

**Можаренко Н.М.**

*канд. техн. наук, зав. отделом металлургии чугуна ИЧМ НАН Украины*

**РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ З.И.НЕКРАСОВА  
В ИНСТИТУТЕ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.**

8 января 1978 г. коллектив Института черной металлургии и вся металлургическая общественность СССР отметили 70-летний юбилей научного руководителя отдела металлургии чугуна и директора Института Зота Ильича Некрасова. К этому времени он с командой единомышленников вышел на заключительную стадию решения проблемы производства железосодержащих брикетов на вюститной основе. Для решения этой важной и перспективной для доменного производства задачи было создано новое научное подразделение – отдел железорудного сырья (ОЖС), который возглавил З.И.Некрасов. Уходя с поста заведующего отделом металлургии чугуна, наш учитель и научный руководитель, в качестве генеральных научных проблем развития тематики отдела, завещал очень перспективные направления:

- выработка научного обоснования дальнейшего увеличения полезного объема доменных печей, оснащенных современными средствами нагрева дутья, загрузки и распределения шихтовых материалов на колошнике;
- разработка требований к железорудному сырью и коксу для сверхмощных печей;
- развитие теоретических и технологических основ комбинированного дутья с обогащением его кислородом до 40 % и вдуванием в горн печи природного газа;
- научный поиск и технологическое обоснование новых углеводородных ресурсов как дополнительных топливных добавок, заменителей кокса;
- отработка технологии доменной плавки с применением кокса высокого качества, полученного с использованием приемов по улучшению процессов коксования, формованных коксовых брикетов с добавлением не дефицитных углей и органических материалов, повышающих качество кокса (это направление подробнее освещено в статье Можаренко Н.М. и др. настоящего сборника);
- разработка экспериментальных и промышленных приемов улучшения качества агломерата как за счет совершенствования технологии спекания, так и формирования шихты;
- развитие комплекса экспериментальных установок для исследования качества железорудного сырья с целью формирования современных требований к показателям качества кокса.

***Доменные печи большого объема.*** Еще находясь на посту директора Института и заведующего отделом металлургии чугуна, Зот Ильич определил автора статьи руководителем работ по освоению проектной мощности строящейся доменной печи №6 НЛМК полезным объемом 3200 м<sup>3</sup>. Уникальность этой печи определялась оснащением ее бесконусным загрузочным устройством (БЗУ) фирмы Paul Wirth, качественно новым подходом (учитывая опыт эксплуатации доменной печи №9) к формированию порции на шихтоподаче и современной, для того периода, автоматизированной системой управления доменной печью.

Ввиду того, что при покупке бесконусного загрузочного устройства технология загрузки не была обозначена в перечне обязательных статей, руководство Комбината поручило бригаде исследователей ИЧМ разработать полный перечень документов, обеспечивающих регламент задувки: расчет задувочных шихт, технологические положения распределения задувочных шихт по высоте печи, программную карту загрузки печи БЗУ и параметры динамики задувки и раздувки печи. К пуску печи была разработана обширная программа предпусковых исследований, основной целью которых было выявление технологических возможностей БЗУ.

Высокие требования Минчермета при пуске этой печи к нам, специалистам науки, носили, скорее, политическую основу. Это обуславливалось значительными затруднениями в освоении проектной мощности доменной печи №9. В случае обеспечения вывода этой доменной печи на проектную мощность и успешного освоения технологических возможностей бесконусного лоткового загрузочного устройства (БЗУ), последнее должно было рекомендоваться на доменную печь №9 меткомбината «Криворожсталь» и проектируемую доменную печь №5 Череповецкого меткомбината.

Было предусмотрено достижение проектных показателей к концу первого года эксплуатации. Результаты предпусковых исследований и выработанные газодутьевые параметры задувки и раздувки обеспечили успешную задувку доменной печи. Это послужило основой достижения проектного уровня производства и расхода кокса через шесть месяцев с момента задувки печи. Печь вышла на уровень суточного производства 6400 т/сутки при расходе кокса 435 кг/т чугуна.

Цикл исследовательских работ по совершенствованию технологии плавки на доменной печи №6 НЛМК, выполненный после достижения проектной мощности, позволил в 2003 году выйти на уровень производства 2,75 млн. т при удельном расходе кокса  $410 \div 415$  кг/т чугуна. Необходимо подчеркнуть, что, как и завещал нам Зот Ильич, эту работу и далее весь цикл работ, связанных с освоением построенных головных по объему, а также вводимых в строй после модернизационных капитальных ремонтов, доменных печей выполнялся комплексно отделом металлургии чугуна и отделом машиноведения. В отдельные периоды в этих работах принимали участие отдел металлургической теплотехники, лаборатории электронного моделирования и контрольно-измерительных приборов и метрологии.

