

# ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

2 • 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Теоретические основы металлургии*

**И. Н. Гаерилин**

Моделирование скорости реакций окисления и поведения продуктов окисления углерода по ходу кислородно-конвертерной плавки ..... 5

### *Технологические процессы металлургии*

**А. Н. Серегин, Д. В. Домов, Н. В. Власюк, А. С. Шаповалов, А. В. Полищук, Е. В. Шмидт**  
Исследование возможности производства арматурной стали классов прочности А500С и А600С с применением микролегирования ванадиевой лигатурой ..... 20

**В. П. Романенко, П. П. Степанов, А. В. Гончарук, С. М. Крискович, Г. П. Илларионов, А. Н. Никулин, Г. А. Филиппов**  
Перспективная технология производства полых вагонных осей из полой заготовки ..... 27

**Б. А. Корниенков, М. Ю. Язвицкий, А. В. Сумин, П. П. Андреев**  
Технологическое опробование установки Ротор-5 для моделирования процессов получения быстрозакаленных лент ..... 35

**А. И. Зайцев, А. В. Колдаев, Н. С. Макаров, Н. Г. Шапошников, С. Ф. Дунаев**  
Исследование закономерностей эволюции выделений избыточных фаз при горячей прокатке микролегированных ниобием низкоуглеродистых конструкционных сталей ..... 42

**Н. И. Каменская**

Отработка режимов восстановительной термической обработки паропроводов ТЭС методом индукционного нагрева ..... 50

### *Материаловедение и новые материалы*

**Дин Кай Цзянь**

Применение азотирования для повышения эксплуатационных свойств жаропрочных сплавов ..... 57

**Е. В. Капралов, В. Е. Кормышев, В. Е. Громов, Ю. Ф. Иванов, А. М. Глезер, С. В. Коновалов**  
Структурно-фазовые состояния и свойства композиционных покрытий, наплавленных на сталь электродуговым методом ..... 64

**А. А. Цернант, А. И. Шелест, А. Д. Конюхов**

Технические требования к металлическим пролетным строениям железнодорожных мостов и опорам контактной сети из атмосферостойкой стали ..... 71

### *Наноматериалы и нанотехнологии*

**В. П. Филиппова, А. М. Глезер, Д. Л. Дьяконов**

Теоретический анализ возможностей спектроскопии потерь энергии электронов для изучения наноразмерных атомных структур аллотропного углерода ..... 75

### *Порошковая металлургия*

**И. О. Ершова, В. Б. Акименко, О. Б. Федотенкова**

Порошковый молибденовый сплав марки МИТ-МП ..... 86

### *Информация*

**А. В. Амежнов**

VII Научно-техническая конференция молодых специалистов "Перспективы развития металлургических технологий" ..... 96

К 80 летию Владимира Борисовича Акименко ..... 102

К 70-летию Георгия Анатольевича Филиппова ..... 103

# PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENT

2 • 2016

## *Fundamentals of metallurgy*

**I. N. Gavrilin**

Simulation of oxidation reactions rates and behavior of products of carbon oxidation in the course of the LD process ..... 5

### *Production processes in metallurgy*

**A. N. Seregin, D. V. Domov, N. V. Vlasyuk, A. S. Shapovalov, A. V. Polishchuk, E. V. Shmidt**  
Research of possibility for production of reinforcing steel of the A500C and A600C strength grade using vanadium-containing microalloying composition ..... 20

**V. P. Romanenko, P. P. Stepanov, A. V. Goncharuk, S. M. Kriskovich, G. P. Illarionov, A. N. Nikulin, G. A. Filippov**  
Perspective technology of producing tubular wheel axes for railway cars from hollow billets ..... 27

**B. A. Kornienkov, M. Yu. Yazvitskiy, A. V. Sumin, P. P. Andreev**  
Technological testing of the Rotor-5 plant for modeling processes of production of the fast-quenched ribbons ..... 35

**A. I. Zaitsev, A. V. Koldaev, N. S. Makarov, N. G. Shaposhnikov, S. F. Dunaev**  
Research of regularities of evolution of excessive phases precipitates during hot rolling low-carbon constructional steels microalloyed with niobium ..... 42

**N. I. Kamenskaya**  
Development of regenerative thermal treatment of TPS steam lines by induction heating ..... 50

### *Materials science and new materials*

**Ding Kai Jian**

Application of nitriding for increasing operational properties of high-temperature alloys ..... 57

**E. V. Kapralov, V. E. Kormyshev, V. E. Gromov, Yu. F. Ivanov, A. M. Glezer, S. V. Kononov**  
Structure-phase states and properties of composite coatings welded on steel by electric arc method ..... 64

**A. A. Tsernant, A. I. Shelest, A. D. Konyukhov**  
Technical requirements to metallic span structures of railway bridges and supports of contact-lines made from weather-resistant steel ..... 71

### *Nanomaterials and nanotechnologies*

**V. P. Filippova, A. M. Glezer, D. L. D'yakonov**  
Theoretical analysis of the electron energy losses spectroscopy capabilities for studying nano-scale atomic structures of allotropic carbon ..... 75

### *Powder metallurgy*

**I. O. Ershova, V. B. Akimenko, O. B. Fedotenkova**  
Sintered molybdenum alloy of the MIt-MP brand ..... 86

### *Information*

**A. V. Amezhnov**

7-th Scientific-technical conference of young specialists "Prospects of development of metallurgical technologies" ..... 96

To Vladimir Borisovich Akimenko's eightieth anniversary ..... 102

To Georgiy Anatol'evich Filippov's seventieth anniversary ..... 103

УДК 669.184.

## **Моделирование скорости реакций окисления и поведения продуктов окисления углерода по ходу кислородно-конвертерной плавки**

**И. Н. Гаврилин**

*115553 г. Москва, Нагатинская наб., д. 10, кв. 51. E-mail: ilya-gavrilin@mail.ru*

Представлена методика и результаты использования статистических моделей временных рядов динамического типа для моделирования поведения основных компонентов и показателей газового потока по ходу кислородно-конвертерной плавки.

Ключевые слова: лаговые переменные, эндогенные параметры, экзогенные параметры, ARIMA(X), ARDL(MA), инновационный выброс, гетероскедастичность, GARCH, аппроксимация, целевое окно, алгоритм Бокса-Дженкинса, единичный корень, коинтеграция, мультиколлинеарность, верификация моделей.

---

The paper presents computational techniques and results of the use of statistical models of dynamic type time series for simulating the behavior of principal components and indicators of the gas flow in the course of LD process.

