

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Харченко Александра Сергеевича
**«Интерактивная система энергоресурсосбережения при выплавке
чугуна в доменных печах, оснащенных лотковым загрузочным
устройством: научно обоснованные технологические решения»**,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность темы.

Объем производства черных металлов ежегодно увеличивается и в настоящее время мировое производство стали превышает 1,8 млрд т/год. За последние 10 лет увеличение стали на душу мирового населения превысило 7 %, что обусловлено темпами роста экономики. Сохранение таких темпов роста до 2030 года позволит достигнуть мирового производства стали 2,4 млрд т/год. Несмотря на ежегодное увеличение образующегося в мире лома основным материалом для получения стали остается чугун. За последние 10 лет мировое его производство увеличилось на 35 % и по состоянию на 2018 год составляет 1,2 млрд т/год. Наряду с увеличением объемов производства стальной продукции повышаются требования к ее качеству по вредным примесям, цветным металлам. В связи с этим возрастает потребность производства стали из первородного сырья. В среднем за последние восемь лет отношение производств чугуна к стали в России увеличилось на 2,4 %. И в дальнейшем роль чугуна при выплавке качественного металла будет увеличиваться. Более половины чугуна в мире выплавляется на доменных печах оснащенных бесконусным загрузочным устройством лоткового типа. На металлургических предприятиях России такими ЗУ оснащены 14 доменных печей ведущих металлургических комбинатов которые производят порядка 50% чугуна.

В связи с этим комплексное исследование автора диссертации, направленное на совершенствование процесса выплавки чугуна в доменных

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
№	_____
Дата регистрации	04.02.2020
Фамилия регистратора	_____

печах, оснащенных бесконусным загрузочным устройством лоткового типа, с использованием разработанной автором интерактивной системы управления для решения задачи энергоресурсосбережения является весьма актуальным.

Общая характеристика работы

Диссертация включает 6 глав, заключение, список используемых источников из 517 наименований и 27 приложений.

В первой главе рассмотрены современные теоретические и практические разработки по металлургии чугуна в российской и мировой практике. Проанализированы параметры технологии плавки, оказывающие существенное влияние на технико-экономические показатели работы доменных печей и длительность их работы между ремонтами, качество чугуна. Изучена известная информация по распределению компонентов шихты и газа по окружности и радиусу, искажению рабочего профиля печи из-за образования настывлей и истирания футеровки, промывке горна доменных печей, влиянию качества кокса в горячем состоянии на дренажную способность горна. Изучены методы оценки неравномерности распределения материалов и газов по окружности печи, закономерности истечения сыпучих материалов из бункера загрузочного устройства в колошниковое пространство. Показана важность локального воздействия на лимитирующие зоны и процессы доменной плавки путем применения комплексного подхода в виде интерактивной системы, включающей:

- физическое и математическое моделирование процессов доменной плавки;
- анализ условий и прошлого опыта работы доменных печей с выявлением лимитирующих зон и процессов;
- программу и проведение опытных плавков в реальных производственных условиях по изучению воздействия различного вида на лимитирующие зоны и процессы;
- технологическое сопровождение тестируемых специальных режимов;

- включение рекомендуемых режимов в технологическую инструкцию «Ведение доменной печи»;
- внедрение полученных результатов.

Исходя из выявленных научных проблем, сформирована цель диссертационной работы, заключающаяся в разработке новых, научно обоснованных технологических решений локального воздействия на лимитирующие зоны доменной плавки при выплавке чугуна в печах, оснащенных лотковым загрузочным устройством, структурированных в интерактивную систему, использование которой позволит рационально потреблять ресурсы и снижать безвозвратные потери.

Во второй главе представлены результаты физического и математического моделирования загрузки шихтовых материалов бесконусным загрузочным устройством лоткового типа в колошниковое пространство печи. Описана методика проведения исследований на установке бесконусного загрузочного устройства лоткового типа, представлены показатели оптимизации процесса загрузки. Обработку данных диссертант производил с использованием современных методов статистической обработки результатов исследований: дисперсионным, каноническим и регрессионным анализами.

