

Б. М. Бойченко, В. Б. Охотский, В. Л. Найдек*

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

QUO VADIS, металлургия?*

Представлены краткое содержание докладов и Решения XIV Международной научно-технической конференции «Теория и практика сталеплавильных процессов», проведенной в сентябре 2010 г. в Днепропетровске (Украина).

Ключевые слова: производство стали, кислород, конвертер, мартеновское производство, внепечная обработка чугуна, вторичная металлургия стали, непрерывная разливка, литейно-прокатные модули

Под таким девизом прошла XIV Международная научно-техническая конференция в Национальной металлургической академии Украины (НМетАУ, Днепропетровск) 13-15 сентября 2010 г., в которой приняли участие более 100 представителей вузов, НИИ, металлургических предприятий и фирм, проектных организаций из Украины, России, Германии, Грузии.

На пленарном заседании ректор НМетАУ чл.-кор. НАНУ А. Г. Величко подчеркнул значимость взаимодействия в системе производство-наука-образование, взаимного дополнения составляющих этой системы в решении проблем, стоящих перед металлургией. Особое значение в совершенствовании учебного процесса приобрело информационное обеспечение.

В докладе производственного объединения металлургических предприятий Украины «Металлургпром» проанализировано современное состояние сталеплавильного производства, состоящего из 21 кислородного конвертера, 15 электродуговых (ЭДП) и 35 мартеновских (МП) печей, выплавивших в 2009 г. 29,5 млн. т стали, 48,4 % которой было разлито на МНЛЗ. До 2015 г. намечено вывести 19 МП.

В докладе кафедры металлургии стали НМетАУ изложены результаты последних разработок в областях предварительной обработки чугуна; кислородно-конвертерного процесса, в частности значительного повышения стойкости огнеупорной футеровки конвертера и сталеразливочных ковшей; непрерывной разливки стали. Проанализированы основные направления совершенствования технологий в мировом сталеплавильном производстве.

Анализ украинского рынка лома, выполненный Приазовским государственным техническим университетом (ПГТУ, Мариуполь), показал, что продолжается опережающий рост цены лома по сравнению с ценой стали. Выравнивание цен на чугун и лом вызывает рост удельного расхода чугуна и снижение рециклинга, а также повышает рентабельность работ по подготовке амортизационного лома.

В докладе НМетАУ проанализированы мировые кризисы XX в. в металлургии, что позволило раз-

работать методы участия государства в их преодолении, которые были использованы Украиной в 2008-2009 гг. Особое значение в кризисных условиях приобретает человеческий фактор как в организации производства, так и освоении существующих и разработке новых технологий. К сожалению, предприятия вынуждены пользоваться зарубежными материалами, оборудованием и технологиями.

В разделе «Теоретические основы сталеплавильных процессов» ряд докладов посвящен физическому моделированию перемешивания ванны при комбинированной продувке в кислородных конвертерах (Донецкий национальный технический университет – ДонНТУ), Енакиевский металлургический завод – ЕМЗ), гидродинамике охладителя в наконечниках фурм для верхней продувки в кислородных конвертерах (ПГТУ), эжекции окружающей среды кислородными струями, в том числе и при электрическом воздействии (Институт черной металлургии Национальной академии наук Украины – ИЧМ НАНУ, Днепропетровск). Математическое моделирование осуществлялось применительно к тепловым процессам при использовании бокового дутья в условиях комбинированной продувки (Днепропетровский государственный технический университет – ДГТУ, факельному торкретированию конвертера и раздувке шлакового расплава (ПГТУ), газодинамической отсечке шлака (НМетАУ).

Исследованы рафинировочные процессы в кислородных конвертерах без и при наложении электрического потенциала в предположении образования в металле устойчивых группировок железа с растворенными в нем элементами, в том числе ванадием (ИЧМ НАНУ), а также гидродинамика обратного удара в обычных условиях и при получении особонизкоуглеродистой стали в продувочных процессах (НМетАУ).

Применительно к разливке стали рассмотрена электропроводность шлакового расплава (НМетАУ), коэффициенты сегрегации элементов при затверждении (НМетАУ), определены оптимальные размеры тугоплавких модифицирующих частиц («Азовсталь», Институт проблем материаловедения – ИПМ НАНУ).

*Куда идешь, металлургия?