Keywords: distributed lag, endogenous parameters, exogenous parameters, ARIMA(X), ARDL(MA), innovative ejection, heteroscedasticity, GARCH, approximation, target window, Box-Jenkins algorithm, unit root, cointegration, multicollinearity, models verification.

УДК 669.14.018.291.3

## **Исследование возможности производства арматурной стали классов прочности А500С и А600С с применением микролегирования ванадиевой лигатурой**

**А. Н. Серегин<sup>1</sup>, Д. В. Домов<sup>1</sup>, Н. В. Власюк<sup>2</sup>, А. С. Шаповалов<sup>3</sup>,  
А. В. Полищук<sup>3</sup>, Е. В. Шмидт<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> ООО «ЕвразХолдинг», г. Москва. E-mail: nikita.vlasyuk@evraz.com

<sup>3</sup> ОАО «Евраз Ванадий Тула», г. Тула.

Опробована сквозная металлургическая технология производства нового типа свариваемого арматурного проката классов прочности 500 – 600 Н/мм<sup>2</sup> на основе применения лигатуры, полученной из ванадийсодержащих шлаков сталеплавильного производства.

Ключевые слова: арматурный прокат, выплавка, микролегирование, ванадий, лигатура, механические свойства.

---

A through metallurgical technology was tested for producing a new type of weldable reinforcing bars of the 500 – 600 N/mm<sup>2</sup> strength grade. The technology is based on the use of alloying compositions received from containing steel-smelting slags.

Keywords: reinforcing bars, smelting, microalloying, vanadium, alloying composition, mechanical properties.

УДК 621.774.04:621.73.011

## Перспективная технология производства полых вагонных осей из полой заготовки

**В. П. Романенко<sup>1</sup>, П. П. Степанов<sup>2</sup>, А. В. Гончарук<sup>1</sup>,  
С. М. Крискович<sup>1</sup>, Г. П. Илларионов<sup>1</sup>, А. Н. Никулин<sup>3</sup>,  
Г. А. Филиппов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", г. Москва.  
E-mail: romanenko-misis @ yandex. ru.

<sup>2</sup>ОАО "ВМЗ", г. Выкса, Нижегородская обл.

<sup>3</sup>ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина", г. Москва. E-mail: iqs12@ yandex. ru

Осуществлено экспериментально-аналитическое исследование по установлению рациональной и эффективной технологии изготовления полых вагонных осей железнодорожного транспорта. Выполнены натурные исследования по установлению возможности производства особо толстостенных труб-заготовок на существующих трубопрокатных агрегатах для изготовления полых осей. Численным моделированием исследованы температурно-деформационные условия и технологические режимы изготовления полых осей из трубы-заготовки на радиально-ковочной машине (РКМ). Установлены основные технологические режимы изготовления полых осей на РКМ из трубы-заготовки и выполнено моделирование профилирования концевой части такой заготовки.

Ключевые слова: вагонная ось, шейка оси, колесная пара, толстостенная труба, винтовая прокатка, прошивка, радиально-ковочная машина, деформация.

---

Experimental and analytical research has been carried out in order to establish rational and effective manufacturing techniques of producing tubular wheel axes for rail transport. Natural researches were performed on determining possibilities for manufacture of especially heavy-gauge tube stocks on the existing pipe-rolling units for tubular wheel axes. Numerical simulation was used to determine temperature and deformation conditions and the operating schedule for production of tubular axes from heavy-gauge tube stocks on radial forging machine (RFM). The basic technology conditions have been found for production of tubular wheel axes from tube stocks on RKM and shaping of the end sections of such stocks was modeled.

Keywords: tubular wheel axis, axis neck, wheel pair, heavy-gauge tube, screw rolling, piercing, radial forging machine, deformation.

УДК: 669.046.516.2.

## Технологическое опробование установки Ротор-5 для моделирования процессов получения быстрозакаленных лент

Б. А. Корниенков<sup>1</sup>, М. Ю. Язвический<sup>2</sup>, А. В. Сумин<sup>2</sup>,  
П. П. Андреев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П.Бардина», г. Москва.

<sup>2</sup> ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», г. Москва. E-mail: yazvitsky@mail.ru.

<sup>3</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Предложена концепция лабораторной установки (Ротор-5) для моделирования промышленных процессов получения аморфной ленты, обеспечивающая возможность проведения различного вида обработки расплава: термовременной обработки, обработки шлаком, вакуумирования, микролегирования. Технологическое опробование установки Ротор-5 показало возможность получения ленты из серийных аморфных и нанокристаллических магнито-мягких сплавов, сложнолегированных сплавов на основе никеля и реакционно-активных сплавов на основе элементов, имеющих большое сродство к кислороду. Технические решения, заложенные в конструкцию Ротор-5, позволяют моделировать технологические процессы промышленных установок.

Ключевые слова: закалка расплава, аморфные сплавы, нанокристаллические сплавы, термовременная обработка расплава.

---

Concept of a laboratory plant (Rotor-5) has been proposed for modeling of industrial processes of amorphous ribbons production that provides a means for various types treatment of melts: thermotime processing, processing by slag, vacuum treatment, microalloying. Technological testing of the Rotor-5 showed its potential for producing ribbons from serial amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys, complexly alloyed alloys on the basis of nickel and reactionary active alloys based on the elements with high affinity to oxygen. The designs laid into the Rotor-5 construction allow modelling industrial processes.

Keywords: melt quenching, amorphous alloys, nanocrystalline alloys, thermotime processing of melt.

УДК 669-422.11

# Исследование закономерностей эволюции выделений избыточных фаз при горячей прокатке микролегированных ниобием низкоуглеродистых конструкционных сталей

А. И. Зайцев<sup>1,2</sup>, А. В. Колдаев<sup>1</sup>, Н. С. Макаров<sup>1</sup>,  
Н. Г. Шапошников<sup>1</sup>, С. Ф. Дунаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва.

E-mail: aizaitsev1@yandex.ru.

<sup>2</sup> Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

На металле низкоуглеродистой микролегированной ниобием конструкционной стали выполнено исследование закономерностей формирования выделений избыточных фаз при горячей прокатке, а также их влияния на структурное состояние и комплекс свойств проката. Установлено, что формирование выделений субмикронных и микронных размеров происходит в незначительной степени из-за слабой зависимости растворимости MnS от температуры, низкой температуры (1020°C) начала выделения карбонитрида ниобия и высоких температур 842 – 861 °C конца прокатки. Количество таких выделений, значительная или преобладающая часть которых имеет комплексный состав, возрастает с понижением температуры конца прокатки. Однако, они не оказывают значимого влияния на получаемое структурное состояние и комплекс свойств проката. Определяющее воздействие на механические свойства проката оказывает объемная система наноразмерных выделений карбонитрида ниобия, формирующаяся при охлаждении, смотке полосы в рулон и охлаждении рулона. На базе сопоставления полученных результатов с данными, установленными в промышленных условиях, показана возможность расширения режимов производства высокопрочных микролегированных сталей с ферритной структурой и повышенным комплексом свойств.

