



УДК 669.1

DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-11-17

Поступила 28.01.2019

Received 28.01.2019

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ХОЛДИНГА «БЕЛОРУССКАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»

П. А. ВИТЯЗЬ, А. В. ТОЛСТОЙ, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Академическая, 12. E-mail: labmetal@rambler.ru,

А. В. ВЕНГУРА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская область, Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: ofwork@bmz.gomel.by

Освещены вопросы деятельности Совета Научно-производственного центра ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», направленной на научное обеспечение модернизации холдинга «БМК». Приведены примеры комплексной модернизации действующего производства и ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей, рассмотрена концепция развития литейного производства на предприятиях холдинга до 2020 года, приоритетные направления развития Белорусского металлургического завода. Представлены некоторые разработки белорусских ученых, готовые к использованию на предприятиях.

Ключевые слова. Металлургия, литейное производство, модернизация, техническое переоснащение, научное обеспечение.
Для цитирования. Витязь, П. А. Научное обеспечение модернизации холдинга «Белорусская металлургическая компания» / П. А. Витязь, А. В. Толстой, А. В. Венгура // *Литье и металлургия*. 2019. № 1. С. 11–17. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-11-17.

SCIENTIFIC SUPPORT OF MODERNIZATION OF THE HOLDING «BELARUSIAN METALLURGICAL COMPANY»

P. A. VITYAZ', A. V. TOLSTOY, Joint Institute of Mechanical Engineering National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 12, Akademicheskaya str. E-mail: labmetal@rambler.ru,

A. V. VENIGURA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: ofwork@bmz.gomel.by

The issues of activity of the Council of the research and production center of OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC» aimed at scientific support of modernization of the holding «BMC» are covered. Examples of complex modernization of the existing production and commissioning of new production facilities are given, the concept of development of foundry production at the enterprises of the holding until 2020, priority directions of development of the Belarusian metallurgical plant are considered. Some developments of the Belarusian scientists ready to use at the enterprises are presented.

Keywords. Metallurgy, Foundry Production, Modernization, Technical Re-equipment, Scientific Support.

For citation. Vityaz' P. A., Tolstoy A. V., Vengura A. V. Scientific support of modernization of the holding «Belarusian metallurgical company». *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 1, pp. 11–17. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-11-17.

Уже сообщалось, что на состоявшемся 27 мая 2013 г. в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси совещании представителей предприятий холдинга «Белорусская металлургическая компания», НАН Беларуси, университетов образован Научно-производственный центр «ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» – Национальная академия наук Беларуси» [1]. Принято положение о центре, определены задачи и направления его деятельности, сформирован состав его Совета.

На втором и третьем заседаниях Совета НПЦ «ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» – Национальная академия наук Беларуси» были обсуждены перспективы развития ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на 2016–2020 гг.; вопросы развития литейного производства на предприятиях холдинга до 2020 г.

Программа инновационного развития, реализуемая Белорусским металлургическим заводом, предусматривает комплексную модернизацию действующего производства и ввод в эксплуатацию новых производственных мощностей. Результатом работы специалистов предприятия станет достижение объемов выплавки стали уровня 3 млн. т, а также полная сбалансированность металлургического передела завода, позволяющая уйти от торговли полуфабрикатами в направлении глубокой переработки. Следовательно, основой стратегии развития завода в период 2016–2020 гг. станет ввод новых производственных мощностей с диверсификацией действующего производства, позволяющий продолжить наращивание объемов производства и выйти на новый уровень развития с продукцией более высокого передела и добавленной стоимостью.

Основным направлением, выбранным в качестве приоритетного для развития Белорусского металлургического завода и отечественной металлургии в целом, станет строительство комплекса для производства специальных сталей с объемом производства 300 000 т в год.

С технической точки зрения данное производство может быть реализовано в виде строительства электросталеплавильного цеха с использованием попутного металлолома, ферросплавов и железорудного сырья в качестве основного сырья для выплавки стали.

Создаваемый комплекс будет представлять собой микросталеплавильное отделение (дуговая электросталеплавильная печь, участок внепечной обработки, машина непрерывного литья заготовок) и объекты вспомогательного производства (электрическая подстанция, участок водоподготовки, компрессорная, воздухоразделительная установка).

