



*Investigations and developments in the field of creation of equipment and technologies of foundry-metallurgical production are given.*

*П. А. ВИТЯЗЬ, Президиум НАН Беларуси, А. А. ШИПКО, ОИМ НАН Беларуси*

## **НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И ДРУГИХ ЭНЕРГОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ – ОДНА ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ЗАДАЧ НАУКИ СТРАНЫ**

Республика Беларусь располагает достаточно мощным литейно-металлургическим потенциалом. На предприятиях Беларуси действует около 150 литейных и металлургических цехов, более 170 термических и более 120 гальванических цехов и участков. Основной объем продукции этих видов производств сосредоточен на РУП «Белорусский металлургический завод» и РУП «Минский тракторный завод», ОАО «Минский завод отопительного оборудования», РУП «Минский автомобильный завод», ОАО «Речицкий метизный завод» и других предприятиях страны.

Бесспорным лидером металлургии страны является РУП «Белорусский металлургический завод». Начиная с 1984 г., когда на заводе была выплавлена первая тонна стали, БМЗ осуществляет полномасштабную реконструкцию и модернизацию производства по всем технологическим переделам. Главное при этом – соответствие продукции международным стандартам, снижение удельной энергоемкости производства, экологическая чистота технологий.

Уже в начале 2009 г. выведен на проектную мощность (годовой объем 250 тыс. т) комплекс по производству бесшовных горячекатаных труб. На сегодняшний день освоено 246 позиций по сортаменту труб для нужд машиностроения, нефтегазовой и строительной промышленности, при этом более 80% продукции импортируется в 15 стран. В настоящее время осуществляется реконструкция сталеплавильного производства (МНЛЗ-3) для выпуска круглой литой трубной заготовки диаметром 200 мм, что позволит исключить прокатный передел. В ближайшие пять лет будет организован участок по выпуску труб для нефтедобывающей промышленности со специальной оснасткой. В течение 2009 г. планируется расши-

рить мощности по производству холоднодеформированной арматуры, металлоизделий для резинотехнической промышленности и стальной фибры.

Завершение реконструкции сталеплавильных печей позволит предприятию к 2010 г. достичь уровня выплавки жидкой стали до 2,8–3,0 млн. т/год.

Знаковым проектом в реконструкции Белорусского металлургического завода является создание комплекса по производству листового проката. Примеры инновационного подхода предприятия к техническому перевооружению и модернизации производства можно продолжить.

В настоящее время в Республике Беларусь значительное внимание уделяется вопросам научного обеспечения металлургического, литейного, термического, гальванического и других энергоемких производств. В конце 2007 г. Правительством принята соответствующая Программа технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2007–2010 гг. (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 октября 2007 г. № 1421).

В научных, научно-практических, инновационных организациях и подразделениях Национальной академии наук Беларуси, министерства образования, министерства промышленности, министерства энергетики и Государственного комитета по стандартизации действует более 50 подразделений 20 организаций, работающих по направлениям металлургических, литейных, термических, гальванических производств. Тематически его работы направлены на создание и реконструкцию:

- газопламенного и электрического печного оборудования в литейных, термических, других

видах производств, футеровочных материалов, горелочных устройств и др.;

- индукционного оборудования и технологий индукционного нагрева, используемых в промышленности;
- технологий выплавки, обработки давлением, термической обработки металлов и сплавов;
- технологий литья черных и цветных металлов и сплавов, математического моделирования процессов затвердевания, разливки, нагрева, пластической деформации;
- методов и средств неразрушающего контроля изделий и полуфабрикатов литейного и металлургического производств;
- рециклинга металлоотходов черных и цветных металлов, рекуперацию тепла нагревательных и плавильных печей;
- оборудования и технологий гальванопокрытий либо покрытий, их заменяющих;
- очистки стоков и выбросов в атмосферу металлургических, литейных и гальванических производств;
- мониторинг, энергоаудит, технико-экономический анализ действующих в стране энергоемких производств;
- других объектов техники и технологий этих видов производств.

Наиболее значимые исследования и разработки проводятся в области создания оборудования и технологий литейно-металлургического производства.