Ключевые слова: стали, микролегированные ниобием, конструкционные стали, горячая прокатка, выделения избыточных фаз, структурное состояние, механические свойства.

A low-carbon constructional steel microalloyed by niobium was used to study the regularities of forming excessive phases precipitates during hot rolling and also the precipitates' influence on the structural state and complex of properties of rolled products. It was established that precipitates of the submicron and micron sizes were formed in insignificant amounts because of weak dependence of MnS solubility on temperature, low temperature (1020 °C) of the onset of niobium carbonitrides precipitation and high temperatures (842 – 861 °C) of the end of rolling. The considerable or predominating part these precipitates are of complex composition and their amount increases with reduction of temperature of the end of rolling. However, they do not exert significant impact on the structural state and complex of properties of rolled products. The decisive effect on mechanical properties of the rolled products is exerted by the volume system of nanosized precipitates of niobium carbonitrides that are formed in the course of strip coiling and the coil cooling. On the basis of comparison of the received results with the data established during industrial processing the possibilities have been revealed for widening the conditions for production of high-strength microalloyed steels with ferritic structure and better complex of properties.

Keywords: steel microalloyed by niobium, constructional steels, hot rolling, precipitation of excessive phases, structural state, mechanical properties.

УДК 621.9.001.3

# Отработка режимов восстановительной термической обработки паропроводов ТЭС методом индукционного нагрева

**Н. И. Каменская**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. E-mail: kamenskaya5555@yandex.ru*

Отработаны режимы проведения восстановительной термической обработки паропроводов ТЭС с толщиной стенки 16 – 38 мм методом индукционного нагрева подвижным индуктором, которые позволяют восстановить микроструктуру и свойства металла паропроводов, прошедших длительную эксплуатацию в условиях ползучести. В пределах исследуемых толщин определена максимально допустимая толщина стенки паропроводных труб, в которых может быть восстановлена микроструктура, механические и жаропрочные свойства металла предлагаемым способом, технологией и оборудованием нагрева.

Ключевые слова: паропровод, микроструктура металла, механические свойства, режимы термообработки.

---

Processing conditions have been developed for regenerative thermal treatment of TPS steam lines with the wall 16 – 38 mm thick by induction heating with a movable inductor. The technique allows regenerating the microstructure and properties of the steam line metal after prolonged operation under creep conditions. In the range of the investigated steam pipe thicknesses the maximum permissible wall thickness has been determined, wherein the microstructure, mechanical and heat - resistant properties of the metal might be recovered by the proposed technique, technology and heating equipment.

Keywords: steam line, metal microstructure, mechanical properties, heat treatment conditions.



УДК 621.785.532

## **Применение азотирования для повышения эксплуатационных свойств жаропрочных сплавов**

**Дин Кай Цзянь**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. E-mail: kjding222@163.com*

Выполнен анализ влияния азотирования на сопротивление ползучести жаропрочных сплавов на базе никеля. Показано влияние химического состава жаропрочных сплавов на эффективность насыщения азотом в целях повышения их прочности при высоких температурах. Изложены существующие подходы к разработке математических моделей упрочнения жаропрочных сплавов путем азотирования.

Ключевые слова: жаропрочные сплавы, жаропрочность, азотирование, математическое моделирование.

---

The analysis of the effect of nitriding on the creep resistance of nickel-based superalloys was performed. The influence was described of the superalloys chemical composition on the efficiency of their saturation with nitrogen in an attempt to increase their strength at high temperatures. The existing approaches to the development of mathematical models of hardening superalloys by nitriding were presented.

Keywords: refractory superalloys, creep resistance, nitriding, mathematical modeling.

УДК 620.170:621.791:927

## **Структурно-фазовые состояния и свойства композиционных покрытий, наплавленных на сталь электродуговым методом**

**Е. В. Капралов<sup>1</sup>, В. Е. Кормышев<sup>1</sup>, В. Е. Громов<sup>1</sup>,  
Ю. Ф. Иванов<sup>2,3</sup>, А. М. Глезер<sup>4</sup>, С. В. Коновалов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк.

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

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск. *E-mail: yufi55@mail.ru.*

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск.

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

Методами современного физического материаловедения выполнен сравнительный анализ структурно-фазовых состояний и механических свойств покрытий, наплавленных на низкоуглеродистую износостойкую сталь порошковыми проволоками различного химического состава. Установлено влияние химического состава порошковых проволок на коэффициент трения и скорость изнашивания покрытий. Выявлено формирование субмикро- и наноразмерной структуры, содержащей карбиды, бориды, карбобориды и боросилициды железа, хрома и ниобия. Установлены основные механизмы упрочнения.

Ключевые слова: покрытия, структура, фазовый состав, упрочнение, порошковая проволока, наплавка.

---

The comparative analysis of structure-phase states and mechanical properties of coatings, weld deposited on low carbon wear resistant steel with powder wires of different chemical composition, is carried out by methods of modern physical material science. The influence of powder wires chemical composition on the friction coefficient and wear rate of coatings is established. The formation of submicro- and nanoscale structure containing carbides, borides, carboborides and borosilicides of iron, chromium, niobium is revealed and the main mechanisms of strengthening are established.

Keywords: coatings, structure, phase composition, strengthening, powder wire, surfacing.

---

УДК 693.814.1:691-42

# Технические требования к металлическим пролетным строениям железнодорожных мостов и опорам контактной сети из атмосферостойкой стали

А. А. Цернант<sup>1</sup>, А. И. Шелест<sup>1</sup>, А. Д. Конюхов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО "ЦНИИС", 129329 Москва, ул. Кольская, д. 1. E-mail: mail@tsniis.com

<sup>2</sup>ОАО "ВНИИЖТ", 129626 Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, E-mail: press@vniizht.ru

Излагаются преимущества эксплуатации мостов и опор контактной сети электрифицированных железных дорог из атмосферостойкой стали (АСТ) марки 14ХГНДЦ, при применении которой обеспечивается уменьшение массы конструкций на 15 – 20 %; снижение до 20 % трудоемкости изготовления; достигается экономия энергетических и трудовых ресурсов до 15 – 30 %. В связи с уменьшением массы конструкций нагрузки от атмосферных воздействий (ветер, гололед и др.) снижаются на 30 – 40 %. В связи с распоряжением президента ОАО "РЖД" рекомендуется применять ежегодно около 5 тыс. т. АСТ Показана необходимость исследования факторов, влияющих на усталостную прочность металлических опор контактной сети.

