

А.С.Нестеров, Л.И.Гармаш

**ОТДЕЛ МЕТАЛЛУРГИИ ЧУГУНА. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В 2009-2013 ГОДЫ**

Институт черной металлургии НАН Украины

Проанализированы основные результаты научных исследований отдела металлургии чугуна и их реализация на предприятиях горно-металлургического комплекса в 2009-2013 гг. Определены перспективные направления разработок в области доменного производства, целью которых является увеличение эффективности доменной плавки, уменьшение себестоимости и улучшение качества продукции с учетом нестабильности современных топливно-энергетических условий и расширения использования вторичных ресурсов.

Ключевые слова: доменное производство, научные исследования, энергетические условия, вторичные ресурсы

Отдел металлургии чугуна является одним из ведущих научных подразделений ИЧМ [1]. В отделе проводятся научные исследования в области доменного производства, направленные на увеличение эффективности доменной плавки, продление кампаний доменных печей, уменьшение себестоимости и улучшение качества продукции с учетом нестабильности современных топливно-энергетических условий и расширения использования вторичных ресурсов.

Структура отдела сформирована в соответствии с приоритетными направлениями исследований, в настоящее время в отделе 6 групп: технологии доменной плавки, теплотехники доменного производства, нетрадиционных малококсовых и бескоксовых технологий, теплосберегающих технологий и физико-химических процессов доменной плавки и качества сырья. За последние пять лет численность отдела увеличилась на 6 человек, в основном за счет прихода молодых специалистов. В настоящее время в отделе работают 28 человек, из них два доктора и 10 кандидатов технических наук, 6 молодых специалистов. Несколько человек закончили аспирантуру, защищена диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук.

Ежегодно специалисты отдела выполняют 3-4 научно-исследовательские работы по бюджетной тематике НАН Украины, принимают участие в проектах в рамках целевой программы «Фундаментальные проблемы образования материалов с заранее заданными свойствами, методов их соединения и обработки» и «Ресурс». Отдел проводит совместные исследования с другими подразделениями Института, самые тесные научные связи сложились с ОТОСУ и ОФХПМ.

Результаты своих научных исследований ученые-доменщики всегда реализовывали на меткомбинатах Украины и России. За период с 2009 по

2013 г. коллективом отдела выполнено НИР по хозяйственной тематике на общую сумму более 4 млн. грн. (рис.1).

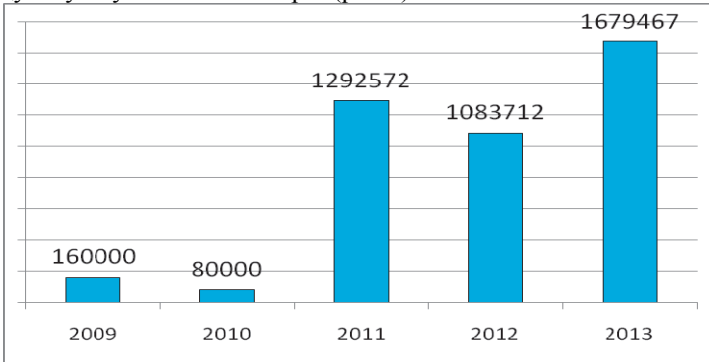


Рис. 1. Объем НИР хозяйственной тематики, выполненных ОМЧ (грн.).

Особенно тесные отношения связывают специалистов отдела с крупнейшими металлургическими предприятиями Украины и России: «АрселорМиттал Кривой Рог», «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского», «Енакиевский металлургический завод», «Северсталь», Алчевский меткомбинат, «Запорожсталь», Новолипецкий и Магнитогорский меткомбинаты, «Азовсталь», з-д.им.Ильича и др. В последнее время предприятия ГМК вынуждены все больше инвестировать в модернизацию и переоснащение, чтобы повысить конкурентоспособность металлургической продукции. Специалистами отдела металлургии чугуна проводятся комплексные исследования и разрабатываются мероприятия и практические рекомендации, направленные на увеличение длительности кампании и повышение безопасности эксплуатации доменных печей.

Долгие годы основная часть исследований проводилась на базе металлургического комбината «АрселорМиттал Кривой Рог», но в настоящее время, к сожалению, специалисты отдела привлекаются только для разовых консультаций. Большинство работ в последние годы специалисты ОМЧ проводят на «Енакиевском металлургическом заводе», «Северстале», Алчевском и Магнитогорском меткомбинатах.

