

ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

2019 г., № 4

Ежеквартальный научно-производственный журнал.
Выпускается на русском, с аннотацией на английском языке;
распространяется в БЕЛАРУСИ, РОССИИ, УКРАИНЕ, ЛИТВЕ, КАЗАХСТАНЕ,
ЧЕХИИ, ПОЛЬШЕ, ГЕРМАНИИ, ФРАНЦИИ.
Журнал издается с января 1997 г.
Выходит 4 раза в год

УЧРЕДИТЕЛИ

Белорусский национальный технический университет
ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»
Ассоциация литейщиков и металлургов
ОАО «БЕЛНИИЛИТ»
ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ»
ГНУ «Институт технологии металлов Национальной академии наук
Беларуси»
ОАО «Минский тракторный завод»
ОАО «Могилевский металлургический завод»
ОАО «Речицкий метизный завод»

ИЗДАТЕЛЬ

Белорусский национальный технический университет

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДСОВЕТА

Харитончик С. В., д-р техн. наук, БНТУ, Беларусь

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ РЕДСОВЕТА

Марукович Е. И., акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор,
ГНУ ИТМ НАН Беларуси, Беларусь

РЕДСОВЕТ

Корчик Д. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»,
Беларусь
Хрусталева Б. М., акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф., БНТУ,
Беларусь
Николайчик Ю. А., канд. техн. наук, доцент, БНТУ, Беларусь
Самончик В. Г., ОАО «Речицкий метизный завод», Беларусь
Душко С. О., ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит», Бела-
русь

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Марукович Е. И., академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор,
лауреат Госпремий БССР и РБ, Заслуженный изобретатель РБ

РЕДАКЦИЯ

Машканова С. В., редактор, БНТУ, Беларусь
Волынец П. В., компьютерная верстка, дизайн, БНТУ, Беларусь
Голосюк Н. В., менеджмент, БНТУ, Беларусь
Соболев В. Е., переводчик, БНТУ, Беларусь

ОСНОВАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

Кукуй Давид Михайлович, д-р техн. наук, проф., лауреат Гос-
премии БССР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Марукович Е. И., главный редактор, акад. НАН Беларуси, д-р техн.
наук, проф., ГНУ ИТМ НАН Беларуси, Беларусь
Николайчик Ю. А., зам. главного редактора по литейному произ-
водству, канд. техн. наук, доцент, БНТУ, Беларусь
Анелкин Н. И., зам. главного редактора по металлургии, ОАО
«БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», Беларусь
Анисович А. Г., д-р физ.-мат. наук, ведущий науч. сотр., ГНУ ФТИ
НАН Беларуси, Беларусь
Гордиенко А. И., акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф., ГНУ
ФТИ НАН Беларуси, Беларусь
Дибров И. А., д-р техн. наук, проф., Российская ассоциация литей-
щиков, Россия
Иванов И. А., д-р техн. наук, проф., БНТУ, Беларусь
Константинов В. М., д-р техн. наук, проф., БНТУ, Беларусь
Крамер Олаф. М., менеджер по региональным продажам в СНГ,
Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabrik GmbH, Германия
Найдек В. Л., акад. НАН Украины, д-р техн. наук, проф., ФТИ МиС
НАН Украины, Украина
Неменюк Б. М., д-р техн. наук, проф., БНТУ, Беларусь
Нофал А., проф., Центральный научно-исследовательский метал-
лургический институт, Египет
Пантелеенко Ф. И., чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф.,
БНТУ, Беларусь
Перетягина Е. А., зам. ген. директора по технологии и качеству,
ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», Беларусь
Прушак В. Я., чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф., ЗАО
«Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным
производством», Беларусь
Ровин С. А., д-р техн. наук, доцент, БНТУ, Беларусь
Садох М. А. канд. техн. наук, доцент, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», Беларусь
Стеценко В. Ю., канд. техн. наук, доцент, ГНУ ИТМ НАН Белару-
си», Беларусь
Трусова И. А., д-р техн. наук, проф., БНТУ, Беларусь
Франашек Т., Польская ассоциация литейщиков, Польша
Хань Юйсинь, Китайская литейная ассоциация, Китай
Чандл П., Furtenbach, Австрия
Чой Ки-Йонг, проф., Республика Корея

АДРЕС РЕДАКЦИИ

Беларусь, 220013, Минск, пр. Независимости, 65,
тел.: (017) 292-74-75, тел./факс: (017) 331-11-16.
E-mail: limrb@tut.by. Web: www.alimrb.by, www.lim.bntu.by

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь. Свидетельство о регистрации № 1244 от 31 мая 2012 г.

Подписано в печать 10.12.2019. Выход в свет .2019. Формат 60×84%. Цена свободная

Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 00,0. Уч.-изд. л. 00,00. Тираж 150 экз. Заказ 000000

Отпечатано в БНТУ. Лицензия ЛП № 02330/74 от 03.03.2014. 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.
Журнал «Литье и металлургия» включен в Перечень научных изданий Респу-
блики Беларусь, DOAJ, РИНЦ.

FOUNDRY PRODUCTION AND METALLURGY

2019, no. 4

Quarterly Journal

Issued in Russian with annotations in English.

Foundry Production and Metallurgy Journal is distributed throughout Belarus, Russia, the Ukraine, Kazakhstan, Baltic States, Czech Republic, Slovakia, Poland, Germany and France.

The Journal has been published since January 1997.

Issued four times a year.

FOUNDERS

Belarusian National Technical University
OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC»
Association of Foundrymen and Metallurgists of Belarus
OJSC «BELNIIIT»
OJSC «Gomel Foundry Plant «TSENTROLIT»
State scientific institution «Institute of Technology of Metals of
National Academy of Sciences of Belarus»
OJSC «Minsk Tractor Works»
OJSC «Mogilev Metallurgical Works»
OJSC «Rechitsa Metizny Plant»

PUBLISHER

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

CHAIRMAN OF EDITORIAL COUNCIL

Kharitonchik S. V., Dr. of Engineering Science, BNTU, Minsk, Belarus

DEPUTY CHAIRMAN OF THE EDITORIAL COUNCIL

Marukovich E. I., Academician of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Institute of Technology of Metals of NAS of Belarus, Mogilev, Belarus

EDITORIAL COUNCIL

Korchik D. A., OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin, Gomel Region, Belarus
Khrustalev B. M., Academician of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Nikalaichyk Yu. A., Ph. D in Technical Science, Associate Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Samonchik V. G., OJSC Rechitsa Metizny Plant, Rechitsa, Belarus
Dushko S. O., OJSC Gomel Foundry Plant «TSENTROLIT», Gomel, Belarus

CHIEF EDITOR

Marukovich E. I., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Laureate of State Prizes of BSSR and RB, Honoured Inventor of the Republic of Belarus

EDITORIAL STAFF

Mashkanova S.V., Editor, BNTU, Minsk, Belarus
Volynets P.V., Computer layout, Design, BNTU, Minsk, Belarus
Halasiuk N.V., Management, BNTU, Minsk, Belarus
Sobolev V. E., Translation, BNTU, Minsk, Belarus

FOUNDER OF THE JOURNAL

Kukuj David Mikhailovich, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Laureate of State Prize of BSSR

EDITORIAL BOARD

Marukovich E. I., Chief Editor, Academician of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Institute of Technology of Metals of NAS of Belarus, Mogilev, Belarus
Nikalaichyk Yu. A., Deputy Chief Editor for Foundry, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Anel'kin N. I., Deputy Chief Editor for Metallurgy, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel Region, Belarus
Anisovitch A. G., Dr. of Physical-Math Sciences, Physico-Technical Institute of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
Gordienko A. I., Academician of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Physico-Technical Institute of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
Dibrov I. A., Dr. of Engineering Sciences, Professor, Russian Foundry Association, Moscow, Russia
Ivanov I. A., Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Konstantinov V. M., Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Kramer Olaf M., Area Sales Manager in CIS, HEINRICH WAGNER SINTO Maschinenfabrik GmbH, Germany
Naidek V. L., Academician of NAS of Ukraine, Dr. of Engineering Sciences, Professor, Physico-Technological Institute of NAS of Ukraine, Kiiv, Ukraine
Nemenenok B. M., Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Nofal A., Professor, Central Metallurgical R&D Institute, Cairo, Egypt
Panteleenko F. I., Corresponding Member of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Peretyagina E. A., Deputy General Director of OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel Region, Belarus
Pruschak V. Ia., Corresponding Member of NAS of Belarus, Dr. of Engineering Sciences, Professor, CJSC Soligorsk Institute of Problems of Resource Saving with Pilot Production, Soligorsk, Belarus
Rovin S. L., Dr. of Engineering Sciences, Associate Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Sadokha M. A., Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor, OJSC «BelNIIIT», Minsk, Belarus
Stetsenko V. Yu., Ph.D in Technical Sciences, Institute of Technology of Metals of NAS of Belarus, Mogilev, Belarus
Trusova I. A., Dr. of Engineering Sciences, Professor, BNTU, Minsk, Belarus
Franaszek T., Polish Foundrymen's Association, Krakow, Poland
Han Yuxin, China Foundry Association, China
Tschandl P., FURTENBACH, Austria
Choi Ki-Jong, Professor, Republic of Korea

ADDRESS OF EDITORIAL STAFF

Nezavisimosti ave., 65, 220013, Minsk

Tel.: (017) 292-74-75, Tel./fax (017) 331-11-16,

E-mail: limrb@tut.by Web: www.alimrb.by, www.lim.bntu.by

The Journal is registered in the Ministry of information of the Republic of Belarus. Certificate of registry No 1244 dated May 31, 2012.

Format 60×84%. Free price. Offset paper. Digital printing.

Base print pages 00,0. Account. publ. pages 00,00. Circulation 150 copies. Order 000000.

Printed in BNTU. Permit LP No 02330/74 dated 03.03.2014. 65, Nezavisimosti ave., Minsk, 220013

The editorial staff does not accept responsibility for advertisements.
The Journal is included in the Databases DOAJ and RISC.

© Belarusian National
Technical University, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Подписной индекс 75034

К 100-летию со дня рождения Альберта-Виктора Иозефовича Вейника	8
ДИСКУССИЯ	
Сазоненко И. О., Сазоненко В. И., г. Могилев	
Частная теория относительности: взгляд стороннего наблюдателя	26
КОНФЕРЕНЦИЯ	
Ровин С. Л., Садох М. А., Соболев В. Е., БНТУ	
27-я Международная научно-техническая конференция «Литейное производство и металлургия 2019. Беларусь»	31
С ЮБИЛЕЕМ	
Бевза Владимир Федорович (к 80-летию со дня рождения)	37
МЕТАЛЛУРГИЯ	
Панковец И. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Разработка и внедрение автоматизированной системы оптимального раскрытия прутка на стане 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	38
Гузова И. А., Ковалева И. А., Бабков П. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Выбор оптимального варианта исполнения прокатных колец клетки № 7 стана 150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» из различных вариантов быстрорежущей стали, обеспечивающих наилучший показатель эксплуатационной стойкости	43
Радькова И. Н., Гапоненко Т. В., Лазебникова И. П., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Влияние параметра шероховатости посадочного отверстия оправы на качество изготовления волочильного инструмента и процесс волочения проволоки.	48
Ковалева И. А., Базуев И. В., Прыбытков Ю. В., Ходосовская Н. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Обеспечение сохранности поверхности калиброванного проката в условиях мелкосортно-проволочного стана 37/15 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».	53
Ковалева И. А., Ходосовская Н. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Дефект «сталеплавильные плены и вздутия» на внутренней поверхности бесшовных горячекатаных труб. Характерные генетические признаки, причины образования и меры предупреждения	58
Рабинович Н. С., Кулагина С. А., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Мотивация персонала на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	63
Красюк О. П., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Тактика управления поставщиками как концепция устойчивого развития предприятия	68
Лагойская М. В., ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»	
Влияние качества подготовки образцов на результаты спектрального анализа	72
Теран А. И., БНТУ	
Кинетика извлечения из водных растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, полученными на основе сталеплавильных шлаков	76
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	
Витязь П. А., Толстой А. В., ГНУ ОИМ НАН Беларуси, Садох М. А., ОАО «БЕЛНИИЛИТ»	
Пути повышения эффективности литейных производств Республики Беларусь	81
Чечуха В. И., ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО»	
Модернизация участка литья под давлением как одно из направлений выхода ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» на новый уровень по изготовлению высококачественной, инновационной и конкурентоспособной продукции	90
Лысенко Т. В., Ясюков В. В., Воронова О. И., Козишкурт Е. Н., Крейцер К. А., Одесский национальный политехнический университет	
Использование нанотехнологий при изготовлении отливок.	94

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марукович Е. И., ГНУ ИТМ НАН Беларуси, Ушеренко С. М., Яздани-Черати Джавад, БНТУ, Ушеренко Ю. С., Филиал БНТУ, «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»

Преобразование литой углеродистой стали в композиционный материал 100

Анисович А. Г., Урбан Т. П., ГНУ ФТИ НАН Беларуси, Филатова И. И., ГНУ «Институт физики НАН Беларуси», Буйницкая А. С., ГНУ ФТИ НАН Беларуси, Гончарик С. В., ГНУ «Институт физики НАН Беларуси»

Изменение ориентировок текстуры электролитического никеля при обработке холодной плазмой воздуха 107

Ловшенко Ф. Г., Хабибуллин А. И., ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Повышение электропроводности дисперсно-упрочненной меди. 115

Светлой памяти учителя – Валентина Михайловича Королева 123

Литье и металлургия – Международные выставки и ярмарки в 2020 году. 126

CONTENTS

Subscription 75034

In memory of A.-V. I. VEYNIK	8
DISCUSSION	
Sazonenko I.O., Sazonenko V.I., Mogilev Special theory of relativity: a view of an external observer	26
THE CONFERENCE	
Rovin S. L., Sadokha M. A., Sobolev V. E., Belarusian National Technical University 27th International Scientific and Technical Conference «Foundry production and Metallurgy 2019. Belarus»	31
HAPPY ANNIVERSARY	
Bevza V. F. (on the 80th Anniversary)	37
METALLURGY	
Pankovets I.A., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Development and implementation of an automated system of optimal bar cutting at the mill 370/150 at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC»	38
Guzova I.A., Kovaleva I.A., Babkov P.A., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Selection of the optimal version of the rolling rings of stand no. 7 of mill 150 of OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» from various types of high-speed steel, providing the best indicator of operational durability	43
Radzkova I.N., Hapeyenko T.V., Lazebnikova I.P., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Influence of roughness of a landing aperture of a frame on quality of production of the drawing tool and process of wire drawing	48
Kovaleva I.A., Bazuyev I.V., Prybytkov Yu.V., Khodosovskaya N.A., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Ensuring the safety of the surface of calibrated rolled products in the conditions of small-grade wire mill 370/150 OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC»	53
Kovaleva I.A., Khodosovskaya N.A., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Defect «steel-melting captivity and swelling» on the inner surface of seamless hot-rolled pipes. characteristic genetic features, the causes of formation and measures of prevention	58
Rabinovich N.S., Kulagina S.A., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Motivation of personnel at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC»	63
Krasyuk O.P., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» Suppliers management tactics as a concept of sustainable enterprise development	68
Lagoyskaya M.V., OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» The influence of sample preparation quality on the results of spectral analysis	72
Teran A.I., Belarusian National Technical University Kinetics of extraction from water solutions of Fe^{3+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} ions by filter loading, obtained by blinding plasters.	76
FOUNDRY	
Vityaz P.A., Tolstoy A.V., Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus Sadokha M.A., OJSC «BELNIILIT» Ways to improve the efficiency of foundries of the republic of Belarus	81
Chachukha V.I., OJSC «MMW named after S. I.Vavilov – Management Company of the Holding BelOMO» Upgrading of die casting section as one of the directions to get new level of the manufacturing of high quality, innovative and competitive products for the OJSC «MMW named after S. I.Vavilov – Management Company of the Holding BelOMO» public corporation.	90
Lysenko T.V., Jasjukov B.B., Voronova O.I., Kozishkurt E.N., Kreitzer K.A., Odessa National Polytechnic University The use of nanotechnology in the manufacture of castings	94
SCIENCE OF MATERIALS	
Marukovich E.I., Institute of Technology of Metals of National Academy of Sciences of Belarus, Usherenko S.M., Javad Yazdani-Cherati, Belarusian National Technical University, Usherenko Yu.S., Branch of BNTU «Institute of advanced training and retraining in new areas of technics, technology and economy of BNTU» Conversion of cast carbon steel into composite material	100

Anisovich A.G., Urban T.P., State Scientific Institution “Physical and Technical Institute of NAS of Belarus”

Filatova I.I., State Scientific Institution “Institute of Physics of NAS Belarus”, Buynitskaja A.S., State Scientific Institution “Physical and Technical Institute of NAS of Belarus”, Goncharik S.V., State Scientific Institution “Institute of Physics of NAS Belarus”

Changes in the texture orientation of electrolytic nickel treated by cold air plasma 107

Lovshenko F.G., Khabibulin A.I., Belarusian-Russian University

Increased electrical conductivity dispersion -hardened copper. 115

In the blessed memory of the teacher – Valentin Mikhailovich Korolev 123

Foundry and Metallurgy – international exhibitions and fairs in 2020. 126

От главного редактора

Уважаемые коллеги, друзья!

В 2019 г. исполнилось бы 100 лет со дня рождения выдающегося ученого мирового уровня, классика теории литейных процессов, создателя общей теории термодинамики реальных процессов, блестящего педагога, учителя, лектора и оратора; незаурядной, многогранной личности, мыслителя, гениальностью своих суждений, опередившего время – Альберта-Виктора Иозефовича Вейника.



Академик НАН Беларуси,
доктор технических наук,
профессор,
лауреат Госпремий БССР и РБ,
Заслуженный изобретатель РБ
Е. И. Марукович

А. И. Вейнику посвящается

АЛЬБЕРТ ИОЗЕФОВИЧ ВЕЙНИК (1919–1996 гг.)

Альберт-Виктор Иозефович Вейник – член-корреспондент АН Белорусской ССР, доктор технических наук, профессор, родился 3 октября 1919 г. в Ташкенте.

В 1938 г. Альберт Иозефович поступил в Московский авиационный институт, в 1940 г. перевелся на 3-й курс Московского авиационного технологического института (МАТИ). В годы Великой Отечественной войны вместе с институтом находился в эвакуации в г. Новосибирске, где совмещал учебу с работой на авиазаводе им. В. П. Чкалова.

Вся трудовая жизнь А. И. Вейника была неразрывно связана с наукой. После окончания в 1944 г. Московского авиационного технологического института и в 1947 г. аспирантуры он начал глубокие исследования в области тепловой теории литья и общей теории теплообмена. В 1947 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Нагрев и охлаждение твердых тел». Такое плодотворное объединение научных направлений позволило ему решить много важных научных проблем и по-новому изложить основы тепловой теории литья. По этой тематике А. И. Вейник успешно защитил докторскую диссертацию «Тепловые основы теории литья».

Специалисты литейного производства у нас и за рубежом заслуженно считают его основоположником тепловой теории литья, которая послужила многим ученым-литейщикам базой для создания и развития расчетных методов анализа и проектирования технологических процессов литья, в том числе современных САПР литейных процессов.

В 1956 г. А. И. Вейник был избран членом-корреспондентом АН Белорусской ССР, после чего переезжает в Минск, где работает заведующим лабораторией атомной энергетики, а с 1958 г. – заведующим лабораторией промышленной теплофизики Института энергетики АН БССР. В 1957–1969 гг. он – заведующий кафедрой теоретических основ теплотехники Белорусского политехнического института.

После работы в 1963–1990 гг. в Физико-техническом институте АН БССР А. И. Вейник возвращается в Институт энергетики АН БССР в качестве главного научного сотрудника и заведующего лабораторией «Теплофизика и атомная энергетика», где работает на общественных началах до конца жизни.

Круг научных интересов А. И. Вейника был чрезвычайно широк – от теплофизики и литейных процессов до философских проблем взаимоотношения науки и религии. Он считается основателем белорусской научной школы литья, тепломассопереноса и теплофизики литейных процессов. Разработал основы тепловой теории литья и теплообмена применительно к телам сложной формы. Создал методы расчета процессов затвердевания металла при литье под давлением, центробежном литье, литье намоткой. Разработал обобщенную термодинамическую теорию, объединяющую термодинамику необратимых процессов, классическую термодинамику, тепло- и массообмен.



А. И. Вейник подготовил и опубликовал 23 монографии, из которых 5 переизданы в Англии, Израиле, Китае, США, Японии; 7 сборников статей (под его редакцией), более 150 статей. Он – автор 55 изобретений и 6 книг:

- Тепловые основы литья (1953),
- Теория затвердевания отливки (1960),
- Литье намораживанием (1964),
- Техническая термодинамика и основы теплопередачи (1965),
- Термодинамика, три изд. (1968),
- Комплексное определение хронофизических свойств материалов (1992, совместно с С. Ф. Комликом).

Наряду с этим постоянная нацеленность на познание новых явлений и процессов в сочетании с поразительной энергией и работоспособностью направили его исследования в область естественных наук. Около 45 лет он посвятил созданию термодинамики реальных процессов, названной им общей теорией природы. В этих работах особенно ярко проявилась широкая научная эрудиция А. И. Вейника. Ему удалось объединить в единую теорию разделы таких разнородных дисциплин, как механика, термодинамика, электротехника, биофизика, металлургия, экология, теория информации и др.

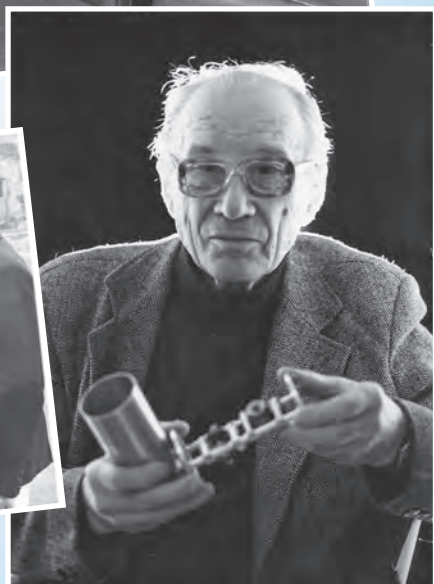
Однако принципиально научная новизна фундаментальных работ А. И. Вейника стала препятствием для их признания «официальной» наукой в годы застоя. В конце 60-х годов его учебник по термодинамике необратимых процессов был запрещен в приказном порядке. Чиновники от науки отлучили его от преподавания в вузах, запретили выступать с докладами на конференциях. Но эти препоны не сломили ученого. «Крамольные» опыты были перенесены в домашний кабинет. Была получена также важная поддержка акад. М. В. Келдыша, в те годы президента АН СССР.

В последние годы А. И. Вейник увлекся нетрадиционными формами энергии. Его статьи в многочисленных научно-популярных изданиях, посвященные влиянию хронального излучения («хронос» – время) на природные явления и производственные, в том числе литейные процессы, вызывали неизменный интерес у читателей. К сожалению, его последняя книга «Термодинамика реальных процессов» вышла уже во времена распада Союза и ослабления профессиональных связей. Поэтому она была прочитана немногими и по достоинству не оценена.

В 1992 г. А. И. Вейник крестился в православие, после чего серьезно занялся изучением особенностей взаимодействия материального и духовного миров. Последние годы жизни работал над книгой о «тонких мирах» и их управлении биоорганизации, понимая под этим биосферу Земли.

А. И. Вейник обладал уникальной способностью увлекать своими идеями молодых научных работников. Он был прекрасным лектором, постоянным успехом пользовались его доклады на научных конференциях. От него можно было всегда получить ценную консультацию и реальную помощь. А. И. Вейник был не только крупным и разносторонним ученым, он интересовался искусством, любил спорт, занимался зимним купанием, альпинизмом, многокилометровыми велосипедными поездками.

Кто знает, может быть, мы имели счастье общаться с гением, понявшим и попытавшимся объяснить то, что наука пока не в состоянии исследовать. Во всяком случае логика его рассуждений поражает, а смелость выводов не может не восхищать. А если это и есть прорыв в то неизвестное, что поджидает нас в XXI в.?



ОБ АЛЬБЕРТЕ ИОЗЕФОВИЧЕ ВЕЙНИКЕ

Я поступил к нему в аспирантуру в сентябре 1957 г. Уже тогда, будучи сравнительно молодым, он привлекал всеобщее внимание. Всегда тщательно и со вкусом одетый, способом вести разговор и всем своим внешним видом он производил впечатление уверенного в себе человека, чья внутренняя сила скрыта от посторонних превосходными манерами.

Все ему давалось легко. Он был блестящим лектором. На его лекции в Политехническом институте сбегались студенты со всех факультетов, так что ректор был вынужден выделить для них самую большую аудиторию и изменить расписание занятий. Подстать лекциям были его научные труды. Его «*Техническая термодинамика и основы теплопередачи*» по характеру изложения, стилю, простоте и лаконичности языка, по моему мнению, созвучна с незаслуженно забытыми учебниками по математике Киселева. Именно поэтому она переведена на английский, китайский и другие языки. В этот период научной деятельности Альберта Иоозефовича было создано целое направление в решении обратных задач теплопроводности, названное им *методом исключения переменных*, а его последователями – *методом парабол*. Необходимость такого метода заключалась в том, что в реальных производственных условиях невозможно было точно рассчитать течение тепловых процессов. Классические задачи здесь неприменимы вследствие непостоянства термофизических коэффициентов в рассматриваемом интервале температур.

Например, при заливке металла в литейную форму перепады температур достигают 1500 °C и значения теплопроводности и теплоемкости изменяются по сечению формы в несколько раз, поэтому задачи, основанные на решениях с постоянными коэффициентами, оказываются некорректными.

В результате известная формула $\xi = \kappa \sqrt{t}$, с легкой руки наших известных практиков, стала обрастать дополнениями и уточнениями, которые никак нельзя считать ни научными, ни целесообразными, ибо они не отражали физику процесса.

А. И. Вейник был первым, кто *поставил механизм процесса затвердевания отливок на строго научную основу*. Его метод основан на простой и, вместе с тем, замечательной идее использовать в расчетах реальное распределение температуры в литейной форме и приближенно описать его простейшей функцией. Полученные при этом решения просты и надежны. Они ценны уже даже тем, что позволяют грамотно оценивать влияние различных факторов на процесс затвердевания отливки.

Методы расчетов по А. И. Вейнику получили широкое распространение. Их излагали при чтении курсов лекций в МВТУ им. Баумана (Г. Ф. Баландин), МАТИ им. Циолковского (А. А. Неуструев), Горьковском Политехническом институте (А. А. Рыжиков), Бухарестском университете (Л. Софрони) и др. *Научная школа А. И. Вейника включает в себя десятки кандидатов и докторов наук.*

Основы теории А. И. Вейника первоначально были изложены в книге «*Приближенные расчеты процессов теплопроводности*» в 1959 г., а затем развиты, применительно к литейному производству, в книгах «*Теория затвердевания отливки*», «*Расчет отливки*» и многих других, принесших ему широкую известность.

Однако на этом он не останавливается. Объектом нового этапа научных изысканий становится *термодинамика необратимых процессов*. А. И. Вейник распространил основные положения термодинамики Онзегера, описывающей только квазистационарные процессы, на системы с большой степенью неравновесности. В опубликованных книгах он подверг критике существующие основополагающие физические теории, включая теорию относительности и, в частности, постоянство предельной скорости света, за что в 70-80-е гг. ему запретили публиковаться и читать лекции на эти темы.

Впрочем, так поступали всегда, когда новые воззрения не укладывались в установившийся официальный порядок. Я не берусь давать оценку высказываниям Альберта Иоозефовича, но, когда читаю в научной прессе о том, что устойчивость солнечной системы и нашей галактики может существовать лишь при скорости гравитационного взаимодействия большей, чем на порядок, скорости света, я вспоминаю высказывание своего незабвенного учителя.

Мне очень повезло быть учеником Альберта Иоозефовича. Я многому у него научился. Он всегда был очень внимателен, корректен, ровен в отношениях. Но когда надо было отстоять свою точку зрения,

он мог быть достаточно жестким. Впрочем, он никогда не опускался до оскорблений в адрес оппонентов.

Я защитил под его руководством кандидатскую и докторскую диссертации, а затем в 1970 г. судьба развела нас. Я уехал с заданием Академии наук БССР в г. Могилев создавать новый региональный научный центр. Сейчас это Институт технологии металлов НАН Беларуси.

Альберт Йозефович остался в Физико-техническом институте АН БССР. Но научных и чисто дружеских отношений мы не прерывали, об этом свидетельствуют наши научные контакты и публикации. С 1970 г. мы, по крайней мере, десяток раз проводили летние отпуска в горах, обошли вместе Центральный Кавказ, Тянь-Шань, Памиро-Алтай. Зимой вместе катались на лыжах на горных базах Архыза, Домбая, Приэльбрусья.

Он везде был притягателен для всех попутчиков, умел сохранять в коллективе дух товарищества, взаимного уважения, мог внезапно заразить всех какой-то научной идеей, был замечательным рассказчиком. На полке моей библиотеки стоят более двух десятков его книг с дарственными надписями. При взгляде на них я вспоминаю роль и место в моей жизни этого необычайного человека.

На весенней сессии Академии наук Беларуси ее Президент, отдавая должное ушедшим от нас, сказал о Вейнике: *«Он был мыслителем»*. Лучше не скажешь.

Г. А. Анисович
(ИТМ НАН Беларуси)
«Библиотечка литейщика»
2019, № 10, С. 24–25

МОСКОВСКИЙ ПЕРИОД НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А. И. ВЕЙНИКА

Активная научная деятельность А. И. Вейника в области тепловой теории литейных процессов началась в 1947 г. после аспирантуры при МАТИ. Окончив этот же институт в 1944 г., за время работы над кандидатской диссертацией по расчетам температурных полей тел произвольной конфигурации он творчески освоил системный подход к разработке научных проблем в области теплофизики под плодотворным влиянием своих учителей – профессоров М. А. Попова и А. А. Гухмана.

Направление научной подготовки А. И. Вейника привлекло внимание заведующего кафедрой литейного производства МАТИ М. В. Шарова. Он пригласил его на кафедру научным сотрудником для работы по применению теплофизики к процессам затвердевания отливок. Так начиналась научная деятельность А. И. Вейника в области тепловой теории литейных процессов. Однако по-настоящему она активизировалась после знакомства А. И. Вейника в 1947 г. с Н. Н. Рубцовым, заведующим кафедрой литейного производства МВТУ им. Баумана.

В те годы Н. Н. Рубцов энергично занимался внедрением фундаментальных наук в технологию литейного производства. В частности, в 1948 г. он организовал первый в стране научный семинар по теории кристаллизации отливок. Семинар собрал крупных ученых-литейщиков тех лет – П. П. Берга, Ю. А. Нехендзи, Л. М. Мариенбаха, Л. И. Фанталова и начинающих технологов-теоретиков – П. Г. Новикова, И. Б. Куманина, Д. С. Константинова, А. М. Лясса, Г. Ф. Баландина (студента) и др. В семинаре также участвовали ученые из фундаментальных областей науки – С. В. Фролов (математик), В. В. Фролов (химик) и др.

Доклад, с которым А. И. Вейник выступил на семинаре – о разработке новых упрощенных методов тепловых расчетов затвердевания отливок в песчаных формах, на базе анализа условий теплообмена между отливкой и формой с использованием теории подобия, не сразу был принят его участниками. Особенно остро дискутировался вопрос использования в расчетах т. н. закона квадратного корня – известного решения задачи о промерзании грунта, полученного Стефаном. И тогда решающей для дальнейшего развития исследований А. И. Вейника в области тепловой теории литья стала поддержка Н. Н. Рубцова.

Успешным было также выступление А. И. Вейника с докладом на кафедре физики МТИПП у проф. А. В. Лыкова. В дальнейшем немалое значение для признания новых разработок А. И. Вейника имели его выступления на конференциях в Институте машиноведения АН СССР под руководством акад. В. И. Дикушина и проф. Б. Б. Гуляева.

При разработке тепловой теории литья А. И. Вейник опирался на значительный объем экспериментальных исследований, выполненных в лаборатории теплотехники МАТИ и на предприятиях. Для этого им была организована группа сотрудников лаборатории, в которую входили также студенты, в их числе А. А. Неуструев. Новизна идей и высокая активность руководителя группы способствовали сплочению этого небольшого коллектива и созданию в нем атмосферы стойкого интереса к работе.

В сериях экспериментов впервые на достаточно высоком научном уровне было широко проанализировано влияние на процесс затвердевания отливок их геометрии, интервала кристаллизации сплава, температуры заливки металла в форму, размеров, начальной температуры и физических констант формы.

Большое внимание уделялось экспериментальным исследованиям кинетики изменения газового зазора между отливкой и кокилем и влияния зазора, с учетом слоя кокильной краски, на затвердевание отливок разной геометрии. Расчетно-экспериментальный анализ позволил сделать адекватные выводы о законах затвердевания отливок в песчаных формах и кокилях.

Все эти результаты были опубликованы А. И. Вейником в его первой монографии «Тепловые основы теории литья», изданной в 1953 г., где он широко использовал основные положения теории подобия и теории теплообмена, в значительной степени развитые трудами научной школы М. В. Кирпичева и А. А. Гухмана. Монография, где впервые была системно изложена тепловая теория литья, послужила

отправной базой для серии последующих трудов, которыми А. И. Вейник внес значительный вклад в дальнейшее развитие теории литейных процессов и их расчетов.

Это монографии *«Теория затвердевания отливки»* (1960 г.), *«Расчет отливки»* (1964 г.), *«Термодинамика литейной формы»* (1968 г.) и др., большинство из которых были написаны А. И. Вейником после переезда в Минск, где он в 1956 г. избирается членом-корреспондентом АН БССР и работает с 1958 г. в Физико-техническом институте Академии.

К московскому периоду относится и начало научной деятельности А. И. Вейника в области термодинамики, в начальной стадии которой трудно переоценить роль А. А. Гухмана. Так, в предисловии к первой своей монографии *«Техническая термодинамика и основы теплопередачи»*, допущенной в качестве учебного пособия для вузов и изданной под редакцией А. А. Гухмана в 1956 г., А. И. Вейник отмечает, что его роль *«далеко вышла за рамки обычного научного редактирования»*. В этой книге А. И. Вейник решительно отошел от «классической» термодинамики Клаузиуса со вторым началом в виде принципа возрастания энтропии. И уже в следующей книге *«Термодинамика»* (Минск, 1961 г.) А. И. Вейник излагает новые основы общей термодинамики, которая объединила в себе классическую термодинамику и термодинамику необратимых процессов в виде *единой теории переноса*.

В книге впервые описаны открытые автором законы и эффекты переноса в явлениях разного рода (тепловых, механических, химических, электрических и др.). Эти новые идеи, развитые в последующих работах, были обобщены в последней монографии А. И. Вейника *«Термодинамика реальных процессов»* (Минск, 1991 г.), где наряду с семью общими законами термодинамики рассматриваются нетрадиционное определение времени и пространства и способы управления ими.

Результатом такого глубокого анализа на уровне философских обобщений стала сформулированная А. И. Вейником Общая теория (ОТ) природы.

Наряду с этим в ряде статей, опубликованных в журнале «Литейное производство» (1991, № 8 и 12; 1992, № 8; 1993, № 5; 1995, № 12 и 1996, № 1), были описаны исследования нового хронального явления ОТ, сопровождающего процессы плавления и затвердевания металла, приведены схемы аппаратуры для этих исследований и результаты экспериментов по влиянию хронального потока на структуру и механические свойства отливок.

Трагическая гибель А. И. Вейника помешала дальнейшему развитию исследований в этом нетрадиционном для классической науки направлении.

Г. Ф. Баландин (МГТУ им. Баумана),
А. А. Неуструев (МАТИ им. К.Э. Циолковского)
«Библиотечка литейщика»
2019, № 10. С. 25–27

РАБОТЫ А. И. ВЕЙНИКА В ОБЛАСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

Специальные способы литья А. И. Вейник рассматривал как наиболее перспективные методы формообразования заготовок, деталей и узлов разных машин и механизмов. В изданной в 1958 г. книге «Теория основных видов литья» А. И. Вейник отмечал, что для повышения качества изделий создают специфические условия для затвердевания металла, которые зачастую невозможно обеспечить, применяя обычные неметаллические или металлические формы. Также для увеличения производительности литейных агрегатов применяют техпроцессы, уже содержащие в основе принцип поточного производства (непрерывное литье, прокат жидкого металла и др.), либо легко поддающиеся механизации и автоматизации (литье под давлением – ЛПД и т. д.).

В связи с этим возникает необходимость подведения теоретической базы под эти специальные способы литья и создания необходимых расчетных методов, которые можно использовать технологу при назначении режимов производственного процесса. Около десятка трудов А. И. Вейник посвятил этой проблеме, сочетая свои изыскания с изобретательской деятельностью, экспериментальными исследованиями и работами по освоению новых разработок в производстве. В 1957 г. в составе советской делегации я участвовал в работе II (Парижского) Международного конгресса по ЛПД. Тогда выяснилось, что достижения США и Франции и их превосходство перед другими странами по масштабам использования и техническому уровню этого процесса связаны, в частности, с наличием в этих странах Специализированных центров (институтов) ЛПД.

А в нашей стране координация работ в этой области фактически не проводилась, но, тем не менее, в ряде вузов и отраслевых институтов были достигнуты существенные успехи. К ним относятся работы А. К. Белопухова по технологическим режимам ЛПД, разработка С. З. Злотиным в Горьковском ПТИ кислородного метода ЛПД, исследования В. М. Белова в области ЛПД стали.

А. И. Вейник, рассматривая проблемы ЛПД, считал, что важным звеном в цепи факторов, влияющих на процесс формирования отливки, является его *тепловой режим*. Выбор всех остальных факторов (гидродинамических условий процесса, конструктивных особенностей машины и формы и т. д.) должен подчиняться именно идее создания наиболее благоприятного теплового режима формирования отливки. Под тепловым режимом отливки в этом случае понимается тепловое состояние металла, начиная с момента его получения из раздаточной печи и кончая моментом удаления отливки из формы.

Большое значение А. И. Вейник уделял проблемам *непрерывного литья*, часто опираясь на предшествующие исследования и опыт специалистов авиационной промышленности (В. И. Добаткина, В. А. Ливанова и др.). Им изучены основные параметры непрерывного литья цилиндрических, плоских и полых цилиндрических слитков; проанализированы условия работы кристаллизаторов.

Значительный объем исследований выполнен А. И. Вейником и его сотрудниками по совершенствованию методов литья в кокиль. При его личном участии разработаны т. н. *игольчатые кокили*, двухслойные и анодированные алюминиевые кокили, кокили из нормализованных элементов, железобетонные изложницы. Его работы по совмещению кокильного литья с последующей горячей штамповкой заготовок предвосхитили зарубежную разработку процесса Autoforge (ряд таких установок работает на КамАЗе и других отечественных предприятиях). Им подробно описаны и исследованы методы вакуумного всасывания, центробежное литье, литье намораживанием.

Известно, что наша страна имеет приоритет в создании и внедрении метода *жидкой штамповки* (кристаллизации под давлением) благодаря работам коллектива авторов во главе с В. М. Пляцким. А. И. Вейник поддержал наши исследования влияния давления на процесс затвердевания и кристаллизации разных сплавов, а также совершенствование автоклавных способов литья. Следует особо отметить, что перечисленные работы А. И. Вейника по специальным способам литья не потеряли актуальности и сегодня.

Как истинно талантливый ученый, А. И. Вейник не ограничивался изучением только проблем литейного производства.

Альберт Иозефович любил Ленинград – Петербург, регулярно приезжал сюда на Международные философские конференции на тему: *«Пространство, время, гравитация»*. Он неоднократно выступал с докладами в Ленинградском Доме научно-технической пропаганды и в Политехническом институте. Ленинградское телевидение транслировало передачи непосредственно из его квартиры в Минске, где находилась его домашняя лаборатория. Он участвовал в дискуссиях по проблемам НЛЮ, им введено понятие хрональной энергии; в журнале *«Литейное производство»* опубликованы работы по исследованию хрональных излучений для наблюдений за тепловым состоянием жидкого металла.

А. И. Вейник был одаренным оратором, остроумным и доброжелательным собеседником, понимал и любил юмор, много времени уделял общению с творческой молодежью. Студенческие многотиражки публиковали его статьи, в которых он давал советы по подготовке и проведению экспериментальных исследований, развитию творческих способностей человека.

Поражало умение А. И. Вейника доступно изложить теоретические обоснования и дать четкие описания конструкций всевозможных устройств. В предисловии к своей капитальной монографии *«Термодинамика реальных процессов»*, опубликованной в 1991 г., А.И. Вейник пишет: *«Я стремился использовать предельно простой язык и математический аппарат исследования с целью привлечения к новым идеям максимально широкого круга читателей. Из упомянутых сорока двух лет половину потратил на то, чтобы спланировать и осуществить как можно более простые устройства и эксперименты, доступные всем желающим, даже старшеклассникам, чтобы каждый интересующийся мог убедиться в справедливости сделанных мною выводов»*.

Альберт Иозефович систематически занимался спортом. Видимо, это помогло ему выстоять в то трудное время, когда был издан беспрецедентный приказ Министра высшего образования о наказании автора учебника *«Термодинамика»* (3-е изд.), запрещающий ему руководство аспирантами сроком на один год (!). Узнав о приказе и о том, что упомянутую книгу изъяли из всех библиотек, он написал мне, что *«с досады пробежал марафонскую дистанцию вокруг Минска»*. К официальным преследованиям добавились публикации в газетах, где без достаточных обоснований к фамилии Вейника приклеивались обидные ярлыки. Его ответом была публикация в «Самиздате» машинописной рукописи *«Манкурт Вейник. Книга скорби. XX век»*, где дано описание недостойных действий его недоброжелателей.

Думается, что именно моральные факторы привели этого выдающегося ученого к изучению духовности личности. Как всесторонне образованный человек, А. И. Вейник глубоко изучил основы разных религиозных учений, сосредоточив главное внимание на Православии. Многие его публикации последних лет в журнале *«Православное дело»* и других церковных изданиях были, видимо, результатом его напряженных исканий.

Н. Н. Белоусов

Источник: *«Литейное производство»*, 1997, № 11.

«Библиотечка литейщика»

2019, № 10. С. 27–28

РАСКРЕПОСТИТЬ МЫСЛЬ И ФАНТАЗИЮ

Издавна принято считать, что Вселенная материальна, причем, материя пребывает в виде движения, а движение – есть способ, форма существования материи. Я воспользовался следующими терминами: «вещество» (перевод латинского слова «материя») и «поведение» (понимаемое в самом широком смысле) этого вещества. Вселенная состоит только из вещества и его поведения, поле – тоже вещество.

Вселенная обнимает собой все сущее, и если пространство и время существуют, они обязаны охватываться понятиями вещества и его поведения.

Определив Вселенную через вещество и его поведение, я ввел меры количества и качества (структуры) вещества и меры количества и качества (структуры, способа) поведения этого вещества, в совокупности определяющие то, что называется явлением. Поведение вещества невозможно отделить от самого вещества. При этом поведение – вторично (функция), а вещество – первично (аргумент). На этом основании было составлено основное уравнение *о б щ е й т е о р и и* (ОТ), из него математически выведены семь главных *п р и н ц и п о в*, или начал, которым подчиняется любое явление природы. Первое – закон сохранения энергии, второе – закон сохранения количества вещества, третье – закон состояния, определяющий всеобщую связь явлений природы, четвертое – закон симметрии взаимного влияния явлений, пятое – закон переноса вещества, шестое – закон симметричного увлечения одних потоков вещества другими, и, наконец, седьмое – закон экранирования (плюс- и минус-трения). Первый, пятый и шестой законы были известны ранее, за пятый и шестой Онзагер в 1968 г. был удостоен Нобелевской премии.

Как видим, в ОТ нет второго закона термодинамики с энтропией, односторонним развитием мира и всевозможными запретами – природа его не знает. Она не ведает и о том, что ее ждет тепловая смерть (по Клаузиусу, из-за наличия трения «все формы движения превращаются в теплоту и в ней находят свою смерть»), что нельзя преобразовать в другие формы энергии теплоту одного источника, например окружающей среды (земли, воды или воздуха), тем более с $\eta = 100\%$ и т.п.

Согласно седьмому началу ОТ, процессы с выделением теплоты трения (плюс-трение) столь же распространены в природе, как и процессы с ее поглощением (минус-трение). С помощью ОТ мне удалось создать > 20 типов самофункционирующих устройств, поглощающих теплоту трения и самопроизвольно преобразующих эту теплоту и теплоту окружающего воздуха в электроэнергию с $\eta = 100\%$. Согласно исходному постулату, существование вещества принимается на веру. Это значит, что его нельзя вывести из теории, а можно установить только из опыта. Экспериментально удалось выявить следующие семь простых веществ-первокирпичиков, из которых построен Храм Вселенной:

- хрональное (связано со временем),
- метрическое (связано с пространством),
- вибрационное (придающее телам колебательные свойства),
- термическое,
- электрическое,
- магнитное.

Каждое из этих веществ специфично, неповторимо и не сводимо ни к какому другому. Входя в состав какого-нибудь тела, оно придает ему свои специфические свойства. Например, термическое вещество сообщает телам тепловые свойства, метрическое – свойства протяженности и порядка положения, хрональное – длительности и порядка следования. Если тело не имеет какого-либо вещества, то не обладает и сопряженными с ним свойствами. Например, фотон не содержит порций (квантов) электрического вещества, поэтому не имеет электрических свойств, безметрические тела не должны иметь размеров и массы и т. д.

Все вещества, включая хрональное и метрическое, строго подчиняются началам ОТ. Анализ методами ОТ показывает, что пространство – есть вещество, а время – это величина, обратная хроналу, который представляет собой некую характеристику, связанную с давлением, электрическим потенциалом и т. д. и, следовательно, отдающуюся управлению так же, как мы управляем этими последними. Речь

идет о реальном физическом времени, в котором мы живем и которое ранее было неизвестно. По радио же передается условное социальное, реально не существующее время, придуманное человеком для рациональной организации общества, природа его не знает, управлять им в принципе невозможно: оно течет только из прошлого через настоящее в будущее и только равномерно.

Управляя ходом реального физического времени, нетрудно нарушить третий закон механики Ньютона, а с ним и известный закон сохранения количества движения, ибо ход времени стоит в знаменателе уравнения второго закона Ньютона и, следовательно, при разном ходе времени на соударяющихся телах сила действия оказывается не равной силе противодействия. В результате появляется возможность создать устройства, способные двигаться «за счет внутренних сил», т. е. не опираясь на землю, воду, воздух или реактивную струю. Таких устройств нами построено > 30 типов. Простейшие – это шарики, катящиеся внутри кольца с переменной скоростью, нескомпенсированная («внутренняя») сила действует на кольцо в сторону, где скорость шариков минимальна, ибо при большой скорости ход времени возрастает, а сила, действующая со стороны шариков на кольцо, уменьшается. Другой пример – вращающийся маховик: скорость точек его обода складывается со скоростью движения данной точки Земли в Космосе, в результате на маховик действует нескомпенсированная сила, направленная в сторону, где суммарная абсолютная скорость обода наименьшая.

В опытах я обнаружил, что излучения моего организма влияют на величину «внутренней силы», т. е. на ход реального времени в устройстве. Так выяснилось, что *хрональное вещество* – самая важная составляющая т.н. биополя и лежит в основе парапсихологии, лозоискательства, полтергейста, НЛО и т. д. Я создал много типов аккумуляторов и генераторов хронального поля, установил его основные свойства и влияние на темп всех процессов, включая ход часов, на биообъекты, электронику и т. д.

Особо мелкие, элементарные частицы, содержащие порции (кванты) хронального вещества, я назвал *хрононами*, нашел в опытах их скорости (изменяющиеся от десятков и сотен метров в секунду до сотен и тысяч скоростей света), массы и другие свойства; в частности, хрононы свободно проникают сквозь стены, металлические преграды и Землю. Они несут в себе полную информацию обо всех излучающих их объектах – живых и неживых.

Живые организмы широко используют хрональное поле для общения, защиты, нападения, регулирования процессов жизнеобеспечения и т. п. Например, измерения показывают, что во сне под действием хронального поля темп жизнедеятельности всех органов и клеток резко замедляется. То же происходит в период зимней спячки животных. Нарушения хронального механизма регуляции приводят либо к летаргическому сну, либо к резкому ускорению всех процессов. Йоги искусственно научаются управлять своим хрональным полем.

Все ощущения, чувства, желания, мысли, слова, действия, поступки тоже сопровождаются излучениями хронального поля, которое содержит обо всем этом полную информацию и образует хроносферу (пневматосферу, по П. Флоренскому). Согласно второму началу ОТ, это поле навечно сохраняется и накапливается в окружающей среде и оказывает воздействие на подсознание, а через него и на сознание всех людей. Любая буква, печатное слово, линия, рисунок, картина, нота, музыкальное произведение и т. д. тоже излучают и пополняют хроносферу. Написанное, нарисованное или прозвучавшее – это только 1/7, видимая часть айсберга; еще больше информации несут остальные, невидимые 6/7. Все это воспринимает подсознание.

Человек своими дурными мыслями, словами и поступками отравляет не только окружающих, но и себя. По нашим исследованиям, во время стресса интенсивность хрональных излучений возрастает в тысячи, миллионы и миллиарды раз. Многократно повторяясь, такие излучения нарушают функции регулирования и выводят из строя соответствующие органы. Следовательно, *проблема здоровья отдельного человека упирается в нравственность и экологию души*. Она прямо определяет и здоровье общества в целом.

Технические творения человека влияют на хроносферу не менее, если не более значительно, чем сам человек и его искусство. Например, все физические, химические и прочие процессы сопровождаются излучениями хронального поля, причем, слабое поле своего знака полезно организму, а чужого – вредно. Очень вредны сильные поля любого знака. В частности, интенсивные поля обоих знаков, вредные для всех, дают хрональные всплески на Солнце (именно они, а не «магнитные бури» пагубно действуют на людей), хрональные излучения телевизора, атомных и ядерных реакций и т.д. Солнце порождает также систему постоянных хрональных полос на Земле, они вредны людям и животным.

Хрональное влияние атомных и ядерных реакций растет пропорционально их мощности и падает обратно пропорционально квадрату расстояния (γ -излучения практически экранируется специальной защитой). Исследовательский атомный реактор мощностью 5000 кВт «достает» своими хрональными излучениями на расстоянии 25 км, промышленный мощностью 1,5 млн кВт – на 170 км.

Всевозможные парапсихологические эффекты, полтергейст, НЛО и т.п. легко объясняются с позиций ОТ. При этом обнаруживается существование вещественных (материальных) миров, более тонких, чем наш, хронально-метрический. Сейчас уже можно с уверенностью говорить о трех таких мирах: тонком, сверхтонком и ультратонком (пикомир, фемтомир и аттомир). Будучи тонкими, они существуют внутри нас по принципу: все во всем. Они располагают колоссальными энергиями и возможностями воздействовать на нас, особенно это касается могущественного аттомира. Например, по опытам американского врача Мак Дугала, взвешивающего кровать с умирающими, в момент смерти от человека отделяется объект тонкого мира в 5,25 золотника (22,4 г). Эти опыты были повторены в лондонском монастыре.

Подобный тонкий объект содержит в себе еще *сверхтонкий*, который способен отделяться от тонкого, о чем свидетельствует, в частности, анализ, с позиций ОТ, явлений парапсихологии, полтергейста, НЛО и т. п. Оказывается, все они имеют одну и ту же физическую природу, т. е. представляют собой некий единый феномен, порождаемый объектами фемтомира.

Согласно ОТ, если тело не имеет в своем составе хронального и метрического вещества, то оно существует вне времени и пространства, как бы «размазано» по нашему времени и внутри нашего объема. Такое внехронально-внеметрическое тело – есть объект фемтомира, оно обладает колоссальной проникающей способностью и возможностью «видеть» наше прошлое, настоящее и будущее. Сконцентрировавшись вокруг нашего обычного хронально-метрического тела, оно создаст соответствующую изолирующую оболочку и лишит его возможности проявлять свои хрональные и метрические свойства (протяженность и массу).

Такое изолированное тело, обладая прежними размерами и массой, способно проникать сквозь любые препятствия с любой скоростью и на любое расстояние. Нечто похожее писатели-фантасты именуют телепортацией. Если создать соответствующий внехронально-внеметрический луч-коридор, то по нему наше тело сможет перемещаться по принципу телепортации. Использование хронального луча – он обладает отталкивающими свойствами – позволяет аппарату расталкивать на своем пути молекулы среды и двигаться в образовавшемся коридоре, в воздухе и воде, беззвучно со сверхзвуковыми скоростями.

Хрональное поле изменяет темп всех процессов, включая частоту света и его скорость. Следовательно, с его помощью можно изгибать видимый луч или переводить его в невидимую инфракрасную область, либо проникающее γ -излучение сделать видимым.

Безопорный движитель позволяет аппарату неподвижно и беззвучно зависать над землей. Ускорив в аппарате ход времени с помощью хронального поля, можно двигаться с колоссальными ускорениями, достигающими десятков тысяч ускорений силы тяжести. Совместный анализ парапсихологических эффектов, движущихся предметов телекинеза, летающих тел и разбиваемых стекол полтергейста, осколков НЛО, взорвавшихся на Кольском полуострове в 1981 г. и на высоте 611 под Дальнегорском в 1986 г., проб грунтов с мест посадок НЛО, свойств лиц, обладающих парапсихологическими способностями, и многого другого привел к выводу, что во всех перечисленных явлениях задействован один и тот же сверхтонкий мир в лице фемтообъектов, находящихся на Земле.

Невозможно правильно понять то, что сейчас происходит на Земле, если не признать, что как в нашем хронально-метрическом, так и в тонких мирах одновременно с минус-фемтообъектами существуют и плюс-фемтообъекты. Их роли прямо противоположны.

В свете изложенного, не кажется невероятной причастность сверхтонкого мира к таким бедствиям человечества, как землетрясения, цунами, тайфуны, наводнения, засухи, голод, эпидемии и т.д. и наличие определенной связи между перечисленными бедами и поведением людей, материализованном в виде отрицательных хрональных наработок (хроносферы).

Человечество уже созрело, чтобы все это осмыслить.

А. И. Вейник

Источник: «Литейное производство»

1991, № 7

МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ

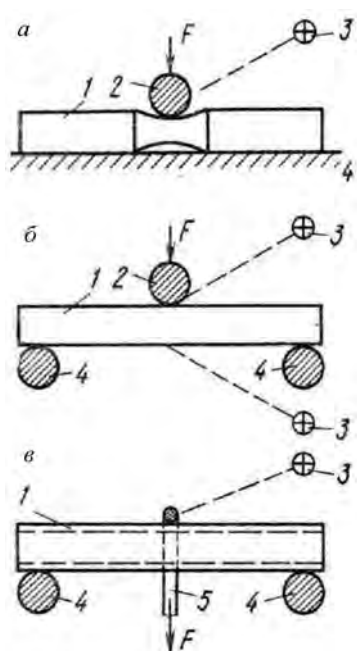


Рис. 1. Схемы силового нагружения образцов: *а* – чугуновых, *б* – стальных, *в* – керамических; 1 – образец, 2 – цилиндр, 3 – датчик, 4 – опоры, 5 – проволока

В настоящей работе развиваются и экспериментально иллюстрируются идеи, изложенные в статьях [1, 2], где говорится о свойствах неизвестного ранее хроногового явления и о возможности его применения в литейном производстве.

Установлено, что хроноевое поле (ХП) излучается всеми существующими в природе телами и процессами, включая рост и снижение напряжений в различных материалах. Это поле действует на другие тела, например, на пьезокварцевую пластинку специального датчика таким образом, что в ней изменяется темп (скорость протекания, длительность) всех процессов. Следовательно, по этому темпу, например, по резонансной частоте колебаний пластинки, можно судить об уровне напряжений, возникающих в материале.

Приводятся результаты опытов по силовому нагружению образцов. К их середине прикладывали силу F (рис. 1). Для устранения влияния постороннего электромагнитного поля и уменьшения помех от хроноговых излучений Солнца и людей датчики 3 (рис. 2) размещаются в заземленной металлической камере 4, изолированной многими слоями полиэтилена и алюминиевой фольги. Хроноевые излучения от середины образца 1 направляются к датчику 3 с помощью фокусирующего устройства 2, представляющего собой трубу из коррозионно-стойкого материала с полированной внутренней поверхностью. Труба внутренним диаметром 15 мм и длиной 1 м снаружи хроноизолирована, оба ее конца закрыты металлическими колпачками.

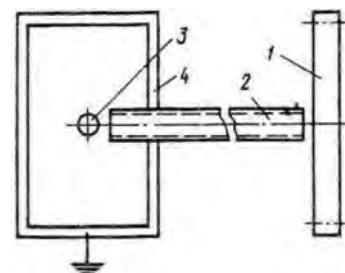


Рис. 2. Схема способа регистрации хроноговых излучений

Труба внутренним диаметром 15 мм и длиной 1 м снаружи хроноизолирована, оба ее конца закрыты металлическими колпачками.