Ключевые слова: эксплуатация железнодорожных мостов, металлические пролетные строения, надежность и безопасности при эксплуатации, атмосферостойкие стали, толстолистовой прокат.

---

The paper describes the advantages of operation of bridges and contact-lines supports of electrified railways made from the weather-resistant steel (WRS) of the 14CrMnNiCuCe brand. The steel provides decreasing the constructions weight by 15 – 20 pct, reducing the labor input in fabrication process up to 20 pct, saving energy and labor resources up to 15 – 30 pct. Decrease in the constructions weight reduces loadings from atmospheric affectings (wind, ice, etc.) by 30 – 40 pct. In connection with the instruction of the president of JSCo "RZD" it is recommended to put into use about 5 thousand tons WRS every year. The necessity is substantiated of investigating factors that affect the fatigue strength of metallic contact-lines supports.

Keywords: operation of railway bridges, metallic span structures, reliability and safety in operation, weather-resistant steels, plate steel.

УДК 541.67:541.142

# **Теоретический анализ возможностей спектроскопии потерь энергии электронов для изучения наноразмерных атомных структур аллотропного углерода**

**В. П. Филиппова, А. М. Глезер, Д. Л. Дьяконов**

*ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина", г. Москва. E-mail: varia.filippova@yandex.ru, a.glezer@mail.ru, aberkas@yandex.ru*

Разработан и опробован новый теоретический подход для расшифровки спектров потерь энергии электронов (EELFS), основанный на математическом моделировании функций радиального распределения атомов с учетом особенностей объемных, поверхностных и линейных наноразмерных атомно-кристаллических структур. На примере наноразмерных фаз чистого углерода на металлической подложке показано, что предложенный теоретический подход позволяет оценить глубину выхода анализируемого сигнала и толщину исследуемого объекта с точностью до одного диаметра атома. На основании проведенных экспериментов и теоретических расчетов расшифрована структура и определена кратность ковалентных связей в двух модификациях карбина, сформированных на разных металлических подложках разными методами.

Ключевые слова: спектроскопия потерь энергии электронов, кристаллическая структура, углерод, ковалентные связи.

---

A new theoretical approach has been proposed and tested for interpretation of spectra of electron energy losses (EELFS spectroscopy). It is based on mathematical simulation of radial distribution functions (RDF) with consideration for volume, surface and linear atomic structures of nano-scale phases. By the example of nano-scale phases of allotropic carbon on metal backing it was demonstrated that the approach allows determining the escape depth of the registered signal and the thickness of the object under study with a precision of atomic diameter. The theoretical investigations and EELFS experiments resulted in deciphering the structure and determining covalent binds multiplicity for two carbine modifications formed on the various metal substrates by the different methods.

Keywords: electron energy losses spectroscopy, crystal structure, carbon, covalent bonds.

---

УДК 621.762

## **Порошковый молибденовый сплав марки МИТ-МП**

**И. О. Ершова, В. Б. Акименко, О. Б. Федотенкова**

*ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П.Бардина", г.Москва. E-mail: akimenko08@mail.ru*

Представлены результаты разработки дисперсно-упрочнённого молибденового сплава марки МИТ-МП взамен литого сплава марки ВМ 1М для изделий специального назначения, технологии изготовления крупногабаритных деформированных заготовок  $\varnothing$  90 мм, исследования микроструктуры и механических свойств материала при испытаниях на растяжение при 20 и 1800 °С в сравнении с нелегированным молибденом и сплавом ВМ 1М. Приведены основные данные технико-технологической документации для производства и поставки заготовок промышленных партий из сплава марки МИТ-МП.

Ключевые слова: молибден, порошковая металлургия, дисперсное упрочнение, тугоплавкие соединения, гидростатическое прессование, спекание, деформационная обработка, микроструктура, механические свойства.

---

The paper presents: the results of developing the Mit-MP brand dispersion-strengthened molybdenum alloy for special-purpose products as alternative to the BM 1M cast alloy, the manufacturing process of the large-size deformed billets of 90 mm in diameter, the microstructure and mechanical properties of this material obtained during tension tests at 20 and 1800 °C in comparison with the corresponding characteristics of unalloyed molybdenum and the BM 1M alloy. The specification of technical and technology documentation is presented for production and delivery of industrial lots of billets from the Mit-MP alloys.

Keywords: molybdenum, powder metallurgy, precipitation hardening, refractory compounds, hydrostatic pressing, sintering, deformation treatment, microstructure, mechanical properties.

## **VII Научно-техническая конференция молодых специалистов «Перспективы развития металлургических технологий»**

**А. В. Амежнов**

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

Ежегодно в ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» проводится конференция молодых ученых и специалистов «Перспективы развития металлургических технологий». В этом году конференция состоялась 17–18 февраля и стала седьмой по счету. По 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, что особенно актуально в условиях сложившейся непростой геополитической и экономической ситуации в России. Аспирантам и соискателям предоставилась хорошая возможность апробации диссертационных работ.

Традиционно конференция собирает молодых, перспективных ученых, работающих в области разработки, развития и повышения эффективности металлургических технологий из таких ведущих исследовательских центров как НИТУ «МИСиС», ГНЦ РФ ФГУП «ВИАМ», РосНИТИ, АО НПО «ЦНИИТМАШ», МАМИ, ООО «ВНИИТнефтетрубы», АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», ООО «НИИ Транснефть», СибГИУ, РОМиТ, а также ведущих металлургических предприятий страны, таких как АО «Северсталь», ПАО «ЧМК», АО «ВТЗ», ПАО «НЛМК», ПАО «ТАГМЕТ» и других. Конференция позволяет молодым специалистам и ученым обмениваться теоретическими знаниями, практическим опытом, создавать интегрированные решения для повышения эффективности и снижения затрат производства, обеспечивать преемственность поколений в отечественной науке.

Роль молодых ученых в процессе разработки и внедрения инноваций, внесении рационализаторских предложений, создании фундаментальных концепций развития новых технологий сложно переоценить. Важность таких тем, как повышение качества автолиста, сортового проката, улучшение свойств трубных сталей, увеличение показателей стойкости к отдельным видам коррозии, разработка новых видов биметаллов, коррозионностойких и жаропрочных сталей, затронутых на конференции молодых ученых, не вызывает сомнений. Разработки молодых ученых в области непрерывной разливки стали, ферросплавного производства, переработки отходов металлургического производства, вторичного использования отработанного сырья имеют не только научное, но и практическое значение.