В условиях дефицита сырьевых и энергоресурсов, нестабильности поставок и постоянно растущих цен приоритетными задачами становятся исследования, направленные на повышение эффективности процессов доменной плавки, достижение высокого качества чугуна при оптимизации расхода сырья. Необходимо обеспечить эффективное использование заменителей кокса и железорудных материалов, промывочных и гарнисажеобразующих компонентов, способствовать уменьшению негативного влияния на ход плавки кокса разного качества, а также стабильному улучшению технико-экономических показателей плавки при загрузке многокомпонентных смешанных порций из агломерата,

окатышей и кокса. Именно на решение этих приоритетных для украинской промышленности задач направлены основные усилия специалистов отдела – рис. 2.

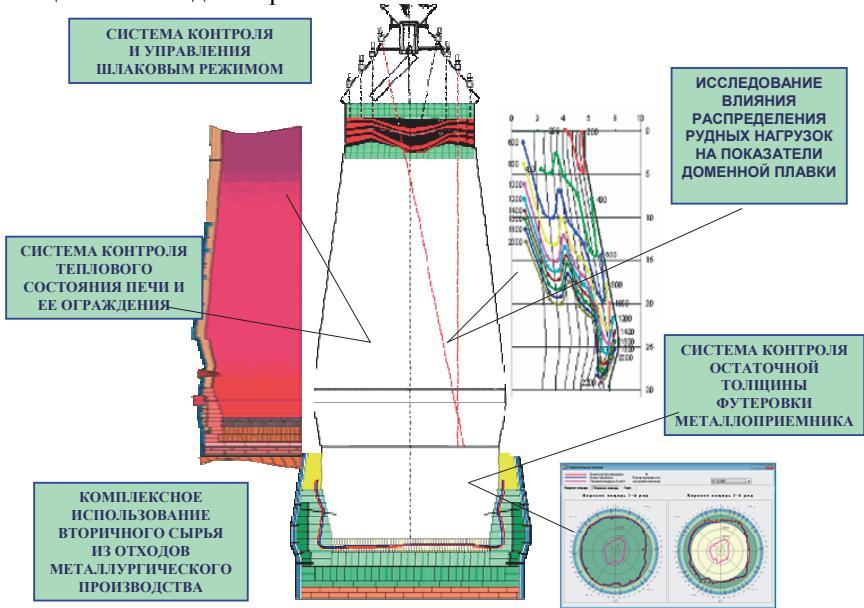


Рис. 2. Основные научные разработки отдела металлургии чугуна.

Среди самых крупных проектов последних лет необходимо отметить ряд работ, результаты которых были реализованы на предприятиях ГМК и дали весомые экономические и практические результаты.

Разработаны и научно обоснованы технологические меры по защите футеровки доменных печей при загрузке в печь кокса разного качества и реализованы в условиях металлургического комбината рекомендации по увеличению расхода вторичных ресурсов за счет их предварительной подготовки. Эти мероприятия обеспечили уменьшение удельного расхода кокса на ДП № 5 ПАО «ЕМЗ» на 2,5 кг/т чугуна.

Определение основных технологических параметров дутьевого режима и распределения шихтовых материалов при использовании кокса повышенного качества «Премиум» в условиях ПАО «ЕМЗ» позволило увеличить производительность доменной печи на 3-3,5%.

Рекомендации по ведению доменной плавки на ДП №1 и ДП № ПАО «ЕМЗ» позволили в периоды работы доменных печей со стабильным качеством шихтовых материалов увеличить степень использования восстановительной способности газов на 1,5% и уменьшить температуру периферийных газов на 80°C, что способствовало снижению расхода кокса на 2 кг/т чугуна.

Для доменных печей ОАО «Северсталь» разработан и внедрен технологический прием работы печей на двух и более видах металлургического кокса. Достигнутый в результате этих мероприятий уровень показателей доменной плавки соответствует лучшим показателям мировой практики.

Мероприятия, направленные на снижение загромождения горна доменной печи и ужесточение требований к материалам, контактирующим с шамотной футеровкой, позволили на 25% снизить количество сгоревших фурм на доменной печи № 2 ОАО «Запорожсталь».

Установлены закономерности динамики изменения энергетического баланса металлургического комбината полного цикла и потребления энергетических ресурсов отдельными агрегатами.

Предложен метод решения оптимизационной задачи доменного производства, позволяющий формализованными методами прогнозировать рациональные параметры комбинированного дутья и возможности получения максимальных эффектов при совместном применении пылеугольного топлива, природного газа и кислорода в текущих и перспективных условиях доменной плавки [2].

Разработаны научные положения и метод обмена информацией о внешних тепловых потерях в системе охлаждения, температурах кожуха и футеровки печи для своевременного выявления и предупреждения расстройств и аварий в работе доменной печи; установлены закономерности инверсии температурного поля в пристеночной области печи и уточнены факторы, которые приводят к искажению профиля шахты и ухудшению технико-экономических показателей работы печи.