В Республике Беларусь сохранен отраслевой институт литейного профиля ОАО «БЕЛНИИЛИТ» (единственный в СНГ), специализирующийся в области создания машин для получения стержней и автоматизированных комплексов для приготовления стержневых и формовочных смесей, формовочных и кокильных машин и линий, автоматических машин для финишной обработки литых заготовок. В этом институте развивается новое направление, связанное с компьютерными технологиями для проектирования оборудования, технологической оснастки и моделирования процессов литья. Создана научная школа по разработке новых технологий, проектированию и изготовлению современного технологического оборудования для литейного производства (директор – канд. техн. наук А. П. Мельников).

В Белорусском национальном техническом университете (на механико-технологическом факультете) существует шесть выпускающих кафедр, готовящих высококвалифицированных специалистов для литейного и металлургического производств (по специальностям: материаловедение

в машиностроении; машины и технология литейного производства; машины и технология обработки металлов давлением; оборудование и технология сварочного производства; порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия; металлургическое производство и материалобработка (специализации – литейное производство черных и цветных металлов; электрометаллургия черных и цветных металлов; металлосплавление, технология и оборудование термической обработки металлов; организация металлургического производства; металлургическая теплотехника и печи). С 2009 г. открыт набор студентов по дневной форме обучения по специализации «Металлургическая теплотехника и печи» с целью подготовки высококвалифицированных специалистов в области конструирования, расчета и эксплуатации металлургических печей с целью повышения их энергоэффективности, создания в перспективе новой отрасли по производству собственного теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования. Кафедры и научно-исследовательские лаборатории располагают высоким научно-педагогическим потенциалом (учебный процесс осуществляют более 90 опытных научно-педагогических работников, среди которых 1 член-корреспондент НАН Беларуси, 20 докторов и более 50 кандидатов наук), современной учебно-научной и материально-технической базой. На ряде ведущих промышленных предприятий и в отраслевых институтах (РУП «МАЗ», РУП «МТЗ», ПО «БМЗ», ЗАО «Атлант» Барановичский станкостроительный завод, ФТИ НАН Беларуси, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», РУП «БЕЛТЭИ» и др.) созданы филиалы кафедр, что обеспечивает высокий уровень подготовки инженерных кадров для промышленности республики.

При БНТУ с 1999 г. функционирует совет по защите диссертаций Д 02.05.14, включающий практически весь спектр металлургических специальностей (05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов, 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов; 05.16.04 – Литейное производство; 05.16.05 – Обработка металлов давлением).

Кафедра литейного производства функционирует также в Гомельском государственном техническом университете им. П. О. Сухого.

В 1991 г. предприятиями республики совместно с ОАО «БЕЛНИИЛИТ», Институтом технологии металлов НАН Беларуси и названными выше кафедрами создано Белорусское объединение литейщиков и металлургов (БелОЛим), также при Белорусском национальном техническом универ-

ситете функционирует литейное предприятие УП «Технолит». Научная литейно-металлургическая база существует в Институте технологии металлов НАН Беларуси, деятельность которого связана с исследованиями и внедрением прогрессивных технологий литейного производства.

В журнале «Литье и металлургия» мы привели примеры эффективных разработок институтов страны, выполняемых в рамках государственной программы прикладных научных исследований «Металлургия» [1]. Речь шла о разработках Института технологии металлов НАН Беларуси и Белорусского национального технического университета, выполненных в рамках сотрудничества с Белорусским металлургическим заводом. Это касается новых способов непрерывного литья полос для создания автоматизированного технологического процесса изготовления горячекатаных цинковых анодов из отходов БМЗ, экономический эффект от использования которых составляет около 40 млн. руб. в год (ИТМ НАН Беларуси); автоматизированной системы управления технологическими процессами непрерывного горизонтального литья, новых методов получения плоских заготовок из цветных металлов и сплавов, процессов ускоренной кристаллизации слитков (ИТМ НАН Беларуси); повышения эффективности процесса внепечной обработки стали, эффективных способов рециклинга мелкодисперсных и сильно окисленных железосодержащих металлоотходов, оптимизации процесса улавливания неметаллических частиц различной плотности, физико-химической модели рафинирования расплава в дуговой сталеплавильной печи и других разработок Белорусского национального технического университета.

В настоящей статье мы хотим расширить круг примеров результатов исследований белорусских ученых по научному обеспечению металлургической и других энергоемких отраслей.