Открывали конференцию и. о. генерального директора ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» Владимир Александрович Углов и председатель молодых ученых и специалистов ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» Андрей Владимирович Амежнов.

В своей вступительной речи Владимир Александрович отметил важность проведения такого рода конференций, их значимость для молодых ученых и специалистов как учебных заведений и научно-исследовательских институтов, так и для российской науки в целом. Он отметил, что молодым ученым и специалистам крайне важно перенимать опыт и знания у старшего поколения, являющегося высококвалифицированными специалистами и крупными учеными в различных областях металлургии. Выражаясь современным языком, их опыт и

знания — не электронный накопитель, информацию с которого можно просто перезаписать на другой жесткий диск или компьютер. Передача знаний и накопленного многолетнего опыта может происходить только за счет коммуникации и тесного сотрудничества между ними.

В.А Углов отметил, что те направления, которые будут озвучены в ходе конференции, являются важными, в том числе для реализации стратегических государственных задач, включая оборонную промышленность. Он отдельно подчеркнул работы, проводимые в институте в области прецизионных сталей сплавов, разработки в области специальных сталей для военно-промышленного комплекса и атомной энергетики, а также металлопроката для автомобильной промышленности. Немаловажным показателем роста престижа и научной значимости проводимой конференции является положительная тенденция к росту числа сторонних организаций, желающих принять в ней участие, доложить и обсудить новейшие разработки в области металлургии. Так, в этом году число сторонних организаций по количеству докладов значительно превысило число докладов специалистов ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина" и составило 22 доклада из 38 представленных. По результатам проведения конференции состоится заседание Оргкомитета, в который вошли непредвзятые и сверхкомпетентные ученые и специалисты, на котором будут определены лучшие доклады с соответствующим распределением на 1-е, 2-е и 3-е места. В заключении Владимир Александрович пожелал успехов всем участникам конференции, дальнейшего развития и внедрения полученных результатов и финансового благополучия.

Открывал пленарные выступления конференции известный ученый в области термообработки и материалов Аркадий Константинович Тихонов — Председатель "Общества металловедения и термообработки" РФ, заслуженный инженер России, заслуженный изобретатель СССР, почетный протчик России, действительный член Российской и Международной инженерных академий, член Высшего инженерного совета РФ, Итальянской ассоциации металлургов (Милан), доктор технических наук, профессор, научный руководитель АНТЦ "Материаловедение и технология" поволжского отделения РИА, лауреат премии имени П.П. Аносова РАН 1999 г. В своем выступлении он рассказал молодым ученым и специалистам о современном состоянии, развитии и новых достижениях в области сталей, применяемых для шестерен в Германии, Франции, Японии, России.

Доклад Ментюкова К.Ю. был посвящен разработке метода исследования послойных механических

свойств в трубной заготовке и их изменения в процессе производства трубы, а также методу имитации деформации основного металла при трубном переделе, позволяющему оценивать характер и величину изменения механических свойств основного металла трубы.

Шмаргун С.В. предложил к внедрению комплексный проект по усовершенствованию конструкции и работы оборудования агрегата непрерывного отжига (АНО) ПХПП, направленный на увеличение производительности и повышение качества продукции. Реализация данного проекта, по словам докладчика, должна принести следующие эффекты: увеличение производительности агрегата на 10–15 %, снижение выхода несоответствующей продукции на 60 %, снижение расхода природного газа, электроэнергии, водорода и азота в среднем от 10 до 20 %, повышение срока службы сменного оборудования.

Ригинен Д.А. констатировал, что целью лабораторной прокатки является оценка структуры и свойств проката для снижения рисков, связанных с промышленным опробованием. Основной сложностью при проведении лабораторных прокаток является невозможность точного выполнения всех параметров промышленного режима ТМКП вследствие более интенсивного остывания лабораторной заготовки и малым ее размером. Это приводит к необходимости определения условий подобия, которые следует соблюдать при выполнении лабораторных экспериментов. При поиске условий подобия логично опираться на основные процессы формирования структуры при ТМКП, которые оказывают основополагающее воздействие на формирование свойств металла.

Буржанов А.А. в своем докладе представил результаты исследования влияния содержания легирующих элементов на фазовый состав и механические свойства трип-сталей 23X15H5CM3Г. Полученные данные свидетельствуют, что для данной марки трип-стали незначительное изменение химического состава (в пределах регламентированных ТУ) приводит к изменениям свойств, что в свою очередь отражается на технологичности металла во время производства и его итоговых свойствах в готовой холоднокатаной ленте.

В докладе Вадеева В.Е. представлена ресурсосберегающая технология переработки до 100 % отходов, в том числе некондиционных, жаропрочного деформируемого сплава ВЖ175 для дисков турбины, разработанная ФГУП "ВИАМ". Эта технология позволяет получать из отходов сплав, не уступающий изготовленному из свежих шихтовых материалов по содержанию легирующих элементов, примесей,

структуре и механическим свойствам. При этом стоимость такого сплава будет на 20 – 30 % ниже по сравнению со сплавом, выплавленным по промышленной технологии с использованием до 50 % кондиционных отходов.

Домов Д.В. представил результаты проведенного исследования возможности производства проката арматурной стали классов прочности А500С и А600С с применением лигатуры, полученной из отходов сталеплавильного производства. При этом решались три задачи: выплавка ванадийсодержащей лигатуры из конверторного шлака; производство арматурной стали с использованием выплавленной лигатуры; изучение структуры и свойств полученного металла.

Доклад Илюхина Д.С. был посвящен исследованию структуры и свойств стали состава: Fe – 0,59 % C – 1,03 % Mn – 0,39 % Si – 1,25 % Cu — методами световой и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и путем механических испытаний. Результаты сравнивали со свойствами близкой по составу колесной стали марки “2” ГОСТ 10791-2011. Методом ПЭМ показано, что изменение свойств медистой стали обусловлено выделением нанодисперсных (5 – 20 нм и более) частиц меди в ферритных промежутках перлита и в зернах свободного феррита.

Мин П.Г. в своей работе исследовал поведение примеси Si при отливке заготовок методом направленной кристаллизации в условиях многократного переплава сплавов ЖС32 и ВЖМ5. Показано, что насыщение металла Si в сплаве ВЖМ5 происходит в 4 раза медленнее, чем в сплаве ЖС32, что связано с наличием в составе сплава углерода. Показано отрицательное влияние примесей Si, P и S на структуру и свойства сплавов ЖС36, ВЖМ4 и ВЖМ5. Установлено, что повышенное содержание примесей отрицательно влияют на механические свойства: длительную прочность на больших базах (более 500 час), малоцикловую усталость.