В настоящее время проводятся маркетинговые исследования рынка металлопродукции, результаты которых позволят сформировать окончательный портфель заказов: сортамент и марочник, а также объемы производства готовой продукции.

Производство специальных сталей предусматривает выплавку стали в дуговой сталеплавильной печи, внепечную обработку на установках «печь–ковш» и вакууматоре VOD, разливку блюмов и литой заготовки на МНЛЗ.

Производство нержавеющей стали после выплавки в ДСП требует предварительной обработки в кислородно-аргонном конвертере AOD, после чего внепечная обработка будет производиться «дуплекс-процессом» или «триплекс-процессом» в зависимости от марочника и требований к качеству готовой продукции.

Дальнейшая переработка получаемого полуфабриката (блюм или литая заготовка) будет осуществляться в новом сортопрокатном цехе № 2. Преимуществом выбранного направления станет большая гибкость производства, возможность организации продаж малыми партиями в соответствии с требованиями конечных клиентов и условиями продаж на региональных и национальных рынках.

Организация микросталеплавильного цеха по производству специальных сталей выбрана исходя из следующих факторов:

- возрастающий дефицит металлолома, который используется в качестве исходного сырья, повышает риски в случае организации нового производства с большими объемами выпускаемой продукции;
- высокая прибыльность продукции из специальных и нержавеющей сталей, позволяющая достигнуть требуемые показатели по приросту валовой добавленной стоимости (ВДС);
- меньший объем капитальных затрат, требуемый на организацию микросталеплавильного цеха;
- возможность использования существующих мощностей (новый сортовой стан) для получения конечной продукции.

Для дальнейшей проработки выбранного направления развития руководством и техническими специалистами намечены следующие действия:

1. Проводятся независимые маркетинговые исследования с горизонтом прогнозирования до 2025 г. В данной работе, исполнителем которой является крупнейшая в мире аналитическая компания в области металлургии МЕТАЛ БУЛЛЕТИН РЕСЁРЧ, предполагается исследовать и проанализировать рынок продукции нового мелкосортного стана по конкретным рынкам сбыта и планируемому на 2016–2020 гг. проекту по выпуску проката из высоколегированных и нержавеющей сталей.

2. Организованы технические переговоры с крупнейшими производителями металлургического оборудования для детального уточнения технологии производства, состава оборудования и ориентировочной стоимости проекта.

3. Будет произведена оценка логистических потоков предприятия и региона в целом с целью выбора оптимального размещения нового производства.

4. На основании проведенных исследований будет разработано уточненное технико-экономическое обоснование программы развития с целью последующего рассмотрения и обсуждения на уровне Министерства промышленности и Правительства Республики Беларусь.

Решением Совета создана рабочая группа, которая будет осуществлять научно-техническое сопровождение проекта «Строительство комплекса для производства специальных сталей с объемом производства 300 000 т в год в г. Жлобин», курировать вопросы, связанные с проектом по строительству комплекса.

На заседании Совета была рассмотрена концепция развития литейного производства на предприятиях холдинга «Белорусская металлургическая компания» до 2020 г., разработанная ОАО «БЕЛНИИЛИТ». В предложенной концепции проанализированы состояние и объемы литейного производства в мире; объемы производства отливок из чугуна, стали и цветных сплавов в России, а также литейное производство Республики Беларусь. Дана характеристика литейного производства предприятий холдинга «БМК» и планы технического переоснащения литейного производства предприятий холдинга. Приведены современные разработки ОАО «БЕЛНИИЛИТ» для технического перевооружения литейного производства.

В частности, было подчеркнуто, что литейное производство каждого из предприятий холдинга «БМК» (ОАО «Слуцкий завод «Эмальпосуда», ОАО «МПЗ»; ОАО «ММЗ»; ОАО «Полесьеэлектромаш»; ОАО «Завод «ЛЕГМАШ»; ОАО «ЦВЕТМЕТ») является специализированным под определенную номенклатуру отливок и требует индивидуального подхода к техническому перевооружению и развитию. Между предприятиями холдинга отсутствует производственная потребность во внутренней кооперации по литью. В связи с этим были сформулированы предложения по развитию литейного производства каждого из предприятий холдинга.