На рис. 3, *а*, *б* приведена зависимость изменения частоты $\Delta\nu$ датчика ДГ-1 [2] от времени τ при разрушении цилиндрического образца $\varnothing$ 8 мм длиной 65 мм, изготовленного из серого чугуна. В отличие от работы [2], здесь хроноевому облучению подвергается только кварцевый резонатор с частотой 10 МГц, а микросхема датчика вынесена на 20 см за пределы поля, что увеличивает стабильность показаний при-

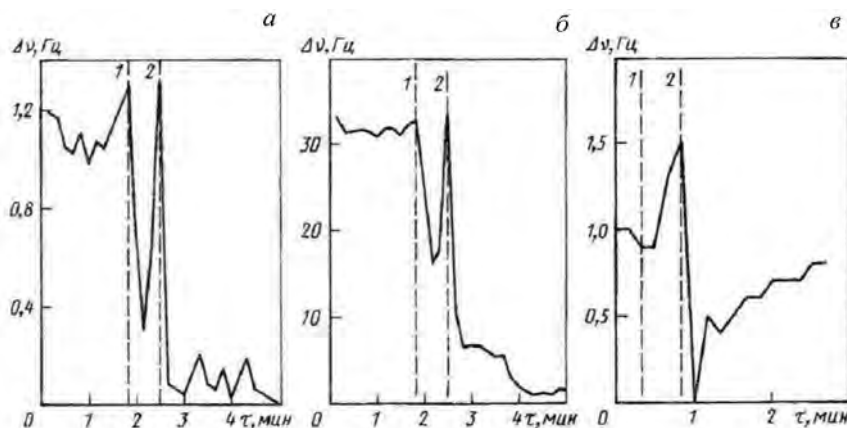


Рис. 3. Зависимость частоты времени при разрушении чугуновых образцов: 1 – начало нагружения, 2 – момент разрушения

боров. Одновременно использовали два датчика по схеме рис. 1, б, которые расположены со стороны растянутых (рис. 3, а) и сжатых (рис. 3, б) волокон, однако при цилиндрическом образце это требование соблюдается не строго. На рис. 3, в показана аналогичная зависимость для ВЧ 50. Образец $\varnothing 10$ мм при длине 65 мм имеет в середине выточку $\varnothing 5$ мм (см. рис. 1, а).

Датчик расположен со стороны сжатых волокон. В качестве стальных образцов использовали пластинки из быстрорежущей стали Р9 размером 65×35×2 мм. Результаты опытов по схеме рис. 1, б представлены на рис. 4.

Большая серия опытов проведена с неметаллическими материалами, например алундовой трубкой (рис. 5), имеющей наружный диаметр 22 мм и толщину стенки 2 мм, расстояние между опорами 280 мм, $F = 220$ Н. Постоянная нагрузка (участок А) через 28 мин резко снята (вертикальная штриховая линия), удалена (участок В) и полностью устранена (участок С).

Частота измерена одним и тем же датчиком ДГ-3 [2] в условиях разного дрейфа активности окружающей среды.

В случае излома алундовой трубки наружным диаметром 7 мм и толщиной стенки 1 мм при расстоянии между опорами 200 мм использованы одновременно два датчика типа ДГ-3, расположенные оба со стороны растянутых волокон на удалении 200 мм друг от друга и от трубки (рис. 6: А, В, С – по рис. 5).

Фокусирующее устройство не применяли, датчики были изолированы полиэтиленом с отверстием напротив зоны разрушения.

Во всех рассмотренных случаях изменение напряжений в материале сопровождается изменением активности излучаемого ХП, которая определяется хроналом. Аналогично давлению, температуре, электрическому потенциалу и т.д., он обратно пропорционален скорости хода реального физического времени [3]. Чем быстрее изменяется нагрузка, тем сильнее изменяются хронал и частота, фиксируемая датчиком. При резком сбросе напряжений, например, при возникновении трещин и разрушении материала, наблюдается скачкообразное уменьшение частоты. Эффект оказывается на несколько порядков выше чувствительности применяемых датчиков и измерительных приборов, поэтому они вполне могут быть использованы для практических целей.

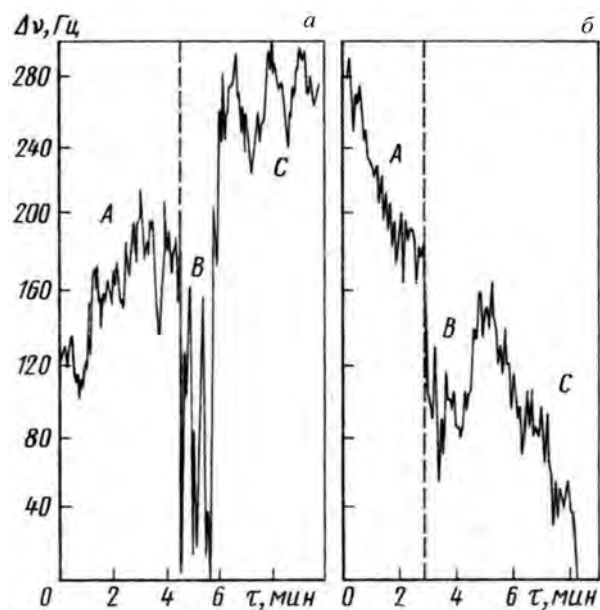


Рис. 5. Зависимость частоты от времени при внезапном снятии нагрузки с алундовой трубки: а – хронал фона возрастает, б – убывает

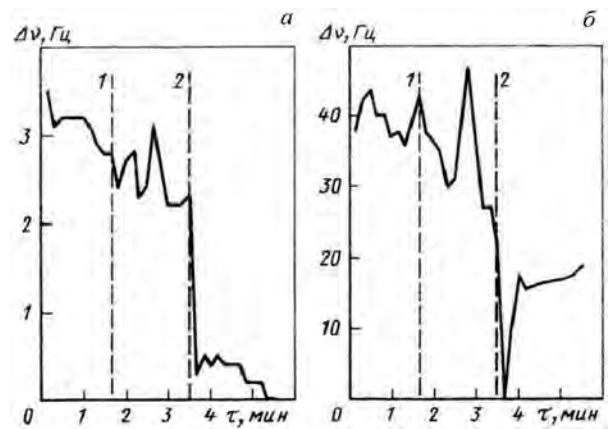


Рис. 4. Зависимость частоты от времени при разрушении образца из стали Р9: а, б, 1, 2 – по рис. 3

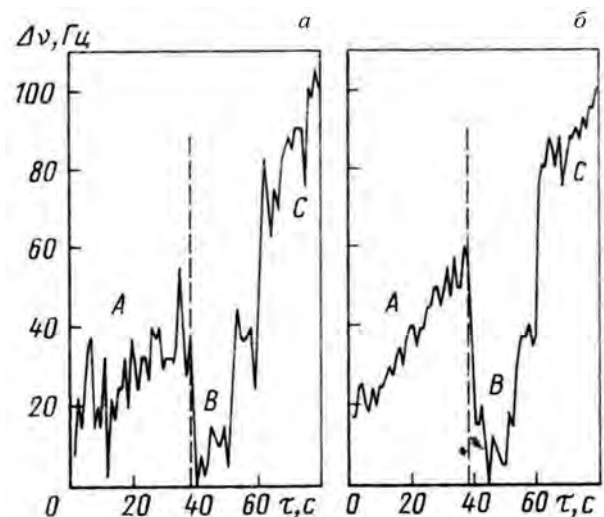


Рис. 6. Зависимость частоты от времени при разрушении алундовой трубки: а – первый датчик, б – второй датчик

При медленном нагружении отмечается некоторая тенденция к увеличению частоты со стороны сжатых волокон и уменьшению со стороны растянутых. Обращает на себя внимание повышенная (более, чем на порядок) интенсивность излучений ХП сжатыми волокнами, по сравнению с растянутыми.

При осуществлении экспериментов приходится учитывать хрональные и другие свойства материалов и окружающей среды. Иногда с датчиков и других устройств необходимо быстро удалять с аккумулярованный хрональный заряд. Представляет интерес возможность повышения чувствительности и быстродействия датчиков и измерительной аппаратуры. Целый ряд интересных вопросов появляется при решении различных конкретных задач литейного производства, машиностроения и вообще жизни. Например, очень актуальна проблема хрональной диагностики землетрясений, которая перекликается с опытами, представленными на рисунках 5 и 6. Некоторые из этих вопросов будут обсуждены в дальнейшем, другие имеют характер «ноу хау»...

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейник А. И. Раскрепостить мысль и фантазию // Литейное производство. 1991. № 7. С. 37–38.
2. Вейник А. И., Комлик С. Ф., Матулис Э. Б. Дистанционный контроль времени затвердевания отливки // Литейное производство. 1991. № 8. С. 10–11.
3. Вейник А. И. Термодинамика реальных процессов. Минск: Навука і тэхніка, 1991. 576 с.

А. И. Вейник, С. Ф. Комлик, Э. Б. Матулис

Источник: «Литейное производство», 1991, № 12.

«Библиотечка литейщика»

2019, № 10. С. 13–16

ВЛИЯНИЕ ХРОНАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ РОТАЦИОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА СВОЙСТВА ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕЙ ОТЛИВКИ

Установлено, что новое хрональное явление, описанное ранее, существенно влияет на процесс затвердевания отливки. Для изучения и применения на практике этого явления в литейном производстве были разработаны специальные генераторы хронального излучения (ХИ) нескольких типов: зеркального, электростатического, ротационного и т.д. Ротационный генератор образует неоднородный вращающийся поток излучения. Оказалось, что даже сравнительно маломощное ХИ заметно изменяет структуру, механические, коррозионные и другие характеристики. Ниже кратко излагаются результаты облучения отливки ротационным генератором.

В обсуждаемых экспериментах модельными материалами служили технически чистые металлы – Al, Sn, Bi, Pb и т.п. Металлы расплавляли в трех алундовых тигельках $\varnothing 35$ и высотой 80 мм. Контрольный остывал без ХИ, другие – под воздействием до полного охлаждения. Из отливок по стандартной технологии изготавливали образцы для определения основных механических характеристик, исследований рентгенографических и микроструктуры, коррозионных испытаний, определения удельного электросопротивления и т. д.

В качестве примера в таблице приведены результаты испытаний облученных и контрольных Al-образцов на разрыв; σ_b , σ_T и δ , усредненные значения микротвердости H , удельного электросопротивления ρ (параметр кристаллической решетки $a = 4,049 \text{ \AA}$).

Размещение отливки	σ_b / σ_T , МПа	δ , % ($l = 5d$)	H , кг/мм ²	ρ , 10^{-8} , Ом·м
I	36,4/27,0	47	18,7	2,77
II	33,0/21,0	50	18,0	2,73
III	32,5/18,5	50	18,1	2,73

Сравнительный анализ данных таблицы показывает, что наибольшие изменения свойств Al-отливки массой 2 кг произошли при воздействии на нее ротационным генератором (частота вращения 21000 мин^{-1}) в случае ее расположения сбоку от оси вращения (I), II – на оси вращения, III – контрольный. По сравнению с необлученным материалом, σ_b возросло на 12%, σ_T – на 46%. Отмечается также и небольшое увеличение ρ .

Разброс экспериментальных данных при испытании на растяжение $< 6\%$ среднего значения приведен в таблице.

На рис. 1 приведены диаграммы растяжения двух образцов: облученного 1 и контрольного 2. На начальном участке нагружения образцов кривые существенно различаются: у 1 отмечено увеличение σ_T почти в 2 раза, а σ_b – на 15%.

Ниже приведены данные изменения интегральной интенсивности дифракционных максимумов на рентгенограммах у образцов 1 и 2 (обозначения – по рис. 1).

[hkl]	1	2
[111]	400	140
[200]	820	22

Видно, что воздействие ХИ привело к переориентации плоскостей кристаллической решетки [200] у облученного металла.

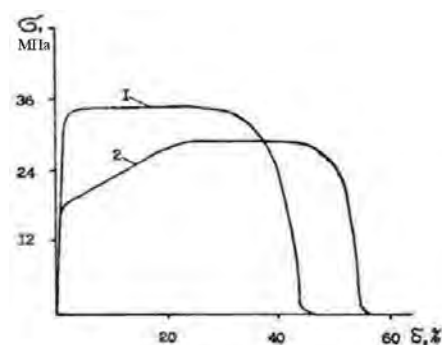


Рис. 1. Кривые растяжения облученных 1 и необлученных 2 Al-отливок

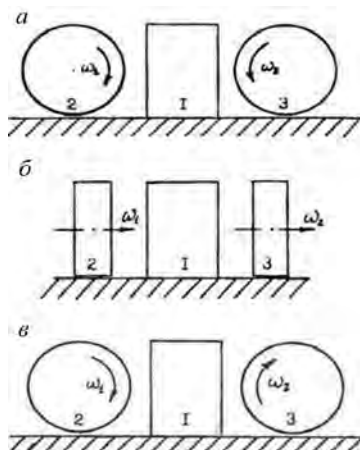


Рис. 2. Взаимное расположение генераторов XII ротационного типа: 1 – облучаемая отливка; 2, 3 – роторы, вращающиеся с угловыми скоростями ω_1 и ω_2

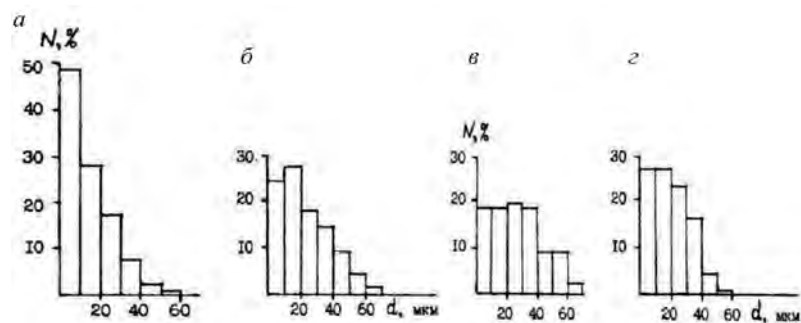


Рис. 3. Распределение зерен по размерам в облученных (а, б, в) и необлученной (г) отливках из олова

При изучении влияния ХИ на микроструктуру металла использовали несколько генераторов, как показано на рис. 2. Отливка 1 располагается между двумя роторами 2 и 3, в зависимости от ориентации вращения которых опробованы три варианта: векторы окружных скоростей двух роторов между их осями сонаправлены (рис. 2, а); оси и направление вращения роторов совпадают, отливка находится между их торцами (рис. 2, б); векторы окружных скоростей роторов между их осями вращения противоположны (рис. 2, в). Отливки $\varnothing 7$ и высотой 80 мм из легкоплавких металлов (Sn, Bi, Pb) затвердевали в кварцевых тиглях.

Средний размер зерна определен по известной методике. Выбрано семь размерных групп с интервалом 10 мкм.

На рис. 3 – гистограммы распределения по размерам зерна на отливки из олова марки ТУ 6-09-1484-76: а, б, в – облученной по схеме рис. 2, а, б, в соответственно; г – контрольной (необлученной). Видно, что при воздействии ХИ изменяется характер кривых распределения зерен по размерам, увеличивается доля мелких зерен и, как следствие, уменьшается средний размер зерна.

Наиболее заметен этот эффект при размещении отливки по схеме рис. 2, а, где прирост доли зерен в первом интервале (0–10 мкм) 27%, а средний размер зерна 19 мкм. В случае схемы рис. 2, б, этот при-



Рис. 4. Микроструктура свинцовых отливок, облученных генератором ротационного типа: а – по схеме рис. 2, а; б – по схеме рис. 2, б; в – контрольный, необлученный материал, $\times 50$

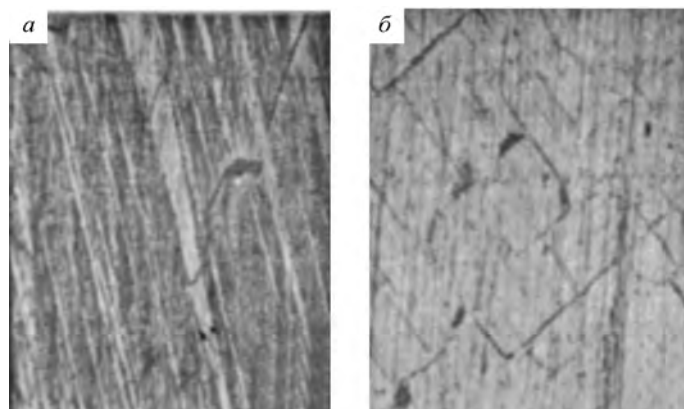


Рис. 5. Микроструктура висмутовых отливок: а – облученной, б – необлученной, $\times 50$

рост равен 6%, однако на кривой распределения появляется максимум, соответствующий второму размерному интервалу (10–20 мкм). Средний размер зерна 28 мкм. При облучении по схеме рис. 2, *в* этот размер составляет 24 мкм.

У контрольной отливки средний размер зерна 34 мкм.

При облучении Pb (по схеме рис. 2, *а*) обнаружена ориентированность элементов микроструктуры, как показано на рис. 4, *а*. Рис. 4, *б* соответствует схеме облучения рис. 2, *б*, рис. 4, *в* – контрольной отливке.

На рис. 5 – микрошлифы облученной *а* и контрольной *б* висмутовых отливок. Отмечено появление на облученном материале множества однонаправленных полос скольжения, которые полностью отсутствуют на контрольном шлифе (в качестве травителя был использован 5%-ный спиртовой раствор HNO_3). Наличие полос может быть результатом микропластической деформации образца, являющейся следствием возникновения внутренних напряжений при взаимодействии металла с формой (кварцевым тиглем) и повышенной пластичностью облученного образца. На рис. 6 – внешний вид затвердевших висмутовых отливок в кварцевых тиглях: 1 – необлученной и 2 – облученной.

Из-за расширения Vt при затвердевании хрупкие тигли из кварца у необлученных отливок лопаются с образованием множества трещин. Облученные же отливки остаются с целыми, нелопнувшими тиглями, что может говорить об изменении свойств металла, либо формы (кварца), либо того и другого вместе.

Приведенные результаты свидетельствуют о существенном влиянии ХИ на процесс затвердевания металла. Эффект заметно возрастает при использовании более мощных генераторов, что можно с успехом использовать в литейной практике для управления процессом формирования отливки.

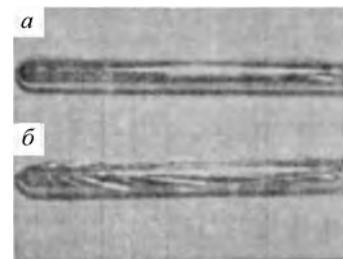


Рис. 6. Внешний вид затвердевших висмутовых отливок: *а* – облученной в процессе затвердевания (трещин в тигле нет), *б* – необлученной (тигель имеет трещины)

А. И. Вейник, Р. Л. Тофпенев, С. Ф. Комлик

Источник: «Литейное производство», 1995, № 12.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-26-30>

Поступила 12.11.2019

Received 12.11.2019

ЧАСТНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ: ВЗГЛЯД СТОРОННЕГО НАБЛЮДАТЕЛЯ

И. О. САЗОНЕНКО, В. И. САЗОНЕНКО, г. Могилев, Беларусь. E-mail: sazonenko2@mail.ru

На основе общепризнанного изложения идей частной теории относительности рассматриваются примеры относительной одновременности и сверхсветовой скорости. Предложен вариант запрета на путешествия в прошлое в инерциальных системах отсчета.

Ключевые слова. Относительная одновременность, сверхсветовая скорость, теория множеств.

Для цитирования. Сазоненко, И. О. Частная теория относительности: взгляд стороннего наблюдателя / И. О. Сазоненко, В. И. Сазоненко // *Литье и металлургия*. 2019. № 4. С. 26–30. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-26-30>.

SPECIAL THEORY OF RELATIVITY: A VIEW OF AN EXTERNAL OBSERVER

I. O. SAZONENKO, V. I. SAZONENKO, Mogilev, Belarus. E-mail: sazonenko2@mail.ru

Based on the generally accepted presentation of the ideas of the private theory of relativity, examples of relative simultaneity and superluminal speed are considered. A variant of the ban on travel to the past in inertial reference systems is proposed.

Keywords. Relative simultaneity, superluminal speed, set theory.

For citation. Sazonenko I. O., Sazonenko V. I. Special theory of relativity: a view of an external observer. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 4, pp. 26–30. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-26-30>.

Глобальная информационная сеть и практически неограниченный доступ к информации постепенно размывают границы понятия «noblesse oblige» (благородство обязывает (франц.)). Первые попытки выйти за пределы этого принципа были предприняты еще в прошлом столетии [1]. Воспользовавшись отступлением от этого правила, предлагаем еще раз вспомнить, что привносят базовые положения частной теории относительности (ЧТО) в наши представления о пространстве и времени.

Первое основное положение ЧТО – положения об относительной одновременности. В замечательной книге Роджера Пенроуза «Новый ум короля» [2] приводится пример – отправки космического флота инопланетян, из туманности Андромеды, для завоевания Земли: «Представим себе двух людей, медленно проходящих друг мимо друга на улице. События в туманности Андромеды (ближайшей большой галактики, находящейся на расстоянии 20 000 000 000 000 000 км от нашей собственной галактики – Млечного Пути), **одновременные** по мнению этих двух прохожих, в тот момент, когда они поравняются друг с другом – **могут отстоять по времени друг от друга на несколько суток**. В то время как **для одного из прохожих космический флот**, отправленный с заданием уничтожить все живое на Земле, **уже находится в полете**, для другого прохожего **само решение относительно отправки космического флота в рейд еще не принято!**» Схема, описывающая данную ситуацию представлена на рис. 1. Такая трактовка событий основана на рассмотрении факта отправки космического флота с точки зрения его положения относительно одновременных пространств пешеходов. Взглянув на рисунок, мы увидим, что данное событие находится под одновременным пространством пешехода А, это означает, что оно находится в прошлом А. Соответственно это же событие находится над одновременным пространством пешехода В, т. е. в его будущем.

Предлагаем пристальнее взглянуть на эту схему, отражающую историю мировых событий пешеходов А и В с точки зрения неподвижного наблюдателя. По определению, при переходе из одной системы

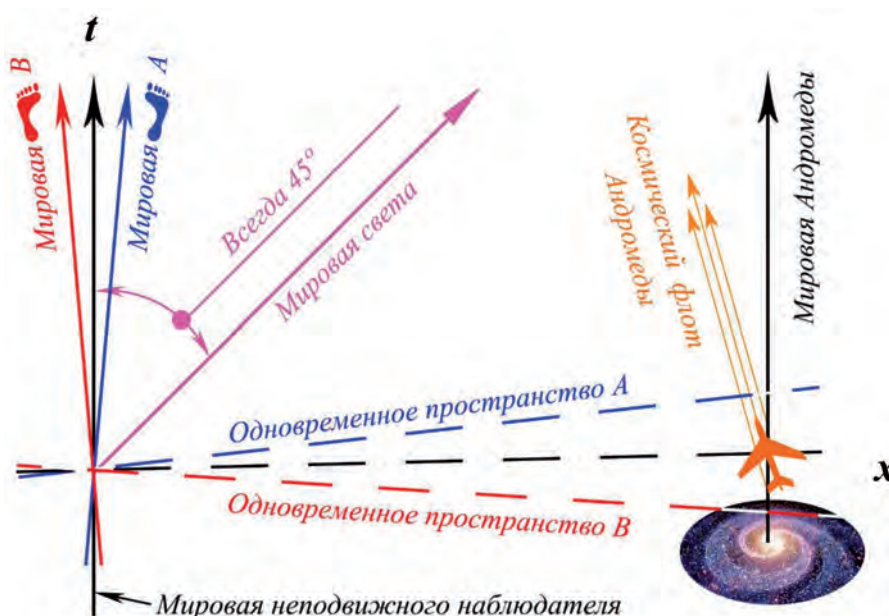


Рис. 1. Схема событий с точки зрения неподвижного наблюдателя (сюжет из книги Р. Пенроуза «Новый ум короля»)

отсчета в другую мировая линия света всегда отображается с углом наклона в сорок пять градусов к мировой линии покоящегося в данный момент наблюдателя. Это отражает постоянство скорости света в любой инерциальной системе отсчета.

Также не оспорим тот факт, что скорость света невозможно превзойти, вследствие этого ее рассматривают как актуальную бесконечность [3]. Действительно правило сложения скоростей в ЧТО соответствует одной из теорем теории множеств, которая утверждает, что добавление счетного множества к бесконечному не меняет его мощности [4].

Теперь более подробно рассмотрим одновременное пространство неподвижного наблюдателя (рис. 2). Данное пространство по своему содержанию является мгновенным временным отпечатком Ньютоновского мира. Это атрибут Ньютоновского мира с его представлением времени как абсолютной величины и соответственно с бесконечной скоростью распространения взаимодействий. Если мысленно провести мировую линию гипотетического наблюдателя, лежащую в данном пространстве одновременности, то она будет означать его движение с бесконечной скоростью.

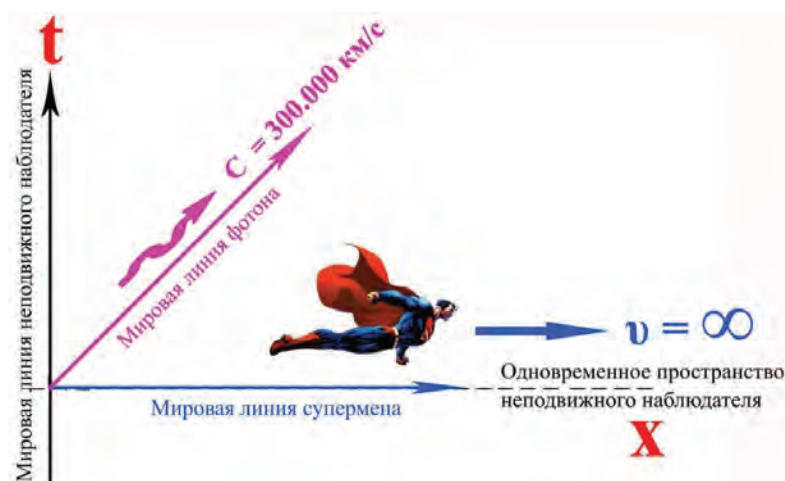


Рис. 2. Отображение бесконечной скорости в координатном пространстве t, x (сюжет супермена с сайта <http://imgpng.ru/img/heroes/superman>)

В теории множеств существует понятие мощности множеств [5]. Исходя из положений теории, можно с уверенностью утверждать, что бесконечная скорость по крайней мере равномощна скорости света как бесконечной величине. С этой точки зрения теории множеств все бесконечности должны

«выглядеть» одинаково относительно всех инерциальных систем отсчета. Изображенные на рис. 1 одновременные пространства движущихся наблюдателей, «содержащих» в себе бесконечную скорость, явным образом противоречат положениям теории множеств.

Предлагаем рассмотреть еще один пример того же автора [2]. В примере рассматривается гипотетическая ситуация распространения сверхсветового сигнала (рис. 3): «Предположим, что сконструировано некоторое устройство, способное посылать сигнал со скоростью, немного больше скорости света. Пользуясь этим устройством, наблюдатель W посылает сигнал из точки A на своей мировой линии к далекой точке B , расположенной непосредственно под световым конусом события A . На рисунке a эта система изображена с точки зрения наблюдателя W , на рисунке b картина нарисована уже по-другому, с точки зрения второго наблюдателя U , который быстро движется от W (из точки, например между A и B) – и наблюдателю U событие B кажется происходящим раньше события A ! (Такая «перерисовка» есть не что иное, как движение Пуанкаре, как описано выше, см. с. 167 [2]). С точки зрения наблюдателя W одновременные пространства наблюдателя U представляются «наклоненными». Поэтому событие B кажется наблюдателю U происходящим раньше события A . Таким образом, для U сигнал, испущенный наблюдателем W , будет распространяться назад во времени!»

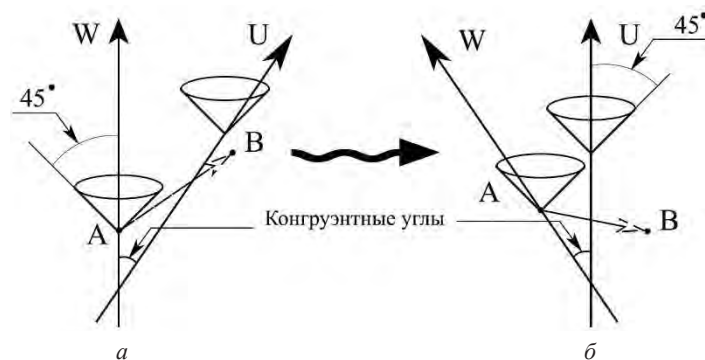


Рис. 3. Схема движения сверхсветового сигнала в системах отсчета движущихся относительно друг друга (сюжет из книги Р. Пенроуза «Новый ум короля»)

Для этого примера можно легко построить переход из одной системы отсчета в другую, используя графический метод. На рис. 4 представлен результат такого построения, основанного на деформации Пуанкаре [2] соответствующих координатных систем. Это тот же переход, что и на рис. 3, но полученный путем задания численных значений пространственно-временных координат событий A и B в системе отсчета наблюдателя U . Координаты событий как пространственные, так и временные назначены в метрах согласно рекомендациям [6].

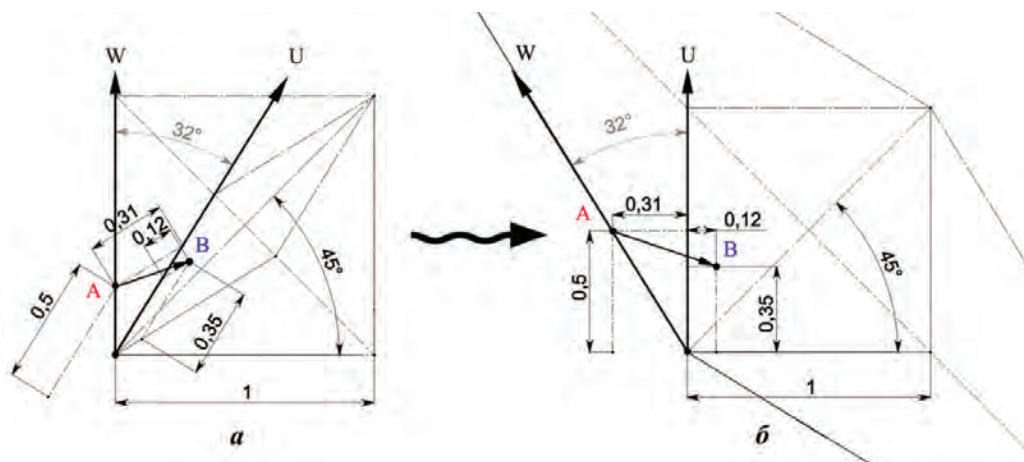


Рис. 4. Схема движения сверхсветового сигнала в прошлое (графическое построение)

Вряд ли кто-то сможет утверждать, что изображения на рис. 3 и 4 качественно не выглядят одинаково. Но также легко можно показать, что при таком перестроении не всякий сверхсветовой сигнал будет двигаться в прошлое (рис. 5).

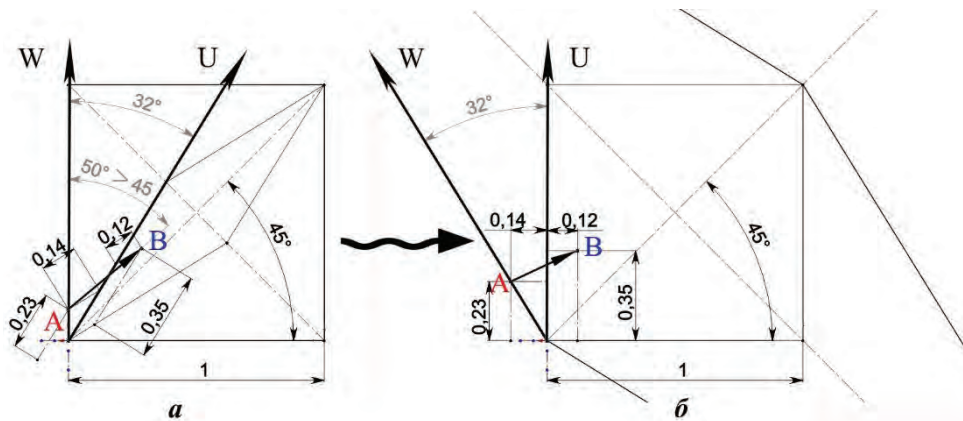


Рис. 5. Схема движения сверхсветового сигнала в будущее (графическое построение)

Необходимо особо подчеркнуть, что оба сверхсветовых сигнала рассматриваются в одних и тех же системах отсчета. Резонно возникает вопрос. Если не каждый сверхсветовой сигнал направлен в прошлое, то, как надо относиться к запрету на существование таких сигналов, основанного именно на факте их возможного перемещения в прошлое? Ведь получается, что для нарушения причинно-следственных связей сигнал должен иметь определенную сверхсветовую скорость.

В обоих приведенных примерах мировые события трактуются на основании координатных преобразованиях Пуанкаре. Но в рамках ЧТО существует другая схема представления мировых событий (рис. 6). Гипербола $t^2 - x^2 = 1$ является двумерным вариантом отображения уравнения пространственно-временного интервала – основы геометрии Минковского [3]. Эта кривая является линией синхронизации часов всех инерциальных наблюдателей – это одновременное пространство мира Эйнштейна с его конечной скоростью распространения взаимодействий. Для любого наблюдателя схема остается неизменной (белые мировые линии – это «вид» из системы отсчета наблюдателя W , пурпурные – из системы наблюдателя U). Все сверхсветовые сигналы «выглядят» одинаково во всех системах отсчета, как по идее и должны отображаться бесконечные величины по определению. При этом мы не наблюдаем какого-либо нарушения причинно-следственных связей. Все сигналы распространяются из прошлого в будущее. Максимум «нарушения» причинно-следственных связей при бесконечной скорости – это невозможность определить, где заканчивается причина и начинается следствие. В этом случае все события просто будут «выглядеть» одновременными.

Остается вопрос о парадоксе путешествия в прошлое, который обычно обсуждается на примере «убить дедушку» [7]. Возможно, этот парадокс можно устранить, основываясь на странной аналогии между областью будущего на вышеприведенной схеме и областью действительных значений неравенства Гейзенберга вида $\Delta p \times \Delta x \geq \hbar/2$, где Δp – среднеквадратическое отклонение импульса; Δx – среднеквадратическое отклонение координаты (рис. 7).

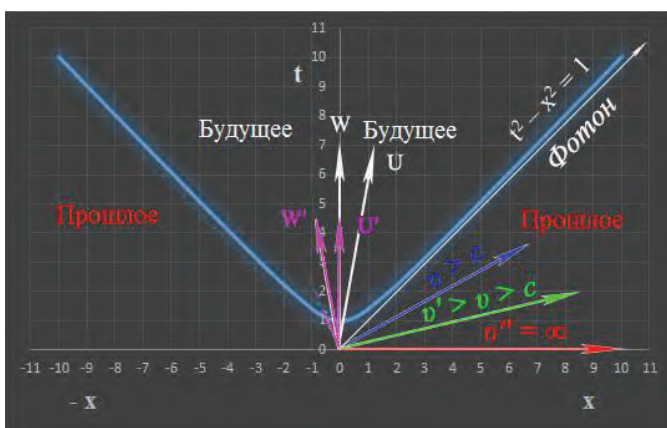


Рис. 6. Представление одновременного пространства на основе равенства пространственно-временных интервалов для инерциальных наблюдателей

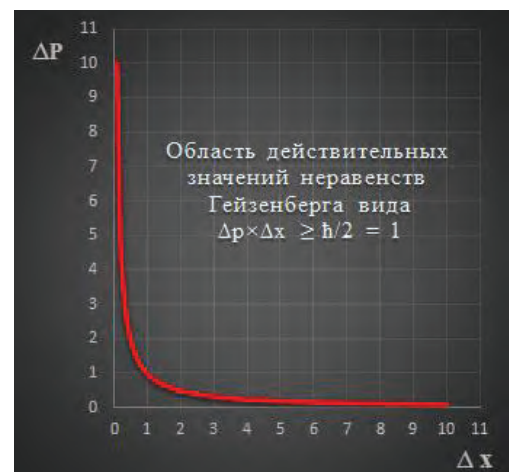


Рис. 7. Область действительных значений неравенств Гейзенберга вида $\Delta p \times \Delta x \geq \hbar/2$ при присвоении величине $\hbar/2$ значения, равного 1.

Осуществим над графиком несколько действий. Повернем его на 45° градусов против часовой стрелки относительно начала координат. Наложим его на схему, полученную нами ранее и изображенную на рис. 7. Результат такого совмещения показан на рис. 8.

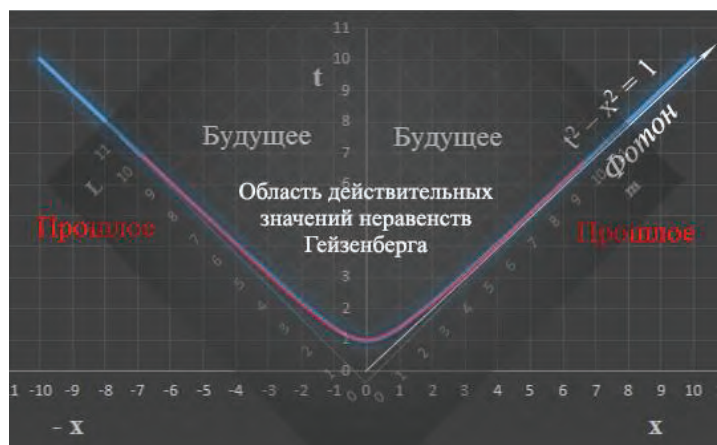


Рис. 8. Результат совмещения рис. 6 и 7

Если в этом совмещении действительно присутствует какая-либо скрытая связь, то можно сформулировать следующее высказывание: невозможность преодоления постоянной Планка как предела, в неравенствах Гейзенберга, по существу, является запретом на путешествия в прошлое в инерциальных системах отсчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физика? / Пер. с англ. М.: РИМИС, 2009. 176 с.
2. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ. В. О. Малышенко. М.: Едиториал УРСС, 2003. 384 с.
3. Тейлор Э., Уилер Дж. Физика пространства-времени / Пер. с англ. М.: Мир, 1971. 320 с.
4. Верещагин Н. К., Шень А. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Ч. 1. Начала теории множеств. М.: МЦНМО, 2012. 112 с.
5. Вербицкий М. С. Начальный курс топологии в листочках: задачи и теоремы. М.: МЦНМО, 2017. 352 с.
6. Де Витт Б. С. Квантовая гравитация // В мире науки. 1984. № 2.
7. Парадокс убитого дедушки. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki>.

REFERENCES

1. Shredinger Je. *Chto takoe zhizn's tochki zreniya fizika?* [What is life from the point of view of a physicist?]. Moscow, RIMIS Publ., 2009, 176 p.
2. Penrouz R. *Novyy um korolja: O komp'yuterah, myshlenii i zakonah fiziki* [The new mind of the king: On computers, thinking and the laws of physics]. Moscow, Editorial URSS Publ., 2003, 384 p.
3. Tjejlор Je., Uiler Dzh. *Fizika prostranstva-vremeni* [Space-time physics]. Moscow, Mir Publ., 1971, 320 p.
4. Vereshhagin N. K., Shen' A. *Lekcii po matematicheskoy logike i teorii algoritmov. Chast' 1. Nachala teorii mnozhestv* [Lectures on mathematical logic and theory of algorithms. Part 1. The beginnings of set theory.]. Moscow, MCNMO Publ., 2012, 112 p.
5. Verbickij M. S. *Nachal'nyj kurs topologii v listochkah: zadachi i teoremy* [Leaflet Topology Course: Problems and Theorems]. Moscow, MCNMO Publ., 2017, 352 p.
6. De Vitt B. S. *Kvantovaja gravitacija* [Quantum gravity] . *V mire nauki = In the world of science*, 1984, no. 2.



27-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И МЕТАЛЛУРГИЯ 2019. БЕЛАРУСЬ»

С. Л. РОВИН, М. А. САДОХА, В. Е. СОБОЛЕВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: sobolev-alimrb@tut.by

16–17 октября 2019 г. в Жлобине состоялась 27-я Международная научно-техническая конференция и информационная выставка «Литейное производство и металлургия 2019. Беларусь». Эта конференция является крупнейшим международным отраслевым форумом в Беларуси и проводится ежегодно начиная с 1992 г. В этом году она была посвящена 35-летию Белорусского металлургического завода, а ее проведение было организовано в филиале БНТУ УО «Жлобинский государственный металлургический колледж».

Основными организаторами конференции являются Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Национальная академия наук Беларуси и ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Генеральными партнерами МНТК в этом году были лидеры мирового производства литейного оборудования и литейных материалов – компании HWS (Германия), LK (Китай), FURTENBACH (Австрия), ASK Chemicals (Чехия), а также ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством».

Конференция традиционно привлекает большое количество специалистов литейной и металлургической отрасли из Беларуси, стран СНГ и дальнего зарубежья. В 2019 г. в работе конференции приняло участие более 120 специалистов из 12 стран: Беларуси, России, Украины, Австрии, Великобритании, Германии, Египта, Италии, Китая, Латвии, Узбекистана, Чехии.



Президиум пленарного заседания конференции (слева направо): ген. директор ООО «ЛК Машинери Рус» Хань Юйсин; зам. ген. директора по технологии и качеству ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» Е.А.Перетягина; ген. директор ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» Д. А. Корчик; академик НАН Беларуси Е. И. Марукович; проректор БНТУ по учебной работе Ю.А.Николайчик; генеральный менеджер компании HWS Олаф Крамер; генеральный менеджер ASK Chemicals Дан Таборски

Открыл конференцию академик НАН Беларуси, лауреат Государственных премий БССР и Республики Беларусь, заместитель председателя Ассоциации литейщиков и металлургов Беларуси Е. И. Марукович. С приветственным словом к участникам обратились генеральный директор ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» Д. А. Корчик и проректор БНТУ по учебной работе Ю. А. Николайчик. В работе конференции приняли участие топ-менеджеры и представители компаний HWS (Германия), LK (Китай), FURTENBACH (Австрия), ASK Chemicals (Чехия), Simpson Technologies (США-Германия), Wheelabrator (Франция), DISA (Дания), Bühler (Швейцария), VESUVIUS (Великобритания-Германия), SMS Group, ABP Induction, Voxeljet и Kurtz-Ersa (Германия), ООО «Уралхимпласт-Хюттенес Альбертус» (Россия-Германия), АО «СиСофт» и ООО «СЛТ» (Россия), ООО «Компания Смартпринт» (Украина) и др., ученые и исследователи египетского Центрального металлургического научно-исследовательского института (CMRDI), Московского института стали и сплавов, Ташкентского государственного технического университета, руководители и ведущие специалисты белорусских предприятий (ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», ОАО «Гомельский литейный завод «ЦЕНТРОЛИТ», ГП «Конус», ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», ОАО «Могилевлифтмаш» и др.), научных учреждений и вузов (Физико-технический институт, Объединенный институт машиностроения, Институт технической акустики НАН Беларуси, Белорусский национальный технический университет, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством», ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и др.).

Доклады, представленные на конференции, были посвящены актуальным проблемам литейного и металлургического производств: повышению качества и снижению материалоемкости продукции, энерго- и ресурсосбережению, рециклингу отходов производства и охране окружающей среды, модернизации литейных и металлургических цехов, новым технологиям и материалам. На пленарном заседании и в секциях «Литейное производство», «Металлургия» и «Материаловедение» было заслушано более 60 докладов.

Помимо программных докладов, профессором А. Нофалем (Египет) был проведен круглый стол «Старое название нового материала (чугун ADI)» для участников конференции и студентов Жлобинского государственного металлургического колледжа. Активное участие в конференции приняли преподаватели колледжа, аспиранты и магистранты механико-технологического факультета БНТУ, которыми было подготовлено и представлено на секциях 23 научных доклада.

На пленарном заседании особый интерес вызвали доклады «Состояние литейного производства Республики Беларусь» (докладчик – академик НАН Беларуси Е. И. Марукович, Беларусь), «Модернизация литейных предприятий» (докладчик – О. Крамер, фирма HWS, Германия), «Опыт Египта в производстве литых прокатных валков из высокопрочного чугуна» (докладчик – профессор А. Нофал – CMRDI, Египет), «Крупнотоннажные машины для литья цветных металлов и сплавов» (докладчик – Е. И. Иванова, филиал китайской фирмы LK в России), «Сравнение свойств связующих веществ для изготовления литейных форм» (докладчик – А. Джинек, фирма ASK Chemicals).

На пленарном заседании состоялась церемония вручения дипломов и ценных подарков генеральным партнерам конференции. Вручая им дипломы, Е. И. Марукович поблагодарил их за оказанную помощь в проведении конференции и выразил надежду на дальнейшее сотрудничество.

За большой вклад в подготовку специалистов для отечественного литейного и металлургического производств были вручены дипломы и бронзовые статуэтки «Литейщик» кафедре «Машины и технология литейного производства» (зав. кафедрой д-р техн. наук, доцент С. Л. Ровин) и кафедре «Металлургия черных и цветных сплавов» (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Б. М. Немененок).

Дипломом лауреата премии АЛиМ за 2019 г. в номинации «Лучшая научно-производственная работа молодого ученого или инженера» (премия имени Давыда Михайловича Кукуя) был удостоен Иван Анатольевич Панковец, инженер-технолог группы сортового проката отдела технического управления ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» за разработку и внедрение автоматизированной системы оптимального раскроя прутка на стане 370/150 ОАО «БМЗ – УКХ «БМК».

В рамках конференции состоялась информационная выставка, на которой были представлены стенды фирм HWS (Германия), ASK Chemicals (Чехия), LK (филиал китайской фирмы LK в России), FURTENBACH (Австрия), СиСофт (Россия), ОАО «БМЗ» (Беларусь), БелОМО (Беларусь), Ассоциации литейщиков и металлургов Беларуси, где проходили переговоры и дискуссии, в результате которых были достигнуты определенные успехи в развитии деловых контактов участников конференции и намечены дальнейшие планы сотрудничества.

Секция «Литейное производство» может служить ярким подтверждением международного статуса конференции. Представленные доклады охватили практически все технологические переделы литейного производства и были сделаны представителями различных стран (Беларусь, Германия, Египет, Россия, Украина).

Прежде всего следует отметить активное участие ученых и исследователей из Центрального научно-исследовательского металлургического института Египта (CMRDI). Этот институт, где работают около 700 специалистов, является авторитетной международной организацией по литью и металлургии, разработки и исследования которой внедрены в странах Европы, Африки и Азии. Четыре доклада сотрудников CMRDI были представлены в секции, один доклад – на пленарном заседании. Новые разработки были освещены в докладе Халеда Ибрагимова «Улучшенное литье титановых сплавов для космоса и биомедицины». Доклад на тему «Технология литья и ее развитие при работе на сплавах на основе магния для деталей в автомобильной промышленности и биомедицине» Ейса Мохамеда вызвал живой интерес у аудитории. Мерват Юсеф и профессор А. Нофал представили обширный доклад на тему «Чугун с высоким содержанием Si и Mo для применения при высоких температурах». Совместный доклад ученых из Египта и Беларуси (Мостафа Ахмед и Нофал Адел (Египет), А. Волочко, М. Ковалко (ФТИ НАН Беларуси) на тему «Микроструктура высокопрочного отпущенного чугуна ADI» продемонстрировал интересную работу и показал плодотворное сотрудничество исследователей.

Ряд выступлений на секции позволил познакомиться с последними новинками фирм из Германии. Так, доклад В. Андреева «Компания «Kurtz-Ersa» – лидер в производстве машин для литья алюминия» был посвящен новым разработкам в технологии литья алюминиевых сплавов. В своем выступлении «Цифровые решения для литейных предприятий» Alexander Keller, представляющий фирму ABP Induction Systems GmbH (Германия), подробно осветил вопросы, касающиеся энергосбережения при плавке.

Вопросы моделирования технологических процессов в литейном производстве на базе системы «ПолигонСофт» осветил в своем докладе один из ведущих разработчиков компании АО «СиСофт» (Россия) А.В.Монастырский.

С. В. Вдовиченко (представитель ООО «Уралхимпласт-Хюттенес Альбертус», Россия) рассказал о современных разработках связующих для Cold-Box-Amin-процесса.

Е. В. Кожуховский, представляющий ООО «Компания Смартпринт» (Киев, Украина), свое выступление «Использование технологии 3D-печати VOXELJET для изготовления песчаных литейных форм и стержней» посвятил аддитивным технологиям в литейном производстве.

Аналитический материал по поставкам некоторых материалов литейной и металлургической продукции из Беларуси, России и Украины в страны Европейского Союза с 2010 по 2018 годы был представлен в докладе Ю. А. Николайчика и В. Е. Соболева (БНТУ, Беларусь).

Совместный доклад академика Е. И. Маруковича (ГНУ ИТМ НАН Беларуси) и Е. Б. Демченко (БНТУ) был посвящен принципам управления процессом формирования отливки при непрерывном литье.

Также академиком Е. И. Маруковичем во главе группы специалистов ГНУ ИТМ НАН Беларуси А. Ю. Белых, В. А. Харьков, И. О. Сазоненко, А. М. Ковалев был представлен доклад на тему «Получение отливок из антифрикционного хромоникелевого чугуна литьем по газифицирующим моделям».

Работы, выполненные под руководством С. Л. Ровина, были озвучены в докладах «Прогресс в области вторичной плавки чугуна», «Применение ротационных печей для плавки черных сплавов».

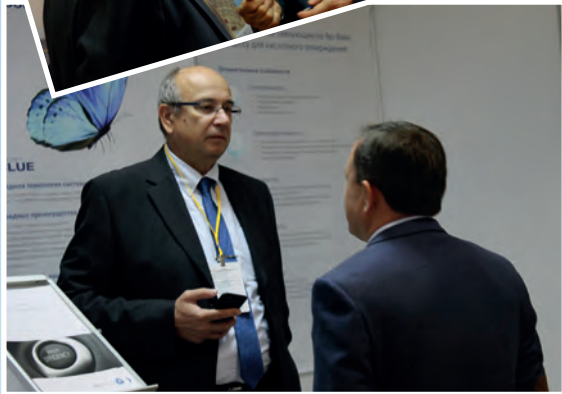
Экологически чистое модифицированное ультрадисперсными материалами жидкостекольное связующее подробно рассмотрено в докладе Ю. Ю. Гуминского, С. Л. Ровина, С. Мацинова, Н. В. Пацовского (БНТУ).

Ю. Ю. Гуминский и О. А. Русевич (БНТУ) представили свое видение использования программного обеспечения для решения производственных и научных задач в литейной промышленности.

Опытом модернизации участка литья под давлением ОАО «ММЗ им. С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» поделился В. И. Чечуха, главный металлург предприятия. Он отметил, что проведенная модернизация позволила вывести производство отливок на новый уровень высококачественной, инновационной и конкурентоспособной продукции.

Разработки ОАО «БЕЛНИИЛИТ» для литейного производства были представлены в докладах «Механизация технологических процессов в литейном производстве (М. А. Садох, ОАО «БЕЛНИИЛИТ») и «Технология и оборудование для производства крупных мелющих шаров» (Д. А. Волков, А. Д. Волков, А. В. Ефименко, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»).





В секции «Металлургия» были заслушаны девять докладов согласно программе. Наибольший интерес вызвали доклады «Современные литейные технологии» (профессор А. Б. Стеблов), «Методы контроля и оптимизации процессов металлургического производства» (В. Райко, фирма Vesuvius, Германия), а также доклады, представленные сотрудниками ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».

В секции «Материаловедение» интерес вызвали сообщения представителей Белорусско-Российского университета, ГНУ ОИМ НАН Беларуси, а также совместного доклада специалистов БНТУ, ГГТУ им. Сухого и «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Ряд докладов были представлены в стендовой сессии.

В обеих секциях было задано много вопросов, состоялась дискуссия по техническим деталям представленных докладов.

Было высказано предложение об объединении двух секций в одну на последующих конференциях.

**Информируем Вас, что 28-я Международная научно-техническая конференция
«Литейное производство и металлургия 2020. Беларусь» пройдет в г. Минске 4–5 ноября 2020 г.
Приглашаем всех принять участие.**

Фотогалерею конференции можно посмотреть на сайте АЛМ www.alimrb.by

Юбилеем,

Владимир Федорович БЕВЗА

(К 80-летию со дня рождения)



27 октября 2019 г. исполнилось 80 лет Владимиру Федоровичу Бевзе – специалисту в области специальных видов литья.

В 1962 г. В. Ф. Бевза окончил Белорусский политехнический институт, кафедру «Машины и технология литейного производства». Работал инженером-технологом, мастером, заместителем главного технолога, заместителем начальника литейного цеха Минского завода отопительного оборудования (1962–1968 гг.); старшим, главным инженером лаборатории физики контактных явлений Физико-технического института АН БССР (1968–1970 гг.).

С первых дней организации в 1970 г. Могилевского отделения Физико-технического института (ныне Институт технологии металлов НАН Беларуси) до настоящего времени возглавляет направление исследований закономерностей формирования отливок при интенсивном одностороннем направленном теплоотводе и наличии перегрева на фронте затвердевания.

В 1974 г. В. Ф. Бевза защитил кандидатскую диссертацию. Разработки, выполненные лично В. Ф. Бевзой и под его руководством, широко известны как в республике, так и за рубежом.

В 1999 г. В. Ф. Бевза удостоен премией НАН Беларуси за цикл работ по теоретическим основам формирования отливки.

Глубокие теоретические исследования и практические решения, внедренные в производство, высоко оценены государством. В 2010 г. В. Ф. Бевзе присуждена Государственная премия Республики Беларусь в области науки и техники за «Создание и промышленную реализацию принципиально нового метода непрерывно-циклического литья намораживанием высокоизносостойких деталей техники».

В. Ф. Бевза – автор более 280 научных трудов, в том числе монографий, имеет более 60 изобретений.

По руководимому им направлению защищено семь кандидатских диссертаций. В. Ф. Бевза награжден медалью «За трудовые заслуги».

От имени коллектива редколлегии журнала «Литье и металлургия» и Ассоциации литейщиков и металлургов примите, Владимир Федорович, самые теплые поздравления с юбилеем, пожелания счастья, крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, долголетия.

Благополучия и добра Вам и Вашим близким.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>
УДК 621.771

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСКРОЯ ПРУТКА НА СТАНЕ 370/150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

И. А. ПАНКОВЕЦ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. Тел.: +375-29-12-23-121

Рассмотрена актуальная проблема производства сортового проката в прутках на действующем производстве стана 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Приведена краткая технологическая модель получения сортового проката в прутках, разработан алгоритм системы определения оптимального раскроя сортового проката. Разработанный алгоритм поможет сократить затраты на производство 1 т продукции. Выявлен механизм образования прутков немерной длины, которые, в свою очередь, значительно влияют на расходный коэффициент металла при производстве.

Ключевые слова. Прокатный стан, совершенствование технологии, алгоритм расчета, качество, информационные технологии, механизм образования прутков немерной длины.

Для цитирования. Панковец, И. А. Разработка и внедрение автоматизированной системы оптимального раскроя прутка на стане 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / И. А. Панковец // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 38–42. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM OF OPTIMAL BAR CUTTING AT THE MILL 370/150 AT OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING «BMC»

I. A. PANKOVETS, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», 37, Promyshlennaja Str., Zhlobin, Gomel region, Belarus. Tel.: +375-29-12-23-121

The actual problem of production of long products in bars at the current production of mill 370/150 of OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» is considered, a brief technological model of obtaining long products in bars is given, an algorithm for determining the optimal cutting of long products is developed. The developed algorithm will help to reduce the cost of production per one ton and increase the competitiveness of the company's products. The mechanism of formation of rods of non – dimensional length, which in turn significantly affect the consumption coefficient of metal in production, is revealed.

Keywords. Rolling mill, technology improvement, calculation algorithm, quality, information technologies, mechanism of formation of bars of non-dimensional length.

For citation. Pankovets I. A. Development and implementation of an automated system of optimal bar cutting at the mill 370/150 at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 38–42 <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-38-42>

Введение

В современном мире, при жесткой конкуренции на рынке металлопроката, одним из условий получения высококачественной продукции является непрерывное совершенствование действующей технологической цепочки производства. Один из самых эффективных способов на сегодняшний день – совершенствование прокатного производства за счет внедрения информационных технологий. Внедрение электронных систем проектирования, расчета, контроля и учета производственных процессов – все это неотъемлемая часть современных прокатных станов. Без использования информационных технологий любое предприятие рискует оказаться неконкурентоспособным, так как не сможет обеспечить не только требуемое качество продукции, но и быструю реакцию на рыночные изменения [1].

Цель данной работы – рассмотреть действующую технологию проката в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на стане 370/150 при производстве сортового проката на линии прутка; провести анализ существующей технологии с последующим ее совершенствованием за счет разработки и внедрения металлосберегающей технологии в прокатном производстве, которая позволит сократить количество продукции, неудовлетворяющей требованиям потребителей.