Успешное освоение проектных показателей работы доменной печи №6 НЛМК, оснащенной БЗУ, однозначно предопределило смену загрузочного устройства ВНИИМетМаша на доменной печи №9 меткомбината «Криворожсталь». В 1981 г. в четвертом квартале ДП №9 во время капитального ремонта была оснащена бесконусным загрузочным устройством двухтрактного типа. Как и при пуске доменной печи №6,

были разработаны и выполнены расширенная программа предпусковых испытаний и программа загрузки доменной печи, а также впервые разработана Технологическая инструкция по эксплуатации БЗУ Paul Wirth. Высокая технологическая готовность доменной печи к пуску была обусловлена высокой степенью отработки приемов формирования подачи по линии цепей оборудования шихтового отделения, рациональным распределением шихтовых материалов по поверхности засыпи, взвешенным выбором состава загрузочных шихт, их распределением по высоте столба шихты и по радиусу, динамикой изменения газодутьевых параметров в период задувки и раздувки печи. Все это предопределило успешный вывод флагамена доменного производства страны на заданный уровень производства и расхода кокса.

Семилетний опыт эксплуатации БЗУ позволил бригаде исследователей обоих отделов выработать принципиально новые технологические положения формирования подач по тракту шихтоподачи, распределения материалов на колошнике. Были отработаны также критерии распределения газового потока – сбалансированное соотношение осевого и периферийного газового потока, выбора рационального соотношения давления дутья и колошниковых газов и критерий предельно минимального скоростного истечения дутья, обеспечивающие устойчивый ход доменных печей, что очень важно при раздувках.

Полученная при освоении проектных показателей доменных печей №9 МК «Криворожсталь» и №6 НЛМК база знаний и отработанных приемов предопределила решение Минчермета СССР поручить отделам металлургии чугуна и металлургического машиноведения Института черной металлургии освоение проектной мощности и отработку технологии доменной плавки самой крупной в мире доменной печи №5 Череповецкого металлургического комбината полезным объемом 5500 м<sup>3</sup>. Причем, учитывая широкий диапазон наработок отдела металлургии чугуна по всем вопросам доменного производства, Минчерметом СССР нам были поручены не только обеспечение пуска и технологическое освоение агрегата, но и выработка стратегии в обеспечении этого металлургического гиганта железорудными материалами (агломерат, окатыши и железная руда) и коксом, качество которых отвечало бы условиям плавки в печах большого объема. Со всеми поставленными задачами отдел металлургии чугуна успешно справился. Были разработаны требования к качеству железорудных материалов и кокса, которые и в настоящее время являются руководящим документом для доменного производства. Творческий подход сырьевиков отдела позволил значительно повысить качество текущего производства агломерата и технологию производства окатышей на Костомукшском ГОКе.

К пуску доменной печи №5, как и ранее для других печей, был подготовлен обширный проект документов по предпусковым испытаниям

оборудования, исследованию распределения шихтовых материалов и регламенту загрузки их в печь, порядку формирования столба шихты по высоте и сечению печи. Были разработаны и технологически обоснованы регламенты задувки и раздувки печи. Весь подготовительный комплекс пусковых мероприятий был полностью выполнен технологической бригадой ИЧМ. Необходимо особо отметить и то, что при пуске и первом месяце эксплуатации управление печью осуществлялось специалистами ИЧМ. Этот момент был особо отмечен комбинатом.

Технологическое сопровождение дальнейшего освоения этой доменной печи и выполненные при этом научно – исследовательские работы позволили расширить знания в управлении газораспределением по сечению печи и, главным образом, управлением периферийным и центральным потоками газов восстановителей, установить предельные уровни температурно – теплового состояния низа печи, более глубоко осознать закономерности формирования столба шихты по высоте и сечению печи, отработать технологию выплавки чугуна с пониженным содержанием кремния.

Таким образом, опыт, накопленный специалистами ИЧМ по задувке и освоению сверхмощных доменных печей отрасли, значительно расширил представление об особенностях их эксплуатации и подтвердил технологические и теоретические прогнозы нашего Учителя об экономической целесообразности строительства доменных печей большой мощности. Накопленный же нами опыт явился гарантом тому, что после модернизации доменных печей №9 «Криворожстали» и №4 и 5 «Северстали» предпусковые исследования, задувку, раздувку и освоение этих печей, как и много лет назад, было поручено выполнить специалистам Института черной металлургии.

***Технология доменной плавки с обогащением дутья кислородом.***  
Кратковременные опытные плавки, выполненные совместно с НЛМК в 1976 г. (июнь – июль) с обогащением дутья кислородом до 40 % (в отдельные периоды) и полученные обнадеживающие результаты послужили основой продолжения этих работ уже в 80<sup>е</sup> годы прошлого столетия. Следует отметить, что эти плавки были, как бы, исполнением мечты для ученого – доменщика З.И.Некрасова.

Как и ожидалось, были получены результаты, подтверждающие прогноз нашего Учителя о том, что экономический предел уровня обогащения дутья кислородом находится в интервале 40 ÷ 45 %. В ходе опытных плавок было также установлено, что уровень прямого восстановления опускался ниже 5 %, что, в общем- то, привело к резкому снижению окисления коксовой мелочи в горне печи и, в конечном счете, к снижению устойчивости работы агрегата в целом. Ожидаемое «вырождение» средней зоны шахты доменной печи отмечено не было. Печь объемом 2000 м<sup>3</sup> работала устойчиво с производительностью 5000 т/сутки.