Доклад Анисимова К.Н. был посвящен комплексной работе по созданию отечественных аналогов ШОС, не уступающих по рабочим характеристикам дорогостоящим импортным смесям. Были определены критерии работы шлакообразующих смесей, позволяющие прогнозировать качество поверхности слябов и предотвращающие аварийные ситуации.

Белоусов А.В. в своем докладе представил результаты разработки испытательного стенда и методики проведения испытаний на контактную выносливость в условиях скольжения шариков по плоской поверхности. Проведены сравнительные испытания образцов из подшипниковых сталей

110X18M, 95X18, 60X13C, 8X4B9Ф2. Показано, что подшипниковая сталь после химико-термической обработки в среде компримированного азота обладает в 2 – 6 раз более высоким сопротивлением контактно-усталостным разрушениям.

Мартынов П.Г. доложил о проработке металлургических подходов к формированию микроструктуры стали. Он разработал и опробовал технологические решения с использованием термомеханической обработки при создании листового проката категорий прочности до Х52, стойкого к водородному растрескиванию (НКС по NACE TM0284-2003) и сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC по NACE TM0177-2005) для электросварных труб групп стойкости С3-С1 по СТО Газпром 2-4.1-223-2008 “Технические требования к электросварным сероводородостойким трубам”.

В своем докладе Нестеров Г.В. рассказал о разработке национального стандарта, определяющего технические требования к сварным трубам диаметром от 114 до 1220 мм для магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа. Им были введены требования к химическому составу, параметрам свариваемости и микроструктуре металла для труб различного исполнения, увеличены требуемые значения ударной вязкости основного металла и сварных соединений труб, введены дополнительные требования к оценке вязко-пластических характеристик металла труб, дополнительные требования к качеству поверхности труб.

Букина М.А., представившая на прошлой конференции результаты разработки новой технологии переработки хроматных шламов, в этом году подготовила доклад о реализации указанной технологии с проектированием цеха “под ключ”. Расчеты показали, что в состав цеха по переработке хроматных шламов необходимо включить следующие основные отделения: отделение подготовки шихты, отделение для хранения и её дозировки, отделение брикетирования и транспортировки брикетов в печи, плавильный корпус, отделение отсечки шлака, отделение разлива лигатуры, отделение разделки и складирования лигатуры и др. Все процессы подготовки и подачи шихты автоматизированы. Был выполнен ряд экспериментов по серноокислотному выщелачиванию хроматных шламов, показавший решающие недостатки химического метода как главного конкурента металлургическому способу переработки.

Интересные результаты представил в своем докладе Удод К.А. Вместе с коллегами он показал, что в зависимости от химического состава и технологических параметров производства показатели



коррозионной стойкости сталей одного класса могут отличаться на порядок. Выявленные зависимости позволяют заключить, что повышенное содержание в стали азота и молибдена в сочетании с закалкой и отпуском проката при 400 °С позволяет получить сталь с высокой стойкостью против питтинговой коррозии в водных средах, в частности в условиях морской воды.

Севальнёв Г.С. показал, что после проведения полного цикла термической и химико-термической обработки был получен поверхностный слой, содержащий карбиды, нитриды и карбонитриды благодаря которым твердость поверхности достигла 69 HRC, а в сердцевине — мелкозернистую структуру с максимально возможной твердостью. Тем самым был обеспечен требуемый уровень контактной выносливости и износостойкости.

Казанков А.Ю., ставший постоянным участником конференции и выступающий с докладами на протяжении уже нескольких лет, в этот раз показал, что локальная коррозия в области неметаллических включений протекает по электрохимическому механизму с кислородной (в нейтральных средах) и водородной (в кислых средах) деполяризацией. Им был предложен механизм протекания коррозионного процесса, поясняющий некоторые особенности локальной коррозии низколегированных сталей.

Доклад Мещеряченко Л.С. был посвящен получению комплекса механических и металлографических свойств, соответствующий требованиям ТУ 1317-006.1-593377520 для класса прочности К54. Образцы от труб 10-ти плавок из стали марки 20ХФА отправлены в ОАО "РосНИТИ" для проведения коррозионных испытаний на стойкость к водородному растрескиванию, сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением и к общей коррозии. Коррозионные испытания показали удовлетворительные результаты, соответствующие для 3-ей группы коррозионной стойкости по ТУ 1317-006.1-593377520.

Результат исследований Костина Д.В. — разработка гранулята № 131-Т-ВМ из отечественных компонентов, являющегося аналогом гранулята Catamold 42CrMo4. Созданием гранулята № 131-Т-ВМ можно охарактеризовать завершение первого этапа в реализации программы по обеспечению предприятий, функционирующих по МИМ-технологии, отечественными гранулятами. Дальнейшие стадии в реализации этой программы, по словам докладчика, заключаются в создании гранулятов из порошков нержавеющей стали, порошков тяжелых сплавов на основе вольфрама, порошков магнито-мягких сплавов, а также из порошка оксида алюминия.

Григорьева А.Б., студентка МГТУ им. Н.Э.Баумана, выполняющая дипломную работу в ЦТСК ФГУП

"ЦНИИчермет им. И.П.Бардина", представила результаты исследования влияния дополнительной термообработки (нормализации) на размер зерна, механические свойства и хладостойкость трубной стали 10Г2ФБ. Указанная сталь была получена путем горячей прокатки, низкотемпературной контролируемой прокатки и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением.

Усков Д.П. представил результаты проведения ряда опытных исследований по разработке химического состава доперитетктической низкоуглеродистой стали 06ГФБМ взамен ранее используемой перитетктической стали типа 10ГФБЮ. Проведенное опытно-промышленное опробование новой марки стали 06ГФБМ показало положительные результаты как по качеству заготовок после разливки, так и после проката и термообработки труб.

Доклад Петровой М.В. был посвящен определению зависимости между различными характеристиками проката и показателями их коррозионной стойкости. Проведено исследование химического состава, микроструктуры, загрязненности неметаллическими включениями и показателей коррозионной стойкости сталей порядка 20 различных марок. Определены закономерности влияния указанных характеристик проката на коррозионные свойства. Разработана концепция производства коррозионно-стойких сталей для использования в сфере ЖКХ.

