и работают в единой технологической цепочке, что позволило предприятию перейти от покупной заготовки к собственной, расширить номенклатуру и увеличить объемы производимой продукции, наращивать экспортные продажи.

Только грамотный менеджмент, проводящаяся модернизация производства, расширение номенклатуры производимой продукции позволили "Русполимету" в острый период кризиса переориентировать направления поставок, сделав акцент на внешние рынки. Сегодня уровень развития электрометаллургии на "Русполимете" соответствует мировому, а по ряду позиций и превосходит его. Новый участок спецсплавов обеспечивает высочайшие требования заказчиков предприятия к качеству металла и сегодня "Русполимет" может им его предложить.



Борису Владимировичу Молотилу – 85 лет

6 октября исполнилось 85 лет видному ученому — материаловеда, доктору технических наук, профессору, академику РАЕН, члену редакционной коллегии нашего журнала Борису Владимировичу Молотилу.

После окончания в 1955 г. Московского института стали Борис Владимирович всю свою жизнь трудится в ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, прошел путь от должности младшего научного сотрудника до директора Института прецизионных сплавов (1966 – 1987 гг.) и генерального директора ЦНИИчермет (1987 – 1992 гг.). В своей деятельности Борис Владимирович всегда сочетал фундаментальные научные исследования с технологическими разработками и их практической реализацией на предприятиях металлургии. Под его руководством и непосредственном участии разрабатывались вопросы теории формирования магнитных, электрических, упругих, тепловых и других физических свойств прецизионных сплавов, решались проблемы технологии их производства. Итогом промышленной реализации полученных результатов стало обеспечение потребностей народного хозяйства страны в прецизионных сплавах. Кроме массовых прецизионных сплавов, были созданы и освоены в производстве уникальные материалы для конструирования новых агрегатов криогенной энергетики, атомной, космической, оборонной, медицинской промышленности.

Другое направление научной деятельности Б.В.Молотилова было связано с вопросами текстуробразования и ингибирования роста зерен в электротехнических сталях, которое привело к созданию электротехнических сталей анизотропного и изотропного классов и организации крупномасштабного их производства на Новолипецком комбинате, Верх-Исетском заводе, Челябинском, Череповецком и Карагандинском комбинатах. Под его руководством на этих металлургических предприятиях работали большие научные коллективы технологов, металлургов, физиков, метрологов, включая ученых и специалистов других научных организаций, вузов, заводов. В результате этих работ отечественная электротехническая промышленность была полностью обеспечена высококачественными материалами. Одновременно был разработан ряд принципиально новых марок электротехнических сталей — микрокристаллические, высокочастотные, “безшумные”.

Борису Владимировичу принадлежит заслуга создания аморфных и нанокристаллических сплавов с уникальными магнитными свойствами, разработка технологии и освоение их производства на Экспериментальном заводе ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, Ашинском и Верх-Исетском заводах, Уральском заводе прецизионных сплавов. Последний проектировался, строился и вводился в эксплуатацию при непосредственном участии специалистов Института

прецизионных сплавов ЦНИИчермет им. И.П.Бардина. Одновременно в этой отрасли металлургии было организовано сотрудничество с фирмами Германии, Индии, Китая, Кореи и других стран. Оперативные решения сложных многогранных проблем аморфных и нанокристаллических сплавов в нашей стране в значительной мере были связаны с деятельностью Межведомственного инженерного центра “Аморфные и микрокристаллические материалы”, который возглавлял Б. В. Молотилу.

Борис Владимирович систематически занимался подготовкой высококвалифицированных кадров. Под его руководством аспирантами и соискателями института и металлургических предприятий защи-

щено более 30 диссертаций. Б.В.Молотилу автор более 400 научных статей, авторских свидетельств и патентов, 8 монографий. За творческий вклад и самоотверженный труд он награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени и медалями. Ему присуждены Государственная премия и Премия Совета Министров СССР, присвоено звание Почетного металлурга России.

Коллектив ЦНИИчермет им. И.П.Бардина и редколлегия журнала “Проблемы черной металлургии и материаловедения” сердечно поздравляют Бориса Владимировича Молотилова с 85-и летним юбилеем, желают ему крепкого здоровья, благополучия, новых творческих успехов.



Памяти Вячеслава Алексеевича Синельникова

27 октября 2016 года скончался крупный ученый-металлург, доктор технических наук, профессор, действительный член Академии технологических наук России, заслуженный деятель науки РФ Вячеслав Алексеевич Синельников.

По окончании в 1961 г. Московского института стали и сплавов В.А.Синельников работал подручным сталевара и сталеваром в мартеновском цехе Череповецкого металлургического комбината, а с 1962 г. работал в ЦНИИчермете им. И.П.Бардина.

Пройдя творческий путь от младшего научного сотрудника до заместителя генерального директора ГНЦ РФ ЦНИИчермет, он осуществлял научное руководство и непосредственно участвовал в проведении и промышленном освоении новых технологических процессов и металлопродукции: качественных легированных и низколегированных сталей. Более 20 лет В.А.Синельников посвятил освоению технологии выплавки в конвертерах электротехнических сталей. Была решена важная проблема увеличения их производства в ОАО “Мечел”, ОАО “НЛМК”, ОАО “Северсталь” и АООТ “Испат Кармет”. При активном участии Вячеслава Алексеевича проведено освоение новых технологий в ОАО “ОЭМК”, на Молдавском и Белорусском металлургических заводах и ряде других предприятий, в том числе на

предприятиях-металлопотребителях: ОАО “Газпром”, АК “Транснефть”, МПС, машиностроительных предприятиях.

С 2006 г. В.А.Синельников работал главным сталеплавильщиком Представительства ОАО “НЛМК” в г. Москве.

За комплекс работ по освоению новых металлургических технологий и видов металлопродукции для отраслей народного хозяйства В.А.Синельников награжден орденом Дружбы народов, медалями. Ему была присуждена премия им. Академика И.П.Бардина (1977 г.), премии Совета Министров СССР (1982, 1989 гг.) и Правительства России (1996 г.).

В.А.Синельников — автор 255 научных трудов, в том числе трех монографий, а также 110 изобретений и патентов. Он успешно сочетал научную и производственную работу с активной общественной деятельностью, состоял членом редколлегии журналов “Сталь” и “Электрометаллургия”.

В.А.Синельников пользовался заслуженным авторитетом в научно-технических кругах черной металлургии.

Коллективы ФГУП “ЦНИИчермет им.И.П.Бардина” и редколлегия журнала “Проблемы металлургии и материаловедения” выражают глубокое соболезнование родным и близким В.А.Синельникова.