Исследованы различные параметры загрузки: последовательность набора компонентов шихты в бункер БЗУ, степень заполнения бункера БЗУ, угол открытия шихтового затвора в интервале 35-60° для выпуска материалов из бункера БЗУ, содержание окатышей в интервале 10-90% от железорудной части шихты, расход добавочных материалов, таких как коксовый орешек, промывочные материалы в интервале 0-13% от массы материалов, загружаемых в бункер БЗУ.

Представлены математические зависимости очередности и равномерности поступления компонентов шихты по видам и крупности при различных режимах загрузки

Результатом главы 2 являются разработанные новые рациональные режимы загрузки шихты бесконусным загрузочным устройством в доменную

печь, обеспечивающие повышение равномерности распределения ее компонентов по окружности колошника, локальное их поступление в заданное пространство колошника по радиусу при выгрузке материалов в смеси.

Разработанные режимы позволяют решать задачи:

- снижения удельного расхода кокса и повышения производительности печи;
- удаления настыли на футеровке шахты;
- формирования гарнисажа на стенках шахты, заплечиков и горна печи;
- промывки различных зон горна – периферия, рудный гребень, центральная часть и промежуточные зоны между ними.

Результаты физического и математического моделирования послужили основанием для получения свидетельств о государственной регистрации 5 программ для ЭВМ.

В третьей главе представлена разработанная и теоретически обоснованная методика оценки неравномерности распределения материалов и газов по окружности печей на основе χ^2 – статистики. Методика апробирована во взаимосвязи с разработанными рациональными режимами загрузки железорудных и добавочных материалов на доменных печах №№ 2,4,6 и 9 ПАО «ММК». Установлена взаимосвязь коэффициента неравномерности распределения железорудных материалов и коксового орешка с показателями основных процессов, проходящих в доменной печи:

Результаты проведения промышленных экспериментов наряду с физическим моделированием послужили основанием для получения патента РФ на изобретение «Способ загрузки доменной печи».

В четвертой главе приведены рациональные режимы загрузки шихтовых материалов в зависимости от технического состояния печи. Разработаны и обоснованы параметры режимов загрузки шихтовых материалов в колошниковое пространство, обеспечивающие сохранение текущих тепловых нагрузок на системы охлаждения составляющих футеровки при ее разгаре или возникновении риска ускоренного истирания

с удалением настыли в шахте. Разработаны режимы формирования гарнисажа в горне, способы эффективного уменьшения тепловых нагрузок на холодильники в нижней части доменных печей, оснащенных компактным БЗУ лоткового типа.

Представлены проекты изменений в технологическую инструкцию «Ведение доменной печи» ПАО «ММК» и акты внедрения.

Технология доменной плавки, обеспечивающая в условиях роста доли окатышей сохранение величины тепловых нагрузок на систему охлаждения печи на рациональном уровне в пределах 40-50⁰С, удостоена серебряной медали лауреата Международной промышленной выставки «МЕТАЛЛ-ЭКСПО» в 2017 году .

В пятой главе приведены разработанные автором энерго- и ресурсосберегающие технологические параметры доменной плавки при работе печи с верхней лимитирующей по газодинамике зоной. Апробированы режимы, выявленные физическим и математическим моделированием, загрузки коксового орешка в колошниковое пространство печи. Разработаны технологические приемы загрузки компонентов шихты в зависимости от горячей прочности железорудных материалов и их температуры.

Шестая глава посвящена локальному воздействию параметрами загрузки и дутья на ход процессов в печи при определяющей роли горна. Разработана и реализована технология загрузки материалов, обладающих промывочными свойствами, в зону горна печи с наихудшей дренажной способностью. Предложены режимы совместной загрузки коксового орешка и промывочных материалов.

Представлен научно обоснованный механизм влияния реакционной способности и горячей прочности кокса на коэффициент сопротивления шихты движению газового потока в нижней части печи с выявлением роли расхода природного газа. Установлены рациональные соотношения расходов природного газа и кислорода в зависимости от условий работы печи по CRI в интервале 30-45 %.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждена комплексом исследований, проведенных на реальных доменных печах ПАО «ММК» и физической модели БЗУ, которая соответствует основным критериям подобия загрузочному устройству работающей доменной печи, высоким уровнем сходимости результатов моделирования и промышленных испытаний, актами внедрения в производство, использованием современных программных средств и методик при проведении моделирования.