Чубуков М.Ю. свой доклад посвятил исследованию особенностей строения литой и ковальной оправки и установил, что коваяная оправка обладает более благоприятной макроструктурой (отсутствие пор и несплошностей, более мелкодисперсная микроструктура) по сравнению с литой. Положительный эффект, достигаемый путем измельчения структуры во время деформации может, быть уменьшен на стадии выплавки.

По результатам многолетней работы Смелов А.И. определил, что наиболее "узким" местом, существенно влияющим на производительность стана 5000, является операция замедленного охлаждения проката в штабеле. Технологическая реализация, разработанной им методики, позволит значительно увеличить производительность без потери качества металлопродукции.

Прудников В.А на основании анализа поведения кривых температурной зависимости линейного расширения для различных температур отжига от 600 до 900 °С сделал вывод о снижении способности листовой стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО, к термическому расширению. Причем отжиг при 800 и 900 °С, по словам автора, снижает температурный коэффициент линейного расширения более

интенсивно и его величина в среднем уменьшается на 6 % во всем температурном интервале испытаний (50–450 °С).

Чибриков С.К. в ходе детального металлографического исследования выяснил, что основными причинами выпадов являются оксидная пленка, наследуемая из сталеплавильного передела (предположительно при раскислении пирамидками в вакууме или при вторичном раскислении на разливке), а также грубая структурная неоднородность, наследуемая из прокатного передела в виде "сдвиговых структур", неперекристаллизовавшихся при термообработке 840–870 °С.

Результатом исследования Ткачук М.А. стала разработка новой методики имитации процессов структурообразования, происходящих при высокочастотном нагреве и охлаждении металла в зоне сварного соединения при проведении локальной термической обработки. Для трубных сталей различного химического состава определены температуры фазовых превращений при высоких скоростях нагрева, применяемых в цеховых условиях. На основании микроструктурных исследований были разработаны новые режимы локальной термической обработки, способствующие повышению ударной вязкости, хладостойкости и стойкости к водородному охрупчиванию металла сварного соединения. Полученные результаты были опробованы и внедрены в условиях АО "ВМЗ" при производстве электросварных труб диаметром 114–530 мм классов прочности K50-K60.

Еще один весьма интересный, высокой научной значимости доклад был представлен Кичкиной А.А. Она разработала методики исследования М/А-составляющей в микроструктуре, основанной на применении травления в реактиве ЛеПера, определения морфологии методом просвечивающей электронной микроскопии и установлении ее доли с помощью рентгеновской дифрактометрии. На основе полученных данных были проведены опытные прокатки металла на стане ДУО300 "ЦНИИчермет". Проведение прокатки позволило оценить комплекс механических свойств, которые характерны для различных видов М/А-структур, сформированных при различных условиях выдержки в процессе ускоренного охлаждения.

Козырева О.Е. в своей работе представила основные этапы проведения металлофизического исследования пластин из твердого вольфрамового сплава ВК8. В нем приведены методы оценки механических и физических свойств пластин из твердых сплавов, их микроструктуры, а также результаты исследований.

Сеченов П.А. по результатам своей работы создал алгоритм и программно реализовал разработанную модель гравитационного сепаратора в колонном СЭР для управления химическим составом металла при прямом восстановлении. Им сделаны выводы об особенностях процесса СЭР, позволяющие в процессе прямого восстановления получать металл с достаточно низким содержанием углерода.

Скородумов С.В. в рамках своей работы создал базу данных фактических (уточненных) механических и химических характеристик трубных сталей. Данные используются для последующих расчетов на прочность и долговечность каждой трубы с определением предельных давлений и сроков эксплуатации и учетом коэффициентов запаса, обеспечивающих безопасную эксплуатацию трубопровода на проектных режимах.

В своем докладе Степанов А.П. представил результаты оценки возможности производства биметаллического листа на стане 5000 АО "ВМЗ" из двухслойных заготовок, полученных сваркой взрывом. Он рассчитал энергосиловые параметры прокатки биметалла, которые сопоставлены с аналогичными характеристиками стана 5000. С использованием теории подобия процесс горячей прокатки смоделирован для стана ДУО-260 в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Полученные при этом результаты позволяют в ряде случаев судить о качественных закономерностях процесса прокатки.

Асеев М.А. на базе экспериментального комплекса ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина" произвел выплавку опытных плавок нового хромоникельмолибденового сплава с содержанием углерода 0,005 %. Для нового сплава были подобраны режимы горячей прокатки на полосу толщиной 4 мм. После прокатки были проведены механические испытания и испытания металла на коррозионную стойкость в кипящих растворах хлористых кислот при температуре 650 °С. Комплекс проведенных испытаний показал высокую конкурентоспособность разработанного сплава как на российском, так и на мировой рынке.

В заключение стоит отметить, что высокий уровень представленных докладов отмечен не только сотрудниками института, но также гостями и приглашенными участниками конференции. Важно подчеркнуть, что все представленные доклады обладают высокой научной и практической значимостью. В ходе работы конференции звучали идеи и концепции, перспективные не только для дальнейшего осмысления и разработки, но и для непосредственного внедрения в технологический процесс на различных по масштабу и продуктовой линейке предприятиях России и СНГ. Заслуживает упоминания

нения и тот факт, что молодыми специалистами были представлены доклады по различным тематикам и направлениям развития и разработки металлургических технологий, что говорит о широком включении молодых квалифицированных кадров в весь спектр проводимых научных изысканий и разработок.

Обширный тематический охват обеспечил VII Конференции молодых специалистов "Перспективы развития металлургических технологий" интерес не

только молодых ученых, но и широкого круга квалифицированных и уже зарекомендовавших себя специалистов.

По итогам проведенной конференции Конкурсной комиссией определены лучшие пленарные доклады. Почетными грамотами награждены: А.А. Кичкина (ЦНИИчермет им. И.П.Бардина), Д.П.Усков (АО "ВТЗ") и К.А.Удод (ЦНИИчермет им. И.П.Бардина).



## К 80 летию Владимира Борисовича Акименко

5 июля 2016 г. исполняется 80 лет известному специалисту в области порошковой металлургии, директору Института порошковой металлургии ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», кандидату технических наук, заслуженному металлургу РФ, члену редколлегии нашего журнала Владимиру Борисовичу Акименко.

По окончании Грузинского политехнического института в 1959 г. В.Б. Акименко работал инженером-технологом Руставского металлургического завода, затем младшим научным сотрудником Института прикладной химии и электрохимии Академии наук Грузии, а с 1962 г. в ЦНИИчермет старшим научным сотрудником. В 1965 г. В.Б. Акименко был назначен начальником отдела порошковой металлургии Главспецстали Минчермета СССР. В 1988 г. с должности заместителя главного инженера Главспецстали был направлен в ЦНИИчермет в качестве заместителя директора Института порошковой металлургии, с 1999 г. В.Б.Акименко — директор этого института.