ОАО «Слуцкий завод «Эмальпосуда»:

- автоматизация и механизация процессов литья чугунной посуды и сантехнических изделий;
- снижение доли ручного труда;
- повышение производительности;
- повышение качества продукции.

ОАО «МПЗ»:

- повышение производительности труда при производстве отливок для изготовления подшипников;
- повышение точности отливок.

ОАО «ММЗ»:

- расширение номенклатуры производимой литой дроби.

ОАО «Полесьеэлектромаш»:

- поиск и освоение новых рынков на литейную продукцию;
- освоение новых видов продукции с применением чугунных отливок собственного производства.

ОАО «Завод «ЛЕГМАШ»:

- продолжение работы по техническому перевооружению участка чугунного и стального литья с применением газифицируемых моделей.

ОАО «ЦВЕТМЕТ»:

- завершение Программы модернизации и технического перевооружения литейного производства согласно утвержденному плану.

Однако в результате продолжительной дискуссии участников совещания было отмечено, что не прозвучала цельная концепция развития литейных производств холдинга, которую можно было бы в дальнейшем перевести на весь Минпром, в связи с чем предложено повторно рассмотреть этот вопрос, предварительно обсудив конкретные решения на расширенном совещании с участием специалистов предприятий других холдингов.

Директор НПО «Центр» В. И. Бородавко предложил предприятиям холдинга обратить внимание на вопросы переработки отходов металлургического производства. Кроме работ по использованию шлаков, НПО «Центр» разрабатывает плазменное, гидроабразивное, лазерное раскройное оборудование. Была отмечена особая важность получения качественного литья, которое в большом количестве используется предприятиями машиностроения.

Заместитель председателя Гомельского областного исполнительного комитета Б. К. Пирштук подчеркнул особую роль БМЗ в Гомельской области (20% в объемах производства). Отметил проблемы энергетики, снижения затрат, энергосбережения, реализации продукции, объемов производства. В частности, отметил, что наука, к сожалению, не дает системных прорывных идей, дающих высокую добавочную стоимость в ближайшие годы. В прошлом году даже не использован инновационный фонд об-

ласти. А конкуренты в это время стремительно «сжимают кольцо». Нужно действовать более наступательно. Правильно поднимались, например, вопросы кооперации производства, их дублирования.

По результатам совещания было решено поддержать план развития ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на период 2016–2020 гг. по проекту производства специальных сталей со строительством электросталеплавильного цеха с использованием металлолома в качестве основного сырья. Одобрить стратегию развития завода, заключающуюся в наращивании производства продукции из углеродистых и легированных сталей с высокой добавочной стоимостью.

Руководителям предприятий холдинга, имеющих литейное производство, совместно с ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и институтами НАН Беларуси актуализировать планы технического перевооружения и модернизации литейного производства с целью повышения эффективности производства, снижения материало- и энергоемкости, расширения номенклатуры производимых изделий и загрузки производственных мощностей.

На четвертом, пятом и шестом заседаниях Совета рассмотрены результаты выполнения Программы модернизации ОАО «Минский подшипниковый завод» за 2012–2016 гг., планы по дальнейшей модернизации предприятия на 2017–2020 гг.

Обсуждены проблемы производственных отходов, образующихся на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (металлургический шлак, пыль газоочисток, солевой остаток и др.), основные направления и альтернативные пути их применения. Рассмотрены результаты разработки и освоения технологии производства проката из подшипниковых марок стали для ОАО «МПЗ» и потребителей в Западной Европе, обсуждены проблемы, направления для дальнейшего развития, результаты работы по запуску цеха по производству черновых осей на ОАО «ММЗ».