Краткое описание действующей технологии производства

Пластической деформации предшествует нагрев заготовок до температуры выдачи из печи 1070 ± 30 °С. Нагрев заготовок происходит в проходной печи с шагающими балками по кривой нагрева (рис. 1) с последующей выдачей в черновую группу клетей.

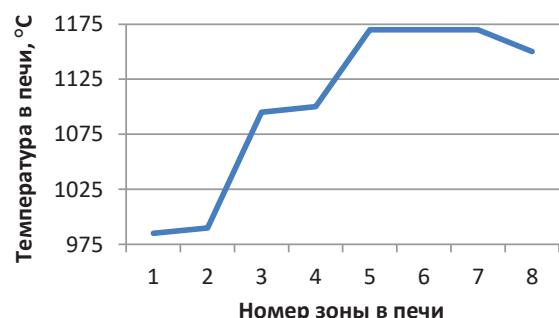


Рис. 1. Кривая нагрева заготовки сечением 250×300 мм и длиной до 5500 мм

После нагрева заготовка попадает в линию прокатного стана, которая включает в себя 24 прокатные клетки (рис. 2):

- черновая группа клетей состоит из семи клетей с двойной опорой кассетного типа с горизонтальным и вертикальным расположением валков;
- промежуточная группа клетей состоит из шести клетей с двойной опорой кассетного типа с горизонтальным и преобразуемым расположением валков;
- предчистовая/чистовая группа клетей состоит из восьми клетей кассетного типа с двойной опорой с горизонтальным и преобразуемым расположением валков;
- трехклетьевого редукционно-калибровочный блок,

используемый для увеличения типоразмера продукции окончательных операций при прокатке, а также для достижения максимально приближенных значений допуска.

Сортамент производства – диаметр от 20 до 80 мм в прутках длиной от 6000 до 12000 мм.

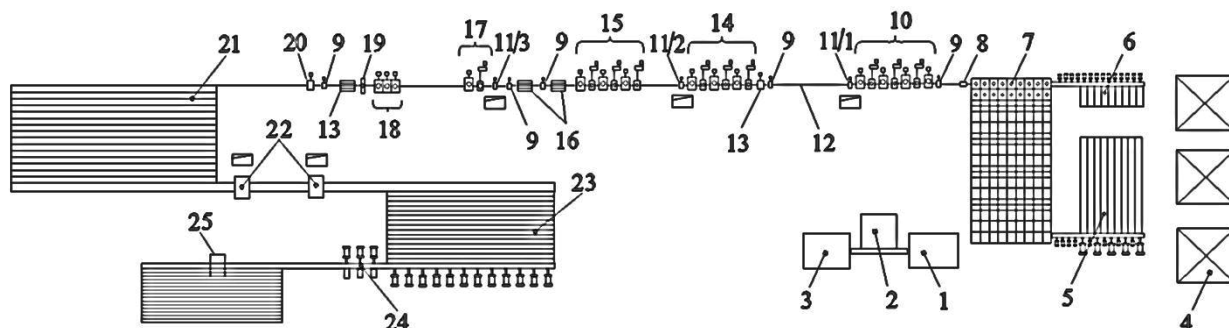


Рис. 2. Упрощенная схема прокатного стана 370/150 при производстве сортового проката в прутках: 1 – дробеструйная установка; 2 – магнитолуминесцентный метод определения дефектов; 3 – шлифовальный станок; 4 – склад заготовок; 5 – загрузочная решетка; 6 – аварийная решетка; 7 – нагревательная печь; 8 – устройство гидросбива окалины; 9 – трайб-аппарат; 10 – 1–7 клетки черновой группы; 11 – зачистные ножницы; 12 – терморольганг; 13 – обрывные ножницы; 14 – 8–13 клетки первой промежуточной группы; 15 – 14–19 клетки второй промежуточной группы; 16 – трасса термоупрочнения; 17 – 20–21 клетки предчистовой группы; 18 – редукционно-калибровочный блок; 19 – установка измерения диаметра HiGauge; 20 – делительные ножницы; 21 – холодильник; 22 – дисковые пилы; 23 – цепное передающее устройство; 24 – упаковочные машины; 25 – измерительный стенд массы

Основная проблематика

Анализируя действующее производство в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на стане 370/150, можно выявить следующее: при производстве сортового проката в прутках наблюдается повышенный расход металла на производство 1 т продукции. Расход металла для производства 1 т продукции достигает уровня 1080 кг, при норме не более 1050 кг.

Основными причинами являются разброс значений массы заготовки при одинаковой длине реза; несовершенство методики раскроя заготовок на холодильнике.

В данный момент раскрой на холодильнике производится с остатком не целой штанги (раскат, полуфабрикат металлопроката, предназначенный для порезки на мерные прутки), раскрой на мерные штанги не осуществляется из-за разброса до 200 кг по массе заготовки.

Корректирующим действием является стабилизация массы (за счет приоритизации массы, а не длины заготовки) с последующим управляемым процессом раскроя при помощи автоматизированных систем управления оборудованием.

Основа алгоритма системы по раскрою заключается в автоматическом сборе данных. Данные поступают от измерительного стенда на посадке в нагревательную печь, а также от системы автоматического измерения геометрических размеров Hi Gauge с последующим расчетом оптимальной длины раскроя. Полученный теоретический расчет оптимальной длины раскроя интегрируется в параметры работы делительных ножниц.

Разработка основных принципов и алгоритмов раскроя

Основной принцип по раскрою сортового проката базируется на фундаментальном законе о сохранении массы (закон физики, масса физической системы неизменна от всех природных и искусственных процессов [2]). Баланс металла на одной заготовке можно описать как масса металла заданного в производство (измерение массы на весах при посадке в нагревательную печь), равная сумме массы потерь металла при производстве с массой готового продукта:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{гот}} + M_{\text{обр}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{заг}}$ – масса исходной заготовки; $M_{\text{гот}}$ – масса готового сорта; $M_{\text{обр}}$ – масса потерь (обрези). Условие расчета в основе своей включает обязательный учет всего металла, затраченного на проведение технологической операции. Таким образом, суммарная масса потерь при производстве составит:

$$M_{\text{обр}} = m_{\text{угар}} + m_{\text{нож1}} + m_{\text{нож2}} + m_{\text{пил}} = \frac{M_{\text{заг}} n_{\text{угар}}}{1000} + \frac{\pi \rho D_{\text{нож1}}^2 L_{\text{нож1}}}{4} + \frac{\pi \rho D_{\text{нож2}}^2 L_{\text{нож2}}}{4} + \frac{\pi \rho D_{\text{гот}}^2 L_{\text{пил}}}{4}, \quad (2)$$

где $m_{\text{угар}}$ – масса угара; $m_{\text{нож1}}$ – масса обреза на ножницах № 1; $m_{\text{нож2}}$ – масса обреза на ножницах № 2; $m_{\text{пил}}$ – масса обреза на пиле дисковой; $L_{\text{нож1}}$ – длина обреза на ножницах № 1; $L_{\text{нож2}}$ – длина обреза на ножницах № 2; $L_{\text{пил}}$ – длина обреза на пиле дисковой; $n_{\text{угар}}$ – норма угара; $D_{\text{гот}}$ – диаметр готового сорта; $D_{\text{нож1}}$ – диаметр обреза на ножницах № 1; $D_{\text{нож2}}$ – диаметр обреза на ножницах № 2; π – математическая константа; ρ – плотность стали. Следующий шаг – определение массы готового продукта, основными параметрами которого являются действительный диаметр прутка и длина раската:

$$M_{\text{гот}} = \frac{\pi \rho D_{\text{гот}}^2 L_{\text{рас}}}{4}, \quad (3)$$

где $L_{\text{рас}}$ – длина раската на холодильнике. Подставляя (3) и (2) в (1), получаем полный баланс металла. Из полученного выражения находим длину раската:

$$L_{\text{рас}} = \frac{4 M_{\text{заг}}}{\pi \rho D_{\text{гот}}^2} \left(1 - \frac{n_{\text{угар}}}{1000} \right) - \frac{D_{\text{нож1}}^2 V_{\text{нож1}}}{D_{\text{гот}}^2} - \frac{D_{\text{нож2}}^2 V_{\text{нож2}}}{D_{\text{гот}}^2} - \frac{\pi D_{\text{гот}}^2 (L_{\text{пил}} + B_{\text{рез}} N_{\text{рез}})}{4}, \quad (4)$$

где $B_{\text{рез}}$ – ширина реза на пиле; $N_{\text{рез}}$ – количество резов. Полученное выражение (4) является универсальным уравнением баланса металла. Зная исходную массу заготовки, можно с высокой точностью рассчитать длину раската. Аналогичным образом, имея определенную длину готового прутка, можно рассчитать необходимую массу заготовки.

Определив уравнение баланса металла, можно перейти к решению основной задачи – возможность управления длиной порезки раската на мерные прутки с целью оптимизации расхода металла на производство одной условной тонны (рис. 3).

Работа по оптимизации раскроя сортового проката в прутках разделяется на два основных этапа.

На первом этапе, при планировании производства, лицо, ответственное за разработку производственного задания, вводит в базис программы технологические параметры производства, такие, как средний угар металла в нагревательной печи, плотность прокатываемого материала, заказную длину прутка, номинальный диаметр прокатываемого профиля. На основе алгоритма оптимального раскроя производится расчет минимальных технологических потерь. Результатом расчета является оптимальная масса заготовки, необходимая для проката с минимально возможными потерями в производстве.

На втором этапе, при непосредственном производстве сортового проката, система оптимального раскроя анализирует полученные данные с измерительного стенда массы заготовок и условиями

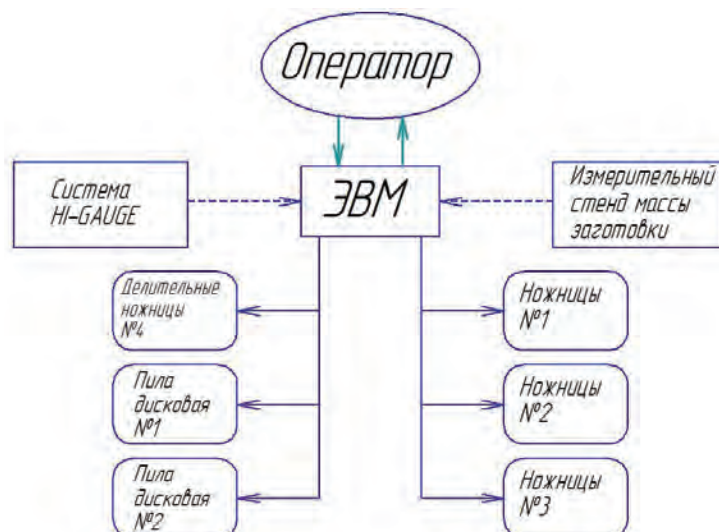


Рис. 3. Основной принцип работы алгоритма

текущего производства, а именно действительная площадь поперечного сечения готового профиля, измеренная после прохождения последнего очага деформации установкой Hi-Gauge.

Получив все необходимые данные, система раскроя производит оптимизацию работы вспомогательного оборудования под непосредственным контролем оператора. Затем оператор выбирает одну из двух предложенных на выбор методик раскроя (рис. 4, 5). Оптимизация работы вспомогательного оборудования заключается в контроле длины реза передних и задних концов раската на ножницах № 1, 2, 3, а также в выставлении упоров на дисковых пилах №1, 2 и контроле длины реза на делительных ножницах № 4.

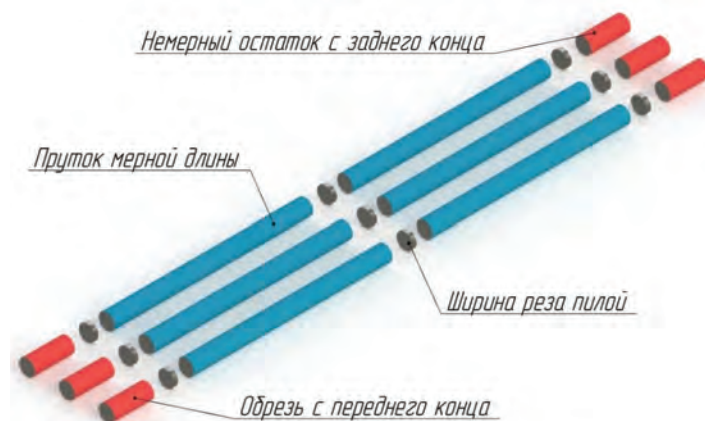


Рис. 4. Раскрой раската на равные части

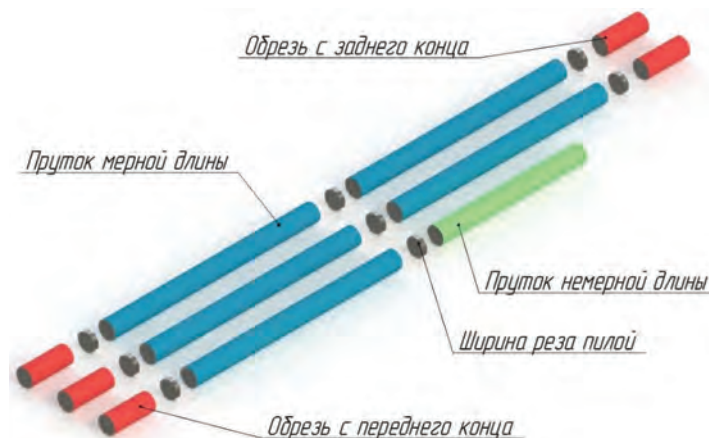


Рис. 5. Раскрой раската с получением прутка ограниченной длины

Основным преимуществом раскроя раската на равные части перед раскром с получением прутка ограниченной длины является непосредственно отсутствие прутка ограниченной длины, что часто не приемлемо для потребителя. Однако метод раскроя с получением прутка ограниченной длины более прост для прогнозирования и расчета при условии даже незначительного колебания массы заготовки, хотя и расход металла на производство одной условной тонны немного выше, чем у раскроя на равные части.

Внедрение системы оптимального раскроя в производство

Работа по внедрению оптимизации раскроя сортового проката в прутках разделяется также на два основных этапа.

На первом этапе производится теоретический расчет минимально возможного расходного коэффициента при производстве сортового проката номинальным сечением от 70 до 80 мм с определением необходимой массы заготовки. Так как раскат данных профилей производится в одну штангу на холодильнике, соответственно получение минимального расходного коэффициента возможно только при подборе и стабилизации массы заготовки. После необходимых расчетов осуществляется заказ заготовок мерной длины в сталеплавильном цеху, где производится порезка заготовок под конкретный заказ для производства на прокатном стане.

На втором этапе осуществляется теоретический расчет минимально возможного расходного коэффициента при производстве сортового проката номинальным сечением от 20 до 69 мм с определением необходимой массы заготовки и оптимальной длины деления раската на делительных ножницах. Далее выполняется конкретный заказ на порезку заготовок в сталеплавильном цеху для последующего производства на прокатном стане.

Основной причиной образования повышенного расхода металла на производство 1 т продукции является несовершенство методики раскроя заготовок на холодильнике. Разработанный алгоритм определения раскроя сортового проката позволяет прогнозировать риски, связанные с раскром на холодильнике, а также контролировать сам процесс в момент выполнения операции раскроя.

Выводы

Полученные результаты разработки и внедрения позволили выявить основные причины образования повышенного расходного коэффициента. Проведя описанные выше мероприятия при производстве прутка, удалось снизить расход металла до 1050 кг на производство 1 т продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саранча С. Ю., Левандовский С. А., Моллер А. Б., Кинзин Д. И. Раскрой на мерные длины в сортопрокатном производстве: постановка задачи и методы ее решения // Производство проката. 2017. № 8. С. 14–20.
2. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. М.: Прогресс, 1967. 255 с.

REFERENCES

1. Sarancha S. Ju., Levandovskij S. A., Moller A. B., Kinzin D. I. Raskroj na mernye dliny v sortoprokatnom proizvodstve: postanovka zadachi i metody ee reshenija [Cutting to measured lengths in section rolling production: statement of the problem and methods for solving it]. *Proizvodstvo prokata = Rental Production*, 2017, no.8, pp. 14-20.
2. Dzhemmer M. *Ponjatie massy v klassicheskoj i sovremennoj fizike* [The concept of mass in classical and modern physics]. Moscow, Progress Publ., 1967, 255 p.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>
УДК 621.771

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ИСПОЛНЕНИЯ ПРОКАТНЫХ КОЛЕЦ КЛЕТИ № 7 СТАНА 150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК» ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НАИЛУЧШИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ

И. А. ГУЗОВА, И. А. КОВАЛЕВА, П. А. БАБКОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь ул. Промышленная 37. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by

Прокатные кольца как важный элемент прокатного стана относят к разряду сменного оборудования, качество исполнения которого влияет на ряд эксплуатационных характеристик, а также на качество производимого проката. Материал, из которого выполнено прокатное кольцо клетки № 7, должен обладать соответствующими свойствами, способными воспринимать высокие теплофизические нагрузки на протяжении длительного периода времени без разрушения, сколов и значительной выработки калибров. В связи с этим существует необходимость подбора оптимального варианта изготовления прокатных колец, способных выдерживать такие нагрузки достаточно продолжительный период времени. Проведены исследования причин разрушения прокатного кольца 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, применяющегося на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в клетки № 7 стана 150 сортопрокатного цеха. Представлены результаты металлографических исследований микроструктуры и химического состава фрагментов разрушенного прокатного кольца. Проведено детальное исследование и сравнительный анализ химического состава и микроструктуры образцов аналогичных колец, изготовленных из быстрорежущей стали двух различных поставщиков, показавших в процессе эксплуатации высокие результаты по стойкости.

Ключевые слова. Кольцо прокатное, быстрорежущая сталь, стойкость прокатных колец, сортопрокатный цех, химический состав быстрорежущей стали, микроструктура быстрорежущей стали.

Для цитирования. Гузова, И. А. Выбор оптимального варианта исполнения прокатных колец клетки №7 стана 150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» из различных вариантов быстрорежущей стали, обеспечивающих наилучший показатель эксплуатационной стойкости/ И. А. Гузова, И. А. Ковалева, П. А. Бабков // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 43–47. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>.

SELECTION OF THE OPTIMAL VERSION OF THE ROLLING RINGS OF STAND NO. 7 OF MILL 150 OF OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING «BMC» FROM VARIOUS TYPES OF HIGH-SPEED STEEL, PROVIDING THE BEST INDICATOR OF OPERATIONAL DURABILITY

I. A. GUZOVA, I. A. KOVALEVA, P. A. BABKOV, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus 37, Promyshlennaya Str. E-mail: gtp.icm@bmz.gomel.by

Rolling rings as an important element of the rolling mill belong to the category of replaceable equipment, the quality of performance of which affects a number of operational characteristics, as well as the quality of rolled products. The material from which the rolling ring of the stand No. 7 is made must have the appropriate properties capable of perceiving high thermal loads for a long period of time without destruction, chipping and significant development of calibers. In this regard, there is a need to select the optimal option for the manufacture of rolling rings that can withstand such loads for a sufficiently long period of time. The study of the causes of destruction of the rolling ring 450×242×100 mm of high-speed steel, used at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC» in the cage number 7 mill 150 rolling shop. The results of metallographic studies of the microstructure and chemical composition of fragments of the destroyed rolling ring are presented. A detailed study and comparative analysis of the chemical composition and microstructure of samples of similar rings made of high-speed steel from two different suppliers, which showed high results in durability during operation, was carried out.

Keywords. Rolling ring, high-speed steel, resistance of rolling rings, rolling shop, chemical composition of high-speed steel, microstructure of high-speed steel.

For citation. Guzova I. A., Kovaleva I. A., Babkov P. A. Selection of the optimal version of the rolling rings of stand no. 7 of mill 150 of OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC» from various types of high-speed steel, providing the best indicator of operational durability. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 43–47. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-43-47>.

Прокатные кольца как важный элемент прокатного стана относят к разряду сменного оборудования, качество исполнения которого влияет на ряд эксплуатационных характеристик, а также на качество производимого проката.

Исходя из условий работы групп клетей стана горячей прокатки и требований к ним, в первую очередь можно выделить высокую износостойкость по длине и глубине рабочего слоя прокатных колец при высоких температурах и давлениях, увеличение углов захвата прокатываемого металла, статическую прочность (стойкость против поломок), постоянство рабочего диаметра, чистоту поверхности калибров, точность обработки и др.

Наиболее частой причиной преждевременного разрушения колец являются недостатки их изготовления. В первую очередь, к ним можно отнести дефекты макроструктуры: ликвацию, неметаллические включения, рыхлость, пористость. Отмеченные дефекты возникают в процессе изготовления и могут послужить причиной зарождения и роста трещин.

К недостаткам изготовления прокатных колец также относятся дефекты микроструктуры: карбидная или ферритная сетка по границам зерен, структурная неоднородность. Перечисленные дефекты являются следствием отклонений от технологических режимов изготовления.

Практика эксплуатации прокатных колец показывает, что их разрушение происходит с образованием хрупкого излома. Часто в зоне излома наблюдаются мелкие трещины [1].

При прокатке катанки износостойкость детали имеет решающее значение, поскольку для данного процесса характерны значительные нагрузки и температуры. Следовательно, необходимы очень износостойкие твердые материалы.

В данной статье речь пойдет о прокатных кольцах размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали, применяющихся на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в клети № 7, первой промежуточной группы клетей при производстве катанки диаметром от 5,5 до 20 мм в бунтах. Данная катанка производится из углеродистой, высокоуглеродистой и низколегированной марок стали на стане 150 сортопрокатного цеха № 1.

Клеть №7 располагается первой, сразу за черновой группой клетей. На кольцах, эксплуатируемых в данной клети, нарезается калибр с глубиной вреза 13 мм и шириной вреза 81,3 мм, при этом материал, из которого выполнено прокатное кольцо клети № 7, воспринимает значительные тепловые и физические нагрузки (температура раската – $1000\text{--}1100$ °С, усилие прокатки – до 4000 Н·м, скорость прокатки – 1,4–1,7 м/с). В связи с этим материал, из которого выполнено прокатное кольцо клети № 7, должен обладать соответствующими свойствами, способными воспринимать высокие теплофизические нагрузки на протяжении длительного периода времени без разрушения, сколов и значительной выработки калибров.

К сожалению, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» имеет единичный отрицательный опыт использования колец размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали.

В процессе эксплуатации прокатных колец размером $450 \times 242 \times 100$ мм из быстрорежущей стали при прокатке катанки на стане 150 сортопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» произошло разрушение кольца. Внешний вид разрушенной детали и характер разрушения показан на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид разрушенной детали и характер разрушения

Из рисунка видно, что характер разрушения – это хрупкий излом. О хрупком разрушении свидетельствуют гладкие, ровные кромки излома. Излом отличается неоднородностью строения, кристалличностью, шероховатостью. Поверхность разрушения – мелкокристаллическая (образовалась в условиях малой пластической деформации). Данный излом можно отнести к усталостному разрушению металла [1].

При дальнейшем осмотре разрушенного прокатного кольца была обнаружена поверхностная торцовая трещина, внешний вид которой показан на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид на торцевой стороне кольца

Для проведения детального исследования и сравнительного анализа были представлены разрушенное кольцо (поставщик № 1); для сравнения – аналогичные кольца, изготовленные из быстрорежущей стали, показавшие в процессе эксплуатации высокие результаты по стойкости (поставщики № 2, 3).

Следует отметить, что основными эксплуатационными характеристиками для оценки качества работы прокатных колец являются следующие показатели: средний съем с калибра, средняя стойкость калибра, удельная выработка (объем прокатанной продукции, приходящейся на 1 мм съема с калибра), количество переточек и суммарная стойкость. Сравнительные показатели по стойкости прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали различных поставщиков приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Сравнительные показатели

Номер поставщика	Средний съем с калибра, мм	Средняя стойкость калибра, т	Удельная выработка, т/мм	Количество переточек	Суммарная стойкость, т
1	3,52	2870,7	815,34	17	46790
2	4,33	4140,2	975,25	13	60180
3	2,89	4289,1	1484,12	15	68226

Из таблицы видно, что полученные эксплуатационные характеристики прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, поставленные поставщиком №3, превосходят аналогичные показатели прокатных колец, поставленных поставщиками № 1, 2.

Цель проведения исследований – определение возможных причин разрушения кольца поставщика № 1.

Из разрушенного кольца, а также из колец альтернативных поставщиков были вырезаны образцы для проведения химического анализа и определения микроструктуры.

Химический состав фрагментов прокатного кольца определяли на эмиссионном спектрометре ARL 3560 в лаборатории аналитического обеспечения центральной заводской лаборатории (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Химический состав прокатных колец различных поставщиков

Номер поставщика	Массовая доля химических элементов, %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	V	W	Nb	Co
1	1,68	0,61	0,56	0,024	0,027	4,32	0,73	0,04	0,017	3,82	2,63	2,11	0,037	0,02
2	2,16	0,73	0,58	0,019	0,020	5,80	1,19	0,09	0,018	4,70	3,54	5,53	0,104	1,30
3	1,65	0,39	0,54	0,038	0,004	3,54	0,66	0,11	0,13	4,87	4,42	6,03	1,26	0,31

Как следует из таблицы, химический состав образца №1 в сравнении с химическим составом двух других образцов отличается по углероду и легирующим элементам, таким, как Cr, Ni, Mo, V, W, Nb и Co, содержание которых в образце № 1 намного ниже либо практически отсутствует.

Легирование быстрорежущих сталей такими элементами, как вольфрам, молибден, ванадий и кобальт обеспечивает горячую твердость и красностойкость стали, т. е. способность стали сохранять при значительном нагреве высокую твердость и износостойкость. Хром увеличивает прокаливаемость и повышает устойчивость против окисления и износа. Ванадий так же, как и вольфрам, способствует повышению теплостойкости стали. Кобальт уменьшает склонность стали к перегреву. Присутствие кобальта приводит к увеличению теплопроводности стали, что, в свою очередь, приводит к значительному снижению температуры рабочей поверхности инструмента, препятствуя износу [2].

Металлографическое исследование микроструктуры проводили на нетравленых микрошлифах, а также после их травления в реактиве «Nital» с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS» с цифровой системой изображений в исследовательской лаборатории исследовательского центра.

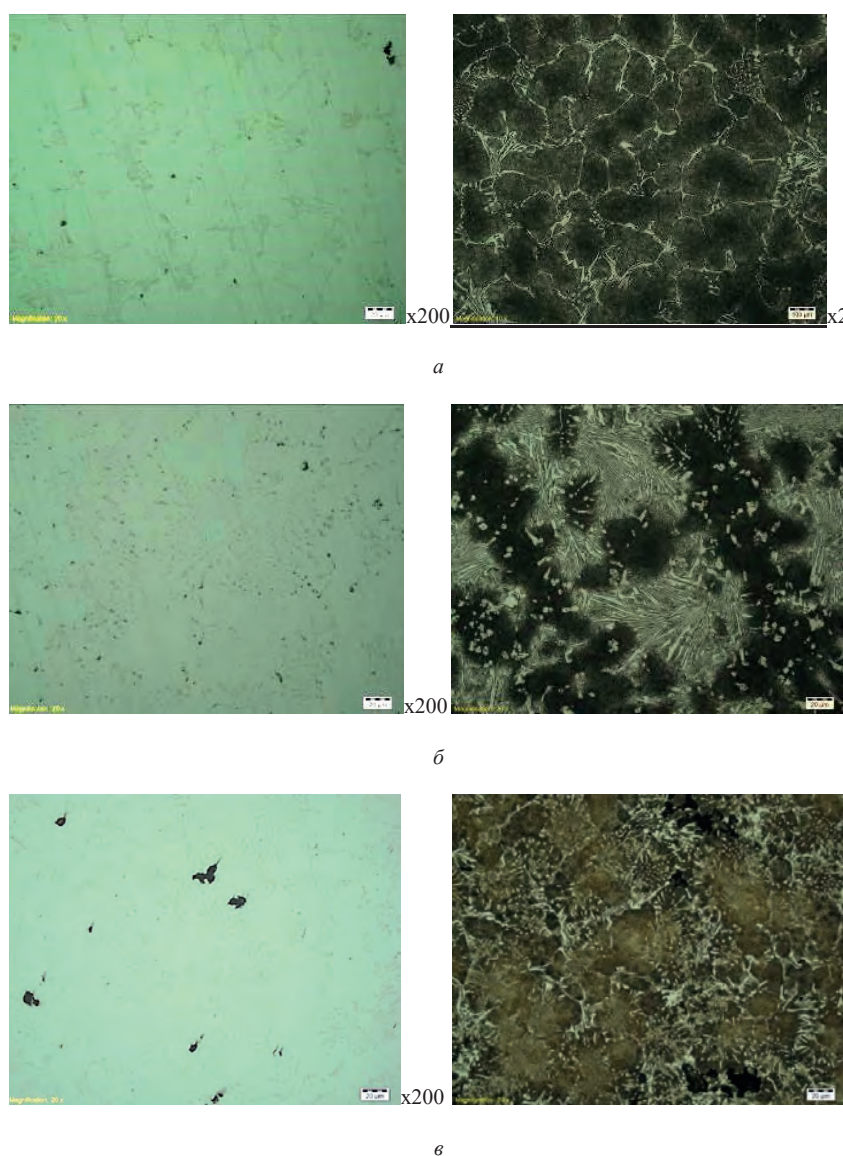


Рис. 3. Микроструктура, нетравленные и после травления в реактиве «Nital» микрошлифы. x200:
а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3

При микроструктурном исследовании в светлом поле зрения с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS GX-51» нетравленных микрошлифов выявлены карбиды легирующих элементов: в образце №1 – в виде карбидной сетки, расположенной преимущественно по границам зерен.

щественно по границам зерен твердого раствора; в образцах № 2, 3 – равномерно распределенные в матрице металла. После травления в реактиве “Nital” микроструктура образца №1 состоит из мелких участков ледебурита, карбидной сетки, окаймляющей зерна, и перлита. Структура образца № 2 состоит из крупных участков ледебурита, сорбита. Ледебурит, перлит и мелкие карбиды равномерно распределены в матрице металла микроструктуры образца № 3.

Стойкость инструментов определяется степенью развития карбидной неоднородности, а именно карбидной сетки. Наличие в структуре инструментов, особенно больших сечений грубых и неравномерно распределенных первичных карбидов, вызывает выкрашивание рабочей кромки и ускоренный ее износ, что приводит к внезапным поломкам инструмента.

Ухудшаются и технологические свойства стали: понижается пластичность и повышается склонность инструмента к образованию трещин [3].

Выводы

1. При сравнительном анализе химического состава установлено, что химический состав образца №1 в сравнении с химическим составом двух других образцов отличается по углероду и легирующим элементам, таким, как Cr, Ni, Mo, V, W, Nb и Co, содержание которых в образце № 1 намного ниже либо практически отсутствует.

2. Микроструктурный анализ показал, что в разрушенном кольце обнаружена карбидная сетка, что негативно повлияло на эксплуатационные характеристики прокатного кольца поставщика № 1.

3. Таким образом, после изучения и исследования основных эксплуатационных и качественных характеристик предоставленных колец от трех различных поставщиков можно отметить, что наиболее оптимальным является вариант изготовления прокатных колец размером 450×242×100 мм из быстрорежущей стали, поставленных поставщиком №3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопалова Л. П. Методы исследования материалов и деталей машин при проведении автотехнической экспертизы / Л. П. Шестопалова, Т. Е. Лихачева. М.: МАДИ, 2017. 180 с.
2. Быстрорежущие стали [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metaljournal.com.ua/high-speed-steel-2/>
3. Ревис И. А., Лебедев Т. А. Структура и свойства литого режущего инструмента. Л.: Машиностроение, 1972.

REFERENCES

1. Shestopalova L. P., Lihacheva T. E. *Metody issledovaniya materialov i detalej mashin pri provedenii avtotekhnicheskoy ekspertizy* [Methods of researching materials and machine parts during automotive technical examination]. Moscow, MADI Publ., 2017, 180 p.
2. www.metaljournal.com.ua/high-speed-steel-2
3. Revis I. A., Lebedev T. A. *Struktura i svojstva litogo rezhushhego instrumenta* [Structure and properties of cast cutting tools.]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1972.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-48-52>
УДК 669.

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОСАДОЧНОГО ОТВЕРСТИЯ ОПРАВЫ НА КАЧЕСТВО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА И ПРОЦЕСС ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ

И. Н. РАДЬКОВА, Т. В. ГАПЕЕНКО, И. П. ЛАЗЕБНИКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.
E-mail: nbt.cpm@bmz.gomel.by

Актуальность. Несимметричность канала волоки при обработке и разрушение волок в процессе волочения.

Цель. Определить влияние параметра шероховатости посадочного отверстия оправ на качество изготовления волок.

Результаты исследования. Определено влияние параметра шероховатости посадочного отверстия оправ на качество изготовления волок.

Ключевые слова. Шероховатость, оправка, волока, канал, посадочное отверстие, поверхность, волочение проволоки, за-прессовка, несимметричность.

Для цитирования. Радькова, И.Н. Влияние параметра шероховатости посадочного отверстия оправы на качество изготовления волочильного инструмента и процесс волочения проволоки / И. Н. Радькова, Т. В. Гапеевко, И. П. Лазебникова // Литье и металлургия. 2019. №4. С. 48–52. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-48-52>.

INFLUENCE OF ROUGHNESS OF A LANDING APERTURE OF A FRAME ON QUALITY OF PRODUCTION OF THE DRAWING TOOL AND PROCESS OF WIRE DRAWING

I. N. RADZKOVA, T. V. HAPEYENKA, I. P. LAZEBNIKOVA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nbt.cpm@bmz.gomel.by

Relevance. Asymmetry of the drawing channel during processing and destruction of the drawing in the process of drawing.

Purpose. To determine the effect of the parameter of roughness of the landing hole of frames on the quality of manufacturing of lugs

The results of the study. The influence of the roughness parameter of the bore rims on manufacturing quality dies was defined.

Keywords. Roughness, mandrel, draw die, channel, landing hole, surface, wire drawing, pressing, asymmetry

For citation. Radzkova I. N., Hapeyenko T. V., Lazebnikova I. P. Influence of roughness of a landing aperture of a frame on quality of production of the drawing tool and process of wire drawing. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 48–52. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-48-52>.

Волочение является одним из наиболее распространенных видов обработки металлов давлением и используется для уменьшения поперечного сечения металла с помощью волочильного инструмента – волоки. Качество волок во многом определяет экономические показатели процесса волочения и свойства получаемой проволоки. В процессе волочения проволоки волока испытывает значительные нагрузки, так как в ее канале под действием силы волочения происходит пластическая деформация проволоки. Поэтому один из основных показателей волочильного инструмента – это стойкость волоки [1].

Волока представляет собой твердосплавную волоку-заготовку, запрессованную в стальную оправу с натягом (рис. 1).

Основное назначение оправы – уравнивание нагрузок, возникающих под действием усилия волочения, для удобства установки и закрепления волоки в период механической обработки ее канала

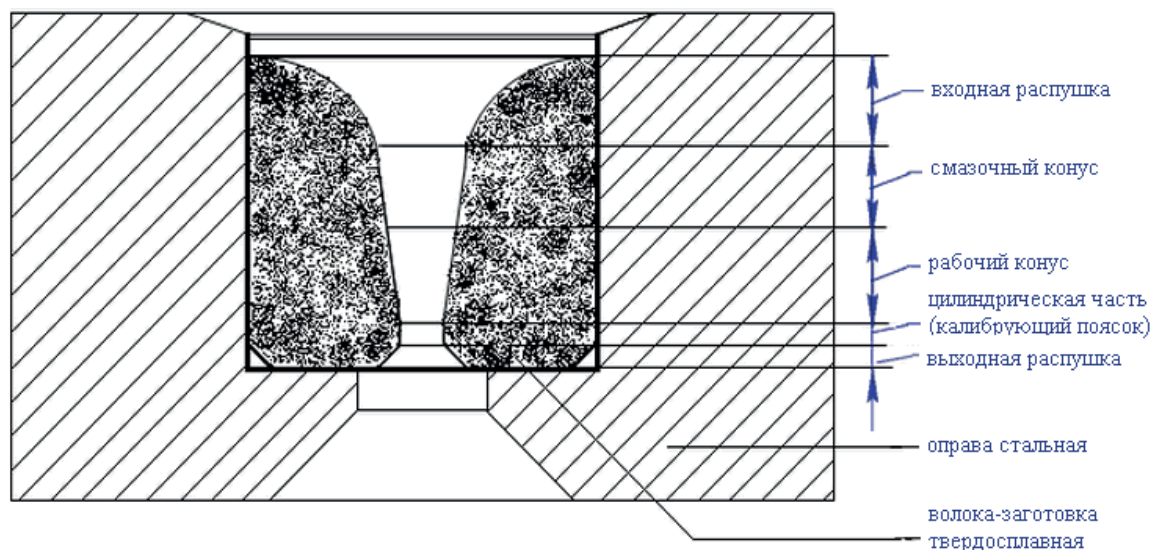


Рис. 1. Схема конструкции волоки

и в процессе волочения, охлаждение твердосплавной рабочей вставки в процессе волочения за счет использования смазывающе-охлаждающей жидкости. Эффективное и правильное использование стальной оправы предотвращает разрушение волок в процессе волочения [2, 3].

При изготовлении волочильного инструмента на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» был выявлен дефект канала волоки – несимметричность (рис. 2).

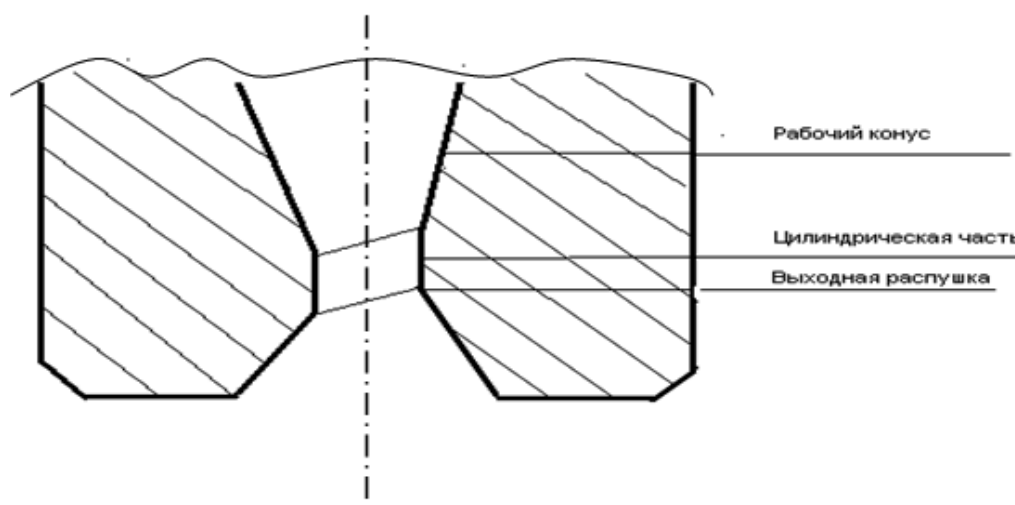


Рис. 2. Схема несимметричности канала волоки

При установлении причин образования дефекта «несимметричность канала» контролю подвергали все параметры технологических циклов изготовления волоки: изготовление волоки-заготовки, изготовление оправы, запрессовку волок-заготовок в оправы, доводку канала волоки (шлифование и полирование канала).

Контроль параметров технологического процесса изготовления волочильного инструмента несоответствий не выявил. Однако при измерении шероховатости посадочного отверстия оправ была обнаружена разница в параметре шероховатости между оправками разных партий.

Одним из факторов, влияющим на эффективность использования стальных оправ, является шероховатость внутренней поверхности оправы, имеющей непосредственный контакт с твердосплавной вставкой. Основной причиной образования повышенной шероховатости посадочного отверстия оправы является неудовлетворительное состояние режущего инструмента и подбор режимов резания. Зачастую данному параметру не уделяется должного внимания и степень его влияния на обеспечение стабильного процесса волочения в настоящий момент не достаточно изучена.

Для проведения исследования влияния параметра шероховатости посадочного отверстия оправы на образование дефекта «несимметричность канала» были отобраны оправы с различной степенью шероховатости.

Для визуального исследования поверхности посадочного отверстия с помощью стереоскопического микроскопа отобранные оправы были сошлифованы на плоско-шлифовальном станке наполовину. На рис. 3, 4 показан вид поверхности посадочного отверстия оправы образцов № 1 и 2. Поверхность образца № 1 имеет неровности в виде грубых поперечных «борозд» (рис. 3), поверхность образца № 2 – неровности в виде поперечных рисок (рис. 4).

Шероховатость образца № 1 составляет $R_a = 2,02$ мкм, шероховатость образца № 2 – $R_a = 0,98$ мкм (профилограммы поверхности приведены на рис. 5, 6 соответственно).

Измерение шероховатости поверхности посадочного отверстия проводили с помощью профилометра HOMMEL TESTER W55 по ГОСТ 2789-73.

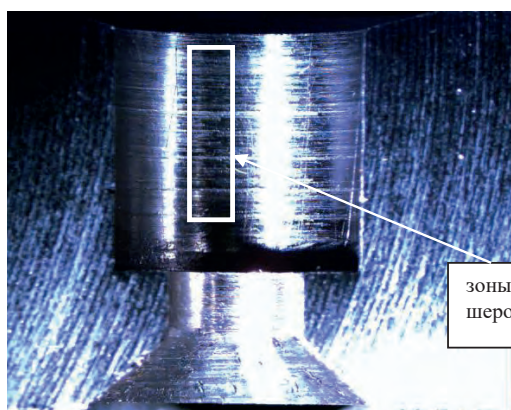


Рис. 3. Вид поверхности посадочного отверстия оправы, образец № 1

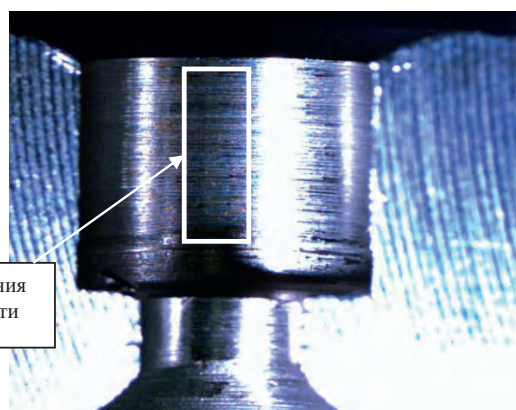


Рис. 4. Вид поверхности посадочного отверстия оправы, образец № 2

С целью определения влияния шероховатости на образование дефекта «несимметричность канала» в оправы с разной степенью шероховатости (от 0,96 до 2,12 мкм) были запрессованы, а затем выпрессованы твердосплавные волокнистые заготовки. При визуальном исследовании с помощью стереоскопического микроскопа было установлено, что в оправках с шероховатостью от $R_a = 2,01$ до $R_a = 2,12$ мкм возле поверхности посадочной площадки отверстия образуется одностороннее стягивание металла в виде выступа (рис. 7), а также на поверхности посадочного отверстия возникают грубые продольные риски, поперечные волны и пустоты (рис. 8), которые имеют одностороннее место локализации.

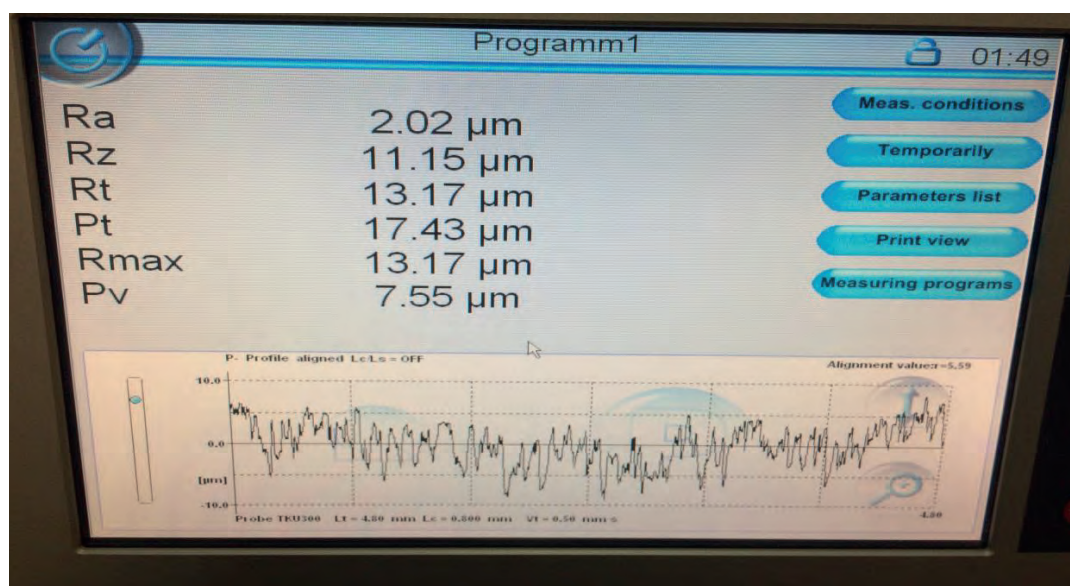


Рис. 5. Профилограмма поверхности образца № 1

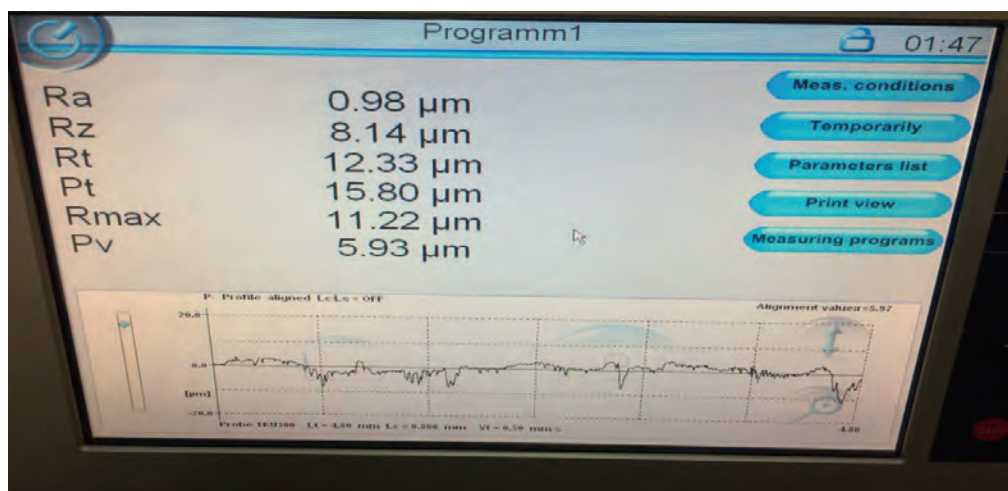


Рис. 6. Профилограмма поверхности образца № 2

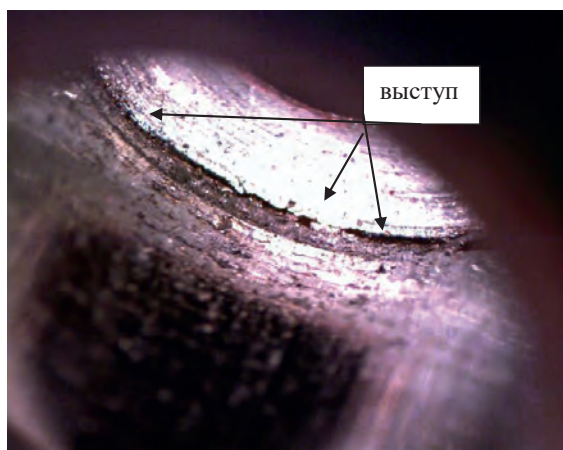


Рис. 7. Вид посадочной площадки оправы

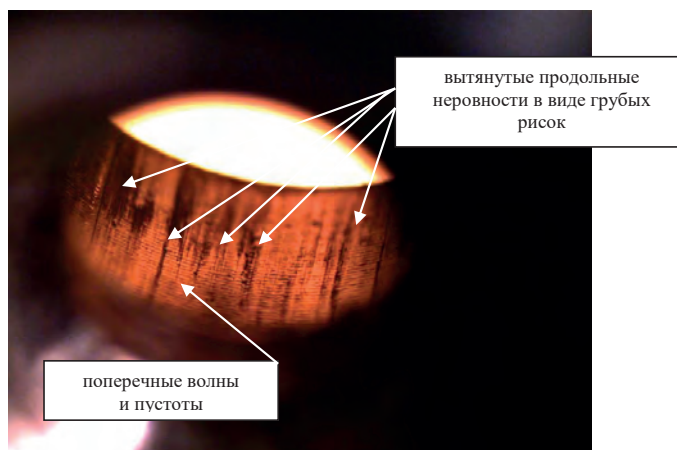


Рис. 8. Вид поверхности посадочного отверстия оправы

Образовавшийся односторонний выступ металла оправы приводит к перекосу волоки-заготовки при запрессовке. При дальнейшей обработке канала волоки, шлифовке и полировке перекося приводит к образованию дефекта «несимметричность канала»: нарушается соосность волоки-заготовки и оправы, которая становится причиной возникновения несимметричной обработки канала волоки, т.е. нарушается геометрия рабочего конуса, цилиндрической части, выходной распушки и переходов между данными зонами канала волоки (см. рис. 2).

При исследовании волок, готовых к волочению, но задержанных по причине наличия дефекта «несимметричный канал», также отмечено наличие одностороннего выступа металла возле посадочной площадки оправы.

Несимметричный канал волоки в процессе волочения проволоки влияет на центрирование проволоки в конусе волоки, что в свою очередь приводит к образованию на поверхности проволоки трещин (рис. 9), обрывности проволоки (рис. 10), росту температуры внутри волоки и на поверхности проволоки, ухудшению механических свойств проволоки, склонности проволоки к расслою.



Рис. 9. Поверхностный дефект проволоки – поперечные трещины

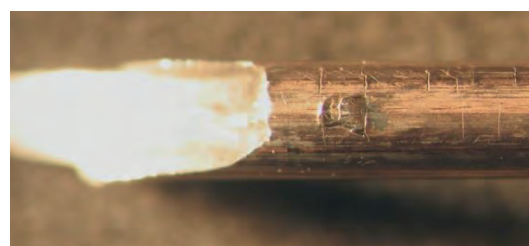


Рис. 10. Вид обрыва проволоки

Следует также отметить, что шероховатость посадочного отверстия влияет на качество запрессовки волоки-заготовки в оправу, т. е. на контакт между наружной поверхностью волоки-заготовки и поверхностью посадочного отверстия оправы. При недостаточной чистоте обработки при запрессовке волоки-заготовки на поверхности посадочного отверстия оправы образуются грубые продольные риски, волны и пустоты, которые имеют одностороннее место локализации и различную степень глубины и частоты (см. рис. 7). Так как место образования рисков, волн и пустот одностороннее, то можно сделать вывод, что поверхность оправы и поверхность волоки-заготовки в зоне отсутствия следов трения имеет слабый контакт. Таким образом, при возникающих односторонних рисках, волнах и пустотах на поверхности посадочного отверстия оправы нарушается натяг, что приводит к выходу волоки-заготовки из оправы в процессе волочения проволоки.

Повышенная шероховатость посадочного отверстия имеет еще и несколько отрицательных факторов, влияющих на процесс волочения проволоки. Недостаточно плотный контакт между волокой-заготовкой и внутренней поверхностью оправы приводит к недостаточному охлаждению волоки в процессе волочения, что в свою очередь приводит к преждевременному износу канала волоки, образованию трещин и разрушений, которые оказывают значительное влияние на образование поверхностных дефектов проволоки (см. рис. 9) или обрывов при волочении (рис. 10).

В дополнение к механизмам механического изнашивания высокие температуры, возникающие при деформации, приводят к появлению термических напряжений, что значительно усложняет картину износа [3].

Таким образом, значение шероховатости посадочного отверстия оправы влияет на качество изготовления волочильного инструмента. Использование оправ со значением шероховатости посадочного отверстия выше 2,01 мкм приводит к возникновению дефекта «несимметричный канал» в процессе изготовления волочильного инструмента, так как при запрессовке волоки-заготовки в оправу происходит стягивание металла оправы с образованием выступа в зоне посадочной площадки, а также к нарушению натяга, так как при запрессовке на поверхности посадочного отверстия образуются локализованные зоны с наличием рисков, пустот и волн, которые вызывают неравномерное распределение сил в волоке, возникающих под действием усилия волочения.

Дефект волоки «несимметричный канал» приводит к образованию на поверхности проволоки трещин, обрывности проволоки, росту температуры внутри волоки и на поверхности проволоки, ухудшению механических свойств проволоки, склонности проволоки к расслою, нарушению натяга – к выходу волоки-заготовки из оправы в процессе волочения.

Обеспечение оптимальной шероховатости поверхности посадочного отверстия стальных оправ при изготовлении волок для волочения является важным условием обеспечения стабильности процесса волочения и требуемых механических свойств готовой проволоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юхвец И. А. Волочильное производство. М.: Металлургия. Ч. I. 1965.
2. Хаяк Г. С. Инструмент для волочения проволоки. М.: Металлургия, 1974.
3. Битков В. В. Технология и машины для производства проволоки. Екатеринбург, 2004.

REFERENCES

1. Juhvec I. A. *Volochil'noe proizvodstvo* [Drawing industry]. Moscow, Metallurgija Publ., Vol.1, 1965.
2. Hajak G. S. *Instrument dlja volochenija provoloki* [Wire drawing tool]. Moscow, Metallurgija Publ., 1974.
3. Bitkov V. V. *Tehnologija i mashiny dlja proizvodstva provoloki* [Technology and machines for wire production]. Ekaterinburg, 2004.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-53-57>
УДК 669.

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КАЛИБРОВАННОГО ПРОКАТА В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 370/150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

И. А. КОВАЛЕВА, И. В. БАЗУЕВ, Ю. В. ПРЫБИТКОВ, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, Промышленная ул. 37.
E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by

Одной из важных задач является доставка потребителю калиброванного металлопроката в качественном товарном состоянии, для чего необходима защита его от атмосферной коррозии, неблагоприятного воздействия климатических факторов, предохранение от загрязнений и механических повреждений на период транспортирования потребителю автомобильным транспортом, а также хранение на промежуточных складах перед запуском в производство. Необходим комплексный системный подход, позволяющий сохранить качество и внешний вид выпускаемой продукции на пути от производителя к потребителю. Применение современных упаковочных материалов, таких, как бумага с ингибитором коррозии и армированием полипропиленовой тканью, позволят получать постоянную гарантированную защиту поверхности проката и расширяет возможности транспортировки и рынки сбыта металлопродукции. Стадия испытаний ингибитора коррозии включает в себя определение его защитных свойств. Установлено, что достоинство упаковки обточенного проката в антикоррозионную бумагу заключается в том, что она, совмещая в себе функции упаковочного средства и средства консервации, позволяет полностью отказаться от дорогостоящей и трудоемкой консервации металлоизделий маслами и консистентными смазками. Использование в составе бумаги летучего ингибитора коррозии обеспечивает полную защиту проката.

Ключевые слова. Калиброванный прокат, механическая обработка, атмосферная коррозия, поверхность металла, бумага с летучим ингибитором коррозии, полипропиленовая ткань, армирование бумаги, защита поверхности проката.

Для цитирования. Ковалева, И. А. Обеспечение сохранности поверхности калиброванного проката в условиях мелко-сортно-проволочного стана 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / И. А. Ковалева, И. В. Базуев, Ю. В. Прыбытков, Н. А. Ходосовская // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 53–57. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-53-57>.

ENSURING THE SAFETY OF THE SURFACE OF CALIBRATED ROLLED PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF SMALL-GRADE WIRE MILL 370/150 OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING «BMC»

I. A. KOVALEVA, I. V. BAZUYEV, YU. V. PRYBYTKOV, N. A. KHODOSOVSKAYA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus. 37, Promyshlennaya Str.
E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by

One of the important tasks is to deliver to the consumer a calibrated high-quality metal in a saleable condition, which requires protection from atmospheric corrosion and adverse climatic factors, protection from contamination and mechanical damage for the period of transportation to the consumer by motor transport, and storage at intermediate warehouses before going into production. A comprehensive system approach is needed to preserve the quality and appearance of the products on the way from the manufacturer to the consumer. The use of modern packaging materials, such as paper with corrosion inhibitor and polypropylene fabric reinforcement, will allow to obtain permanent guaranteed protection of the rolled surface and expands the possibilities of transportation and sales markets of metal products. The testing stage of the corrosion inhibitor included the determination of its protective properties. It is established that the advantage of packaging of rolled products in anticorrosive paper is that it, combining the functions of packaging means and means of preservation, allows you to completely abandon the expensive and time-consuming preservation of metal products with oils and greases. The use of a volatile corrosion inhibitor in the composition of the paper provides full protection of rolled products.

Keywords. Calibrated rolled products, machining, atmospheric corrosion, metal surface, paper with volatile corrosion inhibitor, polypropylene fabric, paper reinforcement, rolled surface protection.