Внедрение на доменной печи № 7 ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» комплекса технологических мероприятий, обеспечивших повышение эффективности плавки за счет совершенствования параметров и состава дутья, тепловой работы, режима загрузки и распределения газового потока, привело к увеличению производства чугуна на ~ 1700 т / сутки, уменьшению среднемесячных расходов кокса на ~ 27 кг / т чугуна и расходов суммарного топлива на ~ 16 кг / т чугуна, а также уменьшению суммарных тепловых потерь в системе охлаждения на ~ 100 МДж / т чугуна.

Подсистема «Контроль внешних тепловых потерь и расхода кокса на их покрытие», реализованная в составе АСУ ТП ГП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», позволяет оценивать эффективность выбранного тепло-газодинамического режима и отслеживать нарушения в работе печи.

Дальнейшее развитие получили работы по совершенствованию технологии и изучению закономерностей доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива (ПУТ) [3]. Использование системы пылеугольного вдувания позволяет минимизировать использование природного газа и значительно сократить расход кокса в доменном

процессе. На основании анализа отечественного и зарубежного опыта определены основные причины, которые снижают эффективность работы доменных печей с вдуванием ПУТ и разработаны основные научно-практические направления увеличения эффективности технологии доменной плавки с использованием ПУТ в условиях Украины, установлены закономерности изменения энергетического и эксергетического баланса доменной плавки, усовершенствован метод расчета влияния химического состава ПУТ на показатели тепловой работы доменной печи [4].

Актуальной задачей экономии минерального сырья и топлива при выплавке чугуна заданного качества является комплексное использование в системе аглодоменного производства сырья, включающего высокую долю вторичных ресурсов. В этом направлении в отделе в последние годы ведутся исследования, направленных на расширение применения в агломерационном и доменном производстве вторичных шихтовых материалов из подготовленных отходов металлургического производства [5]. Разработана методика определения предельно допустимого содержания вторичных ресурсов в составе аглодоменной шихты, определены возможности использования в аглодоменном производстве до 10% вторичных ресурсов без ухудшения качества агломерата [6]. Проранжированы вторичные отходы с целью определения их рационального состава для промывок горна печи от «коксового мусора». Конкретизированы требования к химсоставу, рациональному содержанию подготовленных вторичных шихтовых материалов, оценено их влияние на технико-экономические показатели плавки и суммарные энергозатраты, регламентированы меры по уменьшению содержания вредных компонентов в конечных продуктах производства и предотвращению вредных выбросов в атмосферу.

Исследовано влияние состава и свойств агломерационного топлива на качество агломерата и показатели доменной плавки. Установлены закономерности изменения качества агломерата в зависимости от доли вторичных ресурсов в составе аглошихты и разработан способ производства агломерата для доменной плавки, позволяющий увеличить количество шламовой окалины в составе аглошихты без ухудшения качества [7].

Проведены лабораторные спекания аглошихты, состоящей из 100% металлургических отходов, с целью использования такого агломерата в сталеплавильном производстве.

Для условий ПАО «ЕМЗ» показано, что применение гранулированных металлургических отходов вместо неподготовленных шламов увеличивает выход годного агломерата на 6-13%, количество используемых вторичных ресурсов на 12 кг/т и предопределяет улучшение качества агломерата за счет увеличения стабильности по содержанию железа и основности [8].

С целью расширения сырьевой базы аглодоменного производства по заказу предприятий проводятся исследования металлургической ценности различных видов сырья, в частности, окатышей текущего производства Полтавского горно-обогатительного комбината, известняков месторождений «Скалистое» и «Красный мак», сланцев с кальциево-магнезиевыми соединениями в породе.

На основании разработанной в Институте кинетико-математической модели доменной плавки изучено влияние расхода природного газа, коксового газа и ПУТ и установлено влияние характера тепломассообмена, фазовых превращений, газомеханики и распределения материалов в печи на показатели доменной плавки и течение процессов в объеме печи [9].

Дальнейшее развитие получили аналитические исследования процессов доменной плавки при вдувании продуктов газификации угля (ПГУ), которые показали, что температурно-концентрационное и фазовое поля шихты и газового потока в объеме печи изменяются под воздействием тех же тенденций, что при вдувании пылеугольного топлива [10]. Выполнена сравнительная оценка способов газификации угля с позиций требований к его продуктам, используемым в доменной плавке. Замещение части кокса и всего вдуваемого газа продуктами газификации низкосортного угля в работающих доменных печах при использовании резервных доменных печей для организации процессов газификации угля позволит сократить расходы кокса до уровня, сравнимого с вариантом вдувания максимального количества пылеугольного топлива, ресурсы которого ограничены.