Основным выводом этой работы следует считать подтверждение технологической возможности работы доменных печей с такими предельными параметрами по структуре дутья, однако, такая технология требует радикального улучшения качественных показателей шихтовых материалов.

*Жидкие заменители кокса.* Зот Ильич прекрасно понимал, хорошо помня мнение Д.М. Менделеева, что безоглядное использование природного газа в доменных печах не имеет дальнейшей перспективы. Он явился инициатором промышленных опытных плавов с вдуванием в печь коксового газа на меткомбинате «Запорожсталь», где были получены принципиальные положения этой технологии. Благодаря его авторитету была сооружена промышленная система подготовки и подачи коксового газа в доменные печи Макеевского меткомбината. Дальнейшая эксплуатация печей с применением этой топливной добавки подтвердила ее высокое народнохозяйственное значение.

Мало того, З.И. Некрасов, в качестве активирующей восстановительное звено добавки, при отработке технологии получения вюститных брикетов применял растительную клетчатку (отходы сельхозпродукции). Причем, идея поиска нетрадиционных энергоносителей не оставляла его до конца жизни. В какой-то мере и мы, его последователи, были нацелены на это направление. Поэтому, когда появились первые признаки ограничения поставок природного газа, перед отделом металлургии чугуна встала задача об обеспечении поиска коксозаменяющих технологий.

На основании анализа баланса углей Украины было выявлено значительное количество углей, применение которых крайне ограничено. Кроме того, Украина располагает большим количеством бурых углей. В это время Институт горючих ископаемых им. Скачинского (Москва) в печати неоднократно сообщал о целесообразности получения моторных топлив из углей. Анализ технологии ожижения углей показал, что если взять первую часть процесса ожижения, то можно получить мазутоподобное вещество, которое может быть альтернативой природному газу. Эта идея нашла хорошую поддержку в Институте физико-химии и углехимии АН Украины в лице директора Института Бокова А.Ф. Выполненные совместные изыскания дали весьма обнадеживающие результаты. Полученное автоклавным процессом вещество было близко по своим теплотехническим свойствам к самым качественным флотским мазутам. Особо следует отметить очень низкое в них содержание серы  $> 0,5$  % и золы  $> 1$  %. К сожалению, реализация такой важной для Украины энергосберегающей технологии откладывается на неопределенные сроки.

*Качество железорудного сырья и экспериментальный комплекс для его оценки.* Роль качества железорудного сырья, как первостепенного фактора, определяющего интенсивность и экономичность доменной

плавки, З.И.Некрасов всегда подчеркивал в своей работе. По его инициативе, задолго до формирования положений ISO в отделе металлургии чугуна была создана по своей сути очень продуманная лабораторная база. Перед экспериментальным комплексом Зот Ильич ставил следующие задачи по оценке:

- поведения шихтовых материалов в сухой зоне доменной печи;
- поведения материалов в области вязко-пластичного состояния;
- поведения металлического расплава на коксовой насадке.

Для решения этих вопросов в стендовом зале в конце 70-х и 80-е годы был развернут парк исследовательских установок, которые позволяли ответить на все технологические вопросы, касающиеся поведения материалов в рабочем пространстве печи. Это позволило прогнозировать работу доменных печей и показатели их работы по производству и расходу кокса. К сожалению, смена политической формации государства не позволила осуществить сертификацию этих установок и отработанных на них методик испытаний сырья. Сравнительная оценка показателей качества шихтовых материалов и кокса по ISO и методикам ИЧМ показала, что по большинству показателей наши испытания предъявляют более жесткие требования к их оценке.

Многолетние испытания шихтовых железосодержащих материалов позволили:

- установить поведение материалов в сухой части печи - восстановимость и разрушаемость;
- установить формирование и отделение жидких фаз из размягченного слоя железорудных материалов, закономерности образования первичных, промежуточных и металлоуглеродистых расплавов;
- сформировать требования к высокотемпературным свойствам железорудных материалов в зависимости от их состава, физических свойств и способа получения (агломерация, окомкование);
- установить влияние реакционных свойств кокса на состав и температурные границы области первичного шлако-металлического расплава.

На основании комплексности испытаний были разработаны качественные показатели агломератов, окатышей и руд исходя из современных требований доменной плавки.

Таким образом, изложенное позволяет утверждать, что наследие доменщика Некрасова З.И. не забыто и творчески, исходя из требований современного состояния сырьевых и топливных условий, развивается и приумножается. Достаточно сказать, что Институт черной металлургии является разработчиком конструкции футеровки горна доменной печи №9 «Криворожстали». Институт также является законодателем разработки проектного профиля модернизируемых и строящихся доменных печей на территории СНГ.