Главный инженер ОАО «МПЗ» А. В. Савон рассказал о техническом перевооружении завода, основных его этапах. Реализация программы технического перевооружения начата в 2010 г. и в настоящее время подходит к своему завершению. Согласно этой программе, было приобретено 27 ед. нового оборудования и 14 ед. модернизировано. Основной упор в техническом перевооружении был сделан на два передела – кузнечный и термический. За исключением этих двух была осуществлена развязка двух узких мест в механообработке. Было введено оборудование для шлифовальной и суперфинишной обработки, приобретено новое токарное оборудование. Основная задача, как уже говорилось, – модернизация кузнечного и термического переделов. В этом направлении была проведена автоматизация производства поковок на горизонтально-ковочных машинах, закупка нового раскатного комплекса с ЧПУ для производства поковок. Были разработаны две установки для индукционного нагрева при операции раскатки (ФТИ НАН Беларуси). В термическом – закуплены две линии закалки и отпуска, объединенные в один комплекс и агрегат сфероидизирующего отжига. Комплекс представляет собой полностью автоматизированную линию, в которой на входе – круг диаметром 70–120 мм, на выходе – готовая поковка. Раскатка производится по всем плоскостям, что позволяет оставлять минимальные припуски на последующую механическую разработку. Весь цикл длится 72 ч без участия оператора. Что касается термического оборудования, то были приобретены две автоматизированные линии, по сути, идентичные друг другу, отличающиеся диапазоном температур нагрева. Линия содержит закалочный агрегат (закалка в соли), отпускной агрегат, камеру обработки холодом. Это позволит полностью уйти от старого термического оборудования. Комиссия пришла к выводу, что оборудование выбрано правильно. Минский подшипниковый завод пошел правильным путем. Кузнечное оборудование выбрано с необходимой степенью автоматизации.

Начальник исследовательского центра ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» А. В. Венгура представил сведения о производственных отходах, образующихся на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», основных направлениях их использования и альтернативных путях применения отходов. ОАО «Белорусский металлургический завод» – предприятие с полным технологическим циклом, включающим в себя подготовку лома, выплавку стали в электросталеплавильных печах, прокатное и трубопрокатное производства, изготовление метизной продукции. Полный технологический цикл сопровождается образованием большого количества отходов. При этом доля отходов ОАО «БМЗ» в составе холдинга «БМК» составляет 99%. Всего на БМЗ образуется около 650 000 т различных видов отходов, в том числе шлак, пыль, солевой остаток, шлам, отработанная эмульсия, отсеив известняка, окалина, тяжелый пластик. Далее докладчик изложил основные и альтернативные направления использования каждого вида отходов. В частности, основными направлениями использования сталеплавильного шлака (в состав этого вида отходов входят сложные соединения различных элементов непостоянного состава, в основном CaO, FeO, MgO) являются дорожное строительство, подсыпка площадок. В каче-

стве перспективных рассматриваются строительство, производство цемента. Пыль газоочисток, которой образуется около 35 000 т/год, в основном используется при производстве цемента, служит сырьем для извлечения цинка. Перспективные направления – туширование шлака, в качестве пигмента для производства красок, в качестве наполнителя рубероида. Солевой остаток (соли натрия (сульфаты и хлориды) непостоянного состава) – посыпка дорог в зимний период, производство синтетических моющих средств. Гальванический шлам (соли железа (сульфаты, хлориды, фосфаты), цинка и меди непостоянного состава, которого образуется около 5400 т/г) используется при производстве керамзита. Основные направления использования отработанной эмульсии (концентрат органических масел с массовой долей воды 45–55% с примесями меди, цинка, железа) – в качестве антипригарного покрытия для форм при литье, в качестве смазочного материала. Отсев известняка (около 19 300 т/год) – в дорожном строительстве, производстве цемента. Перспективным направлением является их использование в качестве добавки при производстве комбикормов и пищевых добавок в животноводстве. Окалина (около 42 000 т/год) – производство цемента, в качестве шихты в доменном производстве. Тяжелый пластик (полипропилен, поливинилхлорид, примеси тяжелых металлов) служит сырьем (изготовление брикетов из пластика и металлолома) для использования в вагранках.

Однако, по мнению докладчика, во всех этих случаях необходимы предложения НАН Беларуси по более полному использованию вышеуказанных отходов или иных альтернативных путях применения и утилизации.