Основная научная деятельность В.Б. Акименко связана с разработкой технологии и оборудования для производства железных и легированных порошков и изделий массового назначения. За годы работы в Минчермете Владимиром Борисовичем проделана большая организационная работа по созданию объектов массового выпуска железных порошков высших марок, благодаря чему в 1980–1990-е годы был полностью исключен импорт восстановленных

порошков. В.Б. Акименко принимал активное участие в организации производства распыленных порошков на Броварском заводе порошковой металлургии и Сулинском металлургическом заводе. Он внес большой вклад в развитие отечественного производства хрома высокой чистоты, а также в создание и освоение многотоннажного производства изделий из металлических порошков.

В настоящее время В.Б. Акименко успешно занимается разработкой научных основ и технологическим обеспечением промышленного производства высокотемпературных материалов и изделий из них для нужд новой техники. Его отличает умение создавать и поддерживать активную творческую и трудовую деятельность коллектива Института порошковой металлургии, направляя все усилия на выполнение важнейших научно-исследовательских работ.

В.Б. Акименко — автор более 180 научных трудов, в том числе 8 монографий, 50 патентов и авторских свидетельств. Владимиру Борисовичу присуждены Государственная премия УССР (1979 г.), премии Совета Министров СССР (1981 г.) и Правительства РФ (2001 г.) в области науки и техники.

*Сотрудники ЦНИИчермет им. И.П.Бардина и редакционная коллегия журнала «Проблемы черной металлургии и материаловедения» сердечно поздравляют Владимира Борисовича с 80-летием и желают ему крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.*



## К 70-летию Георгия Анатольевича Филиппова

10 марта 2016 г. исполнилось 70 лет со дня рождения Георгия Анатольевича Филиппова — директора Института качественных сталей ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, доктора технических наук, профессора, члена редколлегии нашего журнала.

Выбор будущей специальности для Георгия Анатольевича не был случайностью. Его отец являлся профессором Московского института стали и сплавов. Все члены семьи имели прекрасное образование, отличались эрудицией и стремлением к познанию нового. Георгий Анатольевич поступает на физико-химический факультет Московского института стали и сплавов по специальности “Физика металлов”. Во время обучения в институте он активно занимается лыжным спортом, плаванием, туризмом, но именно в этот период пришло осознание, что основным увлечением и делом жизни станет наука. Он всегда с теплотой вспоминает своих учителей и прежде всего руководителя дипломной работы, крупнейшего специалиста в области рентгеноструктурных исследований, профессора Юрия Александровича Скакова. На незаурядную дипломную работу выпускника вуза обратил внимание выдающийся ученый металлофизик, профессор Р.И. Энтин и пригласил его на работу в Институт металловедения и физики металлов “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”.

С 1970 г. и по настоящее время вся трудовая деятельность Георгия Анатольевича связана с ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”. Здесь он окончил аспирантуру, защитил в 1975 г. под руководством В.И. Саррака кандидатскую диссертацию, а в 1990 г. докторскую на тему “Закономерности явления замедленного разрушения высокопрочных сталей и способы повышения трещиностойкости стальных изделий”. В результате выполненных исследований Г.А. Филипповым были разработаны металлургические принципы создания структурного состояния стали с повышенным сопротивлением замедленному разрушению и способы повышения надежности и долговечности высокопрочных сталей для практической реализации. Георгий Анатольевич является высококвалифицированным специалистом в области проблем хрупкости и разрушения металлов, неоднократно участвовал в качестве одного из ведущих экспертов в составе комиссий по расследованию крупных техногенных аварий и катастроф.

С 2000 г. Г.А. Филиппов возглавляет Институт качественных сталей ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, руководит научными направлениями по развитию коррозионностойких и жаропрочных сталей, материалов для атомной промышленности, металла для транспорта и высокопрочных конструкционных сталей, а также разработкой способов

плазменного воздействия и поверхностного упрочнения металлов.

Г.А. Филиппов дважды удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники: в 1996 г. за освоение производства высококачественного проката из различных марок сталей на Оскольском электрометаллургическом комбинате и в 2011 г. за разработку сталей, технологии изготовления, внедрение комплекса инновационных проектов и освоение массового производства железнодорожных колес повышенной эксплуатационной стойкости для вагонов нового поколения.

Научный стаж профессора Г.А. Филиппова превышает 45 лет. За это время им было опубликовано более 400 научных работ в ведущих научных изданиях, одна из них — монография “Физика замедленного разрушения сталей”. Он является автором более 20 патентов. Весом вклад Георгия Анатольевича в подготовку специалистов высшей квалификации — под его научным руководством выполнены и успешно защищены 9 кандидатских и три докторских диссертаций.

Филиппов Г.А. — заместитель председателя Ученого совета и диссертационного совета Д 217.035.01, член диссертационного совета Д 217.035.02 в Центральном научно-исследовательском институте черной металлургии им. И.П.Бардина.

В течение более 10 лет профессор Г.А. Филиппов является Председателем Государственной аттестационной комиссии по направлению “Металловедение и термическая обработка металлов” в Национальном исследовательском технологическом университете “Московский институт стали и сплавов”

и Председателем ГАК по направлению “Наноматериалы и микросистемная техника” в Московском государственном университете информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА). Являясь профессором кафедры “Управление безопасностью в техносфере” Московского государственного университета путей сообщения, Георгий Анатольевич уделяет много времени работе со студентами.

Георгий Анатольевич постоянно ведет большую научную и общественную работу. Он руководитель Научной школы Минобрнауки России НШ-3693.2010.8; член совета по присуждению премии им. П.П. Аносова в области металлургии; эксперт ОАО “Роснано”; член экспертного Совета ВАК; заместитель председателя “Общества металловедения и термообработки”; действительный член Академии технологических наук Российской Федерации.

Георгий Анатольевич всегда придавал большое значение пропаганде научных достижений. Он является активным членом редколлегии журналов “Деформация и разрушение металлов”, “Металлург”, “Проблемы черной металлургии и материаловедения”, бюллетеня “Черная металлургия” и редактором раздела “Металловедение и термическая обработка” журнала “Сталь”.

*Коллектив ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина” и редакция журнала “Проблемы черной металлургии и материаловедения” от всей души поздравляют Георгия Анатольевича Филиппова с юбилеем, желают отличного здоровья и больших творческих успехов.*