

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования

"Сибирский государственный
индустриальный университет"
(СибГИУ)

ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк
Кемеровской обл., 654007
Тел.: (3843) 46-35-02. Факс (3843) 46-57-92
E-mail: rector@sibsiu.ru
http://www.sibsiu.ru

22.09.2017 № 01-3/2930

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и
инновациям, д.т.н., профессор
Темлянец Михаил Викторович



« 22 » сентября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Истомина Александра Сергеевича на тему: «Разработка логико-динамической модели с целью повышения эффективности выплавки чугуна в доменной печи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgy of black, colored and rare metals

Актуальность темы

В настоящее время доменный процесс является наиболее сложным и самым энергоемким звеном в схемах производства черных металлов. Одним из перспективных направлений совершенствования технологии выплавки чугуна и повышения ее энергетической эффективности служит разработка и внедрение интеллектуальных систем управления доменной печью, включающих блоки прогнозирования. Однако, это направление имеет целый ряд не решенных научных и технологических задач. Нашедшие практическую реализацию математические модели, применяемые для управления доменной плавкой в режиме реального времени имеют существенные недостатки, ограничивающие область их применения и эффективность внедрения. Практически отсутствуют математические модели, позволяющие в режиме реального времени с учетом динамики процесса, прогнозировать тепловой, газодинамический и шлаковый режимы доменной плавки. В связи с этим автором выбрана

актуальная тема диссертационного исследования, имеющая большое отраслевое значение.

Структура диссертации логична, материал представлен последовательно. Диссертационная работа изложена на 181 странице машинописного текста, включая 41 рисунок, 18 таблиц, и состоит из общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка из 133 источников и 6 приложений.

Во введении сформулированы актуальность темы, цели и задачи работы, дана характеристика ее научной новизны и практической ценности, отражены внедрение результатов работы и ее апробация, приведены структура и объем диссертации.

В первой главе диссертантом на примере доменного производства проведен анализ состояния вопроса в области решения задач управления сложными металлургическими агрегатами. Рассмотрены современные тенденции развития систем поддержки принятия решений для решения комплекса технологических задач сложных технологических систем в металлургии, особенности управления доменной плавкой в современных условиях. На основании анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы. Проведенный литературный обзор показывает умение автора критически анализировать и систематизировать сведения и данные по исследуемой проблеме, высокую эрудированность и квалификацию диссертанта в области математического моделирования металлургических процессов доменной плавки, особенностей протекания переходных процессов в доменной печи.

Во второй главе рассмотрены вопросы функционального моделирования, структурной декомпозиции системы поддержки принятия решений для управления доменной печью в режиме реального времени с учетом современных требований к технологии выплавки и качеству чугуна. С использованием системного подхода разработана структура логико-динамической системы поддержки принятия решений для управления доменной печью в режиме реального времени. Выделены две основные подсистемы – диагностики состояния и отклонений хода доменной плавки от нормального режима, а также диагностики теплового состояния доменной печи с учетом динамики доменного процесса. Выделены основные ее блоки, определены входные и выходные параметры, параметры состояния каждой из подсистем.

В третьей главе представлено математическое, алгоритмическое и информационное обеспечение логической подсистемы диагностики хода доменной плавки. Выполнен анализ технологических основ распознавания нормального режима и видов отклонения доменной плавки от нормального режима. Предложены количественные критерии вероятности нормальной работы доменной печи и отклонений от нормального режима, выполнено их ранжирование. Усовершенствована математическая модель диагностики состояния и прогнозирования хода доменной плавки УрФУ за счет разработки логической подсистемы, использующей комплекс контролируемых и расчетных параметров. Предусмотрена диагностика следующих отклонений от нормального режима доменной печи:

- нарушение устойчивости газового потока (периферийный, центральный газовые потоки);
- нарушение теплового режима плавки (горячий и холодный ход плавки);
- нарушение ровного схода шихты в печи (подвисяние шихты: верхнее и нижнее, тугой ход).

В четвертой главе приведено математическое, алгоритмическое и информационное обеспечение подсистемы прогнозирования хода доменной плавки в режиме реального времени, выполнено математическое моделирование процессов нестационарного теплообмена в слое отдельно к условиям верхней и нижней ступеней теплообмена. В основе расчета динамических характеристик доменной печи соискателем использованы фундаментальные знания по теории и практике современного доменного процесса, а также общие закономерности переходных процессов, полученные сотрудниками ВНИИМТ при использовании динамической модели доменного процесса. Показано, что динамические характеристики доменных печей по различным каналам воздействий изменяются и существенно зависят от свойств проплавляемого сырья, конструктивных и режимных параметров работы печей.