В разделе «Подготовка сталеплавильного производства» приведены результаты десульфурации чугуна магнием в заливочных ковшах и данные о влиянии свойств ковшового шлака на потери чугуна (ИЧМ НАНУ), итоги использования для вдувания магния вращающейся фурмы (ДГТУ), характеристика изменений состава чугуна за время пребывания в миксере («Криворожсталь», НМетАУ), осуществлено математическое моделирование обжига карбонатов (НМетАУ).

В секции «Конвертерное производство» серия докладов, представленных Днепропетровским металлургическим заводом (ДМЗ им. Г. И. Петровского) и НМетАУ, была посвящена совершенствованию конвертерного производства на предприятии: использованию наконечников фурм с двухрядным размещением сопел, оптимизации шихтовки плавки, утилизации отходов металлургического производства, совершенствованию шлакового режима продувки и состава периклазоуглеродистых огнеупоров.

Проблемы стойкости наконечников кислородных фурм решались в исследованиях ПГТУ и НМетАУ. На ММК им. Ильича совместно с ПГТУ ведутся работы по совершенствованию шлакового режима, а на «Криворожстали» ДГТУ опробованы перемещающиеся газопорошковые фурмы для нанесения шлакового гарнисажа на футеровку.

Методами физического моделирования в НМетАУ продолжают работы по использованию тепла конвертерных газов для предварительного нагрева металлалома путем физического моделирования и разработки теплообменника бункерного типа.

Специалисты НМетАУ и ОАО «Интерпайп, Нижнеднепровский трубопрокатный завод» (НТЗ) проанализировали тепловую работу мартеновской печи, физико-химические процессы при окислении углерода и его усвоения из углеродсодержащих шихтовых материалов мартеновской ванной, а также провели опытные плавки по интенсификации процесса горения кислородом.

В связи с появлением многочисленных новых технологий и вспомогательных процессов в программе конференции был выделен раздел «Другие процессы».

Ряд докладов был посвящен использованию электроэнергии в других процессах: в НМетАУ определены затраты энергии на восстановление магния электродугой, погруженной в жидкий чугун, а в Донбасском государственном техническом университете (ДонГТУ) – электродуговое извлечение полезных элементов из отходов и вторичных материалов в железоуглеродистый расплав.

Для создания новых материалов используются СВС-синтез (НМетАУ), карбонитридное упрочнение (НМетАУ), наноструктурирование сталемедных композитов (ДГТУ, НМетАУ).

В НМетАУ путем математического моделирования проанализированы возможности жидкофазного восстановления при использовании комплекса непрерывного получения стали, оценены технико-экономические показатели последнего.

В разделе «Ковшовая металлургия» ряд докладов посвящен предварительному раскислению ста-

ли углеродом (Мариупольский металлургический комбинат – ММК им. Ильича, ПГТУ), теории и практике комплексного раскисления стали (НМетАУ, ММК им. Ильича, ПГТУ), получению стали с ограниченным содержанием кремния (ДонГТУ, Алчевский МК), оптимизации раскисления электростали (НМетАУ).

Комплекс работ посвящен перемешиванию металла в ковше (метод холодного моделирования) – ДонГТУ, при импульсной и циклической подаче нейтрального газа по технологии APS (TECHCOM GmbH, НМетАУ), различной компоновке донных дутьевых устройств в ковше-печи (ИЧМ НАНУ, МК «Азовсталь», ДГТУ), комбинированной верхнедонной продувке стали (МК «Запорожсталь», НМетАУ), импульсно-динамическим устройствам с использованием газообразующих магния и кальция (ООО «НТИ», Физико-технологический институт металлов и сплавов – ФТИМС НАНУ).

В разделе «Разливка стали в слитки» рассмотрены вопросы режима модифицирования литых хромистых сталей мартенситного класса (Институт металлургии и материаловедения (ИММ) Грузинской АН), высокотемпературного окислирования литейных форм (НМетАУ), образования шлаковых включений при сифонной разливке стали (НМетАУ).

Участники секции «Непрерывная разливка стали» заслушали доклады ДонНТУ о совершенствовании конструкции металлоприемника промковша применительно к МНЛЗ Енакиевского металлургического завода, моделировании деформации сортовой заготовки, образовании волн при возвратно-поступательном движении кристаллизатора. Доклады ДМЗ им. Петровского «AgborEngineering Ltd Украина» посвящены перспективному направлению – созданию литейно-прокатных модулей.