Ряд новейших технологий и оборудования, например, создан специалистами ОАО «БЕЛНИИ-ЛИТ»: установка для интенсивного рафинирования алюминиевых сплавов, малогабаритная машина для изготовления стержней по «Амин»-процессу, оборудование для производства отливок из алюминиевых сплавов методом самозаполнения формы, автоматизированный смесеприготовительный комплекс для приготовления высококачественных формовочных смесей методом интенсивного перемешивания. Использование этих устройств позволит радикально облегчить условия труда, улучшить экологическую ситуацию в литейных цехах, получить заметный экономиче-

ский эффект за счет экономии модификаторов, улучшить качество литья, увеличить выход годных при литье изделий на 15%, снизить электроемкость литья на 20%, сократить безвозвратные потери металла на 25%.

Серьезные работы в республике проводятся по разработке технологий термической обработки полуфабрикатов и изделий из сталей и сплавов. Среди научных школ этого направления можно назвать Физико-технический институт НАН Беларуси, Минский автомобильный завод, Белорусский национальный технический университет, а также Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Белорусский государственный технологический университет. Получили развитие работы, связанные с исследованиями в области нагревательных и термических печей, энергосберегающих технологий термообработки. Это касается Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, Белорусского теплоэнергетического института, созданного в 2008 г., Института энергетики НАН Беларуси и др.

В области создания печного оборудования специалистами Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси и Белорусского национального технического университета разработана и изготовлена экспериментальная нагревательная печь с выкатным подом, в которой воплощены последние достижения отечественной и зарубежных школ в области теплофизики и металлургии, в частности, использованы современные волокнистые футеровочные и теплоизоляционные материалы, применение которых дает до 40% экономии природного газа, позволяет уменьшить габариты печи, в 10 раз снизить массу футеровки, сократить сроки выхода печи на рабочий режим до 1,5–2,0 ч вместо 8–10 ч. Конструкция печи позволяет повторно использовать тепло уходящих из печи горячих дымовых газов для предварительного подогрева воздуха до температуры 200–250 °С, исключить влияние человеческого фактора из технологического процесса вследствие использования системы автоматического управления, соблюдать жесткие экологические требования по вредным выбросам в атмосферу, а также строго выдерживать заданное соотношение газа и воздуха, подаваемых на горение. Применение современных плоскопламенных, импульсных или акустических газогорелочных устройств позволяет обеспечить более полное и эффективное сжигание газа, равномерное отопление печи и снижение потребления топлива на 10–15%. На новую установку получены патенты Республики Беларусь.

ИТМО НАН Беларуси совместно со специалистами ЗАО «Атлант» Барановичский станкостроительный завод создан первый полностью белорусский промышленный образец автоматизированной термической печи отжига, нормализации поковок. Печь введена в эксплуатацию в 2008 г. Это – один из самых крупногабаритных печных агрегатов, используемых на предприятиях республики. Печь рассчитана на термообработку партий стальных деталей массой до 15 т и характеризуется широким диапазоном режимов термообработки (нагрев и выдержка металла при температурах от 600–650 до 1000 °С). Специалистами ИТМО НАН Беларуси выполнены технический проект конструкции печи, технический и рабочий проекты автоматизации печи, пусконаладочные работы в части автоматизации, разработано программное обеспечение для автоматической системы управления печи. Специалисты ЗАО «Атлант» БСЗ осуществили рабочий проект конструкции печи, провели закупку оборудования и материалов, выполнили весь комплекс монтажных работ. Вносится предложение об организации производства этих печей.

В рамках выполнения поручения Совета Министров РБ по созданию образца нагревательной печи для РУП «МАЗ» специалистами РУП «БелТЭИ» Минэнерго и БНТУ проведены работы по разработке проходной печи для нагрева крупногабаритных заготовок (диаметр до 150 мм, длина до 900 мм) перед штамповкой производительностью до 2,5 т/ч, температурой нагрева 1250 °С. КПД печи составляет 50%, а коэффициент использования природного газа при нагреве воды для бытовых нужд – около 75%. Научная новизна предлагаемых технических решений подтверждена патентами Республики Беларусь. В настоящее время на РУП «МАЗ» ведутся работы по опытной эксплуатации этой печи, изготовленной в г. Краматорске (Украина).