For citation. Kovaleva I. A., Bazuyev I. V., Prybytkov Yu. V., Khodosovskaya N. A. Ensuring the safety of the surface of calibrated rolled products in the conditions of small-grade wire mill 370/150 OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 53–57. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-53-57>.

Современные металлообрабатывающие производства, оснащенные автоматическими линиями и обрабатывающими многофункциональными центрами, используют калиброванный прокат со специальной отделкой поверхности. Подобная отделка поверхности необходима для того, чтобы удалить дефектный и обезуглероженный слой с поверхности круглого горячекатаного проката, а также для того, чтобы получить необходимый диаметр проката с высокими требованиями по точности. Использование сортового металлопроката данной разновидности позволяет сэкономить на подготовительной механической обработке и увеличить эксплуатационный срок оборудования.

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» уделяет пристальное внимание постоянному совершенствованию качества выпускаемой продукции, освоению новых ее видов и стремлению соответствовать самым высоким запросам потребителей. Для реализации этих требований на заводе функционирует система менеджмента качества, которая соответствует требованиям международных стандартов ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO 50001, ISO 26000, SA 8000, BES 6001+ SCS, ISO 27001 и отраслевым требованиям автомобильной и нефтегазовой промышленности IATF 16949, API spec Q1.

Одним из новых видов продукции, выпускаемых на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», является обточенный горячекатаный прокат с диапазоном диаметров 20–80 мм. Операция по обработке проката проводится на современной бесцентрово-токарной линии PUR-100 и двухвалковой правильно-полировальной машине. Точность изготовления продукции по квалитетам h11, h10, h9 и качеству обработки поверхности – группы «А, В, Г, Д».

Одной из важных задач является доставка потребителю калиброванного металлопроката в качественном товарном состоянии, для чего необходима защита его от атмосферной коррозии, неблагоприятного воздействия климатических факторов, предохранение от загрязнений и механических повреждений на период транспортирования, а также хранение на промежуточных складах перед запуском в производство. Необходим комплексный системный подход, позволяющий сохранить качество и внешний вид выпускаемой продукции на пути от производителя к потребителю.

Поэтому улучшение защиты от коррозии выпускаемого калиброванного проката стало актуальной задачей, которую предстояло решить в кратчайшие сроки. Одним из первых и значимых шагов в этом направлении, прежде всего, стал поиск и подбор нового консервационного смазочного материала, оптимально обеспечивающего защиту металла от коррозии.

В металлургической промышленности часто воздух загрязнен твердыми мелкодисперсными активными либо пассивными частицами. Они могут действовать как депассиваторы, комплексообразователи, увеличивать электропроводность пленки влаги и поглощательную способность (гигроскопичность) продуктов коррозии, облегчать капиллярную конденсацию влаги. При временном хранении и транспортировке в атмосфере встречаются такие твердые частицы, как Na_2SO_4 , NaCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, частицы угля, различные соединения углерода, оксиды металлов и др. Эти вещества в виде твердых частиц или пыли контактируют с влажной поверхностью металла, образуют гальванические элементы, интенсифицируя процесс коррозии. Поэтому незапыленный воздух гораздо менее активен, чем загрязненная различными частицами атмосфера*.

На рис. 1 представлен пакет проката с повреждением поверхности прутков атмосферной коррозией при хранении и транспортировке.

Для обеспечения сохранности поверхности проката ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» применяет несколько методов защиты:

- защита поверхности проката масляными антикоррозионными составами и упаковка в стрейч-пленку;
- упаковка в стрейч-пленку.

Защита поверхности проката масляными антикоррозионными составами (на основе сильноосновных нефтяных сульфанатов кальция) выполняется при помощи ручного пневматического распылителя. Данный метод позволяет использовать широкий ассортимент антикоррозионных средств, имеющих различные гарантированные сроки защиты поверхности проката, а также дает возможность наносить антикоррозионные составы в зависимости от требований потребителя.

Основной недостаток этого метода – трудоемкость процесса и сложность ведения контроля целостности покрытия. Для равномерного нанесения состава на поверхность прутка требуется организация рабочего места с возможностью поворачивания прутка, а также дополнительное оборудование для

* Все о коррозии. Техническая брошюра [электронный ресурс]–Режим доступа: <https://www.okorrozii.com/component/k2/content/uncategorised.html>

удаления газовой смеси из зоны нанесения. Упаковка в стрейч-пленку проводится по причине загрязненности воздуха твердыми мелкодисперсными активными либо пассивными частицами.

Хотя известно множество средств защиты проката от коррозии, проблема разработки эффективного и доступного ингибитора остается актуальной. Одним из новых методов упаковки, ранее не применяемом на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», стал метод упаковки в бумагу, пропитанную летучим ингибитором коррозии.

Упаковка представляет собой целлюлозную бумагу с пропиткой, армированную с внешней стороны полипропиленовой тканью. Данный тип упаковки является перспективным ввиду того, что для его использования достаточно одной упаковочной машины. На рис. 2 показан образец упаковочного материала.

Принцип работы защитной упаковки заключается в испарении ингибитора коррозии из бумаги. За счет полярной ориентации ингибиторы коррозии притягиваются поверхностью металла и адсорбируются на его поверхности (рис. 3).

Молекулы контактного летучего ингибитора коррозии (КЛИК) формируют на поверхности металла невидимую молекулярную пленку толщиной от 3 до 5 молекул. Этот слой молекул пассивирует поверхность металла и создает барьер, который предотвращает окисление. При этом для обеспечения защиты не требуется герметичность упаковки. Достаточно иметь плотную упаковку, гарантирующую защиту от свободного проникновения воздуха и прямого попадания влаги. Упаковка позволяет хранить и транспортировать металлические изделия длительное время без каких-либо дополнительных затрат на консервацию. Когда упаковка открывается и металлические изделия извлекаются из нее, защитный слой исчезает в течение нескольких часов. При этом изделия из металла будут чистыми, сухими и не будут иметь следов коррозии, т. е. будут готовы к немедленному использованию. Для работы с изделиями не требуется никаких дополнительных операций по мойке, удалению коррозии механическим или химическим способом. В силу того что молекулы КЛИК обладают летучестью, они проникают в труднодоступные места металлических изделий сложной формы. Молекулы адсорбируются на поверхности металла до тех пор, пока не будет сформирован необходимый защитный слой. Химические компоненты КЛИК обладают хорошей летучестью и способностью создавать крепкие адсорбционно-химические связи, что



Рис. 1. Внешний вид проката при попадании атмосферной влаги на поверхность

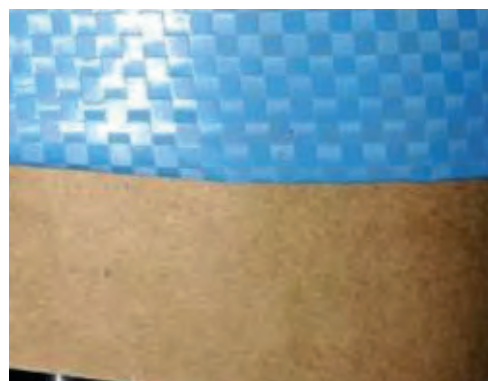


Рис. 2. Бумага из натуральной целлюлозы, пропитанная летучим ингибитором коррозии с внешним защитным слоем из полипропиленовой ткани

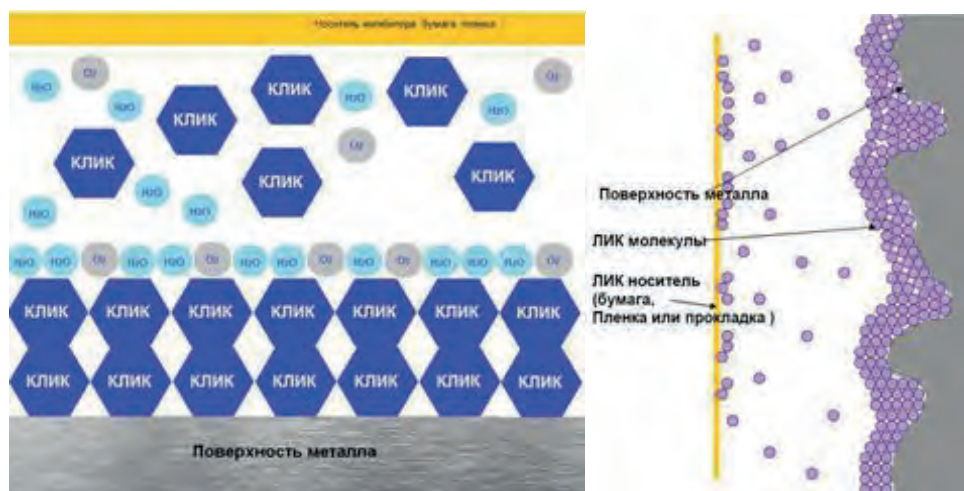


Рис. 3. Схема работы молекул контактного летучего ингибитора коррозии (КЛИК)



Рис. 4. Образцы проката с опытными покрытиями

позволяет при упаковке металла создавать в контактной форме на поверхности металла защитный молекулярный слой, который служит барьером, предохраняющим поверхность металла от воздействия влажности, ионов соли, кислорода и других коррозионных поражений металла, происходящих за счет воздействия на поверхность металла этих вредных факторов. Защитный слой в контактной форме постоянно «подкачивается» новыми ингибиторами, непрерывно испаряющимися из носителя. Благодаря непрерывной «подкачке» существует возможность многократно открывать упаковку для извлечения отдельных изделий и вновь закрывать ее без нарушения защиты оставшихся внутри металлоизделий*.

Испытание упаковочных материалов в камере искусственного климата 2Х-5655-СН

Для предварительной оценки защитных свойств упаковочных материалов были подготовлены четыре образца обточенных прутков длиной 15 см и диаметром 32 мм.

Все образцы помещали в камеру искусственного климата 2Х-5655-СН. По разработанной программе в камере искусственного климата проводили ускоренные методы испытаний, имитирующие атмосферные условия. Образцы упакованных прутков показаны на рис. 4.

По истечении заданного периода образцы были извлечены и проведен осмотр на наличие следов коррозии на их поверхности. Результаты осмотра образцов приведены в таблице.

После получения положительных результатов испытания образцов проката с потребителем была согласована упаковка пакетов готовой продукции по аналогии с образцом № 1 (см. таблицу).

Результаты осмотра образцов

Номер образца	Упаковочный материал	Осмотр коррозии на поверхности образцов
1	Бумага, пропитанная летучим ингибитором коррозии с внешним защитным слоем из полипропиленовой ткани и герметично стянутая стрейч-пленкой	Коррозия не обнаружена
2	Без покрытия	Следы атмосферной коррозии на всей поверхности образцов.
3	Бумага с летучим ингибитором коррозии и стрейч-пленкой	Коррозия не обнаружена
4	Стрейч-пленка	Выявлены очаги коррозии

Промышленные испытания упаковочных материалов

Для проведения промышленных испытаний упаковочного материала были подготовлены прутки из стали S355J2 в количестве 20 шт. диаметром 70,1 мм. После формирования двух пакетов и обвязки их стальными лентами прутки были переданы на линию упаковки. В упаковочную машину была установлена катушка с упаковочной бумагой, пропитанной летучим ингибитором коррозии с внешним защитным слоем из полипропиленовой ткани. Первый защитный слой укладывали с шагом нахлеста 10 см, что позволило сделать герметичное соединение слоев бумаги и обеспечило ее плотное прилегание к пруткам. После упаковки первым слоем на торцы одели мешки-пакеты для обеспечения герметичности упаковки. Вторым слоем упаковывали в стрейч-пленку, которая обеспечила герметичность и защиту от попадания осадков (рис. 5).

Исследование поверхности проката после промышленных испытаний защитных покрытий показало отличные результаты по упаковке металла в бумагу, пропитанную летучим ингибитором коррозии. Достигнута полная защита металла.

Установлено, что достоинство упаковки обточенного проката в бумагу с летучими ингибиторами коррозии заключается в том, что она, совмещая в себе функции упаковочного средства и средства консервации, позволяет полностью отказаться от дорогостоящей и трудоемкой консервации металлоизделий маслами и консистентными смазками. Использование в составе бумаги летучего ингибитора коррозии обеспечивает полную защиту проката, надежную и эффективную защиту металлопродукции

* Защитные упаковочные материалы и составы. Техническая брошюра [электронный ресурс]—Режим доступа: <http://tangsim.ru/kak-rabotayut-klik>



Рис. 5. Упаковка проката опытным материалом с летучим ингибитором коррозии

от коррозии. Применение полипропиленовой ткани в составе упаковочного материала обеспечивает высокую прочность, устойчивость к проколам и целостность упаковки во время проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Таким образом, использование упаковочной бумаги, пропитанной летучим ингибитором коррозии с внешним защитным слоем из полипропиленовой ткани в условиях мелкосортно-проволочного стана 370/150 на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», позволило обеспечить защиту поверхности горячекатаного обточенного проката от коррозии при длительном хранении (до года) при сложных климатических условиях.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-58-62>
УДК 669.21

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ДЕФЕКТ «СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ПЛЕНЫ И ВЗДУТИЯ» НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕСШОВНЫХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРУБ. ХАРАКТЕРНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ, ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

И. А. КОВАЛЕВА, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, ОАО «БМЗ - управляющая компания холдинга «БМК»,
г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by

В условиях рыночной экономики повышение конкурентоспособности металлопродукции – актуальное направление в науке и практике. Разработка производства новых трубных марок сталей в условиях трубопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», разливаемых на МНЛЗ, было осложнено появлением на низколегированных трубных марках стали внутренних дефектов, что отрицательно влияет на качество труб. При визуальной оценке проб на внутренней поверхности выявлены раскатанные дефекты, значительные по величине скопления, близко расположенные друг к другу, имеющие продольную ориентацию. Края дефектов извилистые, разорванные. Дефекты, обнаруженные на внутренней поверхности труб, характеризуются как сталеплавивильные пленки и вздутия. Причиной образования внутренних дефектов горячекатаных труб «сталеплавивильные пленки и вздутия» явилось раскатывание дефектов макроструктуры центральной зоны (центральная пористость и осевая ликвация) непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм.

Ключевые слова. Металлургия, качество металла, новые трубные марки стали, внутренние дефекты, горячекатаные трубы, макроструктура центральной зоны, центральная пористость, осевая ликвация, скорость разливки, зона затвердевания, ликвация углерода и легкоплавких компонентов.

Для цитирования. Ковалева, И. А. Дефект «сталеплавивильные пленки и вздутия» на внутренней поверхности бесшовных горячекатаных труб. Характерные генетические признаки, причины образования и меры предупреждения / И. А. Ковалева, Н. А. Ходосовская // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 58–62. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-58-62>.

DEFECT «STEEL-MELTING CAPTIVITY AND SWELLING» ON THE INNER SURFACE OF SEAMLESS HOT-ROLLED PIPES. CHARACTERISTIC GENETIC FEATURES, THE CAUSES OF FORMATION AND MEASURES OF PREVENTION

I. A. KOVALEVA, N. A. KHODOSOVSKAYA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC»,
Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya Str. E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by

In a market economy, increasing the competitiveness of steel products is an urgent trend in science and practice. Development of production of new pipe steels in terms of pipe-rolling plant open joint-stock company «BSW – management company of holding «Belarusian metallurgical company» casted on continuous casting machine, was complicated by the emergence of low-alloy pipe steel grades of internal defects, which negatively affects the quality of the pipes. Visual evaluation of samples on the inner surface revealed rolled defects - significant clusters, close to each other, having a longitudinal orientation. The edges of the defects are tortuous, torn. Defects found on the inner surface of the pipes are characterized as steel - melting captivity and swelling. The reason for the formation of internal defects of hot - rolled pipes «steel-melting captivity and swelling» was the rolling of defects in the macrostructure of the central zone (central porosity and axial liquation) of a continuously cast workpiece with a diameter of 200 mm.

Keywords. Metallurgy, metal quality, new steel pipe grades, internal defects, hot-rolled pipes, macrostructure of the central zone, central porosity, axial liquation, casting speed, solidification zone, liquation of carbon and fusible components.

For citation. Kovaleva I. A., Khodosovskaya N. A. Defect “steel-melting captivity and swelling” on the inner surface of seamless hot-rolled pipes. Characteristic genetic features, the causes of formation and measures of prevention. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 58–62. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-58-62>.

Металлургия – одна из ведущих отраслей промышленности, обеспечивающая технический прогресс во многих смежных отраслях. Поэтому в условиях рыночной экономики повышение конкурентоспособности металлопродукции – актуальное направление в науке и практике [1].

Наряду с развитием черной металлургии постоянно и большими темпами развиваются такие отрасли, как машиностроение, нефте- и газопереработка. Вместе с этим растут и требования к качеству металла и его свойствам.

Интенсивная эксплуатация месторождений нефти и газа, а также разработка новых месторождений требуют не только замены изношенных труб, но и строительства новых трубопроводов [2].

Освоение производства новых трубных марок сталей в условиях трубопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», разливаемых на МНЛЗ, было осложнено появлением на низколегированных трубных марках стали внутренних дефектов, что впоследствии отрицательно сказывается на эксплуатации труб.

В связи с этим в задачи установления причин неудовлетворительного качества металлопродукции входило не только выявление дефектов, но и установление их природы и причин возникновения [1].

Процесс производства трубопрокатной металлопродукции включает в себя ряд переделов, каждый из которых вносит вклад в формирование конечного комплекса свойств металла. Тем не менее, в большинстве случаев основы формирования запланированных характеристик закладываются прежде всего в сталеплавильном производстве, что делает необходимым совершенствование и развитие сталеплавильных технологий на принципиально новом качественном уровне.

К важнейшим характеристикам непрерывнолитой заготовки, определяющим ее качество, относятся состояние поверхности, а также дефекты, связанные с процессами производства стали, ее разливкой и кристаллизацией, т. е. макроструктура металла. Дефекты, образующиеся из-за отклонения от заданной технологии, существенно снижают технологическую пластичность металла в условиях его дальнейшей обработки и эксплуатационной стойкости.

При отработке технологии разливки круглой непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм новых трубных марок сталей особое внимание уделялось состоянию поверхности, геометрической форме, макроструктуре [3].

В исследовательской лаборатории проведен металлографический анализ труб размером 127×9,19 мм марки стали AISI 4130 mod 3 с обнаруженными внутренними дефектами.

Для исследования дефектов образцы трубы были порезаны пополам и проведен визуальный осмотр «лодочек».

При визуальной оценке проб № 1, 2 на внутренней поверхности «лодочек» выявлены раскаты дефекты, значительные по величине скопления, близко расположенные друг к другу, имеющие продольную ориентацию. Края дефектов извилистые, разорванные (рис. 1).

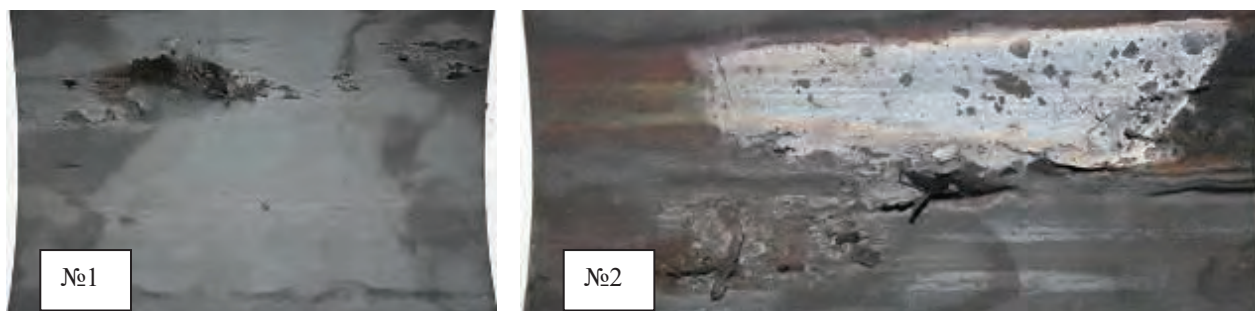


Рис. 1. Внешний вид дефектов на внутренней поверхности труб № 1, 2

Для металлографического анализа в месте расположения дефектов были вырезаны поперечные микрошлифы. При их изучении в светлом поле зрения с помощью оптического металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS» с цифровой системой изображений были выявлены следующие дефекты.

При исследовании поперечного микрошлифа № 1 (рис. 2) были обнаружены дефекты, представляющие собой плены, расположенные под углом к поверхности, плавно суживающиеся в глубь. В микрошлифе № 2 (рис. 3) выявлены полости вздутий, которые имеют чечевицеобразную форму. Внутри вздутий обнаружены включения (рис. 3, а). Образец с включениями был передан для изучения на растровом

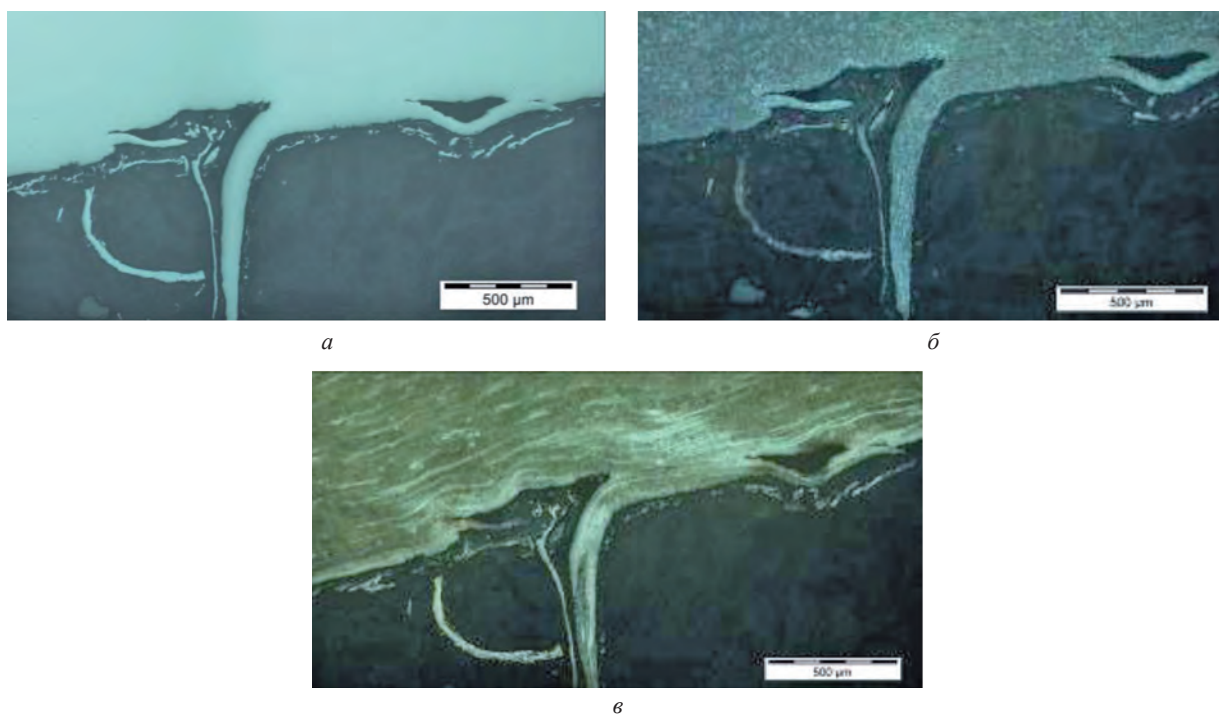


Рис. 2. Микроструктура исследуемых дефектов на внутренней поверхности трубы № 1: *a* – микрошлиф не травлен; *б* – травление в реактиве «Nital»; *в* – травление в реактиве «Обергоффера»

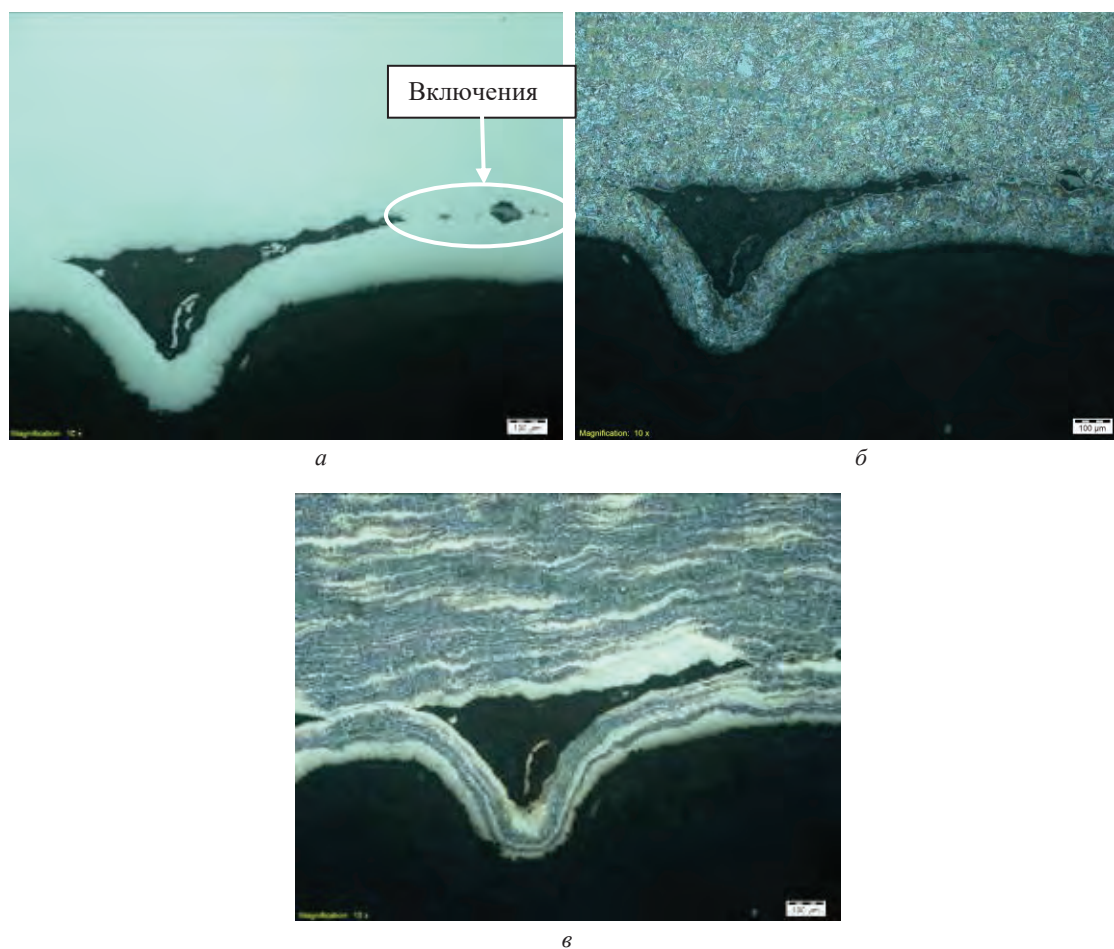


Рис. 3. Микроструктура исследуемых дефектов на внутренней поверхности трубы № 2: *a* – микрошлиф не травлен; *б* – травление в реактиве «Nital»; *в* – травление в реактиве «Обергоффера»

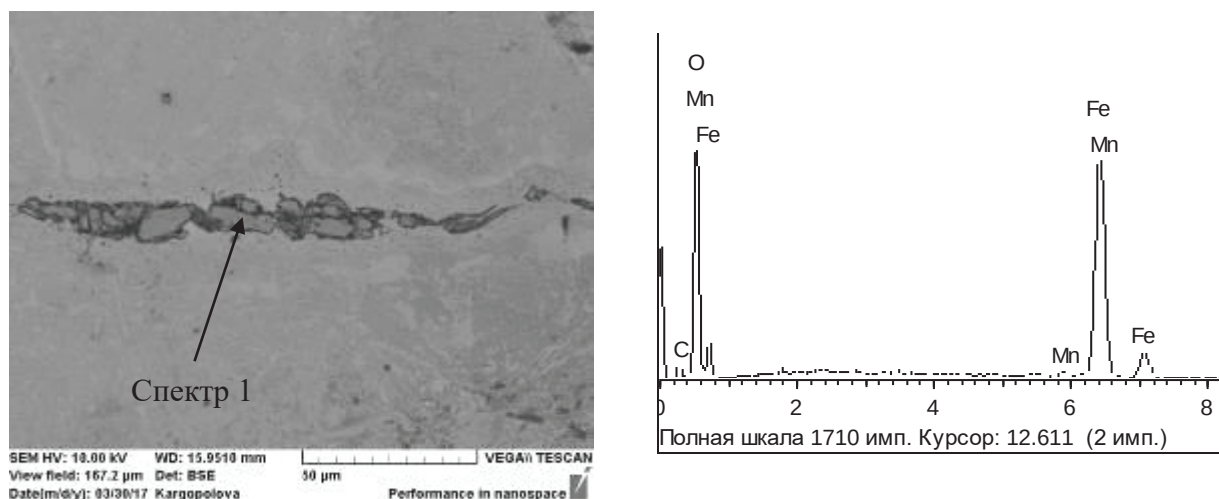


Рис. 4. Исследование включений внутри вздутий на растровом электронном микроскопе с рентгеновским микроанализатором

электронном микроскопе с рентгеновским микроанализатором. Исследование показало наличие внутри дефектов мелких глобулярных диффузионных оксидов железа и марганца типа $\text{FeO} \cdot \text{MnO}$ (рис. 4).

После травления в реактивах «Nital» и «Обергоффера» было выявлено, что не во всех поперечных сечениях имеются изменения в микроструктуре. В микрошлифах, где имеются изменения микроструктуры, дефекты сопровождаются ликвацией легкоплавких компонентов (участки белого цвета после травления реактивом «Обергоффера»).

Таким образом, дефекты, обнаруженные на внутренней поверхности труб, характеризуются как сталеплавильные плены и вздутия (глубина залегания колеблется от 0,13 до 0,58 мм).

При производстве непрерывнолитой заготовки в результате нарушения технологии подготовки металла к разливке, отклонения от заданных оптимальных режимов разливки металла, применения несоответствующих материалов, сбоев в работе узлов и механизмов МНЛЗ, отказов систем автоматики происходит поражение металла заготовки различного рода дефектами.

В настоящее время достаточно хорошо исследованы причины, приводящие к появлению грубых дефектов; по характеру дефектов можно определить источник их образования [4].

В результате проведенных исследований были выявлены характерные генетические признаки в микроструктуре металла вокруг плен и вздутий, указывающие на сталеплавильное происхождение дефектов: ликвация (участки белого цвета после травления реактивом «Обергоффера»), подтверждающая, что усадочные явления металла сопровождаются ликвацией углерода и легкоплавких компонентов, склонных к осевой ликвации, а также повышенной пористостью металла; скопления мелких глобулярных диффузионных оксидов железа и марганца типа $\text{FeO} \cdot \text{MnO}$.

Причиной образования обнаруженных внутренних дефектов горячекатаных труб «сталеплавильные плены и вздутия» явилось раскатывание дефектов макроструктуры центральной зоны (центральная пористость и осевая ликвация) непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм.

Центральная пористость представляет собой сосредоточение крупных и мелких пор вдоль теплового центра непрерывнолитой заготовки. Причинами образования центральной пористости являются специфические условия формирования заготовки, связанные с образованием относительно глубокой лунки жидкого металла. Повышенная температура и скорость разливки способствуют развитию центральной пористости, так как при этом увеличивается длина жидкой лунки.

Осевая ликвация обусловлена двумя факторами: ликвационными – обогащением центральных зон примесями и усадкой осевой зоны при затвердевании. Скорость разливки не оказывает прямого влияния на величину осевой ликвации. Влияние интенсивности вторичного охлаждения заготовок также носит ограниченный характер, так как при толстой корке охлаждение воздействует преимущественно на наружную поверхность непрерывнолитой заготовки. Значительно снизить степень развития осевой ликвации позволяет ужесточение технологических требований к подготовке металла к разливке, снижение содержания серы и фосфора в стали, а также стабильный процесс литья. Наиболее эффективной мерой против развития осевой ликвации является снижение температуры перегрева металла в проковше [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Правосудович В. В., Сокурено В. П. Дефекты стальных слитков и проката. М.: «Интермет Инжиниринг», 2006. 382 с.
2. Совершенствование режимов вторичного охлаждения слябовых непрерывнолитых заготовок // Техническая брошюра [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dslib.net/cvetn-metallurgia/sovershenstvovanie-rezhimov-vtorichnogo-ohlazhdenija-sljabovyh-nepreryvnolityh.html>
3. Ковалева И. А., Ходосовская Н. А., Гузова И. А., Демин А. В. Исследование дефектов непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм и причин их образования в условиях ОАО «БМЗ» // Литье и металлургия. 2012. № 3 (66), pp. 59–62.
4. Романцев Б. А., Гончарук А. В., Вавилкин Н. М., Самусев С. В. Трубное производство. М.: МИСиС Издательский дом, 2011. 969 с.
5. Смирнов А. Н., Куберский С. В., Штепан Е. В. Непрерывная разливка стали. Донецк: ДонНТУ, 2011. 482 с.

REFERTNCES

1. Pravosudovich V. V., Sokurenko V. P. *Defekty stal'nyh slitkov i prokata* [Defects of steel ingots and rolled products] . Moscow, Internet Inzhiniring Publ., 2006, 382 p.
2. <http://www.dslib.net/cvetn-metallurgia/sovershenstvovanie-rezhimov-vtorichnogo-ohlazhdenija-sljabovyh-nepreryvnolityh.html>
3. Kovaleva I. A., Hodosovskaja N. A. Issledovanie defektov nepreryvnolitoj zagotovki diametrom 200 mm i prichin ih obrazovaniya v usloviyah OAO «BMZ» [Investigation of defects in continuously cast billets with a diameter of 200 mm and the causes of their formation in the conditions of BMZ]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2012, no. 3(66), 59 p.
4. Romancev B. A., Goncharuk A. V., Vavilkin N. M., Samusev S. V. *Trubnoe proizvodstvo* [Pipe production]. Moscow, MISiS Izdatel'skij dom Publ., 2011, 969 p.
5. Smirnov A. N., Kuberskij S. V., Shtepan E. V. *Nepreryvnaja razlivka stali* [Continuous steel casting]. Doneck, DonNTU Publ., 2011, 482 p.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-63-67>
УДК 669.

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

МОТИВАЦИЯ ПЕРСОНАЛА НА ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

Н. С. РАБИНОВИЧ, С. А. КУЛАГИНА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»,
г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nekon.onot@bmz.gomel.by

В основе мотивации лежит принцип предоставления работникам возможностей для реализации личных целей за счет добросовестного отношения к труду. Мотивация на предприятии связана, прежде всего, с умелым сочетанием методов управления, формированием наиболее действенного стиля руководства. Она реализуется в процессе и формах найма, условиях контракта, системе оплаты и стимулирования труда, повышении квалификации и является фундаментом любой организации, во многом определяющим ее конкурентоспособность.

Ключевые слова. Заработная плата, персонал, мотивация, стимулирование, вознаграждение, выплаты, поощрение.

Для цитирования. Рабинович, Н. С. Мотивация персонала на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / Н. С. Рабинович, С. А. Кулагина // Литье и металлургия. 2019. №4. С. 63–67. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-63-67>.

MOTIVATION OF PERSONNEL AT “BSW – MANAGEMENT COMPANY OF THE HOLDING “BMC”

N. S. RABINOVICH, S. A. KULAGINA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC»,
Zhlobin, Gomel region, Belarus. 37, Promyshlennaya Str. E-mail: nekon.onot@bmz.gomel.by

Motivation is based on the principle of providing employees with opportunities to realize personal goals through a conscientious attitude to work. Motivation at the enterprise is connected, first of all, with a skillful combination of management methods, formation of the most effective management style. It is implemented in the process and forms of recruitment, contract terms, the system of remuneration and incentives, training and is the foundation of any organization, largely determining its competitiveness.

Keywords. Salary, personnel, motivation, stimulation, remuneration, payments, encouragement.

For citation. Rabinovich N.S., Kulagina S.A. Motivation of personnel at OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 63–67. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-63-67>.

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», являясь предприятием металлургического комплекса Республики Беларусь, вносит существенный вклад в экономику страны и находится в числе авторитетных производителей металлопродукции.

Главной целью развития ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» является развитие экономики предприятия на основе инновационного обновления, повышения экономической эффективности, экологической безопасности, ресурсосбережения и повышения конкурентоспособности продукции, предлагаемой на рынки стран СНГ и дальнего зарубежья.

В каталог продукции завода входят непрерывнолитая заготовка, фасонный и сортовой прокат, трубы, металлокорд, проволока различного вида и назначения, фибра.

Оплата труда персонала завода осуществляется на основе собственной тарифной сетки организации в соответствии с рекомендациями Единой тарифной сетки Республики Беларусь, которая представляет собой совокупность квалификационных разрядов и соответствующих им тарифных коэффициентов.

При заключении с работниками контрактов в соответствии с нормами Декрета Президента Республики Беларусь от 26.07.1999 N 29 «О дополнительных мерах по совершенствованию трудовых отношений, укреплению трудовой и исполнительской дисциплины» предусматривается дополнительная мера стимулирования труда - повышение тарифных ставок (окладов) в размере до 50%.

При установлении почасовой оплаты труда применяются часовые тарифные ставки, определяемые путем деления тарифной ставки на среднемесячное количество рабочих часов, установленное действующими нормативными актами, с учетом годового баланса расчетного времени.

Размер месячного должностного оклада (тарифной ставки) работника определяется в трудовом договоре (контракте).

Премирование

В целях достижения наиболее полного соответствия коллективных и личных интересов в конечных результатах производства устанавливаются системы премирования работников, коллективов бригад, участка, цеха в целом.

Показатели, условия и порядок премирования работников определяются в соответствии с конкретными показателями работ агрегата, бригады, участка, подразделения цеха с учетом эффективности работы подразделения и влияния работников коллектива на изменение этих показателей.

Премирование производится ежемесячно (поквартильно) по показателям текущего или предыдущего месяца (квартала) в зависимости от особенностей организации производства труда, перечня показателей и в соответствии с действующими законодательными актами.

Доплаты

Доплаты – денежные выплаты, призванные компенсировать воздействие на работника неблагоприятных факторов труда, обусловленные характером работы.

Доплаты, действующие на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»:

- за руководство бригадой;
- за работу в ночное время;
- за работу в тяжелых и вредных условиях труда;
- за особые условия труда (специфику работы) водителям;
- за совмещение профессий, выполнение обязанностей временно отсутствующего работника и др.

Доплата за руководство бригадой

Бригадирам, не освобожденным от основной работы, устанавливается доплата за руководство бригадой в размере 5 % тарифной ставки (оклада) за отработанное время.

Доплата за работу в ночное время

За работу в ночное время за каждый час отработанного ночного времени (с 22 ч до 6 ч) производится доплата в размере 20% часовой тарифной ставки (оклада) работника.

Доплата за работу во вредных и опасных условиях труда

Доплата за работу во вредных и опасных условиях труда устанавливается по результатам аттестации рабочих мест, проводимой не реже одного раза в пять лет, в зависимости от степени вредности и тяжести условий труда за каждый час работы во вредных условиях труда и на тяжелых работах в следующих размерах:

- 1-й степени – 0,10%;
- 2-й степени – 0,14%;
- 3-й степени – 0,20%;
- 4-й степени – 0,25%;
- 4-й класс (опасные условия труда) – 0,31%.

Доплата за увеличение объема работ и совмещение профессий

В случаях, когда работники наряду со своей основной работой, обусловленной трудовым договором (контрактом на работу), выполняют работу по такой же профессии (должности) за отсутствующего работника им устанавливается доплата за увеличение объема работ (согласно утвержденному Положению, размер доплаты устанавливается до 50% установленного должностного оклада (тарифной ставки)).

В случаях, когда работники наряду со своей основной работой, выполняют дополнительную работу по другой профессии (должности) за отсутствующего работника без освобождения от своей основной

работы, им устанавливается доплата за совмещение профессий (согласно утвержденному Положению, размер доплаты устанавливается до 50% установленного должностного оклада (тарифной ставки)).

При невыполнении или некачественном выполнении возложенных дополнительных обязанностей доплата за расширение зоны обслуживания, совмещение профессий отменяется.

Доплата при разделении рабочего дня на части

Для отдельной категории работников, занятых перевозкой и связанных с обслуживанием рабочих мест, вводится рабочий день с разделением на части (с перерывом в работе свыше 2 ч), с выплатой доплаты до 50% должностных окладов (тарифной ставки). Время внутрисменного перерыва в рабочее время не включается.

Доплата за специфику работы

Водителям легковых автомобилей устанавливается доплата за специфику работы не более 25% установленной тарифной ставки пропорционально отработанному времени.

Надбавки

Надбавки – денежные выплаты поощрительного характера, призванные стимулировать работников к достижению более высоких результатов в труде, повышению своей квалификации и уровня профессионализма. Надбавки принадлежат к переменной части заработной платы, которая служит основным фактором стимулирования высокопроизводительного и качественного труда.

Начисление надбавок рабочим и служащим осуществляется исходя из должностных окладов и тарифных ставок. Конкретный размер надбавок устанавливается нанимателем на основании приказа (распоряжения).

Надбавки, действующие на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»:

- за высокое профессиональное мастерство, высокие достижения в труде;
- вознаграждение за стаж работы;
- за наличие ученой степени и звания;
- за владение и применение иностранных языков;
- за классность (водителям).

Надбавки рабочим за высокое профессиональное мастерство

Надбавки за высокое профессиональное мастерство устанавливаются рабочим, стабильно обеспечивающим высокое качество продукции и выполняемых работ, освоившим смежные функции, имеющим стаж работы по данной профессии не менее 1 года в следующих размерах:

- 3-й разряд – до 12%;
- 4-й разряд – до 16%;
- 5-й разряд – до 20%;
- 6-й разряд – до 24%;
- 7-й разряд – до 28%;
- 8-й разряд – до 32%

Указанные надбавки устанавливаются по представлению руководителя структурного подразделения. Критериями для установления надбавок являются:

- высокий уровень личной производительности и качества труда;
- систематическое достижение более высоких показателей в труде по сравнению со средними показателями рабочих той же профессии (более высокая выработка, производительность труда, умение делиться опытом работы и трудовыми навыками с другими работниками);
- соблюдение установленной технологии, производственной и трудовой дисциплины, высокой культуры производства, правил и норм по охране труда;
- создание высокоэффективных машин и механизмов, отдельных деталей и узлов;
- победа в конкурсах профессионального мастерства;
- совершенствование и внедрение прогрессивных технологий и передовых методов организации производства и труда, а также другие работы, обеспечивающие значительную экономию трудовых, материальных и других ресурсов предприятия.

Конкретный размер надбавки рабочему за профессиональное мастерство устанавливается в приказе (распоряжении) нанимателя.

Надбавка за сложность и напряженность работы, за высокие достижения в труде

Надбавка за высокие достижения в труде, за сложность и напряженность труда устанавливается руководителям, специалистам и служащим за высокую квалификацию и с учетом результативности труда конкретного руководителя, их деловых качеств и специфики производства согласно «Порядку материального стимулирования за высокие достижения в труде, сложность и напряженность труда и выполнение особо важной работы».

При установлении надбавки учитываются: уровень эффективности принятия управленческих решений; качество производимой продукции; рост производительности труда; снижение себестоимости продукции.

Вознаграждение за стаж работы на заводе

Надбавка устанавливается работникам завода в зависимости от стажа работы на предприятии (см. ниже).

При непрерывном стаже работы на заводе	Размер месячного вознаграждения от должностного оклада, тарифной ставки
От 1 года до 5 лет	5 %
От 5 до 10 лет	10 %
От 10 до 15 лет	15 %
От 15 до 20 лет	20 %
От 20 до 25 лет	25 %
Свыше 25 лет	30 %

Надбавки за ученую степень и владение иностранными языками

Работникам, имеющим ученую степень, устанавливается ежемесячная надбавка (кандидатам наук – в размере трех базовых величин, докторам наук – в размере шести базовых величин) при выполнении следующих условий:

- соответствие выполняемых функций на занимаемой должности научному труду (диссертации), за который присвоена ученая степень;
- соответствие научного труда профилю предприятия.

Установление надбавок производится с учетом вклада указанных лиц в инновационное развитие предприятия на заседании научно-технического совета и производится при условии выполнения плана работ по направлениям развития завода.

Специалистам, владеющим иностранными языками и применяющим их в практической работе, устанавливается надбавка в размере 15% к установленному должностному окладу.

Надбавка за классность

Водителям автомобилей (автобусов) выплачивается ежемесячная надбавка за классность в следующих размерах:

2-го класса – до 10 % установленной тарифной ставки (оклада) работника;

1-го класса – до 25 % установленной тарифной ставки (оклада) работника.

Оформление класса квалификации производится приказом по предприятию по представлению квалификационной комиссии.

Наряду с финансовыми способами мотивации на предприятии существуют нефинансовые способы мотивации и стимулирования труда.

Социально-психологическая мотивация

1. Признание трудовых заслуг

Организация и проведение конкурсов и производственных соревнований:

Проведение конкурса «Лучший по профессии» в основных цехах завода.

В области наставничества:

«Лучший наставник года».

«Лучший молодой специалист года».

В области энергосбережения:

«Лучшее структурное подразделение завода по энергосбережению»

«На лучшие идеи повышения энергетической эффективности производства»

Организация и проведение конкурсов и производственных соревнований на звание:

- Лучший молодой руководитель.
- Лучший руководитель завода.
- Лучший мастер завода.
- Лучший рационализатор года.
- Лучший изобретатель года.
- Лучший спортсмен завода.
- Лучший участник художественной самодеятельности.
- Лауреат молодежной премии.

Ежегодно проходит торжественная церемония вручения премии «Профессиональный Олимп» (вручается трудовым коллективам и работникам в 11 номинациях).

2. Как способ мотивации широко используется **публичное признание**: информация о трудовых успехах работника печатается в корпоративной газете «Металлург», размещается на специальных стендах. Также фотографии лучших работников размещаются на доске почета организации. Актуальная информация размещается в социальных сетях «В Контакте», «Twitter» Facebook». Также организовано поздравление работников завода с днем рождения на страницах внутреннего сайта ИНФО-БМЗ.

Работникам предприятия, удостоенным чести быть занесенными в Книгу Почета с присвоением звания «Почетный работник Белорусского металлургического завода», вручаются удостоверение, знак «Почетный работник Белорусского металлургического завода» и денежная премия (размер денежной премии определяет Дирекция).

3. Корпоративные мероприятия

Участие в корпоративных мероприятиях значительного количества членов коллектива способствует формированию командного духа у сотрудников, помогает сплочению коллектива. Наиболее типичные примеры – празднование годовщины основания цеха, профессионального праздника Дня металлургов и др. Как правило, мероприятия проводятся в форме ужина в ресторане, кафе либо выезда на природу. Цель корпоративных мероприятий – сплотить коллектив, способ отметить лучших сотрудников.

4. Возможность повышения статуса сотрудника

Большим стимулом в трудовой деятельности является перспектива повышения в должности, а также возможность получения дополнительного образования за счет средств нанимателя. На предприятии используются такие методы, как ротация на более высокую должность, командировки с целью обмена опытом на другие предприятия, обучение на курсах повышения квалификации. С целью привлечения молодежи к научно-техническому творчеству ежегодно проводится международная научно-техническая конференция молодых работников «Металл», молодые специалисты завода также участвуют в международных научно-технических конференциях на предприятиях СНГ. На переподготовку в вузы и обучение в аспирантуре направляются руководящие работники и специалисты.

Мотивация персонала – это только один из способов, как повысить заинтересованность сотрудников в личной эффективности, и поднять уровень продаж. Дополнительные денежные выплаты всегда играют ведущую роль и вызывают интерес со стороны сотрудников. Баланс различных инструментов для повышения мотивации способствует росту как количественных, так и качественных показателей работы сотрудников. Любите и берегите своих сотрудников и они обязательно ответят вам взаимностью.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-68-71>
УДК 669.

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ТАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВЩИКАМИ КАК КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

О. П. КРАСЮК, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл.,
Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: zamm.otk@bmz.gomel.by

В статье рассматриваются вопросы, связанные с работой ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» с поставщиками. Приведена информация по разработанной концепции заинтересованных сторон между поставщиком-потребителем. Описаны виды и структура процесса закупок, осуществлена градация материала в процессе закупки. Представлена методика оценки поставщика начиная с расчета индекса качества поставленного материала в зависимости от коэффициента значимости вида несоответствия. Рассмотрена логистика поставок, а также на базе партнерства взаимоотношений приведена информация по оценке лояльности поставщика, введено понятие отчета по разработанным мероприятиям 8D, т. е. восемь пошаговых действий, направленных на устранение несоответствий. Показано взаимоотношение между поставщиком-потребителем.

Ключевые слова. Поставщик, коэффициент значимости, концепция развития, показатель качества, методика оценки, логистика, лояльность, отчет 8D, рейтинг.

Для цитирования. Красюк, О. П. Тактика управления поставщиками как концепция устойчивого развития предприятия / О. П. Красюк // Литье и металлургия. 2019. №4. С. 68–71. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-68-71>.

SUPPLIERS MANAGEMENT TACTICS AS A CONCEPT OF SUSTAINABLE ENTERPRISE DEVELOPMENT

O. P. KRASYUK, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», 37, Promyshlennaja Str.,
Zhlobin City, Gomel region, Belarus. E-mail: zamm.otk@bmz.gomel.by

The article deals with issues related to the work of OJSC “BSW - Management Company of the Holding “BMC” with suppliers. Information on the developed concept of stakeholders between supplier and consumer is given. The types and structure of the procurement process are described, the gradation of the material in the procurement process is carried out. The method of evaluating supplier, starting with the calculation of the quality index of the material supplied, depending on the ratio value of the type of inconsistencies discussed logistics, but also on the basis of partnership relations provides information on the assessment of loyalty of the supplier. The report is also based on the developed activities, 8D, i.e. 8 step-by-step actions to eliminate inconsistencies. Perception of the supplier-consumer relationship is evaluated.

Keywords. Supplier, significance factor, development concept, quality indicator, evaluation methodology, logistics, loyalty, 8D report, rating.

For citation. Krasjuk O. P. Suppliers management tactics as a concept of sustainable enterprise development. Foundry production and metallurgy, 2019, no.4, pp. 68–71. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-68-71>.

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» – это высокотехнологичный металлургический комплекс. Изготовление продукции осуществляется на единой производственной площадке. Базовую мощность предприятия по выпуску металлопродукции составляют три 100-тонные электродуговые печи, работающие в круглосуточном режиме, обеспечивающие серийность разлива на трех машинах непрерывного литья заготовок. Широкий набор производственных мощностей позволяет гибко формировать производственные потоки с учетом рыночной конъюнктуры и поддерживать стабильные объемы сбыта при длительных циклических колебаниях развития экономики. Концепция устойчивого развития и обновления нацелена на минимизацию потерь, вызванных изменениями тенденций рынков, рисков, связанных с внутренними и внешними факторами, повышение качества и поиск новых

рыночных ниш. Менеджмент предприятия работает над организацией безопасного, энергоэффективного и высокотехнологичного производства качественной металлопродукции.

В современном мире перепроизводства товаров возник интерес к использованию качества как конкурентного преимущества. Главным вопросом на повестке стало не «бросовое качество» по «бросовым» ценам и не «завышенное качество» по «невероятным», а стабильность качественных характеристик партии, продуктовой линейки. А для такого предприятия, как БМЗ, – качества заказанного потребителем через свои спецификации и стандарты. Это заставило менеджмент во всем мире вернуться к оцениванию вклада качества в деятельность организации. Проведенные исследования показывают, что во многих организациях, по крайней мере 50% проблем, связанных с качеством, своими корнями уходят в товары, полученные от поставщиков и, как показала практика, данный процент для БМЗ находится на значительно более высоком уровне – все совершенство отточенной технологии может быть уничтожено низким качеством входящего материала. Кроме того, управленческие инструменты и приемы, в частности, «бережливое производство», «система точно в срок», планирование материальных ресурсов и закупки при отсутствии запасов все это требует, чтобы продукция, доставляемая поставщиком, соответствовала требуемым спецификациям [1].

Таким образом, насколько поставщики выполняют свои обязанности, является критичным фактором, в значительной степени влияющим на конечное качество продукции и ее себестоимость. Менеджмент качества – это задача, постоянно решаемая и покупателем, и продавцом. Для достижения контрактных обязанностей БМЗ (являющийся средним звеном во взаимодействии при производстве конечного товара) проводит тесное сотрудничество со своими покупателями и продавцами [2]. Для нас является актуальным как контроль нашего качества со стороны наших потребителей, так и контроль сырья и материалов наших поставщиков. Изначальная ориентация предприятия на внешние рынки и строительство его зарубежными компаниями всегда держало БМЗ в фарватере требований внешних потребителей. С появлением требований от наших потребителей в сертификации по различным стандартам нам не пришлось принципиально перерабатывать существующую систему управления качеством. А строительство наших требований к поставщикам облегчало и обуславливало выполнение требований наших потребителей.

Для достижения целей прогнозируемого качества поставляемых на предприятие сырья и материалов нами разработан «Кодекс ответственного поставщика», включающий принципы работы с поставщиками и требования к ним по соблюдению минимально приемлемых этических и экологических стандартов, норм охраны труда, техники безопасности, а также прав человека. БМЗ не является изобретателем подобной практики, мы переняли ее от наших потребителей и добавили свои особенности. Тактика управления поставщиками и сам процесс «закупки» оценивается как основной стратегический инструмент на пути обеспечения требуемого качества выпускаемой предприятием продукции. Эффективная система контроля позволяет осуществлять своевременное и целенаправленное воздействие на уровень качества выпускаемой продукции, предупреждать возможные недостатки, обеспечивать их оперативное выявление и ликвидацию с наименьшими затратами ресурсов [3].

Сотрудничество между поставщиком – потребителем по своему характеру и структуре может быть одноразовым (закупка единовременная), временным (сводясь к приобретению необходимых материалов), стратегическим или постоянным – поставщики сознают, что они смогут поддерживать длительные отношения, базирующиеся на приемлемом уровне цен выполнение требований потребителя, а потребитель, в свою очередь, будет уверен в качестве поставляемого сырья и материалов.

Градация материала в процессе закупки – основные материалы и вспомогательные.

Для достижения оптимального сотрудничества с поставщиками на ОАО «БМЗ» создана и поддерживается система управления поставщиками, включающая методы отбора поставщиков в соответствии с действующим законодательством и требованиями стандартов ISO 9001, ISO 14001, ISO 27001, OHSAS 18001, ISO 50001, IATF 16949, API Q1, BES 6001 и SCS CARES с учетом принципов и требований, изложенных в «Корпоративная Политика», «Этический кодекс» и «Кодекс ответственного поставщика». Основанием для включения нового поставщика в «Перечень одобренных материалов и изделий» является акт – утвержденное комиссионное решение о возможности серийных (промышленных) поставок на основании испытаний опытно-промышленной партии.

Подобный подход используется и по обслуживанию оборудования внешними организациями. Все оборудование разделено на группы и новый поставщик услуг по техническому обслуживанию и ре-

монтажу оборудования, с которым у завода отсутствует опыт сотрудничества, может привлекаться только к оказанию услуг по обслуживанию оборудования.

Разработанная методика оценки поставщиков базируется на расчете комплексного индекса качества поставленного материала, рассчитываемого на основе общего количества поставок, их отклонений от требований ТНПА и ТД и коэффициента значимости. Все несоответствия ранжируются в зависимости от коэффициента значимости, учитываются качество упаковки, маркировки, внешний вид, влияние несоответствия материала на технологический процесс, требование дополнительных действий по его использованию или переработке, повторные несоответствия параметров материала, возврат несоответствующего материала и т. д. Также учтены требования стандарта IATF 16949 по коэффициенту безопасности использования сырья и материалов как при проведении входного контроля, так и в процессе производства (воздействие на окружающую среду и персонал).

Наши потребители выпускают конечную продукцию в соответствии со стандартами ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO26000/SA 8000. Требования стандартов распространяются на всю цепочку поставщиков, поэтому производится анализ наличия у поставщиков сертификатов соответствия.

Необходимо гарантировать своевременность поставки с учетом требуемого времени для выполнения каждого шага процесса закупки. Управление взаимоотношениями между поставщиками и БМЗ направлено на то, чтобы обе стороны достигали намеченные цели более эффективными и менее затратными способами, поэтому оценивается логистика поставок.

Понимание деталей в сложившейся ситуации, способность оценить слабые и сильные стороны друг друга – путь к ориентации взаимоотношений на основе партнерства обеих сторон. Это требует большой координационной работы как от предприятия, так и от поставщиков. Поэтому производится расчет лояльности поставщика на основе фактического количества корректирующих действий, разработанных поставщиком, и количества предложений и требований по улучшению деятельности, направленных поставщику от предприятия.