Развитие теоретических и технологических основ непрерывной разливки стали (НРС) нашло отражение в докладах о продолжительности полного затвердевания заготовки, физическом моделировании гидродинамических процессов в кристаллизаторе (НМетАУ), модифицировании металла нанопорошковыми инокуляторами (Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ) и ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат – ЗСМК), параметрах – НРС из перитектических марок и совершенствованию режима вторичного охлаждения (ПГТУ, МК «Азовсталь»).

Улучшение конструкции МНЛЗ и оборудования НРС возможно путем использования роторной машины для литья хрупких сплавов (ИММ, Грузия), центробежнолитых роликов для МНЛЗ (НМетАУ).

В секции «Алгоритмизация и автоматизация» участниками были заслушаны доклады об алгоритме расчета массы металлошихты для 350-тонного кислородного конвертера (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» – НТУУ «КПИ»), автоматизированной системе взвешивания жидкого чугуна в ККЦ ДМЗ им. Г. И. Петровского, применении вейвлет-анализа для определения уровня расплава в конвертере (НМетАУ).

В разделе «Экономика» представлены доклады о выявлении и исследовании гражданских требований к металлургической промышленности, об оценке возможности использования стали при определенных отклонениях по качеству, сопоставительной экономической оценке различных технологий внедоменной десульфурации чугуна (НМетАУ), влиянии параметров металлозавалки на технико-экономические показатели работы ЭСПЦ (СибГИУ).

Оргкомитет конференции выделил лучшие серии докладов ИЧМ НАНУ по внедоменной десульфурации чугуна магнием (проф. А. Ф. Шевченко) и ДонНТУ – по непрерывной разливке стали (проф. А. Н. Смирнов).

Материалы конференции опубликованы в журнале «Металлургическая и горнорудная промышленность» № 7, 2010 г.

Выполненный участниками конференции анализ развития металлургии в новой и новейшей истории показывает следующее:

Вчера

Металлургия вместе с мировой экономикой пережила 8 кризисов в XIX и 10 – в XX вв., в том числе Великую депрессию (1929 г.), когда рецессия в США, производивших 35 % всей мировой стали, достигла 75 %.

Уже в 80-х годах XIX в. началось синдицирование отечественных предприятий по предмету продаж, достигавшее 90 % для металлопродукции, что помогло преодолеть значительный кризис 1900 г., выход из которого, тем не менее, занял 10 лет. Наметились методы взаимодействия государства и металлургических фирм, помогавшие выходить из кризисных ситуаций: льготные железнодорожные тарифы, покровительственная система таможенных пошлин, защищавшая отечественную металлопродукцию на 70-125 %, государственные заказы и преференции наиболее крупным и надежным предприятиям.

Энергетический кризис 1975 г. в странах с либеральной экономикой также преодолевался во взаимодействии государства и металлургических компаний: создание холдингов с выдачей им государственных займов, регулирование производства стали и базовых цен, ограничение импорта и лицензирование экспорта, координация величины складских запасов и технологической политики, предпочтение крупным фирмам. Выход из кризиса занял у государств Большой семерки (G7) до 10 лет. В этот период выделенные государствами средства на модернизацию производства обеспечили рост доли (%) конвертерной стали с 58 до 71, электропечной – с 17 до 26, разливаемой непрерывно – с 12 до 35. Однако после кризиса ни одна из стран G7 не превысила масштабы докризисного производства стали из экономических соображений.

Государственная экономика нашей страны защитила металлургию от кризиса, но не смогла модернизировать ее из-за недостатка средств.

В только что начавшемся XXI в. уже разразилось два кризиса.

Украинская металлургия, достигшая в 1996 г. минимального производства стали в 17,8 млн. т и еще не вовлеченная в глобализационные процессы, не особенно пострадала от кризисной ситуации 1998 г. и в дальнейшем сумела достигнуть определенных успехов. Однако мировой кризис 2008 г., как отмечалось в резолюции съезда металлургов и горняков Украины от 04.03.08, вызвал снижение рентабельности производства на 25 %, рост цен на все виды ресурсов – 34 % и транспортные услуги – 21 %. Производство стали уменьшилось на 56 % и составило 29,5 млн. т в 2009 г. Объем ежегодных инвестиций сократился с 10,5 (2007 г.) до 8,6 млрд. грн. (2009 г.). Украинская металлургия интересна для зарубежных инвесторов только как возможный объект для вложения избыточного капитала.

Для помощи металлургии государство использовало все те методы, которые были наработаны еще в начале XX в., что несколько смягчило ситуацию. Эти же методы были использованы и странами с традиционно либеральной (США, ЕС) и государственной (КНР) экономикой, в частности металлургические фирмы КНР получили от правительства помощь в размере 570 млрд. долларов США.