Исследования и разработки в области гальванических производств проводятся на кафедре химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники Белорусского государственного технологического университета, в Научно-исследовательском институте Физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Белорусском государственном проектном институте (г. Витебск), ООО «Стеклопласт» (г. Гродно). Эти работы связаны с разработкой оборудования и технологий химико-гальванической обработки, очисткой отработанных электролитов и промывных вод (БГТУ); исследованием особенностей и созданием техно-

логий электрохимического и химического осаждения различных металлов и сплавов, композиционных покрытий (НИИ физико-химических проблем); проектированием гальванических производств и очистных сооружений (РУП «БелГПИ»); изготовлением, монтажом и проведением пусконаладочных работ гальванических линий (ООО «Стеклопласт») и др.

Одной из основных государственных научно-технических программ научного обеспечения является подпрограмма «Технологии литья». В 2009–2010 гг. в рамках этой подпрограммы будет разработано и освоено производство 12 технологий: восстановление зерновой основы кварцевых песков из отработанных песчано-смоляных смесей; оборудование для приготовления крупногабаритного станкостроительного литья; производство отливок из алюминиевых сплавов сложной конфигурации; изготовление отливок насосного оборудования из нового экономно-легированного износостойкого сплава ЧХ22Г с выплавкой его в электродуговых печах; оборудование мелющих тел с повышенными износостойкими характеристиками из легированных чугунов с использованием углеродистых сплавов; энерго- и ресурсосберегающая технология серийного производства деталей моторной группы методом литья в облицованный кокиль и др.

Ряд работ выполняется в рамках подпрограмм «Станки и инструмент», «Технологии в машиностроении».

Научному обеспечению металлургической отрасли практически полностью посвящена Государственная программа прикладных научных исследований «Создание высокоэффективных технологических процессов и оборудования для развития металлургического комплекса Республики Беларусь» (Металлургия). В 2009 г. в рамках этой программы планируется выполнить ряд новых, важных для промышленности республики прикладных научных работ, примеры которых приведены в [1]. Это работы по проведению технико-экономического анализа и созданию концепции модернизации литейного и индукционного оборудования промышленных предприятий Республики Беларусь, а также действующих плавильных агрегатов постоянного тока; разработке математических и статистических моделей диспергирования железоуглеродистых сплавов для получения стальной дроби, выбору технологии разлива стали и расчета температурных характеристик стального слитка (БНТУ, РУП «БМЗ»); разработке метода формирования литой структуры стальных отливок, обеспечивающих свойства

крупногабаритных деталей на уровне изделий из проката или поковок, а также технологии получения волокнистых композиций, работающих в условиях космического пространства. Будут также созданы технологические основы получения литых чугуновых изделий для металлургического и дробильно-размольного оборудования, предложены новые технические решения для модернизации электрических нагревательных печей машиностроительных предприятий, а также по модернизации на РУП «МАЗ» высокотемпературных печей с применением огнеупорных высокотемпературных покрытий и энергосберегающих футеровочных материалов, сформированных методом экзотермического синтеза и др.

По заданиям Государственной программы прикладных научных исследований «Материалы в технике» планируется:

- получить пористые стальные волокнистые материалы из отходов РУП «Белорусский металлургический завод» (БГАТУ, Минсельхозпрод);
- разработать высокопрочные стали с повышенными характеристиками теплопрочности и сопротивления усталости для тяжело нагруженных деталей трансмиссии тракторной техники (ФТИ НАН Беларуси, РУП «МТЗ»);
- разработать комбинированные процессы формообразования тяжело нагруженных элементов машин, обеспечивающие получение заданных свойств при минимальных энергозатратах (ФТИ НАН Беларуси, РУП «МАЗ»);
- улучшить эксплуатационные характеристики алюминий-железных бронз и оптимизировать технологии рециклинга в машиностроительном производстве (ФТИ НАН Беларуси, РУП «Цветмет»);
- создать композиционные износостойкие материалы для изготовления деформирующего инструмента, применяемого при прокатке малолистовых рессор (БНТУ, ФТИ НАН Беларуси, РУП «МАЗ»);
- создать высокопористые ячеистые керамические материалы с повышенной термостойкостью для фильтрования расплавов алюминия и его сплавов (ИПМ НАН Беларуси, РУП «МАЗ», РУП «Гомельский литейный завод «Центролит»);
- получить новый комплексный модификатор для ковкого чугуна на базе висмутсодержащих отработанных катализаторов (БНТУ, ОАО «МЗОО»);
- разработать технологии легирования железоуглеродистых сплавов через шлаковую фазу путем восстановления оксидов металлосодержащих отходов (БНТУ, Бобруйский машиностроительный завод).