Научная ценность и практическая значимость результатов диссертации

Научная ценность результатов исследования заключается в разработке и развитии теории локального воздействия на лимитирующие зоны и процессы доменной плавки с использованием разработанной автором интерактивной системы. Теоретически обоснованы рациональные режимы загрузки агломерата, окатышей, марганцевой, железной, титаномагнетитовой руд, конвертерного шлака, коксового орешка в зависимости от условий работы печи. Установлена взаимосвязь новых, теоретически обоснованных предложений по технологии локальной загрузки на формирование слоя шихты в колошниковом пространстве, газодинамический режим, интенсивность по дутью, газу и шихтовым материалам, горение топлива, восстановление железа из оксидов, тепловую работу печи по зонам, дренаж продуктов плавки в горне. При этом новые научные знания соответствуют фундаментальным положениям теории доменного процесса, движению сыпучих сред, газового потока, жидкостей, теплопередачи, массообмена, горения топлива.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработаны, проверены и внедрены новые, научно обоснованные

технологические решения локального воздействия параметрами загрузки и дутья на процессы и зоны лимитирующие ход доменной плавки для повышения производительности печи, снижения удельного расхода кокса, повышения качества чугуна и сохранения геометрических параметров рабочего профиля. Использование разработок, позволяет получить значительный экономический эффект за счет экономии энергоносителей и повышения производительности. Большая часть разработок внедрена в производство.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

По теме диссертации опубликовано 78 научных трудов, из них 32 публикации в рецензируемых журналах (10 статей – в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus и 22 статьи – в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ), 1 монография, 1 патент РФ на изобретение, 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Харченко А.С. соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Замечания по диссертации

1. Для оценки равномерности распределения материалов и газов по окружности печи можно применять и применяются известные существующие методики. Не совсем ясно, чем вызвана необходимость разработки новой методики оценки распределения шихтовых материалов и газов на основе χ^2 – статистики и в чем ее преимущество.

2. В практической значимости и в заключении указано, что повышение доли окатышей с 30-35 до 50-55 % при их размещении в пристеночной зоне колошника обеспечило уменьшение толщины настыва в шахте печи среднем

на 80 мм. Каким образом оценивали это изменение? Кроме этого, по мнению рецензента, в работе было бы полезным рассмотреть не только меры борьбы с настылями, но и дать рекомендации по предотвращению их образования.

3. Существует мнение, порой оправданное, что доменные печи, оснащенные БЗУ имеют технико-экономические показатели несколько хуже, чем печи с традиционными конусными загрузочными устройствами. С чем это связано и чем объясняется все-таки тенденция к оснащению доменных печей БЗУ?

4. Из материалов диссертации следует, что в одном случае повышение горячей прочности (CSR) улучшает работу печи, в другом случае положительное влияние оказывает повышение реакционной способности кокса (CRI). К чему следует стремиться коксохимикам и какие характеристики кокса все-таки являются оптимальными.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, которая вносит существенный вклад в теорию, технологию и практику доменного производства, является продолжением и развитием школы доменщиков МГТУ и ММК.

Заключение по диссертации

Диссертация Харченко А.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором на высоком научном уровне по тематике хоздоговорных НИР и государственного задания Министерства образования и науки РФ и на актуальную тему.. В ней изложены новые научно обоснованные технологические и практические решения по локальному воздействию на лимитирующие зоны и процессы доменной плавки при выплавке чугуна в печах, оснащенных лотковым загрузочным устройством, структурированные в интерактивную систему управления, использование которой позволяет улучшить технико-экономические показатели доменной плавки за счет рационального использования ресурсов и снижения безвозвратных потерь.

Диссертация в целом соответствует требованиям п.9-11 и 13,14 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к докторским диссертациям и заслуживает положительной оценки, а ее автор Харченко Александр Сергеевич достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Директор инновационного
научно-учебного центра «Ромелт».
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС»,
доктор технических наук
по специальности
05.16.02 – Metallургия черных,
цветных и редких металлов

Валавин
Валерий Сергеевич

119049, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 4.
Тел.: +7 (495) 955-00-19.
E-mail: valavin@misis.ru

Я, Валавин Валерий Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Харченко Александра Сергеевича, и их дальнейшую обработку

подпись

ПОДПИСЬ _____ ЗАВЕРЯЮ _____
Проректор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ «МИСиС» _____