Начальник технического управления ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» С. В. Терлецкий проинформировал присутствующих о результатах разработки и освоения технологии производства проката из подшипниковых марок стали для ОАО «МПЗ» и потребителей в Западной Европе. Он отметил, что данные стали производятся с начала 2000-х годов, в основном для Минского подшипникового завода. Сейчас стоит задача продвижения этих сталей на рынки СНГ и дальнего зарубежья. Производство и продвижение горячекатаного прутка диаметром 20–80 мм и катанки из подшипниковых марок стали ШХ15, ШХ15СГ, 100Cr6, 100CrMn6–4 и их аналогов на рынок сырья для компаний МПЗ, Shaeffler Group/FAG, Timken Company, SKF, URB требуют не только безусловного соблюдения требований международных стандартов, но и выполнения всех специфических требований потребителя. Поэтому была поставлена задача разработать и внедрить технологические процессы выплавки, внепечной обработки, разливки, прокатки, термической обработки и отделки горячекатаного круглого проката в прутках диаметром 20–80 мм и катанки из подшипниковых марок стали по спецификациям потребителей – ведущих мировых производителей подшипников.

С этой целью решались следующие задачи:

- разработка технологии выплавки стали, включающая расчет состава и подбор шихтовых материалов, разработка режима плавки в ДСП;
- разработка технологии внепечного рафинирования, включающая обработку шлаковыми смесями без применения флюсов на основе флюорита и кальцийсодержащих модификаторов, определение параметров вакуумной обработки;
- разработка технологии выплавки стали, включающая расчет состава и подбор шихтовых материалов, разработка режима плавки в ДСП;
- разработка технологии внепечного рафинирования, включающая обработку шлаковыми смесями без применения флюсов на основе флюорита и кальцийсодержащих модификаторов, определение параметров вакуумной обработки;
- разработка технологического процесса внепечного рафинирования с целью обеспечения требуемого количественного и качественного состава неметаллических включений в готовой продукции без применения флюсов на основе флюорита и кальцийсодержащих модификаторов;
- разработка режимов прокатки непрерывнолитых заготовок в линии прокатного стана (SHS) и линии производства катанки, включающей в себя 10-клетьевый блок катанки DWB, линию контролируемого режима формирования структуры проката DSC, систему контроля HITEST, сдвоенный модульный блок ТМВ, виткообразователь и линию охлаждения катанки;
- разработка технологического процесса непрерывной разливки, прокатки и термической обработки с целью обеспечения требуемого уровня качества макро- и микроструктуры готовой продукции;
- разработка режимов сфероидизирующего отжига в нейтральной защитной атмосфере азота прутков диаметром 20–80 мм и бунтов катанки на участке термообработки.

Это позволит увеличить объемы производства горячекатаного проката диаметром 20–80 мм и катанки из подшипниковых марок стали и выйти на новые рынки с продукцией с более высокой добавленной

стоимостью. Приоритетными направлениями сбыта конечной продукции из подшипниковых марок стали станут рынки Центральной и Восточной Европы, Германии, Италии и стран СНГ.

Директор ОАО «ММЗ» А. Э. Тимофеев в своем выступлении отметил, что в рамках комплексной программы модернизации действующих и создания новых производств на Могилевском металлургическом заводе успешно реализован проект по организации производства черновой железнодорожной оси. Проектная мощность цеха составляет 40 тыс. осей в год. На сегодняшний день доля производства черновых осей в общем объеме производства составляет 20%, при этом в их производстве задействовано 10% списочного состава завода. В качестве заготовки используется непрерывнолитая заготовка БМЗ из стали марки ОС. Предприятием получены сертификаты российского органа по сертификации. В настоящее время производится поставка этих осей в Россию, Украину. Также получены сертификаты на европейские железнодорожные оси. Сейчас идет освоение этих осей, подписаны контракты на их поставку.