Проведен ряд научно-организационных мероприятий.

13 июня 2008 г. НАН Беларуси, Минпром, ПО «Белорусский металлургический завод» и БНТУ на РУП «БМЗ» проведен Белорусский металлургический форум «Интеграция науки, производства и образования в развитии металлургии в Республике Беларусь до 2020 г.». На нем рассмотрены вопросы энергетической и экологической безопасности Республики Беларусь, подготовки современных инженерных кадров, перспективы развития производственного объединения «Белорусский металлургический завод» и создания комплекса по производству листового проката, развития сотрудничества между Национальной академией наук Беларуси и ПО «БМЗ», а также современные тенденции развития технологий в литейном производстве, перспективы обеспечения металлургической отрасли сырьевыми ресурсами и др.

В октябре 2008 г. состоялась также организуемая ежегодно Белорусским общественным объединением литейщиков и металлургов традиционная научно-техническая конференция «Литейное производство и металлургия 2008. Беларусь», посвященная 40-летию РУП «Гомельский литейный завод «Центролит». На конференции рассмотрены особенности производства стержней из холоднотвердеющих смесей для крупногабаритных отливок из железоуглеродистых сплавов, блоков цилиндров и головок блоков цилиндров; вопросы состояния и перспектив литейного производства России, переработки металлического лома по современным технологиям в Германии, информационного обеспечения и подготовки кадров для литейного производства, современные тенденции энерго- и ресурсосбережения в литейном производстве. В работе конференции приняли участие около 300 специалистов из Беларуси, России, Украины, Турции, Италии, Великобритании, Германии, Польши, США, стран Балтии. Участникам и гостям конференции была предоставлена возможность ознакомиться с производством РУП «Гомельский литейный завод «Центролит», Белорусского металлургического завода и Гомельского завода литья и нормалей. Труды конференции опубликованы в журнале «Литье и металлургия».

19–21 ноября 2008 г. состоялась Международная научно-техническая конференция «Теория и практика энергосберегающих термических процессов в машиностроении», прошедшая на Минском автомобильном заводе. Ее организаторы – Минпром Республики Беларусь, Минский автозавод, БНТУ и НАН Беларуси. Конференция собрала

представителей науки и производства Республики Беларусь, России, Эстонии, Украины, которые обсудили вопросы переоснащения термических производств и повышения их эффективности, применения индукционного нагрева под пластическую деформацию и термическую обработку, энергосбережение и повышение качества технологий термообработки, внедрения процессов электронно-лучевого нагрева и поверхностного упрочнения, методов контроля и др.

30 января 2009 г. Департамент по энергоэффективности Госстандарта провел информационное мероприятие на тему «Внедрение энергосберегающих технологий в промышленности» с посещением РУП МАЗ. В ходе посещения Минского автозавода рассмотрены перспективные направления рационального использования топливно-

энергетических ресурсов на предприятии; внедрения новых высокоэффективных термических печей, переоснащения гальванических производств, создания энергоэффективных технологий и оборудования; проведения мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов и др. В семинаре приняли участие представители Департамента по энергоэффективности Госстандарта, Минского городского управления по надзору за рациональным использованием ТЭР, Министерства промышленности, РУП «БелТЭИ», Минского автозавода и других промышленных предприятий, институтов республики.

В соответствии с решениями Правительства в 2010 г. и в следующей пятилетке объем научно-исследовательских работ металлургического профиля будет расширен.

### Литература

1. В и т я з ь В. А., Ш и п к о А. А., Т о л с т о й А. В. Программа «Металлургия» – важное звено научного обеспечения программы технического переоснащения энергоемких производств Республики Беларусь // Литье и металлургия, 2009. № 1. С. 123–128.