Результаты исследований, проводимых специалистами отдела металлургии чугуна вносят существенный вклад в развитие горно-металлургического комплекса Украины, способствуют продлению кампании доменных печей и повышению их эксплуатационной стойкости. Специалисты отдела принимают самое активное участие в работах по технологическому сопровождению задувок доменных печей после их реконструкций и ремонтов, обосновывают и вносят изменения в технологические инструкции по доменному производству, разрабатывают и испытывают в производственных условиях технологические приемы вывода доменных печей на устойчивый технологический режим при глубоком расстройстве их хода [11].

Металлургия для Украины по-прежнему остается базовой отраслью промышленности, но практически во всех странах это одна из самых материало- и энергоемких отраслей производства. Поэтому так велика потребность в разработке и внедрении современных ресурсо- и энергосберегающих технологий как основного механизма снижения энергоемкости производства.

1. *Большаков В.И.*. ИЧМ – научный центр создания, развития и освоения новых металлургических технологий. Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова. – Днепропетровск: «Арт-Прес», 2009.– 448 с.

2. *Системная* надежность доменного производства. / А.В.Бородулин, А.А.Сохацкий, А.Л.Чайка и др. //Сб. научных трудов международной научно-практической конференции «Энергосберегающие технологии в промышленности. Печные агрегаты. Экология. Безопасность технологических процессов». – Москва, 15-21 октября, – 2012, – С.67-77.

3. *Освоение* работы доменной печи полезным объемом 3000 м³ с применением пылеугольного топлива. / В.И.Большаков, А.Л.Чайка, В.В.Лебедь и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012, – № 4, – С.36-40.

4. *Эксергетический* анализ доменной плавки при применении различных видов топлива. / В.И.Большаков, А.Л. Чайка, А.А. Сохацкий и др. // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр.ИЧМ. – 2012. – Выпуск 26. – С.35-41.

5. *Получение* агломерата заданного состава и свойств при вовлечении в шихту вторичного сырья. / А.С.Нестеров, В.С.Якушев, А.Д.Джигота и др. // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр.ИЧМ. – 2011. – Выпуск 24. – С.29-37.

6. *Рациональное* использование металлургических отходов в аглодоменном производстве. / В.И.Большаков, А.С.Нестеров, М.А.Гуркин, В.Ю.Кучин, Т.В.Деткова. // Международный конгресс “Доменное производство – XXI век”. // Сталь. – 2010. –№ 4. –С.19.

7. *Исследование* процесса спекания агломерата с повышенным содержанием техногенных железистофлюсовых отходов с использованием различного твердого топлива в аглошихте. / А.С.Нестеров, А.Д.Джигота, В.С.Якушев, Л.И. Гармаш // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр.ИЧМ. – 2010. – Выпуск 21. – С.88-97.

8. *Эффективная* работа аглодоменного производства ПАО «ЕМЗ» при расширении использования в шихте вторичных ресурсов и окатышей. / В.И.Большаков, А.С.Нестеров, А.Г.Коваленко, А.М.Кузнецов, А.В.Зубенко. // Сталь. – 2014.

9. *Товаровский И.Г.* Доменная плавка. 2-е издание (расширенное). – Днепропетровск: Пороги, 2009.– 768 с.

10. *Товаровский И.Г., Большаков В.И., Меркулов А.Е.* Аналитическое исследование процессов доменной плавки. Монография. – Днепропетровск: «Экономика», 2011. – 206 с.

11. *Технологические* обоснование рациональных приемов задувки доменных печей большого и среднего объемов. / В.И.Большаков, Н.М.Можаренко, Н.Г.Иванча и др. // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.научн.тр.ИЧМ. – 2010. – Выпуск 21. – С.88-97.

*Статья рекомендована к печати
д.т.н. Тогобицкой Д.Н.*

О.С.Нестеров, Л.І.Гармаш

Відділ металургії чавуну. Основні результати наукової діяльності в 2009-2013

Проаналізовано основні результати наукових досліджень відділу металургії чавуну та їх реалізації на підприємствах гірничо-металургійного комплексу у 2009-2013 рр. Визначено перспективні напрямки розробок в області доменного виробництва, метою яких є збільшення ефективності доменної плавки, зменшення собівартості та поліпшення якості продукції з урахуванням нестабільності сучасних паливно-енергетичних умов і розширення використання вторинних ресурсів.

Ключові слова: доменне виробництво, наукові дослідження, енергетичні умови, вторинні ресурси.

A.S.Nesterov, L.I.Garmash

The department of iron and steel. Main results of scientific work in 2009-2013.

Analyzes the main results of research of cast iron and steel and their implementation at the enterprises of mining and metallurgical complex in the years 2009-2013. Perspective directions of development in the blast furnace, which aim to increase the efficiency of blast furnace, reducing the cost and improving the quality of products, taking into account the instability of modern fuel and energy conditions and increased use of secondary resources.

Keywords: domain production, research, energy conditions, secondary resources.