Несмотря на это общемировое производство стали сократилось на 16 %, а мнения экспертов относительно сроков выхода из кризиса расходятся.

Кризис в металлургии является в определенной степени результатом стагнации инноваций. Последний новый процесс CONSTEEL (США, 1986 г.), непрерывная разливка заготовки, приближающаяся по размеру к конечному продукту (США, Германия, Япония, 1986-1988 гг.), не получили широкого распространения из-за технических затруднений. Идет тиражирование старых проверенных решений из-за ограниченности средств для нового поиска.

Во всем мире металлургия непривлекательна для молодежи, что ограничивает приток в нее талантливых представителей. В Украине положение усугубляется менее совершенной, чем зарубежная, парадигмой образования. В зарубежной средней школе учащиеся индивидуально тестируются на склонность к гуманитарной, естественно-технической или производственной деятельности, что обеспечивает индивидуальный выбор профессии, а в вузе студент работает по индивидуальной программе. В отечественной же системе все учащиеся школы опекаются одним вузом, что порождает монополию в отборе талантливой молодежи вузами с престижными в глазах молодежи (не всегда в глазах государства) профессиями, а в вузе обучение идет по стандартной в пределах учебной группы программе. Попытки МОН внедрять элементы индивидуальной подготовки в соответствии с п. 2.4 и 3.7 Приказа № 161 от 02.06.93 оказались безуспешными как в силу коллективистского отечественного менталитета, так и сложности организации в условиях ограниченных возможностей и степени автономии вузов.

Сегодня Фонд В. М. Пинчука проводит значительную работу по выявлению талантливой молодежи в масштабах всей Украины, в то же время другие отечественные корпорации, базирующиеся на металлургии (Метинвест, ИСД и другие), не проявляют такой активности. Зарубежные фирмы ищут своих будущих сотрудников еще на студенческой скамье.

Завтра: QUO VADIS, металлургия?

В 1995 г. Кабинет министров Украины представил в Верховный Совет аналитический доклад о возможных последствиях вступления страны в ВТО. Предполагалось, что оно будет полезным для металлургического и химического производств и отрицательно скажется на машиностроении и сельском хозяйстве.

Высокие темпы развития металлургии КНР дали ей возможность увеличить свое присутствие на внешнем рынке с 290 до 420 млн. т стали в год. Очередной пятилетний план Индии предполагает довести производство стали до 125 млн. т.

Несмотря на продолжающийся кризис, производственное объединение металлургических предприятий Украины «Металлургпром» (ген. директор – В. С. Харахулах) планирует к 2015 г. увеличить производство конвертерной стали на 12,6 млн. т (ДМК, КрМК, ЗапМК), электропечной – на 3,1 (ДМЗ, НТЗ), сократить производство мартеновской стали на 7,3 млн. т в год.

Анкетирование участников конференции показало, что 80 % респондентов ответили на вопросы открыто и 20 – анонимно, в том числе 54 % – представители заводов, 31 – институтов, 15 – зарубежных фирм, из которых 50 % были руководящими работниками, 12 – преподавателями, имеющими ученую степень, в 27 случаях, и ученое звание – 20.

50 % получили высшее образование в ДМетИ – НМетАУ, остальные в других вузах: до 2000 г. – в 57, а позже – в 43 % случаев.

Знают, что Украина вступила в ВТО, 67 % опрошенных, но выиграла ли она от этого – не знают 93 %, что указывает на недостаточность государственной информации по этому вопросу.

Верное представление о значимости металлургии для экономики страны у 73 %. 93 считают, что в связи с этим она, по крайней мере частично, должна находиться в государственной собственности, хотя только 20 % находят действия правительства в от-

ношении к металлургии адекватными кризисной ситуации.

По поводу возможности возврата мировой металлургии к темпам докризисного развития оптимистично настроены 74 %, а украинской металлургии – 80 %.

Продолжительность выхода из кризиса менее 5 лет назвали 20 % опрошенных, до 10 лет – 20, до 15 лет – 13, а остальные воздержались от ответа.

Участники конференции решили:

1. Отметить большую значимость и поддержать взаимодействие Кабинета Министров Украины и металлургических предприятий, организационно объединенных в ПО «Металлургпром». Обратит внимание на возможность использования отечественного опыта 1900-х годов по созданию объединений не по производственному, а по сбытовому принципу.