Нами запрашивается отчет поставщика по мероприятиям, разработанный по форме 8D (8Discipline, 8 систем) и включающий в себя восемь шагов:

- D1 – формирование многофункциональной команды специалистов;
- D2 – описание проблемы;
- D3 – принятие немедленных действий (коррекция);
- D4 – определение корневой причины с акцентом по применению метода решения проблем «5 почему»;
- D5 – разработка корректирующих действий;
- D6 – выполнение и подтверждение корректирующих действий;
- D7 – разработка действий по предупреждению повторения проблемы;
- D8 – закрытие отчета.

При отсутствии отчета или его несвоевременном предоставлении по разработанным мероприятиям производится снижение показателя лояльности.

На основании предоставленных от поставщика отчетов 8D оцениваются последующие поставки материала и эффективность разработанных поставщиком мероприятий. Если несоответствия повторяются, то разработанные мероприятия считаются нерезультативными и расчет лояльности снижается в зависимости от коэффициента значимости несоответствий.

Одним из требований IATF 16949 является проведение аудитов второй стороны всех поставщиков. При проведении аудитов поставщиков составляется чек-лист и анализируются предоставленные ранее поставщиком мероприятия и оценивается их результативность. На основании отчета о проведении аудита специалистами-экспертами может быть принято решение о повышении/снижении рейтинга поставщика. Специалисты могут запрашивать информацию у поставщика в виде чек-листа для проведения оценки его деятельности.

При оценке соответствия деятельности поставщика требованиям «Кодекса ответственного поставщика» использован подход, основанный на оценке рисков, который является основным стратегическим шагом при работе с поставляемой нам продукцией.

По результатам всех показателей за полугодие и год производится оценка работы поставщика, при этом каждый изготовитель и каждый отдельный тип материала оценивается отдельно. Каждому поставщику присваивается рейтинг: «отличный», «надежный», «приемлемый», «неудовлетворительный» и выдается свидетельство поставщика.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Конти Т., Кондо Е., Ватсон Г.** Качество в XXI веке. Роль качества в обеспечении конкурентоспособности и устойчивого развития: Пер. с англ. А. Раскина. М.: Стандарты и качество. 2005, 280 с.
2. **Люттов А. Г., Загидуллин Р. Р., Схиртладзе А. Г.** и др. Управление качеством в автоматизированном производстве. Старый Оскол: ГНТ, 2013, 424 с.
3. **Линдерс М., Джонсон Ф., Флинн А., Фирон Г.** Управление закупками и поставками: Пер. с англ. В. Н. Егорова. М.: ООО «Изд-во ЮНИТИ-ДАНА», 2007. 723 с.

REFERECES

1. **Konti T., Kondo E., Watson G.** *Kachestvo v XXI veke. Rol' kachestva v obespechenii konkurentosposobnosti i ustojchivogo razvitiya* [Quality in the 21st century. The role of quality in ensuring competitiveness and sustainable development] . Moscow, Standarty i kachestvo Publ., 2005, 280 p.
2. **Ljutov A. G., Zagidullin R. R., Shirtladze A. G., Ogorodov V. A., Rjabov Ju.V., Chugunova O. I.** *Upravlenie kachestvom v avtomatizirovannom proizvodstve* [Quality management in automated production]. Staryj Oskol, TNT Publ., 2013, 424 p.
3. **Linders M., Dzhonson F., Flinn A., Firon G.** *Upravlenie zakupkami i postavkami* [Procurement and Supply Management]. Moscow, ООО "Izdatel'stvo JuNITI-DANA" Publ., 2007, 723 p.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-72-75>
УДК 669.11.046

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

М. В. ЛАГОЙСКАЯ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь. ул. Промышленная, 37. E-mail: ao.czl@bmz.gomel.by

Рассматривается возможность анализа образцов малых диаметров без применения специальных адаптеров для определения химического состава на спектрометрах. Проведение измерений ограничивается размерами отверстия на аналитическом столике, которое составляет 12 мм. Соответственно все анализируемые образцы должны иметь диаметр не менее 14 мм для полного перекрытия пробой крышки разрядной камеры во избежание попадания в камеру воздуха. Фирма-производитель спектрального оборудования предлагает использовать специальные адаптеры для анализа проб малого размера. Но использование таких адаптеров имеет ряд недостатков: дополнительные денежные затраты на приобретение адаптеров, необходимость проведения дополнительной процедуры стандартизации, наличие специальных стандартных образцов. В лаборатории аналитического обеспечения (ЛАО) центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) все пробы готового проката (катанки или арматуры) размером от 5,5 до 20 мм подготавливаются в виде «лопаток». Спрессованная часть «лопатки» и является анализируемой поверхностью пробы, которая в дальнейшем обрабатывается на дисковой шлифовальной машине и передается на спектральный анализ. В статье приведены результаты сравнительных испытаний арматуры класса У500 между образцами в виде «лопаток» и «столбиков» и сделан вывод о целесообразности применения специальных адаптеров.

Ключевые слова. Пробоподготовка, химический состав, спектральный анализ, оптический эмиссионный спектрометр, прокат малых диаметров, адаптер.

Для цитирования. Лагойская, М.В. Влияние качества подготовки образцов на результаты спектрального анализа / М. В. Лагойская // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 72–75. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-72-75>.

THE INFLUENCE OF SAMPLE PREPARATION QUALITY ON THE RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS

M. V. LAGOYSKAYA, OJSC «BSW – Management Company of the Holding «BMC», Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya Str. E-mail: ao.czl@bmz.gomel.by

Considers the possibility of analyzing samples of small diameters without the use of special adapters for determining the chemical composition on spectrometers. Measurements are limited to the size of the hole on the analytical table, which is 12 mm. Accordingly, all analyzed samples must have a diameter of at least 14 mm to completely cover the sample cover of the discharge chamber in order to avoid air entering the chamber. The company - manufacturer of spectral equipment offers to use special adapters for the analysis of small samples. But the use of such adapters has a number of drawbacks. These include additional cash costs for the purchase of adapters, the need for additional standardization procedures, the availability of special reference samples. In the laboratory of analytical support (LAS) of the Central Laboratory of the Factory (CLF), all samples of finished rolled products (wire rods or fittings) in size from 5.5 mm to 20 mm are prepared in the form of «blades». The compressed part of the «blade» is the analyzed surface of the sample, which is further processed on a disk grinder and transmitted to the spectral analysis. The article presents the results of comparative tests of valves class U500 between samples in the form of «blades» and in the form of «columns» and concluded that the necessity of use of special adapters.

Keywords. Sample preparation, chemical composition, spectral analysis, optical emission spectrometer, small diameter rolling, adapter.

For citation. Lagoyetskaya M.V. The influence of sample preparation quality on the results of spectral analysis. Foundry production and metallurgy, 2019, no.4, pp. 72–75. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-72-75>.

Особенность химического анализа как вида измерений заключается в том, что погрешности, связанные с пробоотбором и пробоподготовкой, влиянием поверхностных и внесенных загрязнений, во много раз могут превышать погрешность непосредственных измерений аналитического сигнала [1].

Загрязнение поверхности анализируемых твердых проб является серьезным препятствием на пути получения качественных аналитических данных. Природа поверхностных загрязнений разнообразна. Они могут быть следствием попадания примесей на стадиях отбора и подготовки проб [1]. При резке или шлифовке образцов микрочастицы абразива вдавливаются в поверхность. Образовавшиеся загрязнения могут в значительной мере исказить информацию о составе анализируемого образца.

В лаборатории аналитического обеспечения (ЛАО) центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) установлены оптико-эмиссионные спектрометры фирмы ARL, в качестве источника возбуждения в которых используется искровой конденсированный разряд. При использовании данного типа источника значительное влияние на тип калибровочных кривых и точность анализа оказывают качество и идентичность обработки электрода-пробы. Ошибки и погрешности, которые могут быть заложены на стадии пробоподготовки, в большинстве своем не поддаются устранению или корректировке, что делает всю последующую операцию бессмысленной. В связи с этим удаление поверхностных загрязнений и контроль качества поверхности пробы – важные и обязательные звенья в процедуре спектрального анализа.

Поверхность пробы должна быть чистой, равномерной и плоской, представлять собой площадку с гладкой поверхностью [2]. Шероховатость поверхности R_z должна быть не более 20 мкм (R_z – средняя высота неровностей, измеряемая по пяти наиболее высоким выступам и пяти наиболее глубоким впадинам). На обработанной поверхности проб не допускаются видимые невооруженным глазом раковины, шлаковые включения, а также дефекты механической обработки и цвета побежалости [2]. К дефектам механической обработки относятся прижоги и микротрещины на обработанной поверхности. Они возникают из-за неравномерного хода или заниженной скорости вращения круга, шлифования «засаленным» кругом или кругом с чрезмерно малой зернистостью [3]. Абразивная бумага может исказить результаты некоторых анализов, особенно при определении элементов с низкой концентрацией. Выбор бумаги зависит от определяемых элементов. Нами используется бумажная неводостойкая шлифовальная бумага зернистостью 40–60.

На участке пробоподготовки в ЛАО осуществляют подготовку к спектральному анализу технологических и маркировочных проб, проб готовой продукции прокатных станов, проб металлолома. Также подготавливается поверхность установочных проб и стандартных образцов.

Чтобы получить качественную и одинаковую по структуре поверхность у всех анализируемых образцов и исключить появление дополнительной погрешности при проведении испытаний, все образцы проката шлифуются только на плоскошлифовальном станке НТ-350 фирмы «HERZOG». Здесь же подготавливается поверхность установочных проб и стандартных образцов, которые используются для проведения стандартизации спектрометров и проверки правильности их работы.

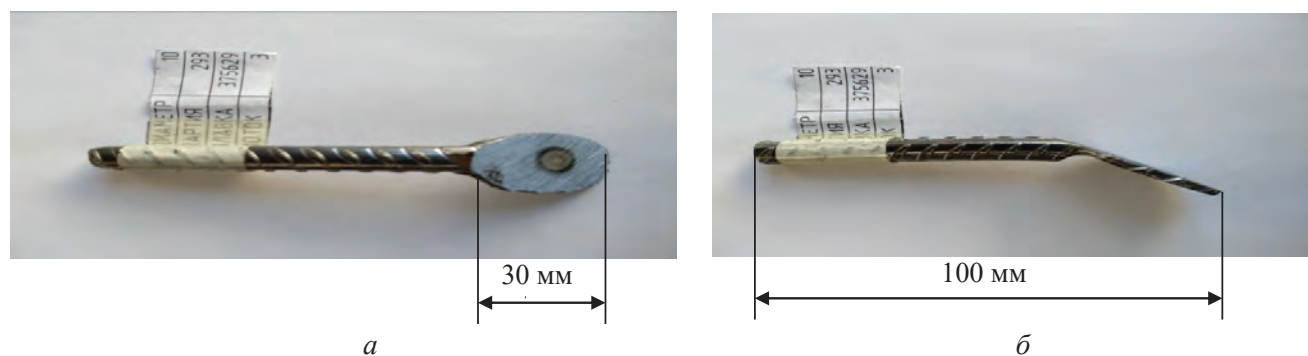
Отдельно уделим особое внимание пробоподготовке проб готового проката малых диаметров.

Пробы диаметром от 8 до 16 мм чаще всего называют пробами малого размера. В ЛАО осуществляется анализ проб готового проката диаметром (или стороной) от 5,5 до 160 мм. Проведение измерений ограничивается размерами отверстия на аналитическом столике, которое составляет 12 мм. Соответственно все анализируемые образцы должны иметь диаметр не менее 14 мм для полного перекрытия пробой крышки разрядной камеры во избежание попадания в камеру воздуха.

Фирма-производитель спектрального оборудования предлагает использовать специальные адаптеры для анализа проб малого размера. Но использование таких адаптеров имеет ряд недостатков. К ним относятся дополнительные денежные затраты на приобретение адаптеров, необходимость проведения дополнительной процедуры стандартизации, наличие специальных стандартных образцов.

ЛАО ЦЗЛ не использует адаптеры для проб малого диаметра. Все пробы готового проката размером от 5,5 до 18 мм подготавливаются в лаборатории физико-механических испытаний следующим способом. От проката (катанки или арматуры) отрезается образец размером примерно 100–120 мм. Часть образца осаживается под давлением на прессе, а оставшаяся часть образца загибается под углом примерно 45° для удобства дальнейшей обработки. Таким образом, получается образец в виде «лопатки». Спресованная часть «лопатки» и является анализируемой поверхностью пробы, которая в дальнейшем обрабатывается на дисковой шлифовальной машине и передается на спектральный анализ. Внешний вид и примерные размеры образца показаны на рисунке а, б («лопатка» изготовлена из арматуры диаметром 10 мм).

Были проведены сравнительные испытания арматуры диаметром 16 мм, плавка № 286648, арматурной стали класса У500. От прутка были отрезаны 20 образцов, из которых 10 образцов были подготовлены в виде «лопаток», 10 образцов, отрезанных в виде «столбиков». Определение химического состава



Образец в виде «лопатки»

проводили на оптическом эмиссионном спектрометре ARL 4460. Результаты измерений приведены в таблице. Измерения проводили в одно время, одним оператором на одном оборудовании, т. е. в условиях повторяемости, поэтому критерием оценки расхождений значений массовой доли химических элементов был взят предел повторяемости (в таблице – это величина обозначена d_{cx}).

Результаты химического анализа

Наименование пробы	Массовая доля химических элементов, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
№ 1 «столбик»	0,189	0,355	1,298	0,0068	0,0340	0,083	0,120	0,163
№ 1 «лопатка»	0,185	0,352	1,298	0,0065	0,0339	0,085	0,124	0,160
Разность	0,003	0,003	0	0,0003	0,0001	0,002	0,004	0,003
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 2 «столбик»	0,188	0,350	1,296	0,0058	0,0351	0,083	0,121	0,162
№ 2 «лопатка»	0,182	0,348	1,293	0,0062	0,0334	0,083	0,124	0,157
Разность	0,006	0,002	0,003	0,0004	0,0003	0	0,003	0,005
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 3 «столбик»	0,186	0,358	1,305	0,0068	0,0336	0,084	0,121	0,164
№ 3 «лопатка»	0,186	0,352	1,295	0,0064	0,0337	0,084	0,125	0,158
Разность	0	0,006	0,010	0,0004	0,0001	0	0,004	0,006
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 4 «столбик»	0,190	0,350	1,286	0,0071	0,0354	0,084	0,119	0,162
№ 4 «лопатка»	0,188	0,348	1,296	0,0058	0,0328	0,083	0,122	0,154
Разность	0,002	0,002	0,010	0,0013	0,0026	0,001	0,003	0,008
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 5 «столбик»	0,188	0,358	1,288	0,0073	0,0355	0,078	0,120	0,160
№ 5 «лопатка»	0,187	0,350	1,296	0,0063	0,0345	0,083	0,123	0,159
Разность	0,001	0,008	0,008	0,0010	0,0010	0,005	0,003	0,001
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 6 «столбик»	0,187	0,355	1,296	0,0063	0,0337	0,085	0,123	0,164
№ 6 «лопатка»	0,190	0,349	1,300	0,0063	0,0341	0,084	0,124	0,160
Разность	0,003	0,006	0,004	0	0,0004	0,001	0,001	0,004
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 7 «столбик»	0,182	0,358	1,301	0,0064	0,0329	0,085	0,124	0,160
№ 7 «лопатка»	0,187	0,348	1,298	0,0062	0,0336	0,084	0,124	0,158
Разность	0,005	0,010	0,003	0,0002	0,0007	0,001	0	0,002
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 8 «столбик»	0,185	0,352	1,300	0,0063	0,0339	0,083	0,124	0,158
№ 8 «лопатка»	0,187	0,348	1,298	0,0062	0,0336	0,084	0,124	0,158
Разность	0,002	0,004	0,002	0,0001	0,0003	0,001	0	0
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
№ 9 «столбик»	0,192	0,354	1,304	0,0062	0,0326	0,083	0,122	0,164
№ 9 «лопатка»	0,184	0,349	1,299	0,0063	0,0330	0,084	0,124	0,158
Разность	0,008	0,005	0,005	0,0001	0,0004	0,001	0,002	0,006
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017

Наименование пробы	Массовая доля химических элементов, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
№ 10 «столбик»	0,189	0,353	1,284	0,0071	0,0358	0,085	0,124	0,152
№ 10 «лопатка»	0,185	0,349	1,300	0,0062	0,0345	0,084	0,125	0,159
Разность	0,004	0,004	0,006	0,0009	0,0013	0,001	0,001	0,007
d_{cx}	0,013	0,03	0,07	0,002	0,008	0,007	0,013	0,017
min	0,182	0,348	1,284	0,0058	0,0326	0,078	0,119	0,152
max	0,192	0,358	1,311	0,0073	0,0358	0,085	0,125	0,166
Разность	0,010	0,010	0,027	0,0015	0,0032	0,007	0,006	0,013

Из таблицы видно, что разность между результатами анализа образцов, подготовленными разными способами, не превышает предела повторяемости (величина d_{cx} , ГОСТ 18895-97 «Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа»).

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимость использования адаптеров для проб малых диаметров отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ю. А. Аналитический контроль металлургического производства / Ю. А. Карпов, Ф. А. Гимельфарб, А. П. Савостин, В. Д. Сальников: Учеб. для вузов. М.: Металлургия, 1995.
2. Смирнов Н. А. Современные методы анализа и контроля продуктов производства. М.: Металлургия, 1985.
3. Шлифование металлов / Под ред. Л. М. Кожуро. Мн.: Дизайн ПРО, 2000.

REFERENCES

1. Karpov Ju. A., Gimel'farb F. A., Savostin A. P., Sal'nikov V. D. *Analiticheskij kontrol' metallurgicheskogo proizvodstva* [Analytical control of metallurgical production]. Moscow, Metallurgija Publ., 1995.
2. Smirnov N. A. *Sovremennye metody analiza i kontrolja produktov proizvodstva* [Modern methods of analysis and control of production products]. Moscow, Metallurgija Publ., 1985.
3. *Shlifovanie metallov* [Metal grinding]. Minsk, Dizajn PRO Publ., 2000.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-76-80>
УДК 541.183.5:661.184.23

Поступила 04.10.2019
Received 04.10.2019

КИНЕТИКА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИОНОВ Fe^{3+} , Cu^{2+} И Pb^{2+} ФИЛЬТРУЮЩИМИ ЗАГРУЗКАМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

А. И. ТЕРАН, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
пр. Независимости, 65. E-mail: anna-stasevich@mail.ru

В данной работе изучена кинетика извлечения из водных растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, полученными на основе сталеплавильных шлаков. Для оценки механизма и кинетических параметров процесса осаждения применяли формально-кинетический подход, основанный на связи относительной скорости осаждения (α) и времени (τ). Из совокупности уравнений выбраны те, которые в заданной области степени завершения процесса давали минимальное значение дисперсии, т. е. описывали процесс в системе на данном этапе с максимальной вероятностью. Выбраны три модели, наиболее соответствующие реальным процессам. Выявлено, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакция на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Ключевые слова. Железо (III), медь (II), свинец (II), кинетика, степень очистки.

Для цитирования. Теран, А. И. Кинетика извлечения из водных растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, полученными на основе сталеплавильных шлаков / А. И. Теран // *Литье и металлургия*. 2019. № 4. С. 76–80. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-76-80>.

KINETICS OF EXTRACTION FROM WATER SOLUTIONS OF Fe^{3+} , Cu^{2+} AND Pb^{2+} IONS BY FILTER LOADING, OBTAINED BY BLINDING PLASTERS

A. I. TERAN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti Ave.
E-mail: anna-stasevich@mail.ru

In this study, we investigated the kinetics of extraction from aqueous solutions of Fe^{3+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} by filter loadings, derived from the steelmaking slags. A formal kinetic approach based on the relationship between the relative deposition rate (α) and time (τ) was used to estimate the mechanism and kinetic parameters of the deposition process. From the set of equations are selected those that in a given region of the degree of completion of the process gave the minimum value of the variance, that is, described the process in the system at this stage with the maximum probability. Three models that best correspond to real processes are selected. It was found that the deposition process at the initial stage limits the chemical stage of nucleation (formation of crystalline precipitate), then – the reaction at the interface (formation of a continuous layer of reaction products on the surface of the nuclei), and at the final stage – the growth of a continuous layer of reaction products.

Keywords. Iron (III), copper(II), lead (II), kinetics, purification degree.

For citation. Teran A. I. Kinetics of extraction from water solutions of Fe^{3+} , Cu^{2+} and Pb^{2+} ions by filter loading, obtained by blinding plasters. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 4, pp. 76–80. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-76-80>.

Интенсивное развитие промышленности приводит к значительному росту различных типов отходов, в частности сталеплавильных шлаков, что характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на окружающую среду из-за несовершенства технологических процессов и накопления огромного количества данного класса отходов, что, в свою очередь, делает более сложным обеспечение экологической безопасности прилегающих территорий [1, 2].

С экономической точки зрения сталеплавильные шлаки могут рассматриваться как потенциальное вторичное сырье и составляющих компонентов при производстве строительных материалов: портландцементного клинкера, керамзита, кирпича, асфальтобетона, а также фильтрующих материалов для

очистки сточных вод предприятий машиностроительного профиля при соответствующем технологическом и нормативном обеспечении [2–4].

Внедрение малоотходных технологий стимулирует реализацию мероприятий по охране окружающей среды: выявление ресурсной ценности и полезных свойств металлургических шлаков, обоснование целесообразности их использования в качестве фильтрующих материалов.

Цель данной работы – проведение исследований по определению кинетических параметров при концентрировании индивидуальных катионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, содержащими сталеплавильные шлаки.

Методика проведения эксперимента

Кинетические параметры при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками определяли следующим образом: к навескам исследуемого материала, помещенного в колбы с притертыми пробками, добавляли по 100 мл растворов, содержащих ионы Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} с концентрациями, приведенными ниже.

Ион	мг/дм ³	мг-экв/дм ³
Fe^{3+}	20,0	1,07
Cu^{2+}	20,0	0,625
Pb^{2+}	20,0	0,13

Затем через 5, 10, 20, 60, 120, 180, 180, 360 и 540 мин отбирали аликвоты, в которых определяли остаточное содержание Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} на спектрометре Solar PV 1251C по методикам [5–7], приведенным в сборнике методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь*.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведены изотермы концентрирования (C) растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака.

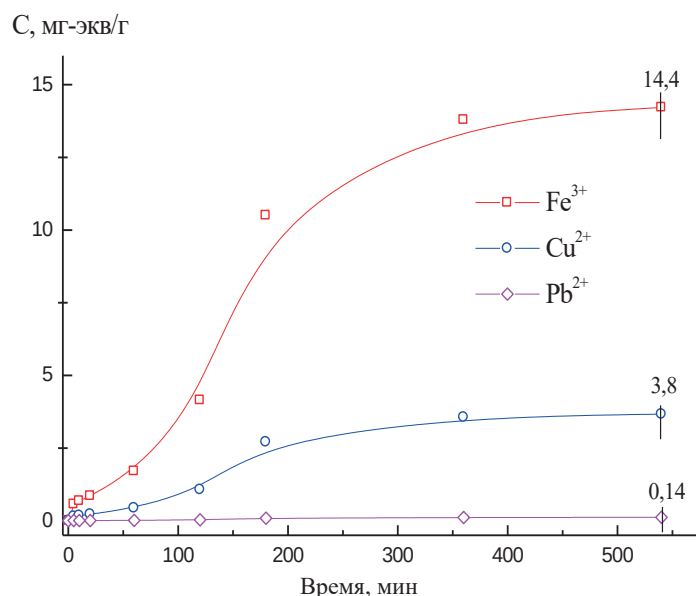


Рис. 1. Изотермы концентрирования (C) растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

Как видно из рисунка, количество осажденных ионов на фильтрующей загрузке в ряду изменяется следующим образом: $\text{Fe}^{3+} \gg \text{Cu}^{2+} \gg \text{Pb}^{2+}$, что составляет 14,4; 3,8 и 0,14 мг-экв/г, соответственно раз-
личие в сравнении с ионами Fe^{3+} для Cu^{2+} – в 3,7 раза, для Pb^{2+} – $\approx$ в 10 раз. Данное обстоятельство обу-

* Методика № 2.2.16.2 МВИ концентрации железа фотометрическим методом с *o*-фенантролином. Минск, 1997. Ч. 2. С. 205–209.

Методика № 2.2.29.1 МВИ концентрации меди фотометрическим методом с диэтилдитиокарбонатом свинца. Минск, 1997. Ч. 1. С. 203–209.

Методика № 2.1.32.2 МВИ концентрации свинца фотометрическим методом с дитизином. Минск, 1997. Ч. 2. С. 155–158.

словлено, прежде всего, коллоидно-химическим состоянием ионов в водных растворах. В более ранних работах, где изучали параметры извлечения Fe^{3+} на фоне общего солевого содержания 500 мг/дм^3 и Fe^{3+} до $50\text{--}60 \text{ мг/дм}^3$, было показано, что при гидролизе разбавленных растворов солей Fe (III) в составе гидроксидных комплексов может находиться от 1 до 50 ионов железа (III). Следовательно, железо (III) находится в предкоагуляционном состоянии и достаточно одного осаждающего иона, чтобы связать сразу несколько ионов железа (III). Поэтому взаимодействие больших количеств кислого раствора Fe^{3+} с силикатом кальция практически не снижает щелочность сорбента.

При описании процесса осаждения (концентрирования), учитывая его сложный характер, необходимо знание механизма и кинетических характеристик его отдельных стадий. Описание кинетики осаждения на основе формально-кинетического анализа позволяет учесть вклад диффузии и химических реакций, а также определить кинетические параметры.

На рис. 2 представлена зависимость F от времени осаждения (концентрирования), где $F = C_R / C_{\max}$, C_R – осаждающая способность материала за определенное время контакта (t); $C_{\max}$ – максимальное концентрирование.

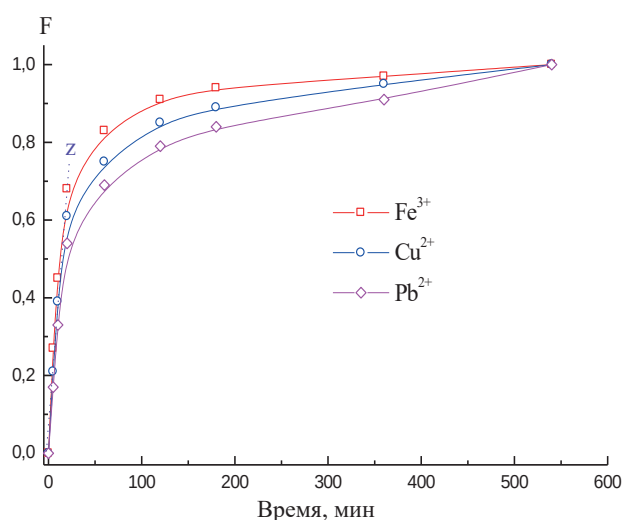


Рис. 2. Кинетическая зависимость степени концентрирования (F) от времени контакта растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} с фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

Для выявления лимитирующей стадии сорбции проанализирована типовая зависимость $F - t^{0.5}$ (рис. 3).

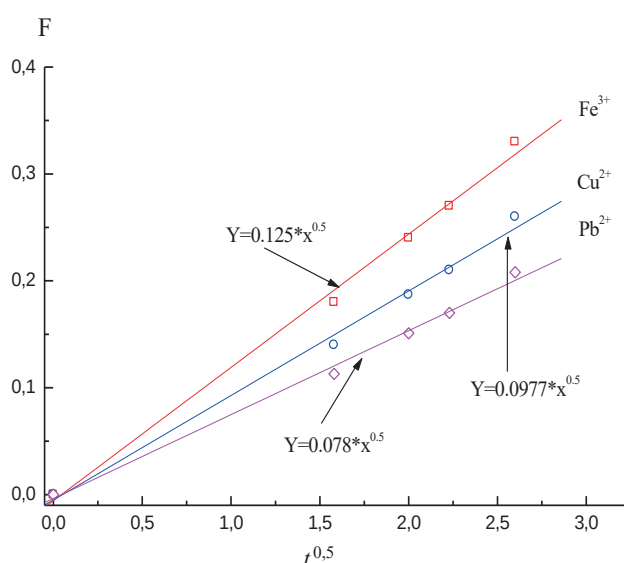


Рис. 3. Зависимость $F - t^{0.5}$ при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}

При обработке кинетических кривых использовали упрощенные модели, учитывающие, что скорость процесса может контролироваться диффузией либо протеканием химических реакций. Применение формально-кинетического подхода при выборе модели, описывающей экспериментальные кинети-

ческие данные осаждения на основе закономерности $g(\alpha) = f(\tau)$, где $\alpha = 1 - F$, позволило определить механизм осаждения на отдельных стадиях процесса и кинетические характеристики.

Вид функции $g(\alpha)$ зависит от механизма процесса и, как правило, заранее неизвестен. Для каждой установленной стадии, соответствующей определенному интервалу α , выбирали такую функцию $g(\alpha)$, соответствующую определенной кинетической модели, которая представляет идеализированное протекание процесса.

В табл. 1 приведены механизмы с соответствующими видами функции $g(\alpha)$.

Т а б л и ц а 1. Возможные механизмы процесса осаждения

Механизм	Вид функции $g(\alpha)$
Трехмерная диффузия	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Диффузия по Гинстлингу-Броунштейну	$[1-2/3 \alpha-(1-\alpha)^{2/3}]$
Диффузия по Журавлеву-Темпельману	$[1/(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Реакция на границе раздела фаз	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
Зародышеобразование по Авраами-Ерофееву	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
Зародышеобразование по Прауту-Томпкинсу	$\ln[\alpha(1-\alpha)]^{1/2}$

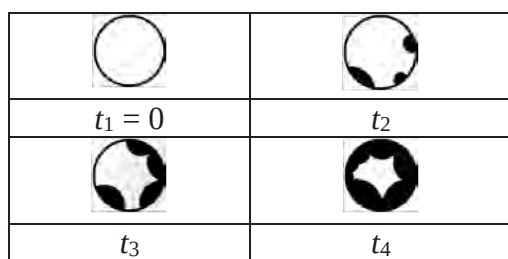


Рис. 4. Схема развития реакционной зоны на разделе фаз

Из совокупности уравнений были выбраны те, которые в заданной области степени завершения процесса давали минимальное значение дисперсии, т. е. описывали процесс в системе на данном этапе с максимальной вероятностью. С учетом области применения были выбраны три модели, наиболее соответствующие реальным процессам. На наш взгляд, было рационально принять во внимание модель формирования осадка (рис. 4).

В данном случае, когда реакция протекает в кинетической области, топохимическую реакцию можно представить как последовательность следующих стадий:

- 1) образование отдельных молекул или элементарных ячеек продукта реакции на поверхности раздела фаз;
- 2) возникновение отдельных зародышей (ядер) фазы продукта реакции (рис. 4, t_2);
- 3) рост ядер вплоть до их смыкания (рис. 4, t_3), образование на поверхности исходного вещества сплошного продукта реакции;
- 4) рост сплошного слоя продукта реакции и поверхности еще непрореагировавшего вещества (рис. 4, t_4).

Выявлено, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее - реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии - рост сплошного слоя продуктов реакции.

Вид кинетических кривых, представленный в координатах $-\lg \alpha - \tau$, позволил предположить многостадийный характер протекания процесса (рис. 5). При обработке кинетических кривых использовали упрощенные модели, учитывающие, что скорость процесса может контролироваться диффузией либо протеканием химических реакций.

Таким образом, для всех ионов в интервалах α от 0,10 до 0,67 процесс описывается уравнением Авраами-Ерофеева: $g(\alpha) = -\lg(1-\alpha)^{1/n}$. Значение n , равное 3, позволяет говорить о замедлении кинетической стадии химического процесса.

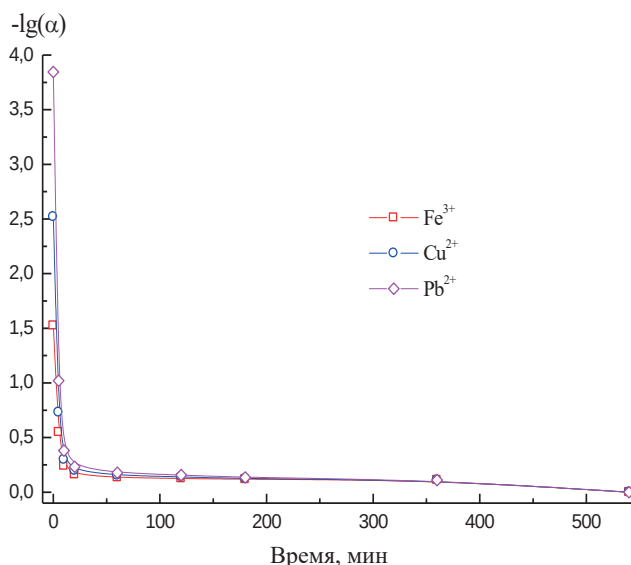


Рис. 5. Зависимость изменения значений функции $-\lg \alpha$ от времени τ

В интервалах α от 0,54 до 0,94 процесс характеризуется реакциями на границе раздела фаз и соответствует уравнению $1-(1-\alpha)^{1/3}$ и, как отмечалось выше, образованию на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции.

В интервале α от 0,83 до 0,99 процесс обусловлен реакциями на границе раздела фаз по уравнению $[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$, ростом сплошного слоя продуктов реакции.

Значения кинетических характеристик для конкретных ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Кинетические параметры процесса осаждения

Ион	Интервал α	Вид функции $g(\alpha)$
Fe^{3+}	0,10–0,67	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,67–0,94	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,94–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Cu^{2+}	0,10–0,61	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,61–0,88	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,88–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Pb^{2+}	0,10–0,54	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,54–0,83	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,83–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$

Таким образом, в ходе выполнения исследований установлено, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляшко И. И. Логистические принципы разработки стратегии управления вторичными ресурсами // Сб. науч. статей XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов». Харьков: Райдер, 2005. – С. 188–193.
2. Амитан В. Н., Потапова Н. Н. Региональные аспекты управления ресурсосбережением // Менеджер. Вестник ДонГАУ. 2002. С. 115–120.
3. Тимофеева С., Барасов А. и др. Комплексная оценка технологий утилизации осадков сточных вод гальванических производств // Химия и технология воды. 1991. Т. 13, № 1. С. 68–71.
4. Лисицкая И. Н. Утилизация отходов гальванического производства // Водоснабжение и санитарная техника. 1991. № 10. С. 6–7.

REFERENCES

1. Ljashko I. I. Logisticheskie principy razrabotki strategii upravlenija vtorichnymi resursami. *Sbornik nauchnyh statej XIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Jekologija i zdorov'e cheloveka. Ohrana vozdushnogo i vodnogo bassejnov. Utilizacija othodov»* = Principles of logistics strategy development for the management of secondary resources. Collection of scientific papers of the XIII international scientific-practical conference "Ecology and human health. Protection of air and water basins. Waste management: Har'kov, Rajder, Publ., 2005, pp.188–193.
2. Amitan V. N., Potapova N. N. Regional'nye aspekty upravlenija resursosberezheniem. *Menedzher = Manager*, 2002, pp.115–120.
3. Timofeeva S., Barasov I. and others. Kompleksnaja ocenka tehnologij utilizacii osadkov stochnyh vod gal'vanicheskij proizvodstv. *Himija i tehnologija vody* = Chemistry and technology of water, 1991, no. 1, pp. 68–71.
4. Lisickaja I. N. Utilizacija othodov gal'vanicheskogo proizvodstva. Disposal of galvanic waste. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* = Water supply and sanitary technique, 1991, no. 10, pp. 6–7.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-81-89>
УДК 669.1

Поступила 18.10.2019
Received 18.10.2019

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

П. А. ВИТЯЗЬ, А. В. ТОЛСТОЙ, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Академическая, 12. E-mail: labmetal@rambler.ru
М. А. САДОХА, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей, 28/2.
E-mail: cadoxa@rambler.ru

Представлены пути повышения эффективности литейных производств Республики Беларусь. Приведен перечень базовых предприятий, деятельность которых ориентирована на повышение наукоемкости валового продукта, получение конечного продукта с высокой добавленной стоимостью. Рассмотрены планы загрузки производственных мощностей базовых организаций на период до 2030 года, инвестиционные проекты и мероприятия по новому строительству и модернизации их литейных производств. Представлены основные положения Программы развития литейных производств Республики Беларусь на 2017–2030 годы, ее цели и задачи.

Ключевые слова. Металлургия, литейное производство, оптимизация, Программа развития литейных производств.

Для цитирования. Витязь, П. А. Пути повышения эффективности литейных производств Республики Беларусь / П. А. Витязь, А. В. Толстой, М. А. Садоха // Литье и металлургия. 2019. №4. С. 81–89. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-81-89>

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FOUNDRIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

P. A. VITYAZ, A. V. TOLSTOY, Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus, Minsk, Belarus. 12, Akademicheskaya str. E-mail: labmetal@rambler.ru
M. A. SADOKHA OJSC «BELNIILIT», Minsk, Belarus, 28/2, Mashinostroitey str. E-mail: cadoxa@rambler.ru

The ways to improve the efficiency of foundries of the Republic of Belarus are presented. The list of the basic enterprises which activity is focused on increase of knowledge intensity of a gross product, reception of a final product with high added value is resulted. Plans of loading of production capacities of the basic organizations for the period till 2030, investment projects and actions for new construction and modernization of their foundries are considered. The main provisions of the development program of foundries of the Republic of Belarus for 2017-2030, its goals and objectives are presented.

Keywords. Metallurgy, foundry production, optimization, program of development of foundries.

For citation. Vityaz P. A., Tolstoy A. V., Sadokha M. A. Ways to improve the efficiency of Foundries of The Republic of Belarus. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 81–89. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-81-89>.

В Республике Беларусь литейное производство, выступая в роли основной заготовительной базы машино-, станко- и автомобилестроения, хотя и не является самостоятельной отраслью, но оказывает весьма существенное влияние на экономику отдельных предприятий и отраслей. Однако анализ состояния действующих литейных производств Республики Беларусь, выполненный рабочей группой по оптимизации литейных производств предприятий, входящих в систему Министерства промышленности, показал, что основные производственные средства большинства отечественных литейных цехов морально устарели и физически изношены. Используемое технологическое оборудование характеризуется в среднем более чем 25-летним сроком эксплуатации [1]. В связи с этим стала вполне очевидной необходимость проведения модернизации и внедрения инновационных решений и технологий в литейное производство.

Для решения этих задач по рекомендации рабочей группы приказом Министерства промышленности от 9 декабря 2016 г. № 449 «Об оптимизации литейных производств» определен перечень базовых литейных производств (далее – базовые организации), к которым отнесены:

ОАО «Минский тракторный завод»;
ОАО «Минский автомобильный завод» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»;
ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ»;
ОАО «Могилевский завод лифтового машиностроения»;
ОАО «Могилевский завод «Строммашина»;
филиал ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» (г. Могилев);
ОАО «Могилевский металлургический завод»;
ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»;
ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД»;
филиал ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» (г. Столбцы);
ОАО «Лидский литейно-механический завод»;
ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов»;
ОАО «Минский механический завод им. С. И. Вавилова» – управляющая компания холдинга «БелОМО»;
ОАО «Завод «Легмаш».

Названные организации обладают значительными мощностями литейного производства, оснащены необходимым оборудованием (плавильным, формовочным, смесеприготовительным и другим), а также имеют высококвалифицированные кадры. Суммарная установленная мощность базовых организаций составляет около 62% от мощности всех литейных предприятий системы Министерства промышленности. Их загрузка составляет порядка 60%, что выше среднего уровня загрузки мощностей литейного производства Республики Беларусь на 20%.

В целях реализации Государственной программы развития машиностроительного комплекса Республики Беларусь на 2017–2020 гг. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 7 августа 2017 г. № 588) была разработана Программа развития литейных производств Республики Беларусь на 2017–2030 гг., утвержденная министром промышленности Республики Беларусь 30.12.2017 г. (далее – Программа). Программой предусматривается создание конкурентных условий для развития базовых литейных производств, повышение наукоемкости валового продукта этих организаций, а также получение конечного продукта с высокой добавленной стоимостью. При этом сохраняются приоритеты различных отраслевых стратегий и программ развития предыдущих лет, в числе которых необходимость восстановления экономического роста, оптимизация технологических переделов и создание новых высокопроизводительных рабочих мест.

Основными задачами Программы развития литейных производств являются:

- оптимизация действующих литейных производств, повышение качества выпускаемой продукции, снижение производственных затрат, обеспечение максимальной загрузки литейных мощностей;
- обеспечение роста финансово-экономических показателей организаций;
- производство конкурентоспособной продукции, удовлетворяющей требованиям потребителей;
- сохранение здоровья членов трудового коллектива, предотвращение загрязнения окружающей среды в процессе производственной деятельности, планомерное улучшение экологических показателей и рациональное использование ресурсов.

В основу разработки механизмов развития литейных производств положены следующие принципы: конкретизация финансирования инфраструктурных проектов; концентрация ресурсов на решении приоритетных задач; сбалансированное развитие различных видов литейных производств; развитие внутрихолдинговой и межведомственной кооперации; оказание мер государственной поддержки и создание условий, стимулирующих обновление и модернизацию основных производственных средств для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В результате реализации мер по развитию литейного производства в Республике Беларусь будет изменена производственная структура литейной отрасли за счет повышения доли, мощностей по производству конкурентоспособной продукции; специализированных предприятий, ориентированных на выпуск необходимого перечня продукции с более высокой степенью загрузки производственных мощностей. Это должно повысить конкурентоспособность товарной продукции литейных производств и ее соответствие требованиям рынка. Проведена актуализация планов модернизации базовых организаций до 2030 г., а также составлен перечень литейных производств, которые необходимо сохранить либо переместить в базовые организации путем передачи производимой номенклатуры отливок, а также смесеприготовительного, плавильного и литейного оборудования. Их модернизация заключается в замене

отдельных ваграночных печей на современные индукционные печи для получения отливок из чугуна высоких марок, замене отдельных формовочных машин на линии автоматической формовки для повышения точности литья и снижения количества брака.

Планируемая загрузка производственных мощностей базовых организаций приведена в табл. 1.

Таблица 1. Планируемая загрузка производственных мощностей базовых организаций

Суммарная установленная мощность	Год реализации			
	2017	2020	2025	2030
Производство черных сплавов, т в год/процент загрузки				
333325	199771/60	229389/60	258898/78	297959/89
Производство цветных сплавов, т в год/процент загрузки				
12293	4001/33	5197/42	6728/55	9223/75

В программу развития также включены инвестиционные проекты и мероприятия по новому строительству и модернизации литейных производств базовых организаций.

ОАО «Минский тракторный завод». Мероприятия программы развития включают модернизацию:

1) плавильного и формовочного отделений литейного цеха № 1 с заменой двух плавильных печей (вагранок) на среднечастотные индукционные печи и установку автоматической формовочной линии со смесеприготовительным комплексом;

2) плавильного отделения литейного цеха № 2 с заменой четырех плавильных печей (вагранок) на среднечастотные индукционные печи с оборудованием для подготовки шихты и установкой дробеметных камер (3 ед.), приобретение виловых электропогрузчиков для транспортировки жидкого металла (2 ед.);

3) формовочного и термообрубного отделений СЛЦ, предусматривающую установку автоматической формовочной линии взамен литейного конвейера, закаочно-отпускного агрегата, нормализационно – закаочно-отпускного агрегата, стержневых автоматов (2 ед.).

Это позволит улучшить качество производимой продукции, снизить удельные материальные затраты, обеспечить автоматизацию производственных процессов и экологическую безопасность производства.

ОАО «Минский автомобильный завод» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ». Мероприятия программы развития предприятия включают:

1) реконструкцию блока чугунолитейных цехов (участок ковкого чугуна), предусматривающую внедрение двух автоматических формовочных линий в литейном цехе ковкого чугуна (ЛЦКЧ) и перевод автомобильных отливок со стали на высокопрочный чугун;

2) реконструкцию блока чугунолитейных цехов (участок серого чугуна), предусматривающую установку комплекса среднечастотных индукционных печей (4 ед.) для производства высоких марок серого чугуна (СЧ25, СЧ30) взамен ваграночной плавки, а также внедрение двух автоматических формовочных линий с размером опок 1200×950 и 550×600 мм для изготовления тормозных барабанов и картерных отливок из серого чугуна, картера автобусных мостов из высокопрочного чугуна в ЛЦСЧ;

3) модернизацию сталелитейного цеха № 2, предусматривающую установку современной автоматической формовочной линии, внедрение пятой электродуговой печи, шнекового смесителя для производства стержней и форм по ХТС с системой регенерации отработанной стержневой смеси.

Намеченная программа развития предприятия позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции, улучшить ее качество, снизить трудоемкость производства и потери от брака, автоматизировать производственные процессы.

ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ». Мероприятия программы развития предприятия включают:

1) модернизацию цеха плавки путем замены плавильных печей ИЧТ-10 (3 ед.) на комплекс индукционных среднечастотных печей производительностью 8 т/ч (2 ед.);

2) модернизацию участка крупного литья по средствам установки смесителя непрерывного действия производительностью 20 т/ч;

3) модернизацию цеха мелкого литья для изготовления конкурентоспособного габаритного литья путем приобретения формовочной линии с размерами опок в свету 1200×1200×350/350 мм;

4) проектирование, приобретение и монтаж комплекса оборудования для регенерации фурановых и стержневых смесей участка крупного литья;

5) модернизацию стержневого участка № 2 на базе смесителя непрерывного действия производительностью до 6 т/ч.

Мероприятия программы направлены на улучшение качества выпускаемой продукции, расширение номенклатуры, снижение энергоемкости и трудоемкости производства, улучшение условий труда.

ОАО «Могилевский завод лифтового машиностроения». Мероприятия программы развития предприятия включают:

1) строительство цеха по изготовлению стального литья и лифтогрузов;

2) модернизацию формовочного, землеприготовительного, выбивного и стержневого участков существующего литейного цеха;

3) замену плавильной печи ИЧТ-10 на среднечастотную печь;

4) модернизацию комплексно-механизированной линии импульсной формовки;

5) внедрение регенерации формовочной смеси.

Реализация мероприятий программы развития литейного производства предприятия направлена на увеличение мощности чугунолитейного производства и замену устаревшего оборудования. Это позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции, увеличить производительность, улучшить качество, снизить трудоемкость производства.

ОАО «Могилевский завод «Строммашина». Основной задачей модернизации литейного производства является замена плавильных агрегатов (вагранок) на эффективные электропечи. Это позволит повысить качество выпускаемой продукции, снизить экологическую нагрузку. Также планируется заменить ряд технологического оборудования, имеющего высокий моральный и физический износ (пескоструйные аппараты, смесители формовочной и стержневой смесей, выбивные решетки и другое оборудование).

Филиал ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» (г. Могилев). Поэтапная модернизация предприятия на 2017-2030 гг. предусматривает:

1) развитие плавильного участка с модернизацией существующих электродуговых печей и внедрением технологии выплавки стали методом «переплава» с последующей внепечной обработкой расплава;

2) частичную замену и модернизацию парка термического и очистного оборудования на термообработочном участке;

3) внедрение высокоэффективного энергосберегающего оборудования для фильтрации отходящих газов плавильного оборудования;

4) замену мостовых кранов на современные, оснащенные кондиционерами;

5) поэтапную модернизацию формовочного оборудования.

Мероприятия программы направлены на организацию производства особо крупных отливок, улучшение качества выпускаемой продукции, расширение номенклатуры, снижение энергоемкости и трудоемкости производства, улучшение условий труда.

ОАО «Могилевский металлургический завод». Для реализации программы развития литейного производства предприятия предусматривается приобретение:

1) нового, отвечающего современным требованиям комплекса оборудования, включающего плавильный комплекс из двух индукционных среднечастотных печей;

2) оборудования для загрузки шихты, сушки дробемассы, отсева дробы, термообработки, помола и упаковки дробы;

3) заливочного устройства, автоматической формовочной линии;

4) дробеструйной установки, установки для окраски отливок;

5) системы смесеприготовления и регенерации формовочной смеси;

6) стержневой машины.

Реализация программы развития предприятия позволит увеличить объемы производства и расширить номенклатуру люков смотровых колодцев и дробы технической, улучшить качество выпускаемой продукции.

ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Мероприятия программы развития литейного производства предприятия включают:

1) модернизацию плавильного отделения цеха высокопрочного чугуна с внедрением среднечастотной плавильной электропечи емкостью 20–25 т взамен устаревшей индукционной печи промышленной частоты;

2) замену проходной дробеметной камеры с подвесным конвейером на очистной барабан периодического действия и др.

Намеченные мероприятия позволят увеличить производительность выплавки металла при снижении потребления топливно-энергетических ресурсов, повысить коэффициент загрузки мощностей за счет увеличения выпуска продукции для холдинга и поставок литья сторонним организациям, улучшить качество очистки литья.

ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД». Мероприятия программы развития литейного производства предприятия включают:

- 1) замену двух плавильных печей промышленной частоты на энергоэффективные среднечастотные плавильные установки;
- 2) замену раздаточных печей с чугунным тиглем на печи с карбидо-кремниевым тиглем;
- 3) проведение капитального ремонта и модернизацию всего парка машин литья под высоким давлением с оптимизацией их количества.

Программа развития предприятия направлена в первую очередь на замену устаревшего и установку нового современного оборудования. Это позволит увеличить производительность, улучшить качество, снизить энергоемкость производства.

Филиал ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» (г. Столбцы). Программа развития литейного производства направлена на создание нового производства по выпуску чугунного литья и предусматривает:

- 1) ввод в эксплуатацию 2-го и 3-го пускового комплекса первой очереди проекта «Производство высокоточного высокопрочного чугунного литья» со строительством участка чугунного литья мелких серий по ХТС-процессу производительностью 10 000 т в год (всего по первой очереди строительства планируется ввод мощностей до 18 000 т литья в год);
- 2) ввод в эксплуатацию второй очереди предусматривает создание производства отливок «Блок цилиндров» и «Головка блока цилиндров» и ввод в эксплуатацию автоматизированного комплекса по изготовлению отливок типа «Картер маховика», «Маховик» и других (планируемый объем выпуска отливок – 32 000 т в год).

Целью программы развития предприятия является обеспечение потребности предприятия в литых заготовках собственного производства, снижение производственных затрат и повышение конкурентоспособности холдинга на внутреннем и внешних рынках.

ОАО «Лидский литейно-механический завод». В 2016 г. совместно с ОАО «БЕЛНИИЛИТ» были начаты работы по проекту «Разработка комплексной ресурсосберегающей технологии, создание оборудования и освоение производства фасонных отливок литьем в облицованный кокиль».

При выполнении данного мероприятия будут изготовлены и внедрены в производство карусельно-кокильная машина литья в облицованный кокиль с поворотными секциями, стержневая машина и оборудование для изготовления форм и стержней из холоднотвердеющих смесей.

Реализация проекта позволит в несколько раз повысить производительность изготовления стержней, расширить номенклатуру за счет освоения новой более конкурентоспособной продукции.

ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов». Модернизация цеха алюминиевого литья предприятия предполагает замену физически и морально устаревшего оборудования, совершенствование существующей технологии производства отливок и включает:

- 1) ввод в эксплуатацию комплекса индукционных плавильных печей (2 ед.) с общей компьютерной системой управления;
- 2) приобретение двух раздаточных печей сопротивления;
- 3) ввод в эксплуатацию машины литья под низким давлением;
- 4) внедрение рентгеновского дефектоскопического оборудования для неразрушающего контроля отливок;
- 5) внедрение тупиковой дробеметной камеры для очистки литья и другие мероприятия.

Основной целью модернизации цеха алюминиевого литья является повышение качества и увеличение объемов производства конкурентоспособной продукции, отвечающей требованиям потребителя, улучшение экологической ситуации и условий труда.

ОАО «Минский механический завод им. С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО». Модернизация литейного производства будет направлена на замену физически и морально изношенного оборудования и включает:

1) замену индукционных тигельных печей промышленной частоты ИАТ-04 на среднечастотные печи;

2) замену машин литья под давлением с усилием запираания 1000–2600, 3300–5200 и 4200–6600 кН на новые с улучшенными характеристиками.

Это позволит снизить себестоимость выпускаемых изделий, расширить номенклатуру пневмоаппаратов тормозного привода с обеспечением возможности увеличения их рабочего давления и выйти на новый уровень по изготовлению высококачественной и конкурентоспособной продукции.

ОАО «Завод «Легмаш». Планируется реализовать проект «Оптимизация работы литейного цеха», направленный на оптимизацию технологических процессов производства в существующем литейном цехе с учетом освоения номенклатуры чугуновой посуды.

Проектом предусматривается приобретение и монтаж второй плавильной печи, полуавтомата для изготовления пенополистироловых моделей с предвспенивателем, дробеметной установки, термической печи с выкатным подом.

Целью проекта является увеличение объемов производства, создание конкурентоспособного современного литейного производства, выход на проектную мощность технологической линии литья по газифицируемым моделям.

Итоговая потребность в инвестициях на реализацию Программы развития базовых литейных производств Республики Беларусь на период 2017–2030 гг. приведена в табл. 2.

Таблица 2. Потребность в инвестициях на реализацию Программы развития литейных производств Республики Беларусь на период 2017–2030 гг.

Наименование предприятия	Затраты, млн. долл.
ОАО «Минский тракторный завод»	88,2
ОАО «Минский автомобильный завод – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»	91,1
ОАО «Гомельский литейный завод «ЦЕНТРОЛИТ»	6,7
ОАО «Могилевский завод лифтового машиностроения»	13,8
ОАО «Могилевский завод «Строммашина»	5,9
Филиал ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», г. Могилев	10,0
ОАО «Могилевский металлургический завод»	9,9
ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»	3,5
ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод»	4,4
ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод», г. Столбцы	179,5
ОАО «Лидский литейно-механический завод»	1,1
ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов»	4,9
ОАО «Минский механический завод им. С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО»	2,9
ОАО «Завод «Легмаш»	0,2
Всего	422,1

Таким образом, для реализации Программы развития литейных производств Республики Беларусь на 2017–2030 гг. потребуется 422,1 млн. долл., из которых: собственные средства – 30,7 млн. долл. США, кредитные – 384,3, из прочих источников – 7,1 млн. долл.

План загрузки мощностей базовых предприятий до 2030 г. с учетом реализации Программы развития литейных производств приведен в табл. 3.

Реализация Программы позволит снизить производственные затраты, поэтапно минимизировать импорт литья, внедрить передовые мировые высокоэффективные технологии, повысить качество выпускаемой продукции, культуру производства и загрузить литейные мощности не менее:

69 % – по черному литью и 42% – по цветному литью к 2020 г.;

78 % – по черному литью и 55 % – по цветному литью к 2025 г.;

89 % – по черному литью и 75% – по цветному литью к 2030 г.

Таблица 3. План загрузки мощностей базовых предприятий до 2030 г. с учетом реализации Программы развития литейных производств

Базовое предприятие	Установленная мощность в 2016 г., т	План загрузки мощностей, %			
		2017 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
ОАО «Минский тракторный завод»	158 000	54,1	68	78,7	91,2
ОАО Минский автомобильный завод – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»	40 100	56,8	62,8	74,5	86,6
ОАО «Гомельский литейный завод «ЦЕНТРОЛИТ»	31 000	87,0	87,2	88	88,2
ОАО «Могилевский металлургический завод»	32 820	40,0	52,1	62	89
ОАО «Гомельский завод литья и нормалей»	18 025	58,0	61,2	67,9	75
ОАО «Могилевский завод лифтового машиностроения»	11 510	100	83,3	80,4	89,6
ОАО «Могилевский завод «Строммашина»	12 850	100	100	100	100
Филиал ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», г. Могилев	12 000	70	75	80	85
ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод»	8 820	24	35	50	75
ОАО «Лидский литейно-механический завод»	8 620	70	80	82	85
ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод», г. Столбцы	8 000	24	37	71	40
ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов»	2 280	57	60	65	75
ОАО «Минский механический завод имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО»	1 193	49	62,2	70,1	75,3
ОАО «Завод «Легмаш»	400	62,5	77,5	89,5	94
Всего	345 618	59	68	77	88

В рамках Программы также планируются работы по оптимизации и модернизации литейных производств организаций, не относящихся к базовым организациям. Предусматривается поэтапная передача номенклатуры производимой ранее продукции на базовые организации с закрытием литейных производств в ОАО «Минский завод автоматических линий имени П. М. Машерова»; ОАО «Гомельский радиозавод»; ОАО «МПОВТ» и др. В ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» и ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш» ввиду экономической нецелесообразности осуществляется закрытие литейного производства по отдельным видам литья – производство отливок из серого чугуна и производство отливок из алюминия под давлением соответственно.

ОАО «Минский механический завод им. С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» планирует передать изготовления литейных деталей по кооперации с ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор» и ОАО «Зенит-БелОМО» на головное предприятие. ОАО «Ольса» (алюминиевое литье), ОАО «ЭКРАН» (алюминиевое литье), ОАО «Гомельский завод станочных узлов» (алюминиевое литье), ОАО «Могилевский завод «Электродвигатель» (алюминиевое литье) и другими планируются работы по выбору базовой организации для размещения заказов.