Научный руководитель подпрограммы «Металлургия» академик П. А. Витязь представил разработки, готовые к использованию на предприятиях:

- Компьютерная программа «Расчет прокаливаемости сталей (H-Steel)», предназначенная для расчета прокаливаемости сердцевин и цементованных слоев конструкционных сталей. Разработанные методика и программа расчета прокаливаемости прошли апробацию при расчете конструкционных сталей, производимых ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» для автомобильной промышленности стран Европейского Союза (ОИМ). В настоящее время на ОАО «БМЗ» для этих целей используется программа «SEP 1664». Основное отличие программы H-Steel заключается в том, что она может быть использована и для других, в том числе вновь разрабатываемых марок сталей, в то время, как программа «SEP 1664» – только для конкретных, уже освоенных, марок сталей.

- Программный модуль ConSat-2 – для расчета температурного поля заготовки, затвердевающей в условиях машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и оценки воздействия электромагнитного перемешивания на кристаллизующийся металл. Предложены технические решения, обеспечивающие улучшение качества макроструктуры стали при разливке в условиях МНЛЗ. Программный модуль может применяться заводскими специалистами для оценки динамики кристаллизации непрерывнолитых заготовок.

- Энергоэффективные конструкции и режимы работы электропечей сопротивления, применяемых для нагрева и термообработки изделий и заготовок.

- Технологические режимы формирования композитных слоев гибким инструментом на поверхностях деталей металлургического и литейного оборудования для защиты от эрозии и налипания при взаимодействии с расплавленным металлом, рекомендации по выбору составов материалов-доноров.

- Наноструктурированные антипригарные покрытия, которые противодействуют нелинейному расширению материала литейной формы, увеличивают прочность формы, предотвращают образование дефектов, связанных с пригаром или прониканием расплавленного металла в литейную форму.

- Термостойкая пластичная смазка Бинол-180, предназначенная для высоконагруженных узлов трения качения и скольжения машин и механизмов, работающих при температурах от –30 до +180 °С.

- Модифицированная нанодиамазами термостойкая пластичная смазка ИТМОЛ-150, предназначенная для средненагруженных узлов трения качения и скольжения машин и механизмов, работающих при температурах от –30 до +150 °С.

- Модифицированная наночастицами карбоната кальция антифрикционная особо термо- и водостойкая комплексная сульфонат кальциевая смазка ИТМОЛ-Su200, предназначенная для узлов трения качения и скольжения, работающих при высоких и средних нагрузках в условиях повышенных температур (до 180–220 °С) и повышенной влажности (до 100%).

Кроме того, были представлены планируемые результаты выполнения заданий подпрограммы «Металлургия» на 2016–2020 гг., включенные в план работ в интересах предприятий холдинга «БМК»:

- разработка составов утеплительных смесей, модификаторов для чугунов с использованием ультрадисперсных частиц и вторичных материалов;

- разработки эффективных раскислителей на основе продуктов переработки алюминийсодержащих отходов;

- разработка технических решений и оптимизация технологических режимов работы электродуговых печей с целью повышения их энергоэффективности и снижения ресурсопотребления;

- разработка технологических основ ускоренного процесса получения точной модельной оснастки для изготовления литейных песчаных форм и стержней с применением многослойных материалов;

- разработка технологических параметров изготовления сложных корпусных отливок из алюминиевых сплавов ответственного назначения с применением песчаных и комбинированных форм стержней;
- разработка составов и технологии получения ферросплавов с применением алюмотермического синтеза и др.

В ходе заседания Совета были подняты вопросы подготовки кадров для металлургических предприятий республики.

Руководителям ОАО «МПЗ» и ОАО «ММЗ» рекомендовано проработать необходимость помощи учреждений НАН Беларуси, научно-исследовательских учреждений в освоении и развитии новых производств. При необходимости направить вопросы и предложения по сотрудничеству в адрес сопредседателей Совета НПЦ БМЗ – НАН Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь П. А., Дюжев А. А., Шипко А. А., Толстой А. В. Наука страны – в интересах холдинга «Белорусская металлургическая компания» // Литье и металлургия. 2013. № 3. Спецвыпуск. С. 7–10.

REFERENCES

1. Vityaz P. A., Dyuzhev A. A., Shipko A. A., Tolstoy A. V. Science of the country – in the interests of the holding company «Belarusian Metallurgical Company». *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2013, no. 3(72), pp. 7–10.