2. Обратиться в министерства образования и науки своих стран с просьбой о распределении бюджетных средств по принципу преференций тем вузам, которые готовят специалистов по остродефицитным специальностям, являющимся приоритетными для государства. Для этого необходимо в расходной части, связанной с финансированием вузов, выяснить условно постоянную часть, например 50 %, распределяющуюся между всеми вузами министерства по существующей схеме. Вторую половину распределять между вузами, имеющими преференцию, пропорциональную их значимости для государства. Последняя согласовывается министерствами с правительством.

3. Просить Кабинет Министров и Верховный Совет Украины обнародовать показатели для экономики (в том числе металлургии), связанные с пребыванием страны в ВТО в докризисный и кризисный периоды и его дальнейшие перспективы.

4. Поддержать работу Фонда В. М. Пинчука в поиске талантливой молодежи. Просить другие корпорации Украины (Метинвест, ИСД и другие) активизировать свою деятельность в этом направлении. Рекомендовать им использовать зарубежный опыт взаимодействия в связке фирма-студент.

5. Поручить Оргкомитету конференции разослать это решение компаниям, вузам и ассоциациям металлургического профиля, заинтересованным министерствам и ведомствам.

Анотація

Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Найдєк В. Л.
QUO VADIS, металургія?

Наведено короткий зміст доповідей та Рішення XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія і практика сталеплавильних процесів», що відбулася у вересні 2010 р. у Дніпропетровську (Україна).

Ключові слова

виробництво сталі, кисень, конвертер, мартенівське виробництво, позапічна обробка чавуну, вторинна металургія сталі, безперервне розливання, ливарно-прокатні модулі

Short maintenance of lectures and Decision of XIV of the International scientific and technical conference "Theory and practice of steel-smelting processes", held in September, 2010 in Dnipropetrovsk (Ukraine) were presented.

УДК 669.17.046: 001.891.573

**В. П. Пиптюк, В. Ф. Поляков, С. Е. Самохвалов*, С. В. Греков,
Е. Н. Дымченко**, Р. Р. Гнып***

Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

* Днепродзержинский государственный технический университет, Днепродзержинск

** ОАО «Енакиевский металлургический завод», Енакиево

Влияние некоторых факторов на перемешивание расплава при его обработке на установке ковш-печь средней мощности

Приведены результаты численного исследования влияния конструктивно-компоновочных и технологических факторов на перемешивание расплава при его обработке на установке ковш-печь переменного тока средней мощности.

Ключевые слова: установка ковш-печь, продолжительность перемешивания расплава, расход аргона, конусность ванны, расположение фурм, масса плавки

Введение.

Несмотря на значительное число публикаций о механизме плавления твердой добавки и ее гомогенизации в железоуглеродистом расплаве, эти процессы остаются недостаточно изученными, а имеющаяся информация по данному вопросу в ряде случаев противоречива и требует уточнения. Из ранее опубликованных работ [1, 2] известно влияние условий перемешивания расплава в ковше на эффективность вводимых добавок. В то же время характер перемешивания расплава в этих работах определен без учета ряда конструктивных и технологических факторов, воздействие которых существенно. Например, для равномерной продувки расплава через две фурмы (25-300 л/мин) на установке ковш-печь (УКП) средней мощности (25 МВ·А) с ковшем вместимостью 140 т выявлена зависимость массопереноса от расположения донного продувочного узла в цилиндрической ванне [3-5]. К числу ранее не учтенных параметров также относятся конусность ванны ковша, режим (равномерный, дифференцированный, через одну фурму) и интенсивность продувки аргоном,

масса плавки, радиус расположения и угол между фурмами.

Цель работы. Цель настоящих исследований – изучение влияния вышеуказанных конструктивных и технологических факторов на параметры и характер нестационарного и квазистационарного массопереноса, а также продолжительность перемешивания расплава при обработке на УКП переменного тока средней мощности.

Метод и объект исследования. Исследования осуществляли методом моделирования с использованием разработанной в ДГТУ усовершенствованной трехмерной математической модели массопереноса [6], адаптированной к УКП такого типа и мощности (по исходным данным ИЧМ [7]). В качестве объекта исследования рассматривали УКП конструкции Новокраматорского машиностроительного завода (НКМЗ), эксплуатируемые в условиях ЕМЗ. Для оценки влияния переменных факторов полученные результаты сравнивали с базовым вариантом (масса металла $Q = 140$ т; конусность ванны ковша $K_k = 2,8^\circ$; радиус расположения продувочного блока R_ϕ из двух фурм