Целесообразность сохранения отдельных литейных производств не базовых организаций в настоящее время обусловлена следующими факторами:

- наличием технологий, используемых в ограниченных количествах (вакуумное литье, литье в гипсовые, этилсиликатные, циркониевые и другие формы, пищевые виды сплавов);
- достаточным уровнем загрузки мощностей и наличием сторонних заказчиков;
- положительной рентабельностью производимого литья;
- мелкосерийностью и единичным производством (существенно возрастают транспортные расходы, резервные складские запасы, снижается оперативность выполнения разовых заказов).

При реализации мероприятий Программы для ее выполнения привлекаются научные организации: ОАО «БЕЛНИИЛИТ»; Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси; Институт технологии металлов НАН Беларуси; Физико-технический институт НАН Беларуси и иные организации и предприятия.

На данные организации возлагаются следующие функции:

- содействие в создании новых материалов и технологий, повышении качества и конкурентоспособности чугунного, стального и цветного литья;

- проведение централизованных специальных исследований структуры и свойств материалов аккредитованными лабораториями институтов;
- экспертиза технических заданий по проектам;
- участие в разработке технологической части проектной документации (включая прединвестиционную стадию) по проведению модернизации и капитального ремонта, созданию новых литейных производств;
- разработка и внедрение технологий и оборудования для литейного производства, в том числе и с привлечением зарубежных компаний.

В целях обеспечения принятия наиболее рациональных решений, максимального применения отечественных разработок в области технологий и оборудования принято решение:

1. Придать ОАО «БЕЛНИИЛИТ» статус отраслевого научно-технологического центра по литейному производству (отраслевой лаборатории), осуществляющему координацию разработок в области литья черных и цветных металлов.
2. Придать Институту технологии металлов НАН Беларуси статус отраслевой лаборатории по чугуноному и стальному литью.

Для решения вопросов, связанных с последующей механической обработкой литых изделий, создать на базе Физико-технического института НАН Беларуси отраслевую лабораторию по обработке резанием.

Научное сопровождение Программы возложено на Национальную академию наук Беларуси, при этом головной организацией по научному сопровождению определен Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, являющийся головной организацией по подпрограмме «Металлургия» Государственной программы научных исследований «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении». В компетенцию института входят:

- сбор и анализ информации о разработках в области литейного производства, выполняемых организациями Национальной академии наук Беларуси, Министерства образования, Министерства промышленности, иными организациями;
- подготовка аналитических материалов о результатах исследований и разработок в данной области и их представление Министерству промышленности, промышленным предприятиям республики, другим организациям и органам государственного управления по их запросу;
- координация работ, выполняемых организациями Национальной академии наук Беларуси, Министерства образования, Министерства промышленности, иными организациями в области литейного производства;
- определение исполнителей и включение в подпрограмму «Металлургия» заданий, направленных на решение проблемных вопросов, возникающих у промышленных предприятий в области литейного производства;
- создание отраслевых лабораторий.

Вполне очевидно, что выполнение поставленных в Программе задач невозможно без обеспечения предприятий высококвалифицированными инженерными кадрами. Прогнозирование потребности в кадрах, подбор и комплектование персоналом организаций Министерства промышленности, в том числе и специалистами в области литейного производства, будет осуществляться в соответствии с отраслевой комплексной программой «Кадры 2016 – 2020 годы». Программой предусмотрено:

- в целях обеспечения производства высококвалифицированными кадрами проводить в организациях отрасли непрерывное обучение персонала, включающее в себя подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров;
- не реже одного раза в пять лет повышать квалификацию работников, включенных в резерв кадров на замещение руководящих должностей, в специализированных учреждениях образования;
- обеспечивать создание в организациях с численностью работающих 1000 человек и более учебных классов и кабинетов, оснащенных современными средствами обучения и необходимыми учебно-наглядными пособиями;
- организовывать обучение руководителей и специалистов за рубежом, в том числе и с посещением специализированных выставок.

Подготовку кадров с высшим образованием в области литейного производства в Республике Беларусь осуществляют:

механико-технологический факультет Белорусского национального технического университета по специальностям:

1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства», 142 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка», специализации: 1-42 01 01-01 01 «Литейное производство черных и цветных металлов»;

механико-технологический факультет Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого по специальностям:

1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства», специализации: 1-36 02 01 01 «Техническая эксплуатация литейного оборудования» и 1-36 02 01 04 «Организация и управление литейным производством», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка», специализации: 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов».

Гомельский государственный машиностроительный колледж осуществляет подготовку кадров со средним специальным образованием по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка», специализации: 1-42 01 01-01 01 «Литейное производство черных и цветных металлов».

Прогнозная потребность в молодых специалистах в области литейного производства до 2030 г. приведена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Потребность в молодых специалистах в области литейного производства на 2018–2030 гг.

Годы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Потребность в специалистах, чел.	41	34	31	23	37	23	33
Годы	2025	2026	2027	2028	2029	2030	–
Потребность в специалистах, чел.	23	22	18	24	22	26	–

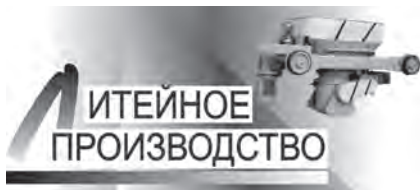
Повышение квалификации и переподготовку руководителей и специалистов инженерных и технических служб осуществляет государственное учреждение образования «Институт повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов промышленности «Кадры индустрии», который является отраслевым учреждением образования Министерства промышленности Республики Беларусь. Кроме того, повышение квалификации и переподготовку руководителей и специалистов на уровнях высшего и среднего специального образования, профессиональную подготовку по профессиям рабочих осуществляет филиал Белорусского национального технического университета «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики».

ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П. А., Толстой А. В., Садоха М. А. Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь // Литье и металлургия. 2019. № 3. С. 35–40.

REFERENCES

1. Vityaz P. A., Tolstoy A. V., Sadokha M. A. Analiz sostoyaniya liteynykh proizvodstv Respubliki Belarus [Status analysis of the foundries in the Republic of Belarus]. *Lit'e i metallurgiya = Foyndry production and metallurgy*, 2019, no. 3, pp. 35–40.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-90-93>
УДК 621.74

Поступила 23.09.2019
Received 23.09.2019

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ВЫХОДА ОАО «ММЗ ИМЕНИ С. И. ВАВИЛОВА» – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БЕЛОМО» НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ, ИННОВАЦИОННОЙ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

В. И. ЧЕЧУХА, ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», г. Минск, Беларусь, ул. Макаенка, 23. E-mail: Belomo33.11@mail.ru

В статье рассмотрены этапы и направления в модернизации литейного производства ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО». Описаны мероприятия, внедренные в литейном производстве, позволяющие изготавливать высококачественную и конкурентоспособную продукцию.

Ключевые слова. *Отливка, литейное производство, модернизация, литье под давлением, машины литья под давлением, технология литья, ресурсосбережение.*

Для цитирования. *Чечуха, В. И. Модернизация участка литья под давлением как одно из направлений выхода ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова-управляющая компания холдинга «БелОМО» на новый уровень по изготовлению высококачественной, инновационной и конкурентоспособной продукции / В. И. Чечуха // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 90–93. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-90-93>.*

UPGRADING OF DIE CASTING SECTION AS ONE OF THE DIRECTIONS TO GET NEW LEVEL OF THE MANUFACTURING OF HIGH QUALITY, INNOVATIVE AND COMPETITIVE PRODUCTS FOR THE BELOMA – MMW NAMED AFTER S. I. VAVILOV PUBLIC CORPORATION

V. I. CHACHUKHA, OJSC «MMW named after S. I. Vavilov – Management Company of the Holding BelOMO», Minsk, Belarus, 23, Makaenka str. E-mail: Belomo33.11@mail.ru

The article considered the stages and the directions of modernization of foundry production of BelOMA - MMW named after S.I.Vavilov Public Corporation. The article described the activities, allowing to produce high-quality and competitive products.

Keywords. *Casting, foundry, upgrading, injection molding, injection molding machines, casting technology, resource saving.*

For citation. *Chachukha V. I. Upgrading of die casting section as one of the directions to get new level of the manufacturing of high quality, innovative and competitive products for the Beloma – MMW named after S.I. Vavilov public corporation. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 90–93. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-90-93>.*

Технология получения заготовок методом литья под давлением относится к числу прогрессивных: имеет преимущество перед другими видами литья из-за высокой производительности процесса, высокого качества поверхности (5–8-й класс чистоты для алюминиевых сплавов), точных размеров литого изделия (3–7-го класса точности), минимальной потребности в механической обработке детали. Возможность ее широкого использования зависит от характера номенклатуры выпускаемой предприятием продукции.

В ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» данная технология в определенных пределах использовалась давно. Необходимость развития возникла с освоением (в ходе так называемой конверсии) новых для предприятия направлений приборов учета газа и узлов тормозных систем большегрузных автомобилей (УТС).

Решающую роль в необходимости инвестирования в развитие литья под давлением сыграли именно УТС (в плане необходимости обеспечения базовых корпусных деталей прогрессивной заготовкой), про-

гнозируемый рост выпуска которых связывался с тенденцией совершенствования транспортных средств и расширения номенклатуры применяемых гидравлических и пневматических исполнительных механизмов, развития самих пневмо- и гидросистем; гарантированным, поддерживаемым государством потребителем, для которого данная продукция является импортозамещающей, а также возможностью экспорта на российский рынок.

При принятии решения и определении направлений развития учитывалось, что особенностью узлов пневмо- и гидросистем УТС являются обеспечение работы в широком температурном диапазоне и высокие требования по надежности (качеству) продукции при давлении в системе до 1МПа; ряд авторитетных производителей продукции данного направления в странах ЕС осуществляет массовый выпуск УТС, что создает достойную конкуренцию в качественном и ценовом сегментах.

С учетом этого обеспечение роста объемов выпуска УТС требовало не просто расширения, а модернизации участка с использованием современных технологий и совершенного технологического оборудования.

Принимая во внимание условия финансовой ограниченности, ставка сделана на заимствование зарекомендовавших себя технологий, что снизило риски от получения отрицательных результатов исследований и разработок, совмещая при этом процессы приобретения нового оборудования и новых технологий, уже заложенных в это оборудование.

Совершенствованию в технологической цепочке получения литейных заготовок были подвергнуты следующие процессы:

а) плавка сплава с сокращением в 2,5 раза по времени и на 15% энергозатрат за счет перехода на энергоэффективное оборудование, использующее индукционный метод разогрева металла токами средней частоты (рис. 1);



Рис. 1. Индукционные плавильные печи ИТПЭ-0,8/0,4 ТГ1

б) подготовка и разливка металла за счет дополнения процесса рафинирования фильтрацией сплава через пенокерамические фильтры, дегазации сплава установкой роторной дегазации с импеллером, а также использования карбид-кремниевых тиглей в разливочных ковшах и раздаточных печах сопротивления (рис. 2);

в) получение литой заготовки за счет использования современного оборудования, машин литья под давлением одного из мировых лидеров станкостроения – швейцарской фирмы «Bühler», имеющих возможность программирования технологических параметров литья, регулировки фаз заливки и мультипликации с непрерывной диагностикой процесса заливки; автоматической оптимизации кривой литья под изготавливаемую деталь; автоматического гидрозажима и разжима формы, сокращающего время переналадки форм литья; диагностики неисправностей, оповещения необходимости проведения технического обслуживания и регламентных работ (рис. 3–5);



Рис. 2. Установка роторной дегазации сплава П1920



Рис. 3. МЛД Bühler 26D classic



Рис. 4. МЛД Bühler 42D classic



Рис. 5. МЛД Bühler 53 evolution

г) удаление облоя на отливках с использованием метода виброгалтовки для исключения слесарных зачистных операций. (Снижение затрат от внедрения виброгалтовки в год составило 58 400 руб.) (рис. 6).

Инвестиции на приобретение оборудования, обеспечивающего соответствующие технологии, составило 1 млн. 176 тыс. руб.

Итогом реализации намеченных мероприятий стало достижение месячного объема выпуска литья под давлением от 60–70 т. Номенклатура освоенных и изготавливаемых отливок – порядка 650 наименований, 95% проходят испытание на герметичность (рис. 7).

В результате обеспечена возможность создания, освоения и серийного выпуска свыше 50 наименований пневмоаппаратов тормозного привода большегрузных автомобилей. Данные изделия успешно поставляются многим потребителям, в том числе на основные конвейеры РФ и РБ.



Рис. 6. Виброгалтовочная установка VRM-500

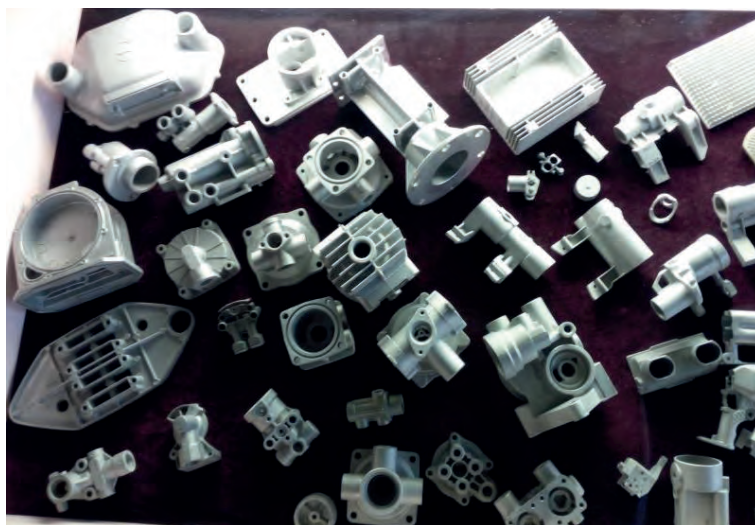


Рис. 7. Отливки

Наиболее значимые изделия, освоенные в 2019 г.:

- пневмогидроусилитель, изделие 8260-07;
- клапан управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом, изделие 6024-20;
- кран тормозной двухконтурный с педалью, изделие 8289;
- кран управления давлением, изделия 8499, 8599;
- ультразвуковой счетчик газа «Вега», изделие 8345.

Инновационных изделий в общем объеме производства более 20%. Поставляется на экспорт в РФ свыше 80% от общего объема производства.

Планы на ближайшую перспективу:

- замена еще имеющихся плавильных печей ИАТ-0,4 на современное высокопроизводительное и энергоэффективное оборудование;
- замена изношенных машин литья под высоким давлением усилием прессования 1600, 4200, 3400 кН;
- продолжение работ по освоению и внедрению в литейном производстве новых материалов и технологий;
- внедрение методик «бережливого производства» (в рамках проекта «Институциональное развитие и поддержка политики по модернизации предприятий-производителей компонентов для автомобильного сектора в Республике Беларусь»).

Сведения об авторе

Чечуха Владимир Иванович – главный металлург ОАО «ММЗ имени С.И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», Ул. Макаенка 23, Минск, Беларусь, E-mail: belomo33.11@mail.ru, тел.: +375 17 369-95-47.

Information about the authors

Chachukha Uladzimir, chief metallurgist BelOMA - MMW named after S.I.Vavilov Public Corporation, Makayonka 23, Minsk, Belarus, E-mail: belomo33.11@mail.ru, tel.: +375 17 369-95-47



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-94-99>
УДК 621.771.620.18

Поступила 12.11.2019
Received 12.11.2019

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК

Т. В. ЛЫСЕНКО, В. В. ЯСЮКОВ, О. И. ВОРОНОВА, Е. Н. КОЗИШКУРТ, К. А. КРЕЙЦЕР, Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина, пр. Шевченко, 1.
E-mail: igonua@gmail.com

Наноразмерные частицы ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), введенные в расплав, позволяют получать отливки из железоуглеродистых и цветных сплавов с однородной мелкозернистой структурой в различных сечениях. Использование наноматериалов изменяет режимы консолидации компонентов композиционных отливок, повышает устойчивость технологических процессов, обеспечивает эксплуатационную надежность литых деталей. Управление структурой отливок в присутствии наночастиц достигается наличием физической поверхности раздела с жидкой фазой, что определяет гетерогенный механизм кристаллизации.

Ключевые слова. Наноразмерные частицы, нанотехнология, наномодифицирование сплавов, механические и служебные свойства отливок.

Для цитирования. Лысенко, Т. В. Использование нанотехнологий при изготовлении отливок / Т. В. Лысенко, В. В. Ясюков, О. И. Воронова, Е. Н. Козишкурт, К. А. Крейцер // *Литье и металлургия*. 2019. № 4. С. 94–99. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-94-99>.

THE USE OF NANOTECHNOLOGY IN THE MANUFACTURE OF CASTINGS

T. V. LYSENKO, V. V. JASJUKOV, O. I. VORONOVA, E. N. KOZISHKURT, K. A. KREITSER,
Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine, I, Shevchenko ave. E-mail: igonua@gmail.com

Nanoscale particles ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), entered into the melt, allow to obtain castings from iron-carbon and non-ferrous alloys with a homogeneous fine-grained structure in different sections. The use of nanomaterials changes the modes of consolidation of components of composite castings, increases the stability of technological processes, and provides technological reliability of cast parts. The control of the castings structure in the presence of nanoparticles is achieved by the presence of a physical interface with the liquid phase, which determines the heterogeneous crystallization mechanism.

Keywords. Nanoscale particles, nanotechnology, nanomodification of alloys, mechanical and service properties of castings.

For citation. Lysenko T. V., Jasjukov V. V., Voronova O. I., Kkozishkurt E. N., Kreitser K. A. The use of nanotechnology in the manufacture of castings. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 4, pp. 94–99. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-94-99>.

Актуальность работы. Термин «Нанотехнология» впервые появился в 1981 г. [1] и быстро завоевал всеобщий интерес в связи с тем, что наноразмерные частицы ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) позволяют решить, в том числе, давнее стремление литейщиков [2] – получение отливок с однородной мелкокристаллической структурой в различных сечениях. Это повышает физико-механические свойства отливок, эксплуатационную надежность литых деталей, укрепляет конкурентоспособность литья.

Нанотехнология подразумевает создание и использование материалов нанометрового масштаба, полученных искусственным путем, которые характеризуются новыми свойствами. В настоящее время к объектам нанотехнологии относят индивидуальные частицы – пленки, стержни, трубки, висеры, а также объединение наноструктурных материалов. Многие фундаментальные свойства веществ в значительной степени зависят от размеров кристаллов в наноразмерном состоянии. Это приводит к трансформации свойств не путем изменения химического состава компонентов, а путем регулирования их размеров и формы [3].



Рис. 1. Влияние размера наноструктурных элементов на изменение прочности и пластичности сплавов

Механическая прочность кристаллических материалов, описываемая выражением Холла-Петча, зависит от размера зерен. Это не всегда справедливо для нанометрических материалов. Очевидно, с учетом развитой физической поверхности раздела наноструктур с расплавом в процессе кристаллизации они могут обладать высокой прочностью в сочетании с высокой пластичностью [4] (рис. 1).

Постановка задачи. Особенность свойств веществ в наноразмерном масштабе и связанные с этим фундаментальные различия термодинамических и кинетических механизмов кристаллизации расплавов объясняются многими факторами. Среди них следует отметить развитую поверхность с большим количеством дислокаций, плотность которых у наноматериалов несравненно выше, что обуславливает повышенную свободную энергию системы, интенсивное взаимодействие с расплавом. Нанообъекты имеют физическую поверхность раздела с расплавом. Это определяет гетерогенный механизм кристаллизации.

Исходя из сказанного выше, применение нанообъектов с целью управления кристаллизационными процессами, протекающими

в литейной форме, имеет большое значение. Это может быть как изменение свойств сплава, так и формирование благоприятной структуры при модифицировании.

Качество композиционного литья во многом зависит от получения гомогенной и управляемой по геометрическим параметрам контактной зоны двух элементов детали, где протекают сложные физико-химические явления, часто при нестационарном тепловом режиме [5]. Использование наноматериалов позволяет повысить устойчивость технологического процесса получения таких отливок, обеспечить высокую эксплуатационную надежность литых деталей.

Цель работы. Обобщение существующего научно-производственного опыта применения наноструктурных материалов и оценка их влияния на механические и служебные свойства отливок.

Сущность и методы исследования. При исследовании свойств нанопорошков отмечается активная поверхность, приводящая к изменению макроструктуры самих порошков [6]. Поэтому технология производства порошков учитывает эти особенности и постоянно совершенствуется. Определены основные требования к наноматериалам, вводимым в расплав. Это наличие смачивания, отсутствие коагуляции и растворения в расплаве. Разрабатываются и совершенствуются способы введения наночастиц в расплав при модифицировании с учетом их равномерного распределения в объеме. При изучении взаимодействия нанопорошков с медными сплавами [7] исследованы фазовый и фракционный составы оксидов и карбидов вольфрама и циркония, установлены температуры изоморфных и полиморфных превращений, температуры начала взаимодействия частиц с медным сплавом.

Исследованиями [8] установлено наличие структурного элемента — фуллерена, влияющего на строение железоуглеродистых сплавов. На фуллеренах формируются углеродные наночастицы — фуллериты, являющиеся центрами кристаллизации, имеющими размерное и структурное сходство параметров их кристаллической решетки с параметрами решетки аустенита при кристаллизации доэвтектического чугуна.

При использовании метода получения наночастиц электроискровой обработкой металлических гранул в жидкости получают наночастицы с высокой энергонасыщенностью и широким спектром структурных состояний и свойств [9]. Параметры процесса оказывают влияние как на восстановление, так и окисление продуктов обработки.

К экономически выгодным процессам производства наноструктур с регулируемыми параметрами относят газофазный синтез, термическое разложение солей, диспергирование, интенсивную пластическую деформацию, детонационный синтез и др. При использовании любого метода необходимо ограничивать взаимодействие наноматериалов с окружающей средой при изготовлении, хранении, транспортировке путем создания контролируемой инертной атмосферы.

Приведенные выше свойства наноструктур позволяют использовать их для модифицирования сталей путем введения в расплав нанодобавок в составе специальных лигатур. Добавки SiO_2 (аэросил) и SiC вводили в сталь 20Л в виде лигатур на основе алюминия [10]. Полученные результаты

свидетельствуют об измельчении зерна литой структуры, что подтверждает механизм гетерогенного зародышеобразования. При этом повышаются механические свойства и сопротивление хрупкому разрушению при динамических нагрузках.

Аналогичные результаты достигнуты при модифицировании сталей с перитектическим превращением (сталь 20ГЛ) нанодисперсными карбонитридами титана и алюминия в комплексе с микролегированием азотом [11]. При этом в процессе кристаллизации формируется мелкозернистая литая структура, нитриды алюминия при затвердевании ограничивают рост зерна аустенита при рекристаллизации.

При оценке влияния модифицирования нанодисперсными материалами на свойства отливок стрелочных переводов из стали 110Г13Л [12] установлено значительное улучшение однородности структуры, повышение плотности и изотропности. Это способствует более равномерному распределению внутренних напряжений под нагрузкой, уменьшению трещин, пористости, сколов.

Повышение эксплуатационной надежности литых деталей ответственного назначения достигали легированием Nb либо W и наномодифицированием TiCN и SiC [13]. Это позволило снизить брак отливок, устранить возникновение горячих трещин, сформировать мелкозернистую структуру.

Основными требованиями к чугунам мелющим шарам являются высокая прочность и износостойкость, позволяющие измельчать твердые материалы без значительной потери эксплуатационных свойств. Для достижения этой цели применяли [14] наномодифицирование. Наномодификаторы эффективно влияют на кристаллизацию графитовой фазы, включения стэдита, первичное зерно чугуна, неметаллические включения, используя их в качестве гетерогенных центров кристаллизации. В качестве наноматериалов выбрали TiCN, SiC, TiSi B₄C. Применение этих соединений повысило прочностные свойства чугуна, способствовало устранению усадочных явлений, полной перлитизации матрицы чугуна.

Авторы [15] рекомендуют модифицирование жаропрочного никелевого сплава ЖСЗДК-ВИ карбонитридом титана в наноразмерном состоянии. Наночастицы смешиваются с порошком металла – основы на атриторах с последующим брикетированием и вводом брикетов в расплав. В качестве связующего порошковой смеси используют растворы алюмината натрия либо фтористого кальция. Наночастицы (размером до 100 нм) получают плазмохимическим синтезом. Измельчение зерна сплава приводит к повышению предела выносливости, сопротивления удару, пластичности и жаропрочности.

Для получения высоких и стабильных по сечению отливок свойств проводили модифицирование сплава АК7 ультрадисперсным модификатором TiCN [16]. Результаты испытаний приведены в таблице.

Результаты испытаний сплава АК7

Сплав	Заливка	σ_B , МПа	δ , %	Твердость, НВ	Плотность, г/см ³
АК7*	Без модификатора	235	3,2	78	2,715
	С модификатором	276	6,0	80	2,736

*Скорость поршня при прессовании 40 м/с.

Положительный эффект достигается за счет получения однородной и мелкозернистой структуры. При этом можно снизить скорость движения поршня и уменьшить эрозию пресс-формы. Благодаря отсутствию газовой пористости возможно проводить ТО отливок без риска образования раковин.

Композиционное литье предоставляет широкие возможности получения необходимых эксплуатационных свойств из различных комбинаций составляющих. При этом для формирования качественных отливок решающими являются контактные процессы, осуществляющие связь между элементами [17]. В подавляющем большинстве случаев это диффузионные взаимодействия, определяемые дефектами кристаллической структуры [18]. Контактная зона должна быть однородной и управляемой по геометрическим параметрам и свойствам, где протекают сложные физико-химические процессы при нестационарном тепловом режиме. Эта стадия является наименее прогнозируемой из-за наличия граничных, температурных и геометрических барьеров.

Для получения композиционных отливок с заданной структурой поверхностного слоя и гладкой поверхностью (корпуса гидрораспределителей, клапанные плиты, вставки пресс-форм литья под давлением и др.) применяли композицию из пористых металлокерамических оболочек (ПМКО), объединенных заливкой в форму жидкого чугуна [19]. Наиболее сложным является этап формирования переходной зоны между ПМКО и жидким металлом. Необходимое условие заполнения пор металлокерамики – прогрев оболочки до 0,8–1,0 температуры кристаллизации расплава, что можно получить за счет

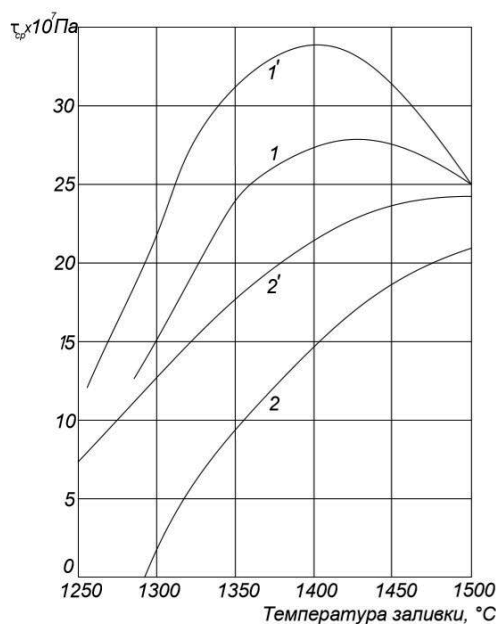


Рис. 2. Влияние температуры заливки на прочность соединения ПМКО с чугуном при соотношении R/r : 1 – 10, 2 – 2 (без TiCN); 1' – 10; 2' – 2 (в присутствии TiCN)



Рис. 3. Структура переходной зоны ПМКО – матрица

перегрева чугуна, температуры заливки, прогрева литейной формы перед заливкой, перепуска металла, увеличения соотношения R/r (R – толщина слоя расплава, r – толщина металлокерамики). Перечисленные технологические мероприятия усложняют и удорожают процесс, повышают брак литья.

Для стабилизации режимов консолидации переходной зоны было проведено наномодифицирование чугуна карбонитридом титана (TiCN) в количестве 0,03% от массы чугуна. Прочность соединения керамики с матричным металлом возросла на 20 % (рис. 2). Наиболее высокие показатели прочности получены при температуре заливки 1400 °C (кривая 1', $R/r = 10$). Отмечены низкая чувствительность чугуна к колебаниям химического состава и продолжительность модифицирующего эффекта при выдержке металла в ковше.

Изменение структуры металла показано на рис. 3. Состав ПМКО – смесь порошков, соответствующая химическому составу мартенситно-стареющей стали 03Н18К9М5Т, матрица – серый чугун СЧ21-40.

Выводы

Наноразмерные частицы ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), введенные в расплав, позволяют получать отливки с однородной мелкозернистой структурой в различных сечениях. Это справедливо для всех сплавов литейного производства. Отличительной особенностью наномодифицирования является одновременный рост прочностных, пластических и служебных свойств сплавов.

Модифицирование в присутствии наночастиц приводит не только к видоизменению структуры металла, но и сопровождается снижением содержания газов, удалением неметаллических включений, десульфурацией и дефосфорацией, раскислением. Использование наноматериалов при изготовлении композиционных отливок дает возможность повысить устойчивость технологических процессов, обеспечить эксплуатационную надежность литых деталей.

Расширяются производственные возможности изготовления нанопорошков различными способами. Проводятся исследовательские работы по изучению свойств наночастиц, что способствует более широкому внедрению их в производство.

Для решения проблем и возможностей, связанных с нанотехнологией, необходима широкая пропаганда перспектив применения наноматериалов; государственная поддержка научно-исследовательских работ в этом направлении; организация промышленного производства, разработка методов и аппаратуры для получения и изучения наноматериалов; включение дисциплины «Нанотехнологии» в учебные планы соответствующих специальностей; подготовка аспирантов, кандидатов, докторов наук по специальности «Нанотехнологии»; изучение литейных свойств сплавов в присутствии наноразмерных материалов: изменение температур ликвидус и солидус, усадка сплавов, жидкотекучесть, трещинообразование, теплофизические характеристики сплавов, процессы кристаллизации и затвердевания и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудской А. И. Нанотехнологии в металлургии. С.-Петербург: Наука, 2007. 186 с.
2. Нехендзи Ю. А. Стальное литье. М.: Металлургиздат, 1948. 766 с.
3. Гуляев Б. Б. Синтез сплавов. М.: Металлургия, 1984. 160 с.
4. Роко М. К., Уильямс Р. С., Аливисатос П. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. М.: Мир, 2002. 292 с.
5. Концепция управления формообразованием отливок / Сост. Т. В. Лысенко, В. В. Ясюков, И. В. Прокопович. Одесса: Экология, 2019. 272 с.
6. Верховлюк А. М., Щерецький О. А., Сергієнко Р. А., Каніболоцький Д. С., Афанасьєв М. В. Особливості взаємодії нанопорошків з металічними розплавами. Литво-2018: матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2018. С. 49–51.
7. Щерецький В. О., Щерецький О. А., Затуловський А. С. Дослідження міжфазної взаємодії нанодисперсних порошків із сплавами на основі міді. Литво-2018: матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2018. С. 190–191.
8. Давыдов С. В. Фуллереновая природа жидкого чугуна – основа технологии наномодифицирования // Черные и цветные сплавы. Новосибирск, 2005. С. 101–108.
9. Афтанділянц Є. Г., Лопатько К. Г., Щерецький А. А. Закономірності фазових перетворень алюмінієвих наночастинок. Литве-2016: матеріали XII междунар. науч.-практ. конф., г. Запорожье, 2016. С. 20–22.
10. Кондратюк С. Є., Пархомчук Ж. В. Ефективність використання нанокристалічних матеріалів для модифікування сталей. Литво, металургія. 2017: Матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2017. С. 135–136.
11. Трегубенко Г. Н., Поляков Г. А., Бубликов Ю. А., Пучиков А. В., Дидович Е. И. Усовершенствование технологии выплавки литых феррито-перлитных сталей с карбонитридным упрочнением. Литве-2015. Материалы XI международной науч.-практ. конф., г. Запорожье, 2015. С. 416–417.
12. Федосеев С. Н. Повышение надежности стрелочных переводов с помощью модифицирования. Литве-2015. Материалы XI междунар. науч.-практ. конф., г. Запорожье, 2015. С. 423–425.
13. Кривошеев В. А., Калинин В. Т., Меньяло Е. В., Хрычиков В. Е., Доценко Ю. В., Тысячник В. А. Повышение эксплуатационной стойкости литых деталей двигателей и промышленных агрегатов. Литво-2018: матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2018. С. 123–124.
14. Сусло Н. В., Панченко А. Н. Исследование наномодификаторов при производстве чугуновых мелющих шаров. Литве-2015. Материалы XI междунар. науч.-практ. конф., г. Запорожье, 2015. С. 222–224.
15. Дудников О. С. и др. Разработка методов модифицирования никелевого сплава нанодисперсными композициями. – Неметалеві вкращення і гази у ливарних сплавах. Литво-2018: збірник тез XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2018. С. 104–106.
16. Доценко Ю. В. та ін. Вплив модифікування та тиску на механічні властивості виливка із сплаву АК7. Неметалеві вкращення і гази у ливарних сплавах Литво-2018: збірник тез. XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 2018. С. 96–97.
17. Ясюков В. В., Лысенко Т. В., Воронова О. И. Композиционное литье – средство повышения эксплуатационной надежности литых деталей // Металл и литье Украины. 2017. № 8-1. С. 43–47.
18. Бокштейн Б. С. Диффузия в металлах. М.: Металлургия, 1978, 248 с.
19. Ясюков В. В., Лысенко Т. В., Волянская К. В. Композиционные отливки с регулируемым поверхностным слоем // Металл и литье Украины. 2016. № 4. С. 36–40.

REFERENCES

1. Rudskoj A. I. *Nanotehnologii v metallurgii* [Nanotechnology in metallurgy]. Saint Petersburg, Nauka Publ, 2007, 186 p.
2. Nehendzi Ju. A. *Stal'noe lit'e* [Steel casting]. Moscow, Metallurg Publ., 1948, 766 p.
3. Guljaev B. B. *Sintez splavov* [Synthesis of alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1984, 160 p.
4. Roko M. K., Uil'jams R. S., Alivisatos P. *Nanotehnologija v blizhajshem desjatiletii* [Nanotechnology in the next decade]. Moscow, Mir Publ., 2002, 292 p.
5. Lysenko T. V., Jasjukov V. V., Prokopovich I. V. *Koncepcija upravlenija formoobrazovaniem otlivok: monografija* [Concept of castings shaping control: monography]. Odessa, Jekologija Publ., 2019, 272 p.
6. Verhovljuk A. M., Shherec'kij O. A., Sergienko R. A., Kaniboloc'kij D. S., Afanas'ev M. V. Osoblivosti vzajemodii nanoporoshkiv z metalichnimi rozplavami [Features of interaction of nanopowders with metal melts]. *Litvo – 2018: materialy XIV mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2018: materials of the XIV international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2018, pp. 49–51.
7. Shherec'kij V. O., Shherec'kij O. A., Zatulovs'kij A. S. Doslidzhennja mizhfaznoi vzajemodii nanodispersnih poroshkiv iz splavami na osnovi midi [The study of interfacial interaction of nano-dispersed powders from alloys based on copper]. *Litvo-2018: materialy XIV mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2018: materials of the XIV international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2018, pp. 190–191.
8. Davydov S. V. Fullerenovaja priroda zhidkogo chuguna – osnova tehnologii nanomodifirovanija [The fullerene nature of liquid cast iron is the basis of nanomodification technology]. *Trudy sed'mogo sezda litejshhikov Rossii / T. 1. Obshhie voprosy. Chernye i cvetnye splavy* [Proc. 7th Congress of foundries of Russia / T. 1. General issue. Black and non-ferrous alloys]. Novosibirsk, 2005, pp. 101–108.
9. Aftandiljanc E. G., Lopat'ko K. G., Shherec'kij A. A. Zakonomirnosti fazovih peretvoren' aljuminievih nanochastinok [Regularities of phase transformations of aluminum nanoparticles]. *Litvo-2016: materialy XII mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2016: materials of the XII international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2016, pp. 20–22.
10. Kondratjuk S. E., Parhomchuk Zh. V. Efektivnist' vikoristannja nanokristalichnih materialiv dlja modifikuvannja stalej [Efficiency of use of nanocrystalline materials for modification of steels]. *Litvo, metalurgija. 2017: Materialy XIII mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting, metallurgy. 2017: materials of the XIII international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2017, pp. 135–136.
11. Tregubenko G. N., Poljakov G. A., Bublikov Ju. A., Puchikov A. V., Didovich E. I. Usovershenstvovanie tehnologii vyplavki lityh ferrito-perlitnyh stalej s karbonitridnym uprochneniem [Improvement of technology of smelting of cast ferrite-perlite steels with

carbonitride hardening]. *Litvo-2015: materiali XI mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2015: materials of the XI international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2015, pp. 416–417.

12. **Fedoseev S. N.** Povyshenie nadezhnosti strelochnykh perevodov s pomoshh'ju modifitsirovaniya [Improving the reliability of switches by modifying]. *Litvo-2015: materiali XI mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2015: materials of the XI international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2015, pp. 423–425.

13. **Krivosheev V. A., Kalinin V. T., Menjajlo E. V., Hrychikov V. E., Docenko Ju. V., Tysjachnik V. A.** Povyshenie jekspluatatsionnoy stojkosti litykh detalej dvigatelej i promyshlennykh agregatov [Increase of operational stability of cast parts of engines and industrial units]. *Litvo-2018: materiali XIV mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2018: materials of the XIV international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2018, pp. 123–124.

14. **Suslo N. V., Panchenko A. N.** Issledovanie nanomodifikatorov pri proizvodstve chugunnykh meljushhih sharov [Research of nanomodifiers in the production of cast iron grinding balls]. *Litvo-2015: materiali XI mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2015: materials of the XI international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2015, pp. 222–224.

15. **Dudnikov O. S.** Razrabotka metodov modifitsirovaniya nikelovogo splava nanodispersnymi kompozicijami [Development of methods for modification of Nickel alloy in nanoparticulate compositions]. *Litvo-2018: materiali XIV mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2018: materials of the XIV international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2018, pp. 104–106.

16. **Docenko Ju. V.** Vpliv modifikuvannja ta tisku na mehanichni vlastivosti vilivka iz splavu AK7 [Influence of modification and pressure on mechanical properties of AK7 alloy casting]. *Litvo-2018: materiali XIV mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Casting-2018: materials of the XIV international scientific and practical conference]. Zaporozhye, 2018, pp. 96–97.

17. **Jasjukov V. V., Lysenko T. V., Voronova O. I.** Kompozicionne lit'e – sredstvo povyshenija jekspluatatsionnoj nadezhnosti litykh detalej [Composite casting—a means of improving the operational reliability of cast parts]. *Metall i lit'e Ukrainy = Metal and casting of Ukraine*, 2017, no. 8-1, pp. 43–47.

18. **Bokshtejn B. S.** *Diffuzija v metallah* [Diffusion in metals]. Moscow, Metallurgija Publ., 1978, 248 p.

19. **Jasjukov V. V., Lysenko T. V., Voljanskaja K. V.** Kompozicionnye otlivki s reguliruemym poverhnostnym sloem [Composite castings with adjustable surface layer]. *Metall i lit'e Ukrainy = Metal and casting of Ukraine*, 2016, no. 4, pp. 36–40.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-100-106>
УДК 534.2

Поступила 05.09.2019
Received 05.09.2019

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЛИТОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Е. И. МАРУКОВИЧ, Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев, Беларусь,
ул. Бялыницкого-Бирули 11. E-mail: Maruko@46mail.ru

С. М. УШЕРЕНКО, ДЖАВАД ЯЗДАНИ-ЧЕРАТИ, Белорусский национальный технический
университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: usherenko@gmail.com

Ю. С. УШЕРЕНКО, Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ», г. Минск, Беларусь.
E-mail: osher_yu@mail.ru

Выполнены экспериментальные оценки прочностных свойств композиционного материала на базе углеродистой стали 45, созданного прошивкой матричной стали в режиме сверхглубокого проникновения сгустками порошковых частиц. Импульсное динамическое воздействие сгустков порошковых частиц и последующая термическая обработка преобразуют сталь в волоконный композиционный материал.

Ключевые слова. Сверхглубокое проникание, композиционные материалы, легирующие элементы, изменение физических и механических свойств.

Для цитирования. Марукович, Е. И. Преобразование литой углеродистой стали в композиционный материал / Е. И. Марукович, С. М. Ушеренко, Джавад Яздаани-Черати, Ю. С. Ушеренко // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 100–106. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-100-106>.

CONVERSION OF CAST CARBON STEEL INTO COMPOSITE MATERIAL

E. I. MARUKOVICH, Institute of Technology of Metals of National Academy of Sciences of Belarus, Mogilev, Belarus, 11, Bialynitskogo-Biruli Str. E-mail: Maruko@46mail.ru

S. M. USHERENKO, JAVAD YAZDANI-CHERATI, Belarusian National Technical University, 65, Nezavisimosti Ave., Minsk, Belarus. E-mail: usherenko@gmail.com

Yu. USHERENKO, Branch of BNTU "Institute of Advanced Training and Retraining in new areas of technics, technology and economy of BNTU", Minsk, Belarus. E-mail: osher_yu@mail.ru

Experimental estimates of the strength properties of a composite material based on carbon steel 45, created by piercing matrix steel in the mode of superdeep penetration by streams of powder particles, have been performed. Pulsed dynamic action by streams of powder particles and subsequent heat treatment converts steel into a fiber composite material.

Keywords. Super-deep penetration, composites, alloying materials, change in physical and mechanical properties.

For citation. Marukovich E. I., Usherenko S. M., Javad Yazdani-Cherati, Usherenko Yu.S. Conversion of cast carbon steel into composite material. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 100–106. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-100-106>.

Введение. Интерес к физическим и химическим эффектам, которые проявляются в углеродистых сталях при динамическом воздействии, стимулируется потребностью современной техники в создании материалов со специальными свойствами. Непосредственным результатом действия высокого импульсного давления на стали является сжатие вещества. Полагают, что энергетически выгодно то направление физического процесса, которое ведет к сжатию взаимодействующих веществ [1]. В настоящее время известно, что повышение плотности фазы высокого давления не является общим правилом.

Изменение плотности влияет на физические и химические свойства стали. Например, при динамическом сжатии в пределах более чем 13 ГПа твердые материалы испытывают превращения с образованием новых кристаллических форм; наблюдаются переходы твердых диэлектриков и полупроводников

в металлическое состояние и т. д. Полиморфные превращения в железных преградах характеризуются достаточно большими изменениями объема. В частности, скачок объема при α - ϵ -превращении, протекающем в железе при нагружении волнами напряжений с амплитудой $\sigma_{\max} \geq 13$ ГПа [2], достигает 6%. При давлениях на уровне 40 ГПа удельный вес железа увеличивается на 39% [3].

Для упрочнения по объему углеродистой стали требуется структурная перестройка, которая сопровождается повышением уровня механических свойств. Такой процесс потребует увеличения динамики нагружения, в том числе и времени воздействия. При этом энергетические затраты производственного процесса должны быть значительными. Основные аномалии, обнаруженные за последние 45 лет при исследовании процессов обработки металлов и сплавов, относятся к особенностям динамического взаимодействия.

Взаимодействие сгустков микроударников с металлическими преградами в природных условиях реализуется в условиях околоземного пространства. Такие условия длительное время рассматривали как неперспективную область исследований. В условиях открытого космоса резко усложняется и удорожается эксперимент, так как требуется статистический анализ результатов. Соударение с потоком микрочастиц [4, 5] десятки лет изучали как процесс износа поверхности.

Качественным доказательством существования эффекта сверхглубокого проникания (СГП) является появление новых структурных элементов в металлических преградах. Обычно в материал высокоскоростного сгустка вводят химические элементы, которые отсутствовали в исходном материале преграды [6]. Например, в качестве примера таких исследований можно рассмотреть взаимодействие железных преград со сгустками свинцовых микрочастиц. Также бомбардировка сгустками микрочастиц стальных заготовок позволяет увеличить интервал времени динамического воздействия. Использование таких частиц удобно с позиции контроля, так как свинец, как правило, отсутствует в исходной стали 45.

Целью настоящего исследования является изучение особенностей изменения удельного веса и механических свойств обработанной стали 45.

Легирование стали 45 в режиме сверхглубокого проникания сгустками порошков карбида кремния и металла

Рассмотрим в качестве наиболее простого технологического варианта введение в образцы из стали 45 на глубину до 100 мкм порошковых сгустков на основе карбида кремния. Карбид кремния – высокотвердый и легкий неметаллический материал для ударника. В качестве добавки в смеси с карбидом кремния используются металлические порошки никеля и олова.

Маркировка исследуемых образцов. Сталь 45: исходный образец – № 1, сталь 45 $\leftarrow$ SiC+Ni – № 2, сталь 45 $\leftarrow$ SiC+Sn – № 3 (рис. 1).

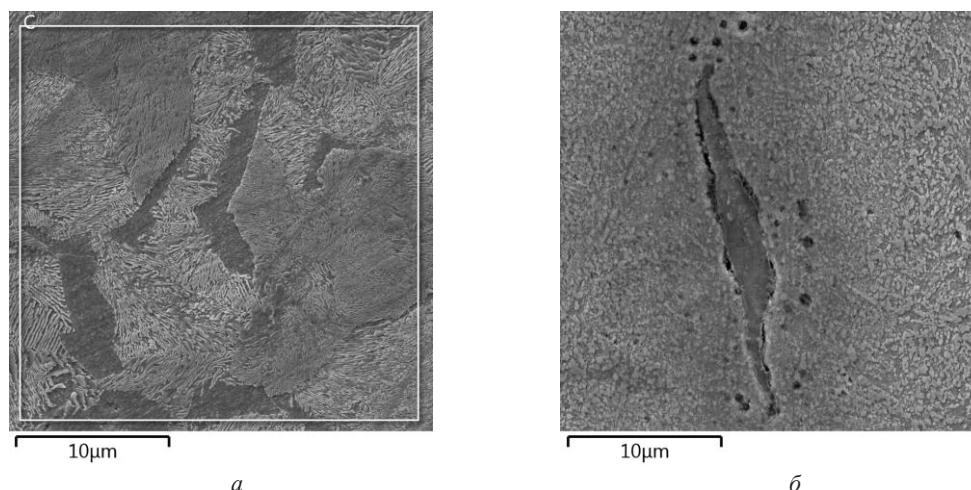


Рис. 1. Структура исходной стали 45 (образец № 1): а – зона исходной стали без включения; б – зона исходной стали с включением

На рис. 2 показан анализ исходной стали, а на рис. 3 – качественный анализ исходной стали 45 с включением марганца.

На рис. 4 показано включение кремния в обработанной стали 45.

На рис. 5, 6 показан анализ образца стали 45 после его прошивки в режиме СГП сгустком микрочастиц SiC+Ni. Концентрация никеля и кремния после такой обработки не превышает 0,3 мас. %.

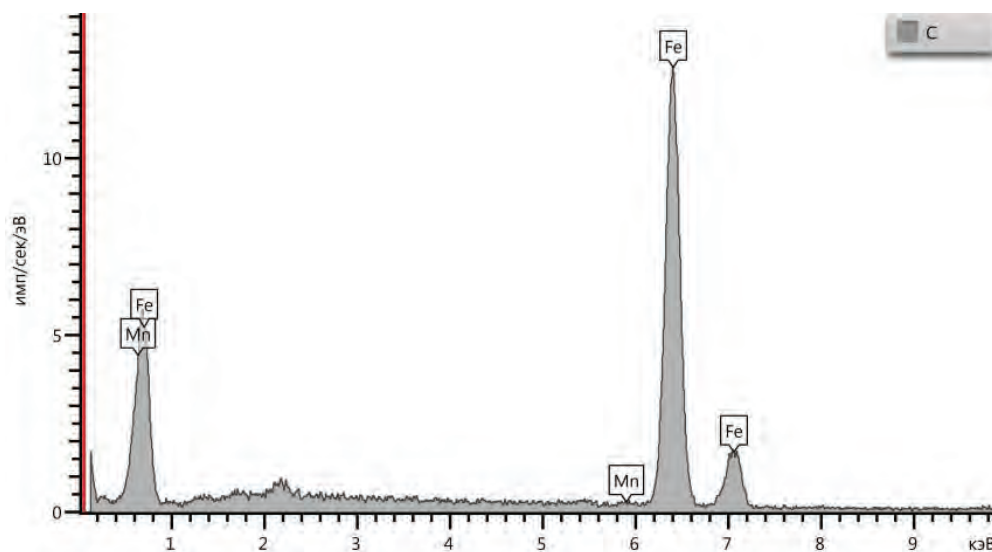


Рис. 2. Анализ химического состава исходной стали 45 (без динамической обработки)

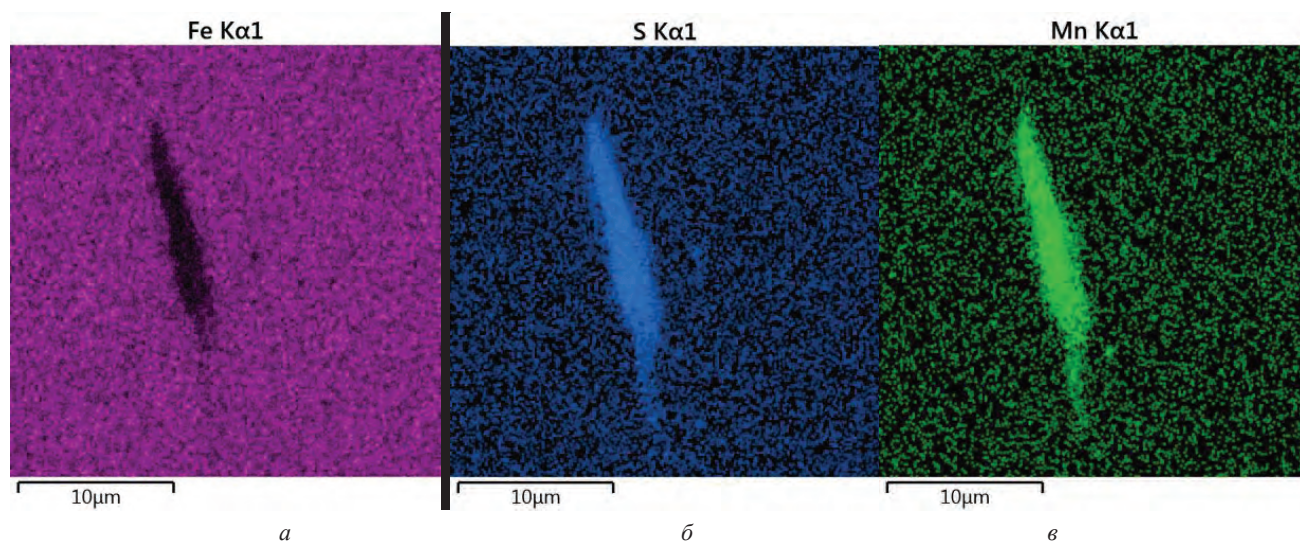


Рис. 3. Качественный анализ химического состава включения в исходной стали 45 (без динамической обработки):
а – анализ структуры на железо; *б* – анализ на серу; *в* – анализ на марганец

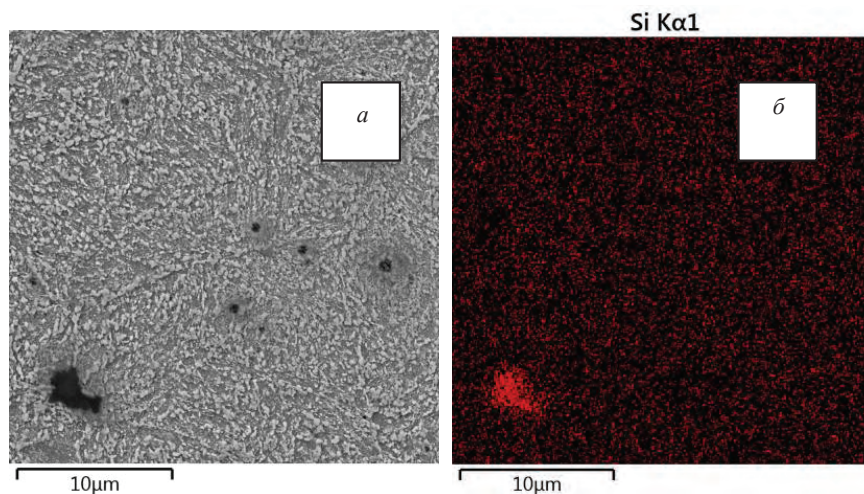


Рис. 4. Включение кремния в стали 45 после динамической обработки в режиме СГП:
а – структура стали 45 после обработки; *б* – анализ включения кремния

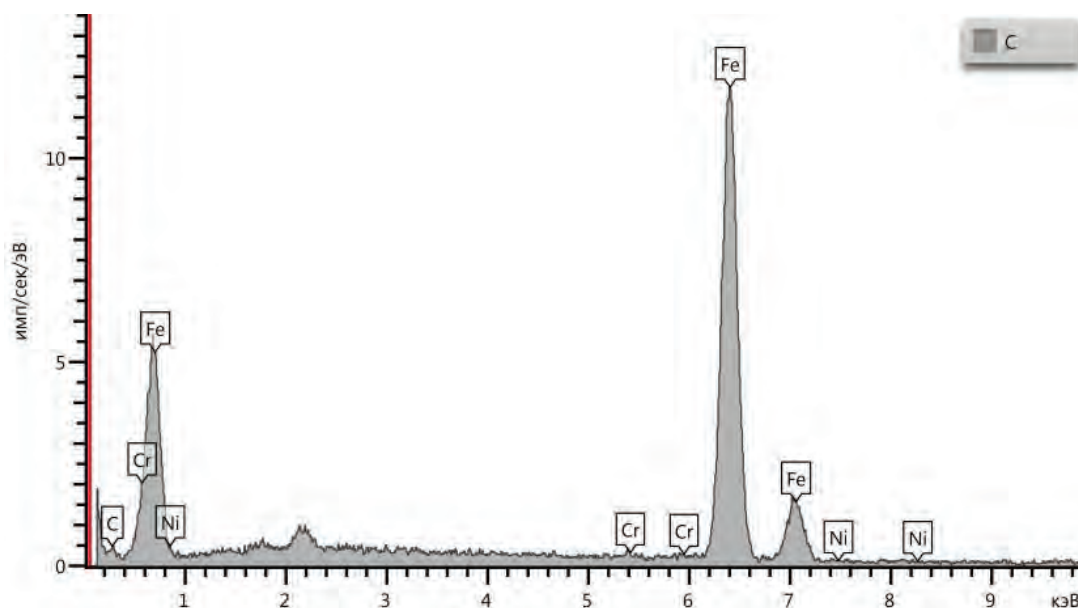


Рис. 5. Анализ структуры стали 45 после СГП сгустком микрочастиц SiC+Ni

Концентрация никеля и кремния после динамической обработки не превышала 0,3 мас. %.

Дополнительно был проведен анализ структуры стали 45 после ее прошивки сгустком микрочастиц SiC+Sn. На рис. 7 показан анализ зоны, легированной оловом. Концентрация олова и кремния после такой обработки не превышает 0,3 мас. %.

Изменение твердости и износостойкости модифицированной стали 45

Измерение исходной твердости стали 45: образцы № 1-1, № 1-2.

Замеры исходной твердости. Исходная сталь 45 не была подвергнута динамической обработке в режиме СГП, а также не было последующей термической обработки.

Образец № 1-1. Результаты измерения твердости на глубине 10 мм – $HB_{11} = 116$. Образец № 1-2. Результаты измерения твердости на глубине 40 мм – $HB_{12} = 110$.

Тогда усредненная твердость этих образцов исходной стали 45: образец № 1 $HB_1 = 113$.

Рассмотрим результаты изменения твердости после динамической прошивки стали 45 сгустком частиц SiC+Ni.

№ 2-1. Результаты измерения твердости на глубине 10 мм – $HB_{21} = 121$.

№ 2-2. Результаты измерения твердости на глубине 40 мм – $HB_{22} = 110$.

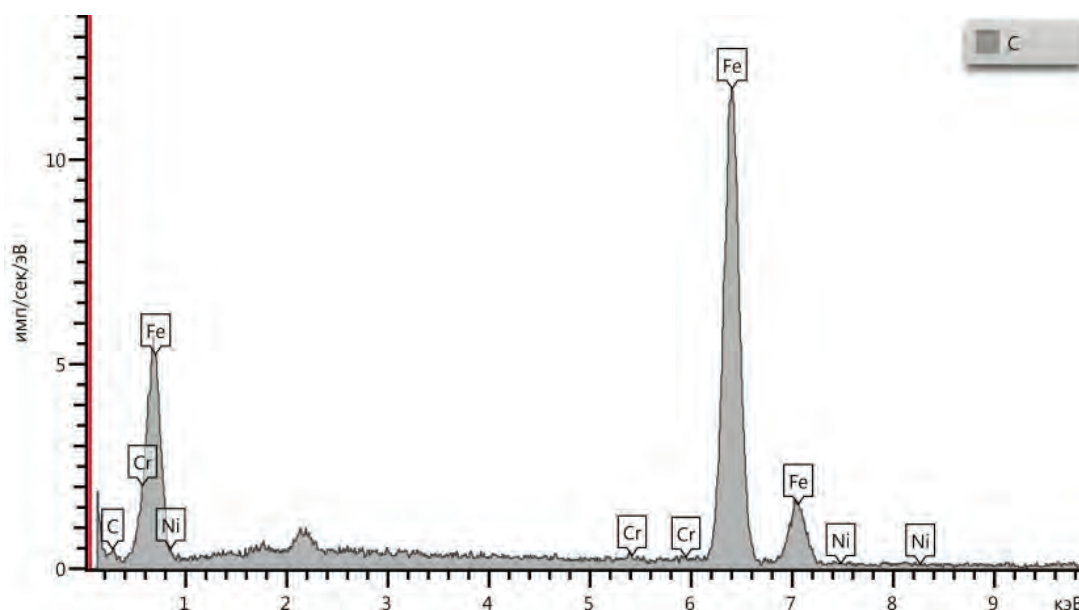


Рис. 6. Анализ структуры стали 45 после динамической обработки сгустком микрочастиц Ni

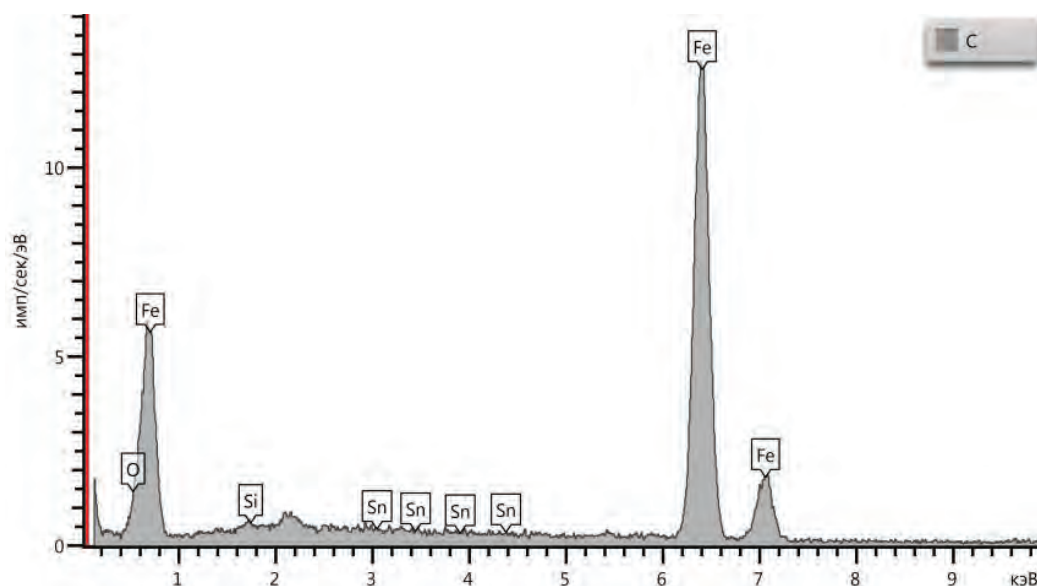


Рис. 7. Анализ структуры стали 45 после прошивки в режиме СГП сгустками микрочастиц SiC+Sn

Итого усредненная твердость образца стали 45 для № 2 $HB_2 = 117,5$.

Тогда разница в твердости упрочненной стали по сравнению с исходной составляет 3,98%.

Рассмотрим результаты изменения твердости после прошивки стали 45 сгустком частиц SiC+Sn. Образцы № 3-1, № 3-2.

3-1. Результаты измерения твердости на глубине 10 мм – $HB_{31} = 121$.

3-2. Результаты измерения твердости на глубине 40 мм – $HB_{32} = 129,5$.

Итого усредненная твердость образца стали 45 для образца № 3 $HB_2 = 125,5$.

Разница в твердости по сравнению с исходной сталью составляет 10,8%.

Рассмотрим изменения твердости в исходной стали 45 после термической обработки. Режим термической обработки постоянен. Закалка – 840 °С и охлаждение в воде. $HB_{1zak} = 640$.

№ 1-1. Результаты измерения твердости на глубине 10 мм – $HB_{11} = 640$.

№ 1-2. Результаты измерения твердости на глубине 40 мм – $HB_{12} = 640$.

Итого среднее значение твердости после термообработки исходной стали 45 для № 1 $HB_{1zak} = 640$.

Образец № 2 после термической обработки

№ 2-1. $HB_{2-1zak} = 667,5$; № 2-2. $HB_{2-2zak} = 640$.

Итого среднее значение твердости после термообработки исходной стали 45 для № 2 $HB_{2zak} = 653,7$.

Достигнуто повышение твердости упрочненной стали в зависимости от условий обработки – 2,14%.

Образец № 3 после закалки. № 3-1 $HB_{3-1zak} = 653$; № 3-2 $HB_{3-2zak} = 653$, т. е. в этом варианте обработки достигнуто повышение твердости от исходных условий обработки – 2,04%.

Итого средняя твердость образца стали 45 для № 3 $HB_{zak} = 653$ (табл. 1).

Таблица 1. Изменение твердости образцов на основе стали 45 после закалки

Номер образца	HRB среднее значение	HRC среднее значение	HB до закалки	HB после закалки	$K_{упр}$
1	65,0	63,0	113,0	640,0	1
2	67,0	62,0	117,5	653,7	1,02
3	72,5	63,5	125,3	653,0	1,02

Проведение дополнительного высокого отпуска 600 °С приводит к существенному снижению твердости (табл. 2).

Обычно изменение износа оценивается по потере массы во время испытания. Результаты такого вида испытаний приведены в табл. 3.

Образец № 1 = $(0,5655\% + 0,55\%)/2 = 0,5578\%$. Было: 31,8990 г, потеря массы за 2 ч – 0,1778 г.

Образец № 2 = $(0,5511\% + 0,4188\%)/2 = 0,4850\%$. Было: 31,8959 г, потеря массы за 2 ч – 0,1547 г.

Образец № 3 = $(0,29\% + 0,4490\%)/2 = 0,3695\%$. Было: 31,5235 г, потеря массы за 2 ч – 0,1166 г.

Потери при износе: № 1 – 100%; № 2 – 87%; № 3 – 66%.

Т а б л и ц а 2. Изменение твердости образцов стали 45 после высокого отпуска (600 °С)

Номер образца	Твердость HRC после отпуска – 600 °С			
	1	2	3	среднее значение
1.1	35,0	37,5	33,0	35,0
1.2	35,0	34,0	36,0	35,0
2.1	33,0	36,0	36,0	35,0
2.2	29,0	30,5	33,0	30,0
3.1	32,0	33,5	36,0	34,0
3.2	34,0	38,0	38,0	36,5

Т а б л и ц а 3. Потеря массы стальных образцов во время испытаний на износ

Номер образца	Исходная масса, г	30 мин, уменьшение массы, г	60 мин, уменьшение массы, г	90 мин, уменьшение массы, г	120 мин, уменьшение массы, г
1-1	32,0720	0,0611	0,0941	0,1336	0,1815
1-2	31,7259	0,0483	0,0820	0,1340	0,1741
2-1	31,9368	0,0562	0,0977	0,1379	0,1760
2-2	31,8550	0,0405	0,0848	0,1061	0,1334
3-1	31,5690	0,0352	0,0469	0,0694	0,0915
3-2	31,4780	0,0504	0,0905	0,1169	0,1416

Изменение удельного веса образцов из стали 45 как результат обработки в режиме СГП

Удельный вес стали 45 изменяется из-за дополнительной динамической обработки. Определение удельного веса стали проводится методом гидростатического взвешивания. Результаты определения удельного веса приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Удельный вес стали 45 до и после обработки в режимах СГП

Номер образца	Исходная масса W_1 , г	Масса в воде с креплением $W_2 + W_1$, г	Масса в воде без крепления W_2 , г	Удельный вес, г/см ³
1-1	31,60330	27,81515	27,56145	7,8181
1-2	31,22110	27,52230	27,26860	7,8990
2-1	31,44265	27,68810	27,43440	7,8444
2-2	31,45440	27,68200	27,42830	7,8126
3-1	31,14310	27,40755	27,15385	7,8067
3-2	31,04410	27,34350	27,08980	7,8507

Масса скрепки – 0,2537 г. Удельный вес образцов: $\rho_1 = 7,8586$ г/см³; $\rho_2 = 7,8285$; $\rho_3 = 7,8287$ г/см³.

На основе полученных экспериментальных результатов установлено, что при использовании в качестве матрицы образцов углеродистой стали 45 (исходный состав – № 1) за счет прошивки смесью микропорошков SiC+Ni и термообработки был получен материал № 2. Если в качестве сгустка микроударников использовать SiC+Sn и термообработку, то получают композиционный материал № 3. Базовым отличием этих материалов между собой является изменение удельного веса. Если удельный вес исходного материала (№1) принимаем за 100%, то удельный вес образцов № 2 и 3 будет ниже на 0,6152%. Уменьшение удельного веса (плотности) достигается за счет увеличения дефектности (напряженного состояния).

При прочих равных условиях испытаний на износ это меняет потери массы композита на основе стали 45 для образца № 2 на 13%, а для образца № 3 – на 34%.

Выводы

Комплексная обработка углеродистой стали 45: исходной – (№ 1), в режиме прошивки сгустками микропорошков SiC+Ni – (№ 2) и SiC+Sn – (№ 3) и последующей термической обработки позволяет изменять состав, физические и механические свойства:

1) твердость стали после динамической обработки повышается для образца № 2 на 3,9%, а для образца № 3 – на 10,8%;

2) если удельный вес исходного материала (№1) принимаем за 100%, тогда удельный вес образцов № 2 и 3 снижается на 0,6152%;

3) в случае сочетания динамической и термической обработки повышение среднего значения твердости стали 45 для образца № 2 достигло 2,14%, а для образца № 3 – 2,04%;

4) при прочих равных условиях испытаний на износ потеря массы композита на основе стали 45 за счет материала микрочастиц, используемых для легирования в режиме сверхглубокого проникания, составляет для образца № 2 13%, а образца № 3 – 34% от массы износа образца № 1 – 100%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Owsik J., Jach K., Usherenko S., Usherenko Y., Figovsky O., Sobolev V. The Physics of Superdeep Penetration Phenomenon // Journal of Technical Physics. 2008. Vol. 49. № 1. P. 3–25.
2. Marukovich E., Usherenko S., Usherenko Yu., Belous A., Petlisky A. Formation of new materials based on cast aluminum alloy // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2011. № 5. P. 1183–1187.
3. Попова С. В., Бражкин В. В., Дюжева Т. И. Структурные фазовые переходы в сильно сжатом веществе и синтез фаз высокого давления // Успехи физических наук. Конференции и симпозиумы. 2008. № 178. С. 1104–1106.
4. Belous A., Saladukha V., Shvedau S. High Velocity Microparticles in Space: Influence Mechanisms and Mitigating Effects of Electromagnetic Irradiation. Springer.
5. Bernhard, Ronald P., Eric L. Christiansen, James Hyde and Jeanne L. Crews. Hypervelocity Impact Damage into Space Shuttle Surfaces // International Journal of Impact Engineering. 1995. № 17. P. 57–68.
6. Sobolev V. V., Usherenko S. M. Shock-wave initiation of nuclear transmutation of chemical elements // J. Phys., IY France. 2006. Vol. 134. P. 977–982.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-107-114>
УДК 533.9:669.3

Поступила 18.07.2019
Received 18.07.2019

ИЗМЕНЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОК ТЕКСТУРЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМОЙ ВОЗДУХА

А. Г. АНИСОВИЧ, Т. П. УРБАН, Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10. E-mail: anna_anisovich@yandex.ru
И. И. ФИЛАТОВА, Государственное научное учреждение «Институт физики НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 68
А. С. БУЙНИЦКАЯ, Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10
С. В. ГОНЧАРИК, Государственное научное учреждение «Институт физики НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 68

Исследовано влияние холодной плазмы воздуха на изменение микроструктуры, напряженного состояния и текстуры катодного никеля марки Н-1. Методом прицельной металлографии установлено, что в результате воздействия микроструктура не изменяется. Показано снижение уровня микро- и макронапряжений. Методом обратных полюсных фигур установлено, что полюсная плотность ориентировок (111), (200) и (311) при воздействии плазмы снижается; наименее интенсивно изменяется ориентировка (311). Полюсная плотность ориентировки (220) увеличивается с 4,42 в исходном состоянии до 13,3 после обработки плазмой, что означает усиление текстуры электролитического осаждения. Обсуждаются причины наблюдаемых эффектов. Сделано предположение, что изменения, вносимые плазмой, происходят на масштабном уровне, намного меньшем, чем размер блоков когерентного рассеяния.

Ключевые слова. Высокочастотный емкостной разряд, неравновесная низкотемпературная плазма, микроструктура, текстура, электролитический никель.

Для цитирования. Анисович, А. Г. Изменение ориентировок текстуры электролитического никеля при обработке холодной плазмой воздуха / А. Г. Анисович, Т. П. Урбан, И. И. Филатова, А. С. Буйницкая, С. В. Гончарик // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 107–114. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-107-114>.

CHANGES IN THE TEXTURE ORIENTATION OF ELECTROLYTIC NICKEL TREATED BY COLD AIR PLASMA

A. G. ANISOVICH, T. P. URBAN, State Scientific Institution “Physical and Technical Institute of NAS of Belarus”, Minsk, Belarus, 10, Kuprevicha str., E-mail: anna_anisovich@yandex.ru
I. I. FILATOVA, State Scientific Institution “Institute of Physics of NAS of Belarus”, Minsk, Belarus, 68, Nezavisimosti ave.
A. S. BUYNITSKAJA, State Scientific Institution “Physical and Technical Institute of NAS of Belarus”, Minsk, 10, Kuprevicha str.
S. V. GONCHARIK, State Scientific Institution “Institute of Physics of NAS of Belarus”
Minsk, Belarus, 68, Nezavisimosti ave.

The effects of cold air plasma influence on the change in the microstructure, stress state and texture of the cathode nickel brand H-1 were studied. By the method of target metallography it has been established that the microstructure does not change under exposure to the cold air plasma. A decrease in the level of micro- and macrostress is shown. By the method of inverse pole figures it has been established that the pole density of the orientations (111), (200) and (311) decreases when exposed to plasma; orientation (311) changes the least intensively. The pole density of the orientation (220) increases from 4.42 in the initial state to 13.3 after plasma treatment, which means an increase in the electrolytic deposition texture. The causes of the observed effects are being discussed. It is assumed that the changes introduced by the plasma occur at a scale level that is much smaller than the size of the coherent scatter blocks.

Keywords. High-frequency capacity discharge, non-equilible low-temperature plasma, microstructure, texture, electrolytic nickel.

For citation. Anisovich A. G., Urban T. P., Filatova I. I., Buynitskaya A. S., Goncharik S. V. Changer in the texture orientation of electrolytic nickel by cold air plasma. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 107–114. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-107-114>.

Введение. Воздействию холодной плазмы на металлы и сплавы, а также неметаллические материалы в настоящее время посвящается значительное количество исследований. В частности, рассматривается изменение свойств поверхностей материалов, подготовка поверхности для дальнейшей обработки. При контроле вариаций параметров плазменного воздействия изменяется реакция образцов состава Ni-P от полного гидрофобного к полному гидрофильному поведению, причем конкретное состояние поверхности полностью определяется параметрами воздействия [1]. В [2] также было показано, что поверхностная гидрофильность зеин-пленки значительно увеличивается после обработки холодной плазмой. Наблюдали также увеличение прочности и гибкости; метод модификации зеин-пленки может быть использован в упаковочной промышленности. Поверхностная обработка тонких пленок серебра холодной плазмой повышала шероховатость поверхности [3]. Рост шероховатости поверхности тонкой пленки Ag приводит к тому, что их поверхность является гидрофильной. Показано, что плазма аргона более эффективна, чем плазма гелия как по морфологии поверхности, так и по антибактериальным свойствам.

Использование плазмы барьерного разряда продемонстрировано в [4] для повышения адгезии меди на армированном бором эпоксидном полимере, причем установлено, что при воздействии плазмы возможно изменение фазового состава поверхности. Помимо изменения свойств поверхности, под воздействием холодной плазмы происходит существенное изменение механических свойств. Проанализирован вопрос нахождения оптимальных режимов упрочняющей обработки для повышения эксплуатационных характеристик инструментов из быстрорежущих сталей на основе способа их модифицирования потоком низкоэнергетической плазмы [5, 6]. Показано, что эффективность упрочняющей обработки рабочих поверхностей зависит от параметров процесса воздействия. Это связано с изменением характеристик поверхностного слоя упрочненных инструментов. Показана зависимость величины микротвердости при изменении режимов процесса упрочнения. Эти изменения происходят на большой глубине от поверхности облучения, значительно превышающей проецированные пробеги ионов в веществе. Показана возможность изменения твердости и износостойкости гальванических покрытий хрома [7], причем изменение механических характеристик может быть существенным. Изменение износостойкости можно связать в том числе с изменением морфологии поверхности [8]. С помощью комплекса экспериментальных методов изучены физико-механические свойства и структурные превращения в алюминий и его сплавах, обработанных низкоэнергетической плазмой тлеющего разряда [9]. После газоразрядной обработки алюминия и его сплавов с магнием низкоэнергетическими ионами не наблюдалось улучшение пластических свойств, обусловленное повышением однородности пластической деформации. Установлено, что при последующем тепловом воздействии протекают два конкурирующих процесса: распад метастабильного твердого раствора и эволюция газовой пористости.

Исследования изменения структуры металлов и сплавов под воздействием холодной плазмы воздуха немногочисленны. Причиной тому являются проблемы в интерпретации получаемых результатов; микроструктурные эффекты воздействия незначительны или находятся на грани чувствительности метода. Есть основание полагать, что в основе изменения свойств при обработке плазмой лежат изменения на уровне кристаллической решетки материала [10].

Возможность применения холодной плазмы для существенного изменения свойств материалов получила подтверждение патентами, в частности, в Республике Беларусь [11–13].

Эффектом, надежно фиксируемым при рентгеноструктурном анализе металлов и сплавов, обработанных холодной плазмой, является значительное изменение интенсивности интерференционных линий. Так, в частности, наблюдали изменение соотношения интенсивностей интерференционных линий фазы CuZn двухфазной латуни [14] и меди [15] под воздействием плазмы ВЧЕР. Изменение интенсивности линий на рентгенограммах при классических способах обработки связывают, в первую очередь, с трансформацией текстуры.

В данной работе исследовано влияние холодной плазмы воздуха на изменение ориентировок текстуры катодного никеля марки Н-1.

Материалы и методики эксперимента. Рентгеноструктурные исследования проведены в излучении $\text{CuK}\alpha$ на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3, оснащенный аппаратно-программным комплексом для управления дифрактометром и обработки результатов измерений.

Изменение ориентировок текстуры исследовали методом обратных полюсных фигур. Они описывают распределение нормалей к кристаллографическим плоскостям кристаллитов исследуемого образца относительно его определенной внешней оси. Это стандартная гномостереографическая проекция заданной внешней оси кристаллитов, на которой нормалям кристаллографических плоскостей придается

полюсная плотность, показывающая во сколько раз данная ориентировка оси чаще встречается в текстурированном образце, чем в бестекстурном. Для анализа использована методика, описанная в [16]. Расчет полюсной плотности производили по методу Морриса:

$$P_{hkl} = \frac{I_{hkl}/I'_{hkl}}{\sum_{\Delta} A_{hkl} (I_{hkl}/I'_{hkl})}, \quad (1)$$

где I_{hkl} и I'_{hkl} – интенсивности интерференционных линий текстурированного образца и эталона соответственно; A_{hkl} – фракция кристаллитов в бестекстурном образце, рассеивающая рентгеновские лучи от плоскости (hkl) . Условно A_{hkl} определяется долей площади поверхности стереографического треугольника Δ вокруг нормали (hkl) , ограниченной большими кругами, делящими угловые дистанции между соседними нормалью пополам. Условие нормировки:

$$\sum_{\Delta} A_{hkl} = 1. \quad (2)$$

При расчете использовали величины A_{hkl} , приведенные в [17] для кубической гранецентрированной кристаллической решетки.

Оценку микронапряжений и размера блоков когерентного рассеяния производили по общепринятым методикам, описанным в [18].

Исследование микроструктуры осуществляли на металлографическом комплексе на базе оптического микроскопа Микро-200 при увеличениях от 100 до 2000. Травление производили реактивом состава: 50% HNO_3 + 50% HF . В исследовании использовали метод прицельной металлографии, суть которого состоит в фотографировании одного и того же участка структуры до и после обработки.

Обработка образцов никеля низкотемпературной неравновесной плазмой низкого давления ($P \sim 1$ Торр), возбуждаемой в атмосфере воздуха высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕР), проведена на экспериментальном стенде на основе генератора высокочастотного ($f = 5,28$ МГц) тока (рис. 1). Стенд оснащен комплексом измерительной аппаратуры, обеспечивающей контроль режимов обработки.

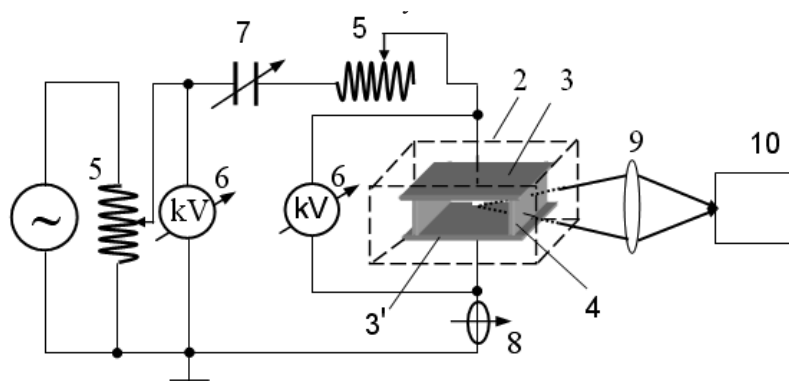


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда: 1 – высокочастотный генератор; 2 – разрядная камера (РК); 3 и 3' – высоковольтный и заземленный электроды РК; 4 – кварцевое окно РК; 5 – индукционная катушка; 6 – киловольтметр; 7 – конденсатор; 8 – пояс Роговского; 9 – объектив; 10 – спектрометр

Образцы располагали в разрядной камере (РК) на охлаждаемом проточной водой заземленном электроде 3'. Расстояние между электродами составляет $L = 20$ мм. Удельный энерговклад в разряд составлял величину порядка 1 Вт/см^3 , время воздействия на образцы задавалось равным $t = 5$ и 10 мин.

Спектроэнергетические характеристики плазмы контролировали с помощью спектрометра $SL100/10$, оснащенного регистрирующей излучение плазмы двумерной ПЗС-матрицей размером 256×256 пикселей. В диапазоне длин волн $\Delta\lambda = 200\text{--}1000$ нм эмиссионные спектры возбуждаемой плазмы представлены молекулярными полосами второй (2+) и первой (1+) положительной систем азота, а также первой отрицательной (1–) системы молекулярного иона азота N_2^+ . Анализ пространственных распределений интенсивностей $I(0 < l < L)$ свечения плазмы показал, что возбуждаемый разряд неоднороден вдоль межэлектродного промежутка L и имеет присущие для α -формы высокочастотного разряда приэлектродные зоны нескомпенсированного пространственного заряда. Вид распределений $I(0 < l < L)$ носит экстремальный характер с одним максимумом в центральной зоне межэлектродного промежутка.

Газокинетическую температуру плазмы T_g , определяющую тепловые потоки на помещаемый в ряд обрабатываемый образец, и эффективность его бомбардировки заряженными частицами контролировали с использованием метода эмиссионной спектроскопии. Значения T_g определяли по распределению интенсивности излучения $I(\lambda)$ в спектрах неразрешенных по вращательной структуре электронно-колебательных полосах $2+$ системы N_2 . Значение температуры T_g в пределах погрешности ее измерений практически не изменялось вдоль межэлектродного промежутка и составляло ≈ 300 К. Таким образом, можно считать, что располагавшиеся на нижнем электроде образцы дополнительному термическому нагреву в плазме не подвергали.

Результаты и их обсуждение. Микроструктура никеля в процессе обработки плазмой в течение 10 мин не изменяется (рис. 2). При этом после плазменного воздействия наблюдается существенное изменение вида рентгенограммы (рис. 3). При визуальном сравнении видно перераспределение интенсивности линий; при этом существенно увеличивается интенсивность линии (220).

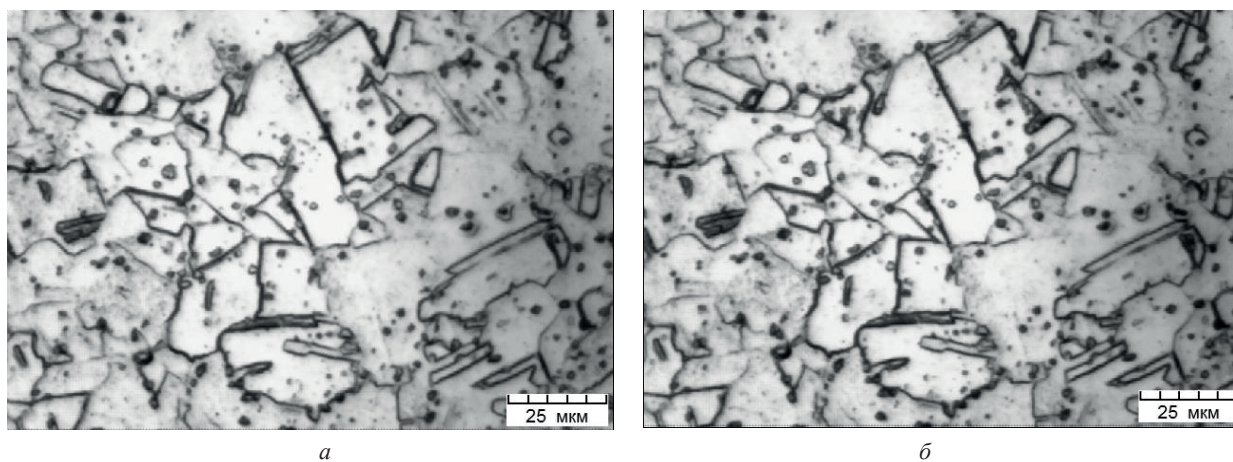


Рис. 2. Структура образца в исходном состоянии (а) и после обработки плазмой 10 мин (б); прицельная металлография

Были определены полюсные плотности ориентировок $\langle 111 \rangle$, $\langle 200 \rangle$, $\langle 220 \rangle$ и $\langle 311 \rangle$. Результаты расчета по формуле (1) приведены в табл. 1. Полюсная плотность ориентировок $\langle 111 \rangle$, $\langle 200 \rangle$ и $\langle 311 \rangle$ несколько снижается, наименее интенсивно для ориентировки $\langle 311 \rangle$. Наиболее сильны изменения ориентировки $\langle 220 \rangle$, полюсная плотность которой увеличивается с 4,42 в исходном состоянии до 13,2–13,3 после обработки холодной плазмой.

Для независимых текстур никеля наиболее часто упоминаются ориентировки $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$, $\langle 110 \rangle + \langle 100 \rangle$. В зависимости от плотности тока при электролитическом осаждении в никелевых осадках образуется текстура $\langle 100 \rangle$ или $\langle 110 \rangle$. В соответствии с [19] для никеля одной из основных ориентировок текстуры электролитического осаждения является $\langle 110 \rangle$. Эта ориентировка характерна как для никелевых электролитически осажденных подложек, так и для осадка на приспособленной подложке. Для неприспособленной подложки основной ориентировкой является $\langle 100 \rangle$.

Исходя из традиционных представлений, повышение интенсивности ориентировки $\langle 220 \rangle$ означает усиление текстуры электролитического осаждения.

В числе факторов, ответственных за изменение интенсивности интерференционных линий, помимо текстуры, можно назвать изменение размера блоков когерентного рассеяния, образование дефектов упаковки и изменение уровня микронапряжений. В отсутствие дефектов упаковки для ГЦК-решетки выполняется соотношение [18]:

$$\frac{\sin \theta_{(200)}}{\sin \theta_{(111)}} = \frac{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}_{(200)}}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}_{(111)}} = 1,155. \quad (3)$$

В табл. 2 представлены углы дифракции и результаты расчета по формуле (3) для рассматриваемых линий. Для образцов, обработанных плазмой, соотношение синусов не изменяется, что говорит о том, что под воздействием холодной плазмы дефекты упаковки не образуются.

Изменение полуширины интерференционных линий (111) и (311) представлено на рис. 4. Изменение полуширины линии (111) незначительно, величина блоков когерентного рассеяния не претерпевает

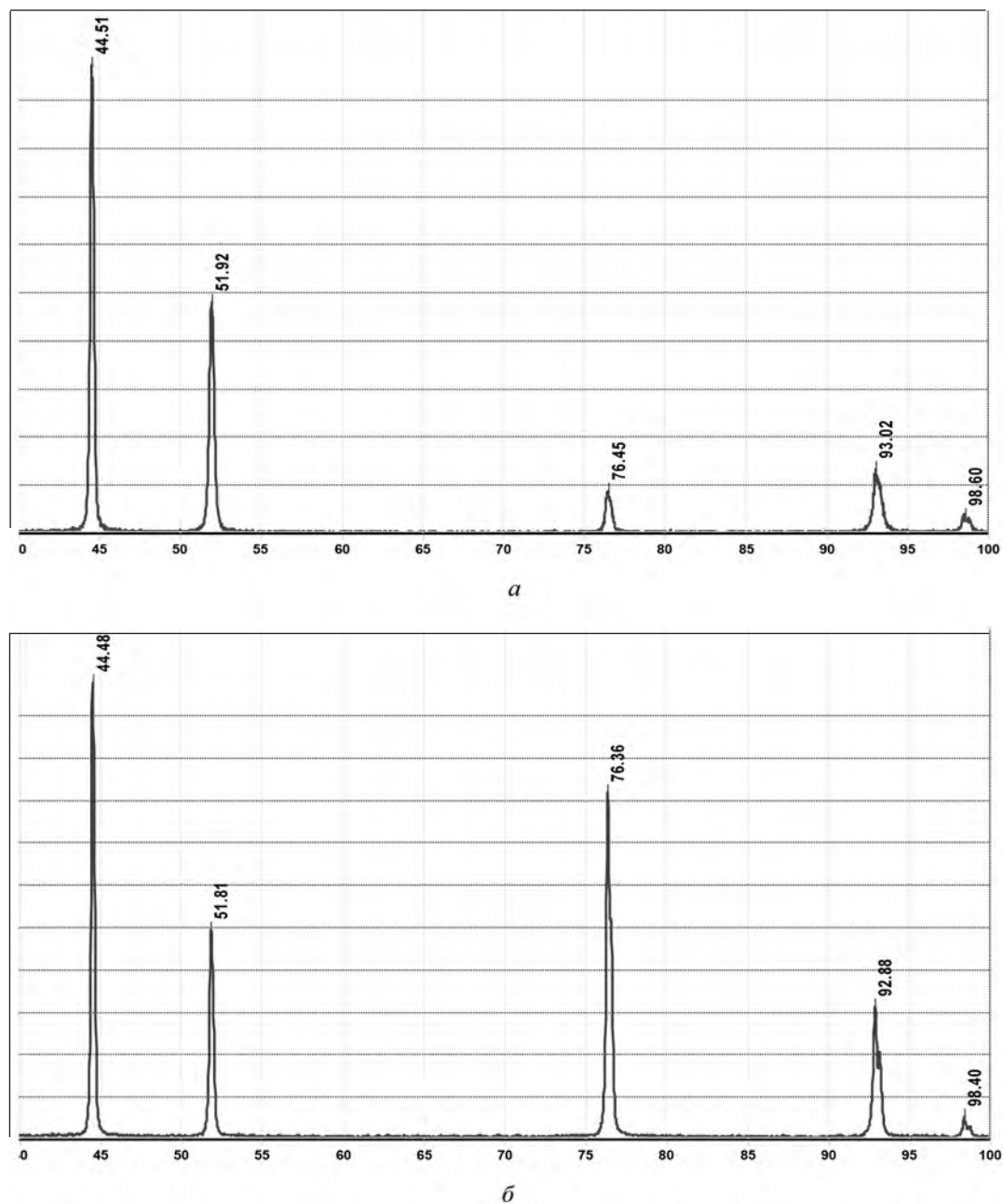


Рис. 3. Рентгенограммы никеля в исходном состоянии (а) и после воздействия плазмы (б) в течение 10 мин.

Таблица 1. Изменение полюсной плотности ориентировок гальванического никеля при обработке холодной плазмой

Ориентировка hkl	Время обработки плазмой, мин		
	0	5	10
$\langle 111 \rangle$	7,3	3,5	3,08
$\langle 200 \rangle$	6,82	2,23	2,28
$\langle 220 \rangle$	4,42	13,33	13,23
$\langle 311 \rangle$	8,35	6,19	6,24

существенных изменений (табл. 2) и поэтому не вносит вклад в изменение интенсивности линий (полуширина линии $\langle 111 \rangle$ эталона составляет $3,41 \cdot 10^{-3}$ рад).

Полуширина линии $\langle 311 \rangle$ снижается в процессе воздействия, но данное изменение незначительно. Полуширина линии $\langle 311 \rangle$ эталона составляет $5,68 \cdot 10^{-3}$ рад, поэтому провести расчет физического уширения линии не представляется возможным. При этом можно считать, что изменение уровня дезориентированных микронапряжений в процессе воздействия холодной плазмы незначительно. Усиление

Таблица 2. Углы дифракции, оценка вероятности дефектов упаковки и размер блоков когерентного рассеяния в никеле после обработки плазмой

hkl	Угол дифракции, 2θ		
	исходный	обработка плазмой 5 мин	обработка плазмой 10 мин
111	44,5	44,5	44,5
200	51,9	51,8	51,8
220	76,4	76,4	76,4
311	93,0	92,9	92,9
$\sin \theta_{(200)}/\sin \theta_{(111)}$	1,16	1,15	1,15
Размер блоков когерентного рассеяния, $\text{см} \times 10^{-5}$	8,65	9,84	9,27



Рис. 4. Изменение полуширины линий (311) (1) и (111) (2) электролитического никеля после воздействия плазмы

текстуры электролитического осаждения, таким образом, не может быть связано с процессами упрочнения или разупрочнения за счет изменения дислокационной структуры.

Согласно динамической теории рассеяния рентгеновских лучей, интегральная интенсивность интерференционных максимумов рентгенограммы от крупных кристаллов ослабляется из-за эффекта экстинкции. По мере уменьшения размера блоков мозаики эффект экстинкции ослабляется и для кристаллов с блоками размером меньше 0,2–0,3 мкм, которые принято называть идеально мозаичными, полностью снимается [18]. В рассматриваемом случае блоки когерентного рассеяния превышают эту величину, однако их размер не изменяется существенно в процессе воздействия. И для эталона, и для исследуемых образцов отношение интенсивностей линий (222) и (111) составляет 3–5%.

Эта разбежка составляет не более ошибки измерения при определении интенсивности, следовательно, вторичная экстинкция не вносит вклад в изменение интенсивности линий. Отношение расчетных интенсивностей данных линий составляет 4%.

Явление сохранения или усиления ориентировок текстуры деформации может наблюдаться на начальных стадиях отдыха деформированных металлов. Но изменение полюсной плотности ориентировок при этом не столь велико, как в рассматриваемом случае. Кроме того, при плазменной обработке в нашем случае отсутствовал нагрев, способный вызвать структурные изменения.

При таком уровне изменения ориентировок текстуры следовало бы ожидать существенного изменения микроструктуры. Тем не менее, данные микроструктурного анализа говорят об обратном. Отсутствие микроструктурных изменений отмечалось в [3, 14]. Следует сделать предположение, что изменения, вносимые плазмой, концентрируются на масштабном уровне, намного меньшем, чем размер блоков когерентного рассеяния.

Выводы

1. Воздействие низкотемпературной неравновесной воздушной плазмы на электролитический никель не приводит к изменению микроструктуры материала.
2. Наблюдается существенное перераспределение интенсивности линий рентгенограммы.
3. Наиболее сильно изменяется ориентировка $\langle 220 \rangle$, полюсная плотность которой увеличивается с 4,42 в исходном состоянии до 13,2–13,3 после обработки холодной плазмой.
4. Изменение полуширины линий незначительно, величина блоков когерентного рассеяния также не претерпевает существенных изменений.
5. Наблюдаемые изменения, вносимые плазмой, не связаны с изменением текстуры, а могут быть отнесены за счет изменения уровня напряжений 3-го рода (статических смещений атомов из положения равновесия).

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы научных исследований на 2016–2020 годы «Конвергенция-2020», подпрограмма «Микромир, плазма и Вселенная (задание 2.4.02).

ЛИТЕРАТУРА

1. Vivet L., Joudrier A.-L., Bouttemy M., Vigneron J. and oth. Wettability and XPS-analyses of nickel–phosphorus surfaces after plasma treatment: an efficient approach for surface qualification in mechatronic processes // *Applied Surface Science*. 2013. № 274. P. 71–78.
2. Shuang Dong, Peng Guo, Yue Chen, Gui-yun Chen and oth. Surface modification via atmospheric cold plasma (ACP): Improved functional properties and characterization of zein film // *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 115. P. 124–133.
3. Zendehnam Arman, Ghasemi Javad, Zendehnam Akbar. Employing cold atmospheric plasma (Ar, He) on Ag thin film and their influences on surface morphology and anti-bacterial activity of silver films for water treatment // *International Nano Letters*. 2018. № 8. P. 157–164.
4. Prysiashnyi V., Stupavská M., Ráhe J., Kleber C. and oth. A comparison of chemical and atmospheric plasma assisted copper plating on carbon fiber reinforced epoxy polymer surfaces // *Surface & Coatings Technology*, 2014, no.258, pp.1082–1089.
5. Tereshko I. V., Abidzina V. V., Elkin I. E. The formation of nanoclusters in metals by the low-energy ion irradiation // *Surface and Coatings Technology*, 2007. Vol. 201. P. 8552–8556.
6. Tereshko I. V., Abidzina V. V., Elkin I. E., Tereshko A. M. Nanostructural evolution of steel and titanium alloys exposed to glow discharge // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2007. Vol. 261. P. 678–681.
7. Anisovich A. G., Azharonok V. V., Gologan V. F., Bobanova Zh. I. and oth. The Effect of Low Temperature Nonequilibrium Air Plasma on the Structure and Properties of Copper and Chromium Electrodeposited Coatings // *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and technology*, 2016, № 2. P. 42–49.
8. Anisovich A. G., Azharonok V. V., Gologan V. F., Tereshko I. V. Surface transformation of electrodeposited coatings under exposure to cold plasma and magnetic field // *Abstracts of 7th International Conference on “Materials science and Condensed Matter Physics”*. Chisinau, 2014, 281 p.
9. Барвинок В. А., Рясный А. В. Влияние низкоэнергетической плазменной обработки на физико-механические свойства и структуру алюминия и его сплавов // *Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер. физ.-мат. науки*. 2009. № 2. Т. 19, С. 193–199.
10. Anisovich A. G., Azharonok V. V., Filatova I. I. Lattice strain as a factor of structure formation // *Abstracts of 8th International Conference on “Materials science and Condensed Matter Physics”*. Chisinau, 2016. 327 p.
11. Логвин В. А., Жолобов А. А., Логвина Е. В. Режущая часть инструмента: Пат. 7492. Респ. Беларусь, 2011.
12. Логвин В. А., Логвина Е. В. Способ обработки изделия в вакууме: Пат. 16595. Респ. Беларусь, 2012.
13. Логвин В. А., Логвина Е. В. Способ поверхностной обработки изделия в вакууме и устройство для его осуществления: Пат. 16343. Респ. Беларусь, 2012.
14. Анисович А. Г., Ажаронек В. В., Басалай А. В., Гончарик С. В. и др. Структурные изменения в медных сплавах под воздействием холодной плазмы воздуха // *Physics and diagnostics of laboratory and astrophysical plasmas. The XI Belarusian-Serbian symposium Minsk*, 2016, pp.34–37.
15. Ажаронек В. В., Анисович А. Г., Басалай А. В., Гончарик С. В. и др. Трансформация структуры меди под воздействием неравновесной низкотемпературной плазмы воздуха // *Инженерно-физический журнал*. 2013. № 4. С. 731–738.
16. Гогишвили О. Ш., Кононов Г. Г., Лавриненко И. П., Ладыкин С. П. К методике построения обратных полюсных фигур // *Заводская лаборатория*. 1981. № 7. С. 32–34.
17. Лайнер Д. И., Радишевский А. И., Комарова И. А. Способ построения нормированных обратных полюсных фигур // *Кристаллография*. 1974. Т. 19. № 5. С. 942–945.
18. Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. 2-е изд. М.: Металлургия, 1970. 366 с.
19. Вассерман Г., Гревен И. Текстуры металлических материалов. М.: Металлургия, 1969. 655 с.

REFERENCES

1. Vivet L., Joudrier A.-L., Bouttemy M., Vigneron J., and oth. Wettability and XPS-analyses of nickel–phosphorus surfaces after plasma treatment: an efficient approach for surface qualification in mechatronic processes. *Applied Surface Science*. 2013, no. 274, pp.71–78.
2. Shuang Dong, Peng Guo, Yue Chen, Gui-yun Chen, and oth. Surface modification via atmospheric cold plasma (ACP): Improved functional properties and characterization of zein film. *Industrial Crops and Products*, 2018, V. 115, pp. 124–133.
3. Zendehnam Arman, Ghasemi Javad, Zendehnam Akbar. Employing cold atmospheric plasma (Ar, He) on Ag thin film and their influences on surface morphology and anti-bacterial activity of silver films for water treatment. *International Nano Letters*, 2018, no.8, pp.157–164.
4. Prysiashnyi V., Stupavská M., Ráhe J., Kleber C., and oth. A comparison of chemical and atmospheric plasma assisted copper plating on carbon fiber reinforced epoxy polymer surfaces. - *Surface & Coatings Technology*. 2014, no.258, pp.1082–1089.
5. Tereshko I.V., Abidzina V.V., Elkin I.E. The formation of nanoclusters in metals by the low-energy ion irradiation - *Surface and Coatings Technology*, 2007, vol. 201, pp. 8552–8556.
6. Tereshko I. V., Abidzina V. V., Elkin I. E., Tereshko A. M. Nanostructural evolution of steel and titanium alloys exposed to glow discharge – *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2007, vol. 261, pp. 678–681.
7. Anisovich A. G., Azharonok V. V., Gologan V. F., Bobanova Zh. I. and oth. The Effect of Low Temperature Nonequilibrium Air Plasma on the Structure and Properties of Copper and Chromium Electrodeposited Coatings. - *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and technology*, 2016, no.2, pp.42–49.
8. Anisovich A. G., Azharonok V. V., Gologan V. F., Tereshko I. V. Surface transformation of electrodeposited coatings under exposure to cold plasma and magnetic field. *Abstracts of 7th International Conference on “Materials science and Condensed Matter Physics”*, Chisinau, 2014, 281 p.

9. **Barvinok V. A., Rjasnyj A. V.** Vlijanie nizkojenergeticheskoy plazmennoj obrabotki na fiziko-mehaničeskie svojstva i strukturu aljuminija i ego splavov [The effect of low-energy plasma processing on the physico-mechanical properties and structure of aluminum and its alloys]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta = Bulletin of Samara State Technical University*, 2009, no.2. Vol. 19, pp. 193–199.
10. **Anisovich A. G., Azharonok V. V., Filatova I. I.** Lattice strain as a factor of structure formation. Abstracts of 8th International Conference on “Materials science and Condensed Matter Physics”, Chisinau, 2016. p. 327.
11. **Logvin V. A., Zholobov A. A., Logvina E. V.** Rezhushhaja chast' instrumenta [Tool cutting]. Patent RB, , no. 7492, 2011.
12. **Logvin V. A., Logvina E. V.** Sposob obrabotki izdelija v vakuume [The method of processing the product in vacuum]. Patent RB, no. 16595, 2012.
13. **Logvin V. A., Logvina E. V.** Sposob poverhnostnoj obrabotki izdelija v vakuume i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [The method of surface treatment of the product in vacuum and a device for its implementation]. Patent RB, no. 16343, 2012.
14. **Anisovich A. G., Azharonok V. V., Basalaj A. V., Goncharik S. V.** Strukturnye izmenenija v mednyh splavah pod vozdejstviem holodnoj plazmy vozduha [Structural changes in copper alloys under the influence of cold air plasma]. «Physics and diagnostics of laboratory and astrophysical plasmas». The XI Belarusian-Serbian symposium Minsk, 2016, pp. 34–37.
15. **Azharonok V. V., Anisovich A. G., Basalaj A. V., Goncharik S. V.** Transformacija struktury medi pod vozdejstviem neravnovesnoj nizkotemperaturnoj plazmy vozduha [Transformation of the copper structure under the influence of a nonequilibrium low-temperature air plasma]. *Inženerno-fizičeskij zhurnal = Engineering Physics Journal*, 2013, no. 4, pp. 731–738.
16. **Gogishvili O. Sh., Kononov G. G., Lavrinenko I. P., Ladykin S. P.** K metodike postroenija obratnyh poljusnyh figure [To the technique of constructing inverse pole figures]. *Zavodskaja laboratorija = Factory laboratory*, 1981, no.7, pp. 32–34.
17. **Lajner D. I., Radishevskij A. I., Komarova I. A.** Sposob postroenija normirovannyh obratnyh poljusnyh figure [A method of constructing normalized inverse pole figures]. *Kristallografija = Crystallography*, 1974, Vol. 19, no.5, pp. 942–945.
18. **Gorelik S. S., Rastorguev L. N., Skakov Ju. A.** *Rentgenograficheskij i jelektronnooptičeskij analiz* [Radiographic and electron-optical analysis]. Moscow, Metallurgija Publ., 1970, 366 p.
19. **Vasserman G., Greven I.** *Tekstury metallicheskih materialov* [Textures of metal materials]. Moscow, Metallurgija Publ., 1969, 655 p.



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-115-122>
УДК 669.017

Поступила 12.11.2019
Received 12.11.2019

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. И. ХАБИБУЛЛИН, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь, пр-т Мира, 43.

Полученные в результате обработки в механореакторе композиционные материалы имеют структуру микрокристаллического типа с границами зерен, стабилизированными дисперсными частицами упрочняющих фаз размером менее 20 нм. Применение оксида азота N_2O в качестве технологической среды активизирует окислительно-восстановительные превращения, имеющие место в механически легированных композициях на основе системы $Cu-Al-CuO(MoO_3)$, что приводит к снижению концентрации алюминия в твердом растворе на основе меди и, как следствие, увеличивает электропроводность материала на 14 %, достигая значений 80 % от электропроводности меди. Разработанные механически легированные композиции и компактные материалы, полученные из них, отличаются высокой стойкостью против длительного термического воздействия при температурах, достигающих 0,85 $T_{пл}$ основы, что объясняется его структурой.

Ключевые слова. Механическое легирование, технология, дисперсно-упрочненная медь, электропроводность, структура, свойства.

Для цитирования. Ловшенко, Ф. И. Повышение электропроводности дисперсно-упрочненной меди / Ф. И. Ловшенко, А. И. Хабидуллин // Литие и металлургия. 2019. № 4. С. 115–122. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-115-122>.

INCREASED ELECTRICAL CONDUCTIVITY DISPERSION –HARDENED COPPER

F.G. LOVSHENKO, A. I. KHABIBULIN, Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus, 43, Mira ave.

The material, obtained in reactor, is a composition, consisting of a copper matrix of microcrystalline type with the borders of grains, stabilized by disperse particles of strengthening phases in the size of less than 20 nanometers. It is established, that the application of oxide nitrogen N_2O as the technological environment at mix material processing in reactor activates the oxidation-reduction transformations, which take place in mechanically alloyed compositions on the basis of system $Cu-Al-CuO-MoO_3$, that leads to decrease in concentration of aluminium in a copper-based solid solution and, as a consequence, increases electrical conductivity of the material by 14 %, reaching values of 80 % from electrical conductivity of copper. It is shown, that the developed material is characterized by high stability against long thermal influence at the temperatures, reaching 0, 85 of temperatures of a basis fusion, which is explained by its structure.

Keywords. Mechanical alloying, technology, dispersion-hardened copper, electrical conductivity, structure, properties.

For citation. Lovshenko F.G., Khabibulin A. I. Increased electrical conductivity dispersion -hardened copper. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 4, pp. 115–122. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-4-115-122>.

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь стоит важная проблема создания конкурентоспособной продукции в различных отраслях промышленности, что возможно на основе создания ресурсосберегающих технологий и оборудования. Важное место в рациональном использовании материальных ресурсов отводится экономии цветных металлов, которая может быть достигнута путем значительного повышения стойкости быстроизнашиваемых деталей сварочного оборудования.

Прогресс в области получения новых электродных материалов связан с развитием порошковой металлургии. Электроконтактные материалы, изготовленные методом порошковой металлургии, обладают более высокими механическими свойствами при повышенных температурах по сравнению с компактными металлургическими, имеющими тот же химический состав. Основной причиной повышения механических свойств является оксидная пленка на поверхности частиц порошка, которая затрудняет рекри-

сталлизацию подобно дисперсным включениям, препятствующим движению дислокаций и затрудняющим протекание процесса собирательной рекристаллизации.

В современных условиях для промышленности Беларуси актуален вопрос создания новых электротехнических материалов на основе меди, способных заменить дорогостоящие хромисто-циркониевые бронзы, применяемые для изготовления электроконтактных деталей сварочного оборудования, повысить основные эксплуатационные свойства этих изделий, качество сварных соединений и производительность процесса сварки. В связи с тем что спрос на указанную продукцию возрастает и соответственно увеличивается объем их потребления, поиск новых наиболее рациональных и эффективных технических решений указанных проблем является актуальной задачей.

Успешное решение данного вопроса обеспечит получение ряда электротехнических изделий типа сильноточных скользящих и разрывных электрических контактов из недефицитных материалов на основе меди с высокими характеристиками износо- и электроэрозионной стойкости, что позволит предложить пути решения проблемы повышения стойкости электрических контактов в целом.

В Белорусско-Российском университете была разработана теория и освоено производство механически легированной наноструктурной дисперсно-упрочненной меди. Компактированный материал представляет собой порошковую композицию, состоящую из медной матрицы, в которой равномерно распределено до 5 % по объему дисперсных частиц упрочняющей фазы [1–4]. В качестве последней применяются термодинамически стабильные соединения с высоким значением модуля сдвига, например, Al_2O_3 . Структура композиции характеризуется следующими параметрами: размер зерен основы – $\leq 0,5$ мкм, размер блоков – ≤ 50 нм. Основа представляет собой низкоконцентрированный твердый раствор алюминия в меди с содержанием легирующего элемента $\leq 0,1\%$. Границы зерен и субзерен стабилизированы включениями Al_2O_3 размером ≤ 20 нм. Указанная структура обеспечивает низкую скорость протекания рекристаллизационных процессов, высокие значения твердости и прочности не только при 20 °С, но и при температурах, достигающих 850 °С. При относительной электропроводности, равной 68–72 %, прутки из дисперсно-упрочненной меди обладают следующими механическими свойствами: твердость НВ 210–220, предел прочности при растяжении $\sigma_B = 860$ МПа, $\sigma_B^{500} = 400$ МПа, относительное удлинение – 5 %, температура рекристаллизации – 850 °С. Как следует из табл. 1, ранее разработанный материал в наибольшей мере отвечает требованиям, предъявляемым к электродным материалам и по комплексу физико-механических свойств превосходит лучший классический материал, применяемый для электроконтактных изделий, которым является бронза БрХЦр, а также внутренне окисленную медь и дисперсно-упрочненный композиционный материал производства Уралэлектромедь.

Таблица 1. Физико-механические свойства перспективных электродных материалов

Материал	НВ	σ_B , МПа	ρ , 10^{-8} Ом·м	HV ⁵⁰⁰ , МПа	σ_B^{500} , МПа	$t_{\text{рек}}$, °С
Внутренне окисленная медь	140	465	$>2,11$	46	235	700
ДУМ Уралэлектромедь	145	350	2,82	51	266	800
БрХЦр	170	500	2,07	40	280	500
ДУМ	220	860	2,45	70	400	850

Основные ожидаемые преимущества механически легированной ДУМ, предлагаемой в качестве материала для токоподводящих наконечников по сравнению с бронзой БрХЦр, могут заключаться в следующем: 1) высокие значения твердости и горячей твердости обуславливают снижение абразивного износа и вероятности «прихватывания» ТПН к электродной проволоке; 2) в процессе сварки рекристаллизация и разупрочнение материала на контактных поверхностях происходит при температурах, превышающих температуру рекристаллизации бронзы БрХЦр на 350 °С.

Методика исследования, материалы и оборудование

Технологический процесс получения токоподводящих наконечников включает в себя получение прутков из дисперсно-упрочненной меди, при необходимости горячую объемную штамповку, и, наконец, механическую обработку заготовок. Технологическая схема получения дисперсно-упрочненной меди, предназначенной для изготовления токоподводящих наконечников, обоснование которой изложено в [5], включает следующие стадии: выбор исходных компонентов и прогнозирование фазового состава материала; реакционное механическое легирование, приводящее к образованию дисперсно-упрочненной гранулирован-

ной композиции; холодное прессование брикетов и их термическая обработка; получение полуфабрикатов методом экструзии. Разрабатываемая технология основана на том, что упрочняющая фаза (Al_2O_3 , AlN) не вводится в шихту, а образуется на стадиях механического легирования и отжига гранулированной композиции в результате механически и термически активируемой реакции взаимодействия металла, имеющего высокое сродство к кислороду (Al), и кислородсодержащего компонента.

Перспективные термодинамически стабильные оксиды по критерию возрастания ΔG°_{298} их образования располагаются в следующем порядке: MgO , La_2O_3 , HfO_2 , UO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , GeO_2 , TiO_2 [6–9]. Они обладают микротвердостью $H_{0,49} > 2000$, что предполагает у них высокие значения модуля сдвига. В том же качестве могут быть использованы и нитриды AlN . В этом ряду ΔG°_{298} образования имеет значения от ~ -330 до ~ -290 кДж/моль-атом N [6–9]. В связи с химической инертностью молекулярного азота непосредственный синтез нитридов в процессе обработки композиции в воздушной среде маловероятен, но в среде N_2O это вполне возможно. При реакции алюминия с указанной газовой средой, в первую очередь, образуется Al_2O_3 , и частично AlN с образованием некоторого количества N_2 .

В табл. 2 приведены характеристики перспективных химических соединений, которые позволяют сделать вывод о возможности применения их в качестве упрочняющих фаз в ДУКМ на основе меди. Для получения жаропрочных дисперсно-упрочненных медных материалов по предлагаемой технологии исходная порошковая композиция, кроме медной матрицы, должна содержать металл, образующий термодинамически стабильное соединение, и химическое соединение – поставщик кислорода и азота. Прогнозирование фазового состава этих материалов может быть осуществлено на основе термодинамического анализа фазовых превращений. Кинетика протекания механически и термически активируемых превращений исследована на композициях, представляющих собой системы: «медь – элемент, имеющий высокое сродство к кислороду, – легирующий оксид», «медь – элемент, имеющий высокое сродство к азоту, – оксид азота», имеющих разную величину ΔG°_{298} взаимодействия между легирующими добавками.

Таблица 2. Характеристики перспективных оксидов и нитридов

Химическое соединение	Энергия Гиббса образования ($-\Delta G^\circ_{298}$), кДж/моль-атом (C, N, O)	Температура плавления $T_{пл}$, °C	Микротвердость
Al_2O_3	527	2053	–
AlN	295	2350	1230

В качестве элемента с высоким сродством к кислороду и азоту взят алюминий. Поставщиками кислорода служили оксиды N_2O , CuO , MoO_3 , значение ΔG°_{298} образования которых (табл. 3) больше, чем у оксида легирующего элемента Al_2O_3 . Поставщиком азота являлся N_2O . В системах «матрица – элемент, имеющий высокое сродство к кислороду, – легирующий оксид» взаимодействие между легирующим металлом (Me) и легирующим оксидом ($\text{Э}_n\text{O}_m$) протекает по следующей реакции:

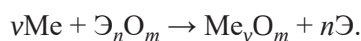


Таблица 3. Значение $-\Delta G^\circ_{298}$ образования легирующего оксида

Легирующий оксид	N_2O	CuO	MoO_3
$-\Delta G^\circ_{298}$ оксида, кДж/моль-атомов O	81	12	146

Продуктами взаимодействия должны быть оксид легирующего металла (Me_νO_m) и элемент, восстановленный из легирующего оксида (Э).

Для сохранения электропроводности матрицы элемент, восстановленный из оксида, должен обладать минимальной растворимостью в меди, в связи с чем перечень легирующих оксидов существенно сокращается. К этим элементам относятся N, Cu, Mo, Cr, V, Nb, Zr [6–9]. В работах [6–9] была изучена возможность применения Al_2O_3 в качестве упрочняющей фазы в различных композициях, в том числе и на основе меди. Исходя из равновесной термодинамики, химическое взаимодействие между исходными компонентами этой системы невозможно, и, следовательно, фазовые превращения отсутствуют. Анализ диаграммы «медь-молибден» показывает, что и в этой системе фазовые превращения отсутствуют.

Базовая композиция содержала 0,80 % Al и 0,71 % O, вводимого с оксидами [8]. При использовании оксидов CuO и MoO_3 в качестве кислородсодержащих компонентов их содержание в композиции составляло 2,5 и 0,8 % соответственно. При условии полного взаимодействия между легирующими компонента-

ми в процессе механического легирования должно образовываться 1,51 % Al_2O_3 . Но в действительности полноты протекания реакций не наблюдается и 0,10-0,15 % Al растворяется в матрице, образуя зоны Гинье-Престона, что приводит к снижению электропроводности до значений 60–70 % от электропроводности меди.

Для повышения электропроводности указанной композиции механическое легирование производили в газовой среде N_2O с избыточным давлением до 300 кПа с целью дополнительного окисления алюминия, не прореагировавшего с CuO и MoO_3 . При обработке шихты в среде N_2O ожидается образование дополнительных упрочняющих термодинамически устойчивых фаз Al_2O_3 и AlN , отличающихся повышенной дисперсностью.

В композицию входят порошок меди (основа композиции), 3,6 г MoO_3 (0,8 %), 3,6 г Al (0,8 %), N_2O , заполняющий свободный объем помольной камеры и некоторое рассчитываемое количество CuO . Общий объем помольной камеры – 1,0 л, объем, занимаемый шихтой и мелющими телами, – 0,37 л, масса шихты – 440 г. Количество N_2O , занимающего свободный объем, определяется из пропорции

$$\frac{22,4 \text{ л}}{44 \text{ г}} = \frac{0,63 \text{ л}}{x}, \quad (1)$$

откуда

$$x = \frac{44 \cdot 0,63}{22,4} = 1,24 \text{ г}. \quad (2)$$

Условием, необходимым для достижения максимальной электропроводности композиции, является полное связывание алюминия в оксиды и нитриды.

Количество алюминия, окисляемого оксидом молибдена, рассчитывается исходя из уравнения:



Из пропорции $\frac{144}{3,6} = \frac{48}{x}$ находят количество алюминия, связанного оксидом молибдена:

$$x = \frac{54 \cdot 3,6}{144} = 1,35 \text{ г}. \quad (4)$$

Таким образом, 3,6 г оксида молибдена связывают 1,35 г алюминия.

Количество алюминия, окисляемого оксидом азота, рассчитывается по уравнению:



Из пропорции $\frac{216}{x} = \frac{132}{1,24}$ находят количество алюминия, связанного оксидом азота:

$$x = \frac{216 \cdot 1,24}{132} = 2,03 \text{ г}. \quad (6)$$

Оставшееся количество алюминия, которое должно быть окислено оксидом меди, находится из разности:

$$3,6 - 1,35 - 2,03 = 0,22 \text{ г}. \quad (7)$$

Количество оксида меди, необходимое для окисления 0,22 г алюминия, определяется из уравнения:



Из пропорции $\frac{54}{0,22} = \frac{240}{x}$ находят количество оксида меди, необходимого для окисления оставшегося алюминия:

$$x = \frac{0,22 \cdot 240}{54} = 0,98 \text{ г}, \quad (9)$$

что составляет 0,22 % в составе композиции.

В качестве исходных компонентов для получения материалов использовали порошки меди ПМС-1 (ГОСТ 4960-75), алюминия ПА-4 (ГОСТ 6058-73), оксида меди с размером частиц 45–125 мкм. В качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) применяли оксид молибдена (VI) MoO_3 с размером частиц 45–63 мкм. Составы исследованных композиций приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Исходные составы исследованных композиций

Номер композиции	Легирующие компоненты, %			Cu	Технологическая газовая среда
	Al	MoO ₃	CuO		
1	0,8	0,8	—	Остальное	N ₂ O, (60 кПа)
2	0,8	0,8	2,5	То же	Изолированная воздушная
3	0,8	—	2,5	То же	То же

Для проведения лабораторных исследований по отработке технологии использовали вибромельницу гирационного типа с четырьмя помольными камерами объемом 1 дм³ каждая. Радиус круговых колебаний, совершаемых помольными камерами, определялся съемными эксцентриками и составлял 5,0 мм. Размалывающими телами служили шары, изготовленные из стали ШХ15СГ твердостью HRC 62. Подачу газа заданного состава осуществляли через вентиль с золотником, установленными в крышке помольной камеры. Давление газа контролировали манометром избыточного давления (ГОСТ 2405-88) с верхним пределом измерения 0,4 МПа, класса точности 2,5 и регулировали его в пределах 0,01–0,4 МПа.

Брикетирование получаемой в механореакторе гранулированной композиции проводили в стаканах из медной фольги холодным прессованием до плотности 70–75 % от теоретической. Брикеты имели диаметр 64 мм.

Для завершения фазовых и структурных превращений, а также дегазации брикеты перед экструзией подвергали **отжигу**. Температура отжига изменялась в пределах 600–1050 °С при продолжительности обработки, равной 0,5–8 ч. В качестве атмосферы использовали водород, аргон и вакуум. Основная цель отжига – стабилизация структуры и свойств и дегазация.

Полуфабрикат в виде прутка получали **экструзией** брикетов, нагретых до температур 800 °С. С целью увеличения градиента скорости перемещения слоев материала, способствующего разрушению адсорбционных и оксидных пленок гранул, применяли плоскую матрицу ($\alpha = 90^\circ$).

Подогрев технологической оснастки до температур 450 °С производили в трубной печи электросопротивления. Коэффициент вытяжки – 19.

Удельное электросопротивление измеряли с помощью прибора «Константа К5» с применением датчика ФД2.

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние продолжительности обработки шихты в механореакторе и дополнительного отжига полуфабриката в среде аргона на содержание оксида меди в композиции представлено на рис. 1.

Измерения электропроводности образцов показали, что для образца «2» она составляет 70 % от меди, образца «1» – 80, образца «3» – 65 %. Результаты измерений электропроводности образцов подтверждают гипотезу о том, что обработка композиции в среде N₂O приводит к снижению концентрации твердого раствора и повышению электропроводности.

Анализ изменения содержания оксида меди от продолжительности обработки позволяет предположить, что на первом этапе (от начала обработки до 3 ч) происходит окисление меди оксидом азота, а затем протекает процесс внутреннего окисления алюминия оксидом меди, что приводит к снижению содержания алюминия в твердом растворе на основе меди.

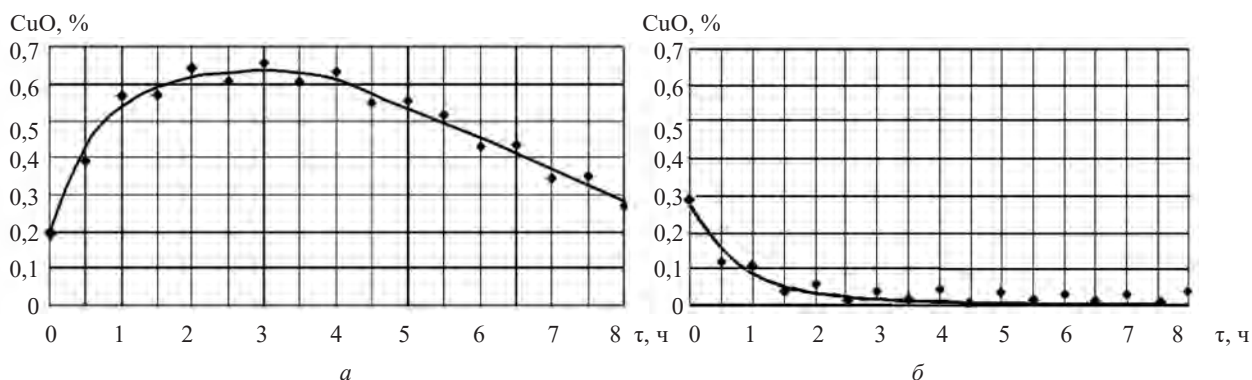


Рис. 1. Влияние продолжительности обработки шихты в механореакторе (а) и времени отжига в аргоне (б) на содержание оксида меди

Установлено, что при обработке шихты в атмосфере N_2O с избыточным давлением 60 кПа электропроводность материала по сравнению с результатами, полученными при обработке в изолированной воздушной среде, повысилась на 14 % (рис. 2).

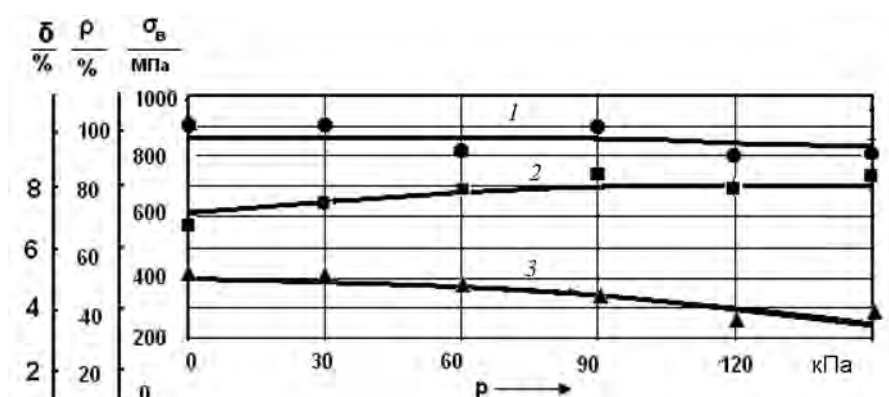


Рис. 2. Влияние избыточного давления оксида азота в помольной камере на свойства дисперсно-упрочненной медной композиции: 1 – предел прочности; 2 – относительная электропроводность; 3 – относительное удлинение

Физико-механические свойства дисперсно-упрочненной меди, полученной обработкой в механореакторе в среде оксида азота, следующие: относительная электропроводность – 80 %, твердость – НВ 220, предел прочности при растяжении $\sigma_b = 860$ МПа, $\sigma_b^{500} = 400$ МПа, относительное удлинение – 5 %, температура рекристаллизации – 850 °С.

Реакционное механическое легирование, осуществляемое в атмосфере оксида азота N_2O , активирует окислительно-восстановительные превращения, имеющие место в композициях на основе системы $Cu-A1-MoO_3$, что приводит к снижению концентрации алюминия в твердом растворе на основе меди и, как следствие, увеличивает электропроводность материала. Однако после завершения механического легирования термодинамическое равновесие системы не достигается и фазовый состав гранулированных композиций существенно отличается от равновесного. Было установлено, что дополнительная термическая обработка брикетированных гранулированных материалов, применяемая перед экструзией полуфабрикатов, повышает электропроводность композиционного материала, что свидетельствует об активизации фазовых превращений, приближающих систему к термодинамическому равновесию.

Термической обработке продолжительностью 30 мин (после выхода на установленную температуру) подвергали брикеты плотностью 70–75 %, полученные холодным прессованием. Результаты исследований влияния отжига на физико-механические свойства материала приведены в табл. 5.

После проведения отжига брикеты подвергали экструдированию с целью получения компактного материала, являющегося заготовкой для дальнейшей обработки давлением и резанием.

Таблица 5. Влияние температуры отжига брикетов на физико-механические свойства компактированного материала

Температура отжига, °С	Физико-механические свойства материала			
	твердость НВ	предел прочности, МПа	относительное удлинение, %	электропроводность, % от меди
600	230	848	3,8	74
700	226	856	4,4	76
750	220	858	4,7	78
800	216	860	5,0	80
800*	210	852	5,3	82
800**	205	848	5,8	84
850	198	780	5,4	83
900	180	742	5,2	84
950	156	605	4,8	85

* Продолжительность отжига 2 ч.

** Продолжительность отжига 4 ч.

Таким образом, для стабилизации фазового состава, структуры и свойств механически легированных композиций обязательной операцией является отжиг, который может сочетаться с термомеханической обработкой. При этом имеют место развитие такие физико-химические процессы, как диффузия, рекристаллизация, растворение включений, выделение и рост новых фаз и др., способствующие переходу системы к равновесному или близкому к нему состоянию. Это обеспечивает стабильность структуры и свойств, которая является необходимым условием надежности и долговечности изделий, работающих в жестких температурно-силовых условиях.

Измерения электропроводности показали, что у разработанного материала она составляет 80 % от электропроводности меди в отличие от прототипа 2, у которого не превышает значений 70%. Микроструктура разработанного материала имеет те же параметры, что и у прототипа, что обуславливает аналогичные механические свойства.

Результаты экспериментов позволили установить механизм фазовых превращений, происходящих в процессе реакционного механического легирования в среде оксида азота и последующего отжига в среде аргона: 1) растворение алюминия в медной основе; 2) окисление меди оксидом азота с образованием тонкой оксидной пленки на поверхности медной матрицы; 3) последующее внутреннее окисление алюминия, вызывающее образование наноразмерных включений оксидов и нитридов. Дисперсно-упрочненный медный композиционный материал имеет микрокристаллический тип структуры с размером зерен не более 0,2 мкм. Микроструктура разработанного материала показана на рис. 3.

Сравнительные производственные испытания, проведенные на ведущих промышленных предприятиях РБ и РФ (ОАО «Мотовело», Минский, Горьковский, Могилевский автозаводы, Брестский завод «Газоаппарат» и др.), показали, что стойкость наконечников, изготовленных из разработанного материала, превышает этот показатель у изделий, изготовленных из бронзы БрХЦр в 1,5–2,5 раза.

Выводы

1. Установлено, что к материалам, используемым для изготовления жаропрочных изделий электротехнического назначения, предъявляется сложный комплекс требований, который не может быть реализован в материалах, получаемых традиционными металлургическими способами. Проблема решается методами порошковой металлургии, открывающими перспективы создания дисперсно-упрочненного композиционного медного сплава электротехнического назначения с более высокими физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками. Одним из наиболее перспективных способов получения медных материалов является метод реакционного механического легирования, позволяющий получать композиции со структурой микрокристаллического типа.

2. Выявлено, что применение оксида азота N_2O вместо оксида меди CuO активирует окислительно-восстановительные превращения, имеющие место в механически легируемых композициях на основе системы $Cu-Al-MoO_3$, что приводит к снижению концентрации алюминия в твердом растворе на основе меди и, как следствие, увеличивает электропроводность материала на 14 %, достигая значений 80% от электропроводности меди ($\rho = 2,15 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

3. Предполагается, что применение дисперсно-упрочненной меди в качестве жаропрочного материала для токоподводящих деталей вместо бронзы БрХЦр должно привести к снижению:

абразивного износа и вероятности «прихватаывания» токоподводящих наконечников к электродной проволоке вследствие высоких значений твердости и горячей твердости (температура рекристаллизации ДУМ превышает температуру рекристаллизации бронзы БрХЦр на 350 °C);

отторжения частиц материала в твердом состоянии под воздействием термоударов в связи с высокими значениями горячей прочности;

количества переносимого в дуге материала благодаря измельчению зерна и торможению диффузионных процессов;

вероятности образования единой расплавленной области и эрозии разрывных и скользящих контактов в связи распределением катодных пятен на большей поверхности (на границах раздела фаз);

эффекта прилипания брызг, ухудшению условий смачивания и сплавления с электродной проволокой;

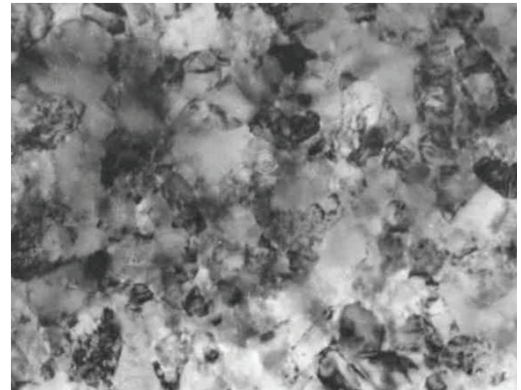


Рис. 3. Микрокристаллический тип структуры дисперсно-упрочненной меди. $\times 60\,000$

контактного сопротивления благодаря наличию в структуре абразивных дисперсных частиц, обеспечивающих разрушение пленок на поверхности движущейся электродной проволоки.

4. Результаты производственных испытаний опытных партий изделий из ДУМ показали, что электроэрозионный износ токопроводящих наконечников снизился в 1,4 раза, а стойкость электродов для контактной точечной сварки возросла в 1,8–2,2 раза по сравнению с электродами, изготовленными из бронз БрХ и БрХЦр.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ловшенко, Г. Ф.** Теоретические и технологические аспекты создания наноструктурных механически легированных материалов на основе металлов / Г. Ф. Ловшенко, Ф. Г. Ловшенко. Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2005. 264 с.
2. **Витязь, П. А.** Механически легированные сплавы на основе алюминия и меди / П. А. Витязь, Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко. Минск: Беларуская навука, 1998. 352 с.
3. **Новые** ресурсосберегающие технологии и композиционные материалы / Ф. Г. Ловшенко [и др.]. Гомель: Энергоатомиздат, 2004. 350 с.
4. **Наноконпозиционные** машиностроительные материалы: опыт разработки и применения / С. В. Авдейчик [и др.]; под ред. проф. В. А. Струка. Гродно: Гр ГУ, 2006. 403 с.
5. **Гнесин, Г. Г.** Спеченные материалы для электротехники и электроники: справ. изд. / Г. Г. Гнесин, В. А. Дубок, Г. Н. Братерская. М.: Металлургия, 1981. 344 с.
6. **Ловшенко, Ф. Г.** Теоретические и технологические основы создания механически легированных материалов / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко // Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка: матер. междунар. науч.-техн. конф. Могилев, 2000. С. 11–17.
7. **Ловшенко, Г. Ф.** Термодинамическое моделирование фазовых превращений при реакционном механическом легировании композиций на основе меди / Г. Ф. Ловшенко // Вестн. Могилев. гос. техн. ун-та. 2006. № 1. С. 130–137.
8. **Ловшенко, Ф. Г.** Теория и технология получения композиционных жаропрочных наноструктурных механически легированных дисперсно-упрочненных материалов на основе металлов / Ф. Г. Ловшенко // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: Физ.-техн. ин-т. 2006. С. 35–43.
9. **Ловшенко, Г. Ф.** Применение технологии реакционного механического легирования для создания высокостойких композиционных материалов для токоподводящих тяжело нагруженных деталей сварочного оборудования // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: Физ.-техн. ин-т. 2006. С. 154–162.

REFERENCES

1. **Lovshenko G. F., Lovshenko F. G.** *Teoreticheskie i tehnologicheskie aspekty sozdaniya nanostrukturnykh mekhanicheski legirovannykh materialov na osnove metallov* [Theoretical and technological aspects of creating nanostructured mechanically alloyed materials based on metals]. Mogilev, Belorussko-Rossiiskij universitet Publ., 2005, 264 p.
2. **Vitjaz' P. A., Lovshenko F. G., Lovshenko G. F.** *Mekhanicheski legirovannyye splavy na osnove aljuminija i medi* [Mechanically alloyed alloys based on aluminum and copper]. Minsk, Belaruskaja navuka Publ., 1998, 352 p.
3. **Lovshenko F. G.** *Novyye resursosberegajushhie tehnologii i kompozicionnyye materialy* [New resource-saving technologies and composite materials]. Gorn'ye, Jenergoatomizdat Publ., 2004, 350 p.
4. **Avdejchik S. V.** *Nanokompozicionnyye mashinostroitel'nye materialy: opyt razrabotki i primenenija* [Nanocomposite engineering materials: development and application experience]. Grodno, Gr GU Publ., 2006, 403 p.
5. **Gnesin G. G., Dubok V. A., Braterskaja G. N.** *Spechennyye materialy dlja jelektrotehniki i jelektroniki: spravocnoe izdanie* [Sintered Materials for Electrical Engineering and Electronics: Reference Edition]. Moscow, Metallurgija Publ., 1981, 344 p.
6. **Lovshenko F. G., Lovshenko G. F.** *Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy sozdaniya mekhanicheski legirovannykh materialov* [Theoretical and technological basis for the creation of mechanically alloyed materials]. *Novyye konkurentno-sposobnyye i progressivnyye tehnologii, mashiny i mekhanizmy v uslovijah sovremennogo rynka: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [New competitive and advanced technologies, machines and mechanisms in the conditions of the modern market: Materials of the international scientific and technical conference.]. Mogilev, 2000, pp. 11–17.
7. **Lovshenko G. F.** *Termodinamicheskoe modelirovanie fazovykh prevrashhenij pri reakcionnom mekhanicheskom legirovanii kompozicij na osnove medi* [Thermodynamic modeling of phase transformations during reactive mechanical alloying of copper-based compositions]. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta = Bulletin of the Mogilev State Technical University*, 2006, no.1, pp. 130–137.
8. **Lovshenko, F. G.** *Teoriya i tehnologija poluchenija kompozicionnykh zharoprochnykh nanostrukturnykh mekhanicheski legirovannykh dispersno-uprochnennykh materialov na osnove metallov* [Theory and technology for producing composite heat-resistant nanostructured mechanically alloyed dispersion-strengthened materials based on metals]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Materials of the International scientific and technical conference.]. Minsk, FTI Publ., 2006, pp. 35–43.
9. **Lovshenko, G. F.** *Primenenie tehnologii reakcionnogo mekhanicheskogo legirovanija dlja sozdaniya vysokostojkikh kompozicionnykh materialov dlja tokopodvodjashchih tязhelonagruzhenykh detalej svarochnogo oborudovanija* [The use of reactive mechanical alloying technology to create highly resistant composite materials for current-carrying heavy-loaded parts of welding equipment]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Materials of the International Scientific and Technical Conference.]. Minsk, FTI Publ., 2006, pp. 154–162.

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ – ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛОВИЧА КОРОЛЕВА

27 октября 2019 г. исполнилось бы 80 лет замечательному педагогу, талантливому организатору и ученому, кандидату технических наук, профессору кафедры «Металлургия литейных сплавов» Валентину Михайловичу КОРОЛЕВУ, с 1985 по 2003 год возглавлявшего механико-технологический факультет Белорусского национального технического университета.

Родился Валентин Михайлович 27 октября 1939 г. в деревне Нечаево Сафоновского района Смоленской области.

Не поскупилась природа, наградив юношу незаурядным умом, хорошими организаторскими способностями, высокой работоспособностью, порядочностью и принципиальностью.

После окончания средней школы в 1955 г. он поступает в Белорусский политехнический институт на механико-технологический факультет, который блестяще заканчивает в 1960 г. по специальности «Машины и технология литейного производства».

Трудовая деятельность В. М. Королева началась с сентября 1960 г. на Минском тракторном заводе с должности помощника мастера чугунолитейного цеха № 1. Способного молодого специалиста быстро заметили и вскоре его назначили инженером-технологом. Постоянное стремление к научному поиску приводит Валентина Михайловича в августе 1962 г. в Минский филиал Научно-исследовательского института автомобильной промышленности, где он работает сначала старшим, а затем ведущим инженером. В январе 1964 г. он переходит младшим научным сотрудником в проблемную лабораторию Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина, где впоследствии и поступает в очную аспирантуру. После окончания аспирантуры (в январе 1968 г.) он направляется на работу в Белорусский политехнический институт на кафедру технологии металлов в должности ассистента, где работает до середины 1969 г. и успешно защищает кандидатскую диссертацию. В марте 1969 г. ВАК СССР присуждает ему ученую степень кандидата технических наук.

С июня 1969 г. Валентин Михайлович в должности старшего преподавателя переходит на вновь организованную кафедру «Литейное производство черных и цветных металлов» (впоследствии переименованную в «Металлургия литейных сплавов», а с 2017 г. – в «Металлургия черных и цветных сплавов»), где он успешно трудился до последнего дня своей жизни и прошел путь до заведующего кафедрой и декана механико-технологического факультета.

За этот период им проделана большая работа по созданию на кафедре и факультете высококвалифицированного научно-педагогического коллектива, организации учебно-воспитательного процесса и научных исследований по важнейшим проблемам металлургического производства.

Свою основную деятельность он успешно сочетает с работой секретаря партбюро факультета и ученого секретаря специализированного совета по защите кандидатских диссертаций. И на всех этапах своего жизненного пути В. М. Королева отличают



высокая требовательность к себе и внимательное отношение к людям, будь-то известные ученые и производственники или студенты.

С 1980 г. на протяжении 23 лет трудовая деятельность В.М.Королева непосредственно связана с руководством факультетом сначала в должности заместителя декана, а с июня 1985 г. по июль 2003 г. декана факультета. За этот период раскрылся его многогранный талант умелого и требовательного организатора, грамотного и отзывчивого педагога, известного ученого.

За время работы на факультете он внес большой вклад в организацию подготовки инженерных и научно-педагогических кадров для страны, развитие научных исследований в области литейного производства, разработку и совершенствование ряда технологических процессов. За эти годы на факультете было подготовлено более 2 тыс. инженеров по литейному и кузнечно-прессовому производствам, специалистов в области металловедения и термической обработки металлов, порошковых и композиционных материалов. На факультете был сформирован высококвалифицированный педагогический коллектив, 80% которого составляли преподаватели с учеными степенями и званиями.

По инициативе В. М. Королева и при непосредственном его участии на факультете организована подготовка инженерных кадров по новым для Беларуси специализациям – Т02.01.02 «Электрометаллургия черных и цветных сплавов», Т02.01.06 «Защита окружающей среды в металлургическом производстве», Т02.02.08 «Технология, оборудование и автоматизация литейного производства и управление производством», начата подготовка инженеров-механиков по специализации Т02.02.03 «Технология, оборудование и автоматизация сварочного производства», открыт Центр повышения квалификации и переподготовки кадров в промышленности – «Кадры индустрии».

Благодаря его организаторским способностям была создана кафедра «Металлургические технологии» на Белорусском металлургическом заводе и филиалы выпускающих кафедр на Минском автомобильном заводе, Минском тракторном заводе, в Физико-техническом институте НАН Беларуси, что позволило укрепить связи учебного процесса и производства, привлечь в аспирантуру заводских специалистов.

В. М. Королев внес большой вклад в подготовку специалистов высшей квалификации для Беларуси. На протяжении ряда лет он являлся ученым секретарем специализированного совета по защите кандидатских диссертаций, руководил работой научно-тематических семинаров, подготовил четыре кандидата технических наук, являлся научным руководителем научно-исследовательской лаборатории, членом экспертного совета по программе «Ресурсосбережение», руководителем задания межвузовской программы «Металлургия», ряда научно-исследовательских работ по программе фундаментальных исследований. По результатам научно-педагогической деятельности им опубликовано более 120 работ, в том числе 1 монография, 12 учебно-методических пособий, получено 31 авторское свидетельство на изобретения.

За время работы в должности декана им сделан большой вклад в совершенствование организации научных исследований для нужд промышленности за счет создания на факультете учебно-научно-производственного центра «Метолит», который способствовал ускорению внедрения в производство научных разработок. В настоящее время данное подразделение выросло до крупнейшего инновационного предприятия страны – Научно-технологического парка БНТУ «Политехник».

Под руководством профессора В. М. Королева и его при его непосредственном участии разработаны технологии плавки стали и чугуна в электропечах с применением в шихте металлизованных окатышей, спроектированы и внедрены на предприятиях Республики Беларусь системы очистки пылегазовых выбросов от оборудования литейных цехов, создана научная школа по разработке новых технологий получения отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом.

Результаты научных разработок В. М. Королева используются не только на предприятиях нашей страны, но также на ряде предприятий Российской Федерации, неоднократно представлялись на международных конгрессах литейщиков: 1993 г. – Гаага (Нидерланды), 1994 г. – Пекин (КНР), 1995 г. – Филадельфия (США), 2000 г. – Париж (Франция).

Достижения В. М. Королева в трудовой деятельности отмечены орденом Трудового Красного Знамени (1991 г.), благодарностью Президента Республики Беларусь (2000 г.), знаком «За отличные успехи в работе в области высшего образования» СССР (1986 г.), нагрудным знаком «Выдатнік адукацыі Рэспублікі Беларусь» (1999 г.), Почетными грамотами Минвуза СССР (1983 г.), Министерства образования БССР (1990 г.), БНТУ.

11 октября 2006 г. на 67-м году жизни перестало биться сердце этого замечательного во всех отношениях человека, настоящего Учителя.

В апреле 2019 г. кафедра «Металлургия черных и цветных сплавов» отметила свое 50-летие. Выпускники кафедры разных лет теплыми словами вспоминали Валентина Михайловича, как эталона педагога, ученого и руководителя.



Кафедре «Металлургия черных и цветных сплавов» Белорусского национального технического университета – 50 лет: участники торжественного заседания кафедры 6 апреля 2019 г.

Порядочность и честность, требовательность к себе и уважение личности в каждом человеке, высокие деловые качества и душевность создавали вокруг него атмосферу большого доверия и взаимопонимания. Люди разного возраста и общественного положения находили в его лице интересного и доброжелательного собеседника.

Низкий поклон Вам, Валентин Михайлович, от Ваших учеников, друзей, коллег.

*Зав. кафедрой
«Металлургия черных и цветных сплавов» МТФ БНТУ,
д-р техн. наук, профессор
Б. М. Немененок*

ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ – МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И ЯРМАРКИ В 2020 ГОДУ

FOUNDRY AND METALLURGY – INTERNATIONAL EXHIBITIONS AND FAIRS IN 2020

№	Наименование Title	Время и место Dates and venue	Вебсайт Website
1	EUROGUSS – 2020. Выставка литья под давлением: технологии, оборудование, материалы. International Trade Fair for Die Casting: Technology, Process, Products	14–16 января г. Нюрнберг, Германия Jan 14–16, Nuremberg, Germany	www.euroguss.de
2	METAL & STEEL. Международная Выставка стали, литья и металлов Int. Exhibition for Steel, Steel Fabrication, Foundry & Metal Works	27–29 февраля г. Каир, Египет Febr 27 – 29, Cairo, Egypt	www.metalsteelegy.com
3	IFEX – 2020. Международная выставка литейных технологий, оборудования и комплектующих Int. Exhibition on Foundry Technology, Equipment & Supplies	28.01–01.02 Дели, Индия 28 янв – 1 февраля г. Дели, Индия	www.ifexindia.com
4	FOUNDRY & DIECASTING 2020. Международная выставка технологий литейной промышленности Foundry and diecasting technologies	26.02–28.02 Гуанчжоу, Китай Febr 26–28 Guangzou, China	Foundry – and-diecasting
5	METAV 2020. Международная выставка металлообрабатывающего оборудования и автоматизации Exhibition for metalworking technologies and automatization	10–13 марта г. Дюссельдорф, Германия March 10–13 Dusseldorf, Germany	www.metav.com metav@vdw.de
6	TUBE DUSSELDORF 2020. Трубы, проволока, метизы - технологии и оборудование Tubes, wires - technologies and equipment	30 марта – 3 апреля г. Дюссельдорф, Германия March 30 – Apr 3, Dusseldorf, Germany	info@fair-point.com
7	ЛитМетЭкспо 2020. Международная выставка литейного производства и металлургических технологий International foundry and metallurgical technologies trade fair	Апрель 7–10, Минск, Беларусь April 07–10, Minsk, Belarus	www.minskexpo.com
8	INTERMOLD. Международная выставка литья и производства форм Int. Die & Mold Manufacturing Technology Exhibition	15–18 апреля г. Осака, Япония Apr 15–18 Osaka, Japan	www.intermold.jp
9	AISTech. Конференция и выставка технологий стали и чугуна Iron and Steel Technology Conference and Exposition	4–7 мая г. Кливленд, США May 04–07 Cleveland, USA	memberservices@aist.org
10	METAL+METALLURGY CHINA 2020. Международная выставка литья, печей, металлургии и обработки International Exhibition of foundry, furnaces, metallurgy and metalwork	13–16 мая Шанхай, Китай May 13 16, Shanghai, China	info@sniec.net

11	METEF 2020. Международная выставка по алюминию International Exhibition aluminum	27–30 мая Верона, Италия May 27–30 Verona, Italy	www.veronafiere.it
12	METALFORUM POZNAN. Выставка металлургии, литья и металлообработки Exhibition of Metallurgy, Foundry Engineering and Metal industry	Июнь 02–05 Познань, Польша June 02–05 Poznan, Poland	www.mtp.pl
13	ЛИТМАШ РОССИЯ – LITMASH Russia. Выставка литья и металлургии, технологий, оборудования, изделий Int. Exhibition of foundry, metallurgy, equipment, technology and products	8–11 июня, Москва, Россия June 8–11 Moscow, Russia	www.expocentr.ru
14	DIE & MOLD CHINA. Международная выставка технологий и оборудования литья и форм International Exhibition on Die & Mould Technology & Equipment	10–14 июня, Шанхай, Китай June 10–14, Shanghai, China	http://www.mm-china.com
15	GUANGZHOU. Шесть Международных выставок – литье, печи, нерж. сталь, металлургия, цветмет, термообработ. Six Int. Exhibitions – Foundry, Furnaces, Stainless Steel, Metalurgy, Non – Ferrous Metals, Heat Treatment	11–13 июня, Гуанчжоу, Китай June 11–14, Guangzhou China	http://www.julang.com
16	Cast-Forge 2020. Международная выставка отливок, поковок и их обработка Int Fair Casting & Forging with Machining	16–18 июня Штутгарт, Германия June 16–18, Stuttgart, Germany	www.castforge.com
17	METAL Международная выставка литейных технологий Intern. Fair of Foundry Technologies	сент 29 – октябрь 1 г. Кельце, Польша Sept 29 – Oct 01, Kielce, Poland	www.targikielce.pl
18	FOND-EX . Международная литейная ярмарка International Foundry Fair	5–9 октября Брно, Чехия Oct 5–9, Brno, Czech Republic	www.fond-ex.cz
19	ALUMINIUM 2020. Всемирная ярмарка и Конференция, алюминий Aluminium World Trade Fair and Conference,	6–8 октября г. Дюссельдорф Oct 06–08, Dusseldorf, Germany	www.aluminium-messe.com
20	74 МИРОВОЙ ЛИТЕЙНЫЙ КОНГРЕСС 2020. 74 WORLD FOUNDRY CONGRESS 2020	18–22 октября, Бусан, Корея Oct 18–22, Busan, South Korea	www.74wfc.com
21	XXVIII Международная научно-техническая Конференция «Литейное производство и металлургия 2020. Беларусь». XXVIII International Science and Technical Conference Foundry Production & Metallurgy 2020. Belarus	4–5 ноября, Минск, Беларусь Oct 28–29, Minsk, Belarus	www.alimrb.by

Белорусские предприятия и организации, заинтересованные в посещении выставок и ярмарок согласно данному перечню, могут обращаться в Ассоциацию литейщиков и металлургов Беларуси (г. Минск, ул. Я. Коласа 24 – 8м, alimrb@tut.by тел/факс +375 17 331 11 16).

При наличии достаточного количества участников Ассоциация организует групповые деловые визиты.

Основные направления:

- Комплексные проекты по созданию новых и модернизации действующих литейных предприятий и цехов
- Технологии и оборудование для производства отливок из цветных и железоуглеродистых сплавов
- Технологии и оборудование для производства песчаных стержней
- Смесеприготовительное оборудование
- Формовочное оборудование
- Проектирование и изготовление литейной технологической оснастки
- Мелкосерийное литье

Оборудование для производства стержней



Машина стержневая



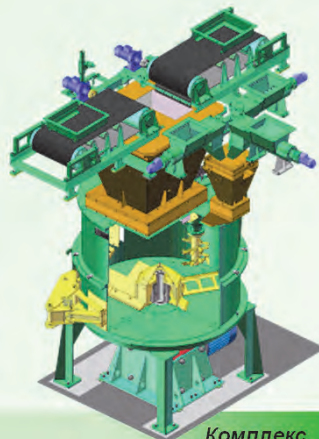
Комплекс стержневой

Смесители для приготовления
песчано-смоляных смесей

шнековый



скребковый



Комплекс
смесеприготовительный



Комплекс оборудования
для изготовления форм и
стержней из ХТС

Оборудование для производства отливок гильз цилиндров



Машина центробежная карусельная



Комплекс оборудования

Оборудование для производства отливок в кокиль



Машина кокильная карусельная



Комплекс кокильный



Машина кокильная
специальная (наклонная)

ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

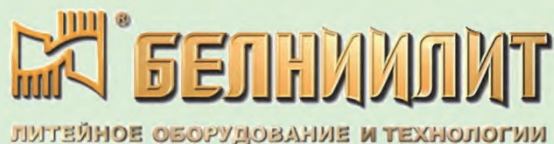
Беларусь, 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 28/2

Тел.: +375 17 341 0822. Факс: +375 17 340 0322

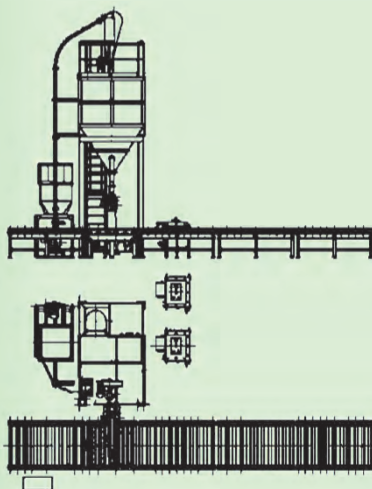
belniilit@belniilit.by; marketing@belniilit.by

www.belniilit.by

Комплексы оборудования для производства форм и стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС)



Комплексы предназначены для изготовления форм и стержней из ХТС по технологии «no-bake» (Alpha-set, Furan, Pep-set, Resol и др.).



Состав комплекса:

- установка подачи сухого песка (регенерата);
- смеситель шнековый;
- стол вибрационный;
- термоемкости;
- конвейер роликовый;
- пневмотранспорт низкого давления;
- дозатор сухих добавок (при необходимости).

Производительность смесителя, т/час	4...10
Грузоподъемность вибростола, кг	2000
Размеры рабочей поверхности вибростола (Д×Ш), мм	1200×1200
Масса форм или стержней (max), кг	1000
Объем бункера, м³	6
Объем одной термоемкости, л	270
Максимальная высота оснастки, мм	500
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	16420×7470×7375



Состав комплексов и технические параметры оборудования могут изменяться в соответствии с требованиями заказчика.



Состав комплекса:

- установка подачи сухого песка (регенерата);
- смеситель шнековый;
- стол вибрационный;
- дозатор сухих добавок (при необходимости).

Производительность смесителя, т/час	1; 3; 6
Грузоподъемность вибростола, кг	1000
Размеры рабочей поверхности вибростола (Д×Ш), мм	800×1410
Объем бункера, м³	0,7
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1780×2290×3805

ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

Беларусь, 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 28/2

Тел.: +375 17 341 0822. Факс: +375 17 340 0322.

belniilit@belniilit.by; marketing@belniilit.by

www.belniilit.by



**СОЗДАВАЙТЕ БУДУЩЕЕ
ПРОИЗВОДСТВА С ТЕХНИКОЙ
МИРОВОГО КЛАССА**

**представительство LK Group в России и странах СНГ
ООО «ЛК Машинери Рус»**

**КРУПНЕЙШИЙ В МИРЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
МАШИН ДЛЯ ЛИТЬЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

Корпорация LK поставила сотни крупных универсальных узлов для известных мировых производителей, как GM, TOYOTA, AISIN, Dongfeng, HONDA, FAW, JAC, BYD, Great Wall Motor, FAST, TESLA, т.д.

Основные производители блоков цилиндра и коробок передач в Китае используют наши узлы. По объёму используемых крупных узлов литья под давлением Корпорация LK занимает прочное первое место.

**ТОП-5 ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТОВ В КИТАЕ**

Термопластавтоматы корпорации LK пользуются большим доверием известных производителей, среди которых: MIDEA, CHANGHONG, OPPL, Early Light International, YING DE ZHUO JIA, COMBINE WILL, MINGTENG и т.д.

Корпорация LK будет и дальше ориентироваться на клиентов и постоянно обновлять отраслевые технические стандарты, предлагая ещё более точные, высокоэффективные, энергосберегающие термопластавтоматы и всесторонние решения.

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ
С ЧПУ С НАИЛУЧШИМ ТЕХНИЧЕСКИМ РЕШЕНИЕМ**

Высококачественные обрабатывающие центры с ЧПУ корпорации LK завоевали признание у своих клиентов, предоставив универсальное решение для точной обработки.

Обрабатывающие центры прошли совместные испытания с компаниями Foxconn и Apple, и сейчас активно применяются в большом количестве на заводах Foxconn. Уже более 10 000 единиц обрабатывающих центров введены в эксплуатацию и успешно работают на крупнейших предприятиях: Foxconn, BYD, PEGATRON, Everwin Precision и т.д.



**109316 РОССИЯ, Москва, Волгоградский проспект,
46Б к.1 /БЦ «Волгоградский»/ оф. 504
тел. +7 (495) 558-61-79, +7 (495) 558-61-78
e-mail: lk-cis@mail.ru, сайт www.lk.world**



ВАШ ПРОФИЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ – выпуск алюминиевых, магниевых, цинковых или латунных отливок методом литья под давлением? **ВАМ ВАЖНО** отслеживать производство и обеспечивать стабильно высокое качество и повторяемость получаемых изделий?

Компания ЛК Машинери представляет станки серии IMPRESS PLUS С ФУНКЦИЕЙ КОНТРОЛЯ ЛИТЬЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.

В отличие от ЛПД-машин других серий, машина с технологией управления в режиме реального времени оснащена замкнутым циклом управления на основе контроллера автоматизации в режиме реального времени и двумя функциями управления автоматизацией литья под давлением на базе ПК, что значительно повышает уровень работы интегрированной автоматизированной системы. Алгоритм управления в режиме реального времени является интеллектуальной собственностью компании ЛК. Классификация машин в зависимости от функциональных характеристик:

	Серия С	Серия R
Система впрыска	электронное управление	управление в режиме реального времени
Максимальная скорость заливки	8 м/с	10 м/с
Время повышения напряжения	20 мс	10 мс

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛПД-МАШИНЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ:

ЗАМКНУТЫЙ ЦИКЛ УПРАВЛЕНИЯ С ТРЕМЯ ОСОБЕННОСТЯМИ:

Возможность осуществления функции медленного впрыска с постоянным ускорением в низкоскоростной фазе;

Возможность поддержания постоянной скорости при изменении давления внутри гидравлической системы в высокоскоростной фазе;

Возможность поддержания стабильной скорости и отсутствия колебаний после торможения.

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ СКОРОСТИ:

Традиционная технология трехступенчатой заливки заменена настройкой 10 фаз скорости заливки.

Пользователь устанавливает абсолютное значение скорости заливки, а машина автоматически регулирует открытие клапана в соответствии с изменением внешних условий. Таким образом, регулировка процесса является стабильной и не требует повторных корректировок, что способствует производству высококачественного продукта. Технология управления в режиме реального времени гарантирует, что фактическое значение скорости в точности соответствует требованиям после первой настройки.

Интерфейс функции. Рис.1,2.

ОСОБЕННОСТИ УСКОРЕНИЯ:

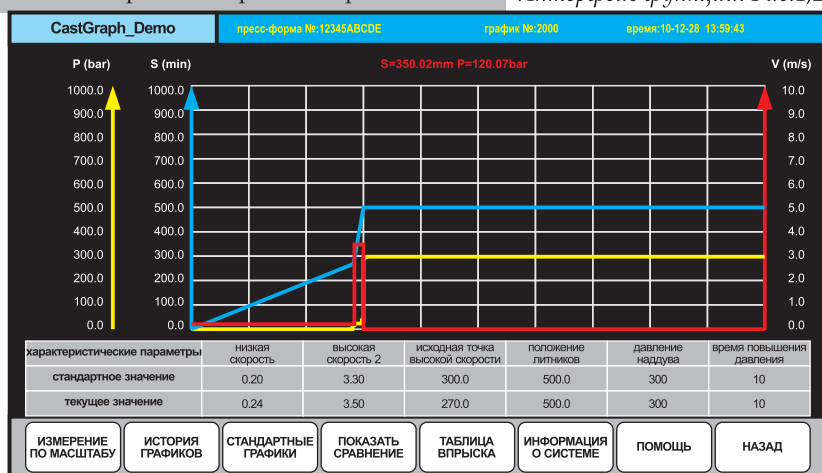
Сервоклапан способствует уменьшению времени, которое требуется для перехода от низкой скорости к высокой. Говоря о характеристиках сервоклапана, его ускорение в 3-5 раз выше, чем у электрического пропорционального клапана.

В зависимости от требований к технологическому процессу можно подобрать сервоклапаны с различными характеристиками ускорения.

Время, которое требуется для перехода от низкой скорости к высокой, рассчитывается от 0 до 100%. Возьмем клапан DCC400R/MOOG в качестве примера. Время разгона до 0.5-3 м/с от 0 до 100% рассчитывается как 14 мс, разгонный путь - 31.44 мм. От 10% до 90% рассчитывается как 8 мс.

Тех. характеристики системы управления:

Операционная система Windows
Контроллер Siemens 1500S
Контрольный цикл ≤1 мс
Время преобразования скорости ≤15 мс
Точность скоростного позиционирования ≤3 мм
Фазы настройки скорости 10 фаз

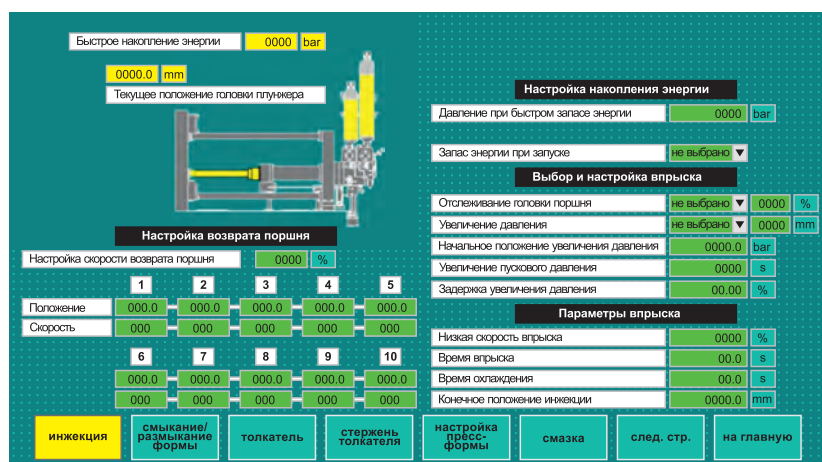


ЛПД-машина, оснащенная данной функцией, обладает возможностью хранения графиков заливки в базе данных. Вы можете сохранить до 8000 последних графиков в циклической базе данных, что обеспечивает возможность отслеживания качества и контроль за повторяемостью. Имеется возможность расчета, сохранения и отображения ключевых параметров заливки, таких как: низкая скорость, высокая скорость, время увеличения скорости, ход заливки, а также усилие заливки, производственный цикл, толщина слоя материала. Данные каждого графика собираются в режиме реального времени с точными интервалами в 1 мс и могут выводиться в виде документа в формате Excel.

ЛПД-машина с технологией управления в режиме реального времени может записывать данные об изменениях настроек каждой заливки, тем самым позволяя пользователю сохранять идеальные параметры настройки литейного процесса посредством сравнения заданных параметров заливки с фактической заливкой, показанной на графике. Таким образом можно осуществлять полностью автоматизированное производство.

Применение данной функции позволяет вести мониторинг и контроль максимальных, минимальных и некорректных значений параметров заливки. Кроме того, посредством настройки верхних и нижних предельных значений, а также выбрав или отключив функцию включения сигнала тревоги при выходе за пределы диапазона, можно определить (закрепить) функционирование ЛПД машины в пределах заданных параметров, тем самым обеспечивая производство высококачественных изделий.

Таким образом, благодаря 40-летним изысканиям в области улучшения технологии литья цветных металлов под давлением, компания LK Machinery предлагает своим клиентам высоко интеллектуальное оборудование мирового класса, соответствующее требованиям современного производства.



Литые детали из износостойких чугунов для узлов дробления центробежных мельниц и строительной техники

Разработаны составы синтетических износостойких хромистых чугунов ИЧХ18ВН и ИЧХ18ВМ и способы их литья в комбинированные и металлические формы (кокили). Время работы деталей, изготовленных из данных чугунов, в 1,5–2 раза больше, чем у существующих аналогов.

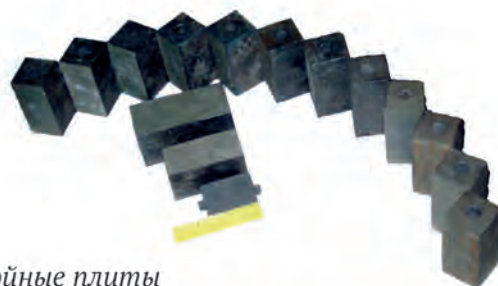
Для центробежных мельниц



Кольцо нижнее



Конус



Отбойные плиты



Конус



Кольцо входное



Подкладные листы



Воронка

Для строительной техники



Диски бисерной
мельницы



Лопатки смесителя



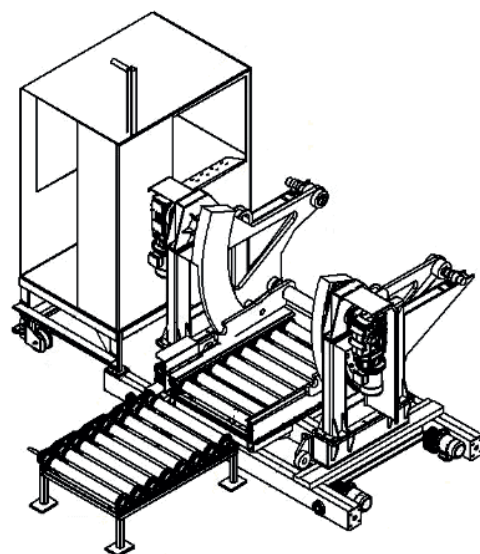
Ножи шнека



Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ
Национальной академии наук Беларуси»

ЗАЛИВОЧНАЯ ТЕЛЕЖКА

Заливочная тележка предназначена для механизированной заливки литейных форм жидким металлом в заливочной зоне литейного конвейера. Тележка позволяет обслуживать конвейер, как в режиме кратковременной остановки, так и в режиме непрерывно движущегося конвейера. Она может применяться на автоматических формовочных линиях и на стационарных многопозиционных линиях.



Технические характеристики:

Установленная мощность, кВт.....	9,5
Грузоподъемность, кг.....	1500
Габаритные размеры, мм.....	4150×1710×3500
Тип привода	электромеханический
Масса, кг.....	5000

Заливочная тележка выполнена полностью с использованием электромеханического привода. В конструкции использованы приводы на базе асинхронных двигателей с векторным управлением скорости вращения, что позволяет осуществлять плавное изменение скорости, как основного, так и вспомогательных перемещений тележки. Отсутствие гидравлической системы поворота ковша позволяет резко сократить эксплуатационные расходы, связанные с наличием специальной термостойкой синтетической жидкости в гидравлическом контуре, и уменьшить пожароопасность в случае применения менее термостойких масел.

Комплект поставки включает заливочную тележку и приводной рольганг для приема-выдачи ковшей

Беларусь, 212030, г. Могилев, ул. Бялыницкого-Бирули, 11
Факс +375 222 64 01 49 Тел. +375 222 64 16 20, 64-86-02
info@itm.by <http://www.itm.by>



ЛИТМЕТЭКСПО-2020

Международная выставка литейного производства и металлургических технологий

Выставка проходит одновременно с выставкой Машиностроение-2020

7-10 апреля 2020

пр-т Победителей, 20/2, Минск, Беларусь

Организаторы:

ЗАО «МинскЭкспо»

Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь

При поддержке:

-Министерства промышленности Республики Беларусь

-Национальной академии наук Беларуси

-Белорусского национального технического университета

-Международной ассоциации литейщиков

Тематика:

- Материалы литейного производства
- Технологии и оборудование литейного производства
- САПР и моделирование литейных и металлургических технологий
- Прокатное и метизное производства
- Трубное производство
- Листопрокатное производство
- Прокатные станы, кузнечнопрессовое оборудование
- Оборудование для инжекционного формования
- Электроплавка стали и чугунов
- Специальные виды литья
- Подготовка шихтовых материалов и плавильное оборудование
- Переработка вторичного сырья, утилизация отходов
- Вторичная обработка сплавов
- Очистка газовых выбросов, технологии защиты окружающей среды
- Автоматизация управления производственными процессами, информационные технологии
- Контрольно-измерительное оборудование и технологии
- Промышленное оборудование и технологии термообработки
- Вспомогательное оборудование для металлургического производства
- PVD, CVD – покрытия
- Транспортировка и хранение, логистика
- Подготовка и повышение квалификации персонала
- Продукция металлургического производства
- Отраслевые издательства, специализированная литература

ЗАО «Минскэкспо»

220035, Республика Беларусь

г. Минск, ул. Тимирязева, 65

Тел./Факс: (+375 17) 226-91-93

Факс: (+375 17) 226-91-92

E-mail: metall@minskexpo.com

www.minskexpo.com

Руководитель проекта:

ДЕМИДОВИЧ Николай Иванович

Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь

220013, Республика Беларусь

г. Минск, ул. Я. Коласа, 24, комната 8.

Тел./Факс: (+375 17) 292 74 75, 331 11 16
292 50 60

E-mail: alimrb@tut.by

www.alimrb.by



ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ, журнал

Адрес: Республика Беларусь, 220013 г. Минск, ул. Я. Коласа, 24, комн. 8М

Тел./факс: (+375 17) 331-11-16, 292-74-75

e-mail: limrb@tut.by, alimrb@tut.by . www.alimrb.by.

Ежеквартальный научно-производственный журнал «Литье и металлургия» – единственный издаваемый на территории Республики Беларусь профессиональный журнал для ученых, инженеров и производственников, работающих в области литейного и металлургического производств.

Журнал выпускается на русском с аннотацией на английском языке, который распространяется не только в Беларуси, России, но и более чем в 20 странах мира. В течение последних лет он признается одним из лучших в Европе специализированных изданий.

Журнал выпускается в соответствии с требованиями международной системы SCOPUS, которая предусматривает включение статей авторов в мировые справочно-информационные системы баз данных.

Редакция журнала связана тесными узами с европейскими, российскими и украинскими литейными и металлургическими изданиями, печатает лучшее и актуальное, над чем работают наши соседи по европейскому дому. На страницах журнала находят отражение практически все новейшие мировые разработки в области оборудования, технологии и материалов, САПР, а также обсуждаются экономические, экологические проблемы в области литейного и металлургического производств.

Учредителями журнала являются Белорусский национальный технический университет, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси», ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит», ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Могилевский металлургический завод», ОАО Речицкий метизный завод».

«Литье и металлургия» – это:

Новости с отечественных и зарубежных производств, фирм, научно – исследовательских институтов и лабораторий;

регулярная информация о результатах исследований ведущих ученых и производственников Республики Беларусь, стран СНГ и дальнего зарубежья;

результаты научных исследований в области материаловедения, металлургического и литейного производств;

обмен опытом, дискуссии, презентации новых технологий, оборудования и материалов, повышающих эффективность и снижение энергоемкость литейного и металлургического производств;

обзорная информация с международных и национальных выставок, ярмарок, конференций;

новые возможности белорусского и международного рынков в области металлургического и литейного производств.

Издатель журнала «Литье и металлургия» - Белорусский национальный технический университет.

Информация о размещении рекламы в журнале «Литье и металлургия».

Для РБ

Наименование товара (работы, услуги)	Стоимость с НДС (бел.руб.)
На обложке стр. 1,4 (полноцветная)	619,66
На обложке стр. 2,3 (полноцветная)	557,69
Внутри журнала формат 1/1(полноцветная)	418,26
Внутри журнала формат 1/2(полноцветная)	209,14
Внутри журнала формат 1/1(черно-белая)	278,84
Внутри журнала формат 1/2(черно-белая)	139,42

Для СНГ

Наименование товара (работы, услуги)	Стоимость в рос.руб.
На обложке стр. 1,4 (полноцветная)	21350
На обложке стр. 2,3 (полноцветная)	19825
Внутри журнала формат 1/1(полноцветная)	13725
Внутри журнала формат 1/2(полноцветная)	7625
Внутри журнала формат 1/1(черно-белая)	7625
Внутри журнала формат 1/2(черно-белая)	3965

Для ДЗ

Наименование товара (работы, услуги)	Стоимость в ЕВРО
На обложке стр. 1,4 (полноцветная)	700
На обложке стр. 2,3 (полноцветная)	650
Внутри журнала формат 1/1(полноцветная)	450
Внутри журнала формат 1/2(полноцветная)	250
Внутри журнала формат 1/1(черно-белая)	250
Внутри журнала формат 1/2(черно-белая)	130

Подписной индекс 75034

**Подписаться на журнал можно через редакцию, а также через
подписные каталоги:**

**РУП «Белпочта», ООО «Информанаука» (РФ),
АО «МК-Периодика» (РФ), ООО «Прессинформ» (РФ),
ГП «Пресса» (Украина), ГП «Пошта Молдовей», АО «Летувос паштас»,
ООО «Подписное агентство PKS» (Латвия), фирма «INDEX» (Болгария).**