В пятой главе приведены примеры решения технологических задач анализа и прогнозирования работы доменных печей с использованием логико-динамической модели. Разработано программное обеспечение «Распознавание вида отклонений доменной плавки от нормального режима», позволяющее выявить:

- признаки отклонения хода доменной плавки от нормального режима;

- тенденции к развитию периферийного и осевого газового потока;
- тенденции к развитию горячего и холодного хода доменной печи;
- склонности к образованию верхнего и нижнего подпояса шихты.

Тестовые испытания пакета прикладных программ свидетельствуют о корректности получаемых результатов для решения указанных задач.

В заключении приведены основные научные и практические результаты диссертационной работы, а также перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Значимость результатов, полученных автором диссертации, для науки:

1. Разработаны принципы создания логико-динамической модели подсистемы поддержки принятия решений для стабилизации параметров доменной плавки в режиме реального времени.
2. Предложены и обоснованы количественные критерии и алгоритмы их расчета для оценки диагностики нормального режима работы доменной печи, а также отклонений от нормального режима.
3. В количественном выражении исследованы переходные процессы доменной плавки по различным каналам управления и показано, что динамические характеристики доменных печей существенно зависят от металлургических свойств проплавляемого сырья и режимных параметров работы печей. Колебательный переходный процесс в доменной печи наблюдается в том случае, если после внесения возмущения оно будет оказывать противоположное влияние на тепловое состояние нижней и верхней ступеней теплообмена. Величина перерегулирования при этом будет тем больше, чем существеннее по величине и по знаку это различие.

Значимость результатов, полученных автором диссертации, для практики:

1. Усовершенствована математическая модель диагностики состояния и прогнозирования хода доменной плавки УрФУ-ММК за счет разработки блока логической модели, использующей комплекс контролируемых и расчетных параметров. Разработано соответствующее алгоритмическое и программное обеспечение, которое может быть использовано в режиме советчика мастера для выбора управляющих воздействий.

2. Разработаны и встроены в математическую модель доменного процесса, разработанную в УрФУ-ММК, блоки учета динамики процесса, а также соответствующее алгоритмическое и программное обеспечение. Показано, что по каналу содержания кремния в чугуне наиболее предсказуемыми параметрами, влияющими на колебания кремния в чугуне, являются изменения рудной нагрузки, влажности дутья, а также основности шлака. Изменение концентрации кислорода в дутье и расхода природного газа не желательно использовать в качестве параметров для регулирования содержания кремния в чугуне. Это связано со знакопеременным характером влияния этих параметров на тепловой режим плавки. Принятие необоснованных решений по установлению параметров расхода природного газа и концентрации кислорода в дутье для регулирования содержания кремния в чугуне может привести к результату, противоположному ожидаемому.
3. Использование математических моделей в современной информационно-моделирующей системе позволит обеспечить повышение эффективности управления доменной плавкой в режиме реального времени в условиях нестабильности состава и качества проплавленного железорудного сырья и параметров комбинированного дутья. Материалы работы внедрены в учебный процесс в ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» и переданы управлению информационных технологий ПАО «ММК» для испытаний.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанные диссертантом принципы создания логико-динамической модели подсистемы поддержки принятия решений для стабилизации параметров доменной плавки в режиме реального времени, обоснованные количественные критерии и алгоритмы их расчета для оценки диагностики нормального режима работы доменной печи, а также отклонений от нормального режима, детерминированная математическая модель динамики доменного процесса благодаря своей универсальности могут быть рекомендованы другим предприятиям черной металлургии, имеющим доменное производство (НЛМК, Северсталь, ЕВРАЗ НТМК, Тулачермет и др.).

Достоверность и обоснованность полученных результатов исследования, выводов и рекомендаций подтверждаются технико-экономическими показателями работы доменных печей; корректностью модели, основанной на закономерностях физико-химических, гидро-газодинамических процессов, протекающих в доменной печи; положениях теорий металлургических процессов, тепло- и массообмена; обобщением и формализацией опыта инженерно-технологического персонала по управлению доменной плавкой.

Замечания по работе. Отмечая достаточно качественное оформление автореферата и диссертации по изложению и содержанию текста имеются некоторые замечания:

1. При описании в главах 3,4,5 разработанного диссертантом комплекса математических моделей диагностики состояния и прогнозирования хода доменной плавки, динамики процесса недостаточно внимания уделено адаптации и проверке адекватности моделей.
2. Автор диссертации отмечает, что «...анализ нелинейности доменного процесса показал, что при решении задач прогнозирования в силу относительно небольшого отклонения параметров от базового состояния достаточно использовать линеаризованные зависимости» (стр. 73). Однако научного обоснования этого допущения в работе не представлено.
3. Соискатель только констатирует, что для определения вида и показателей переходного процесса (апериодический, колебательный, величина максимального динамического отклонения, перерегулирования, длительность переходных процессов, оцениваемая в оборотах материалов) использовали результаты расчетов переходных процессов по модели ВНИИМТ, но не раскрывает это положение. Каким же образом учитывались в этом случае сырьевые и режимные параметры работы конкретной доменной печи?
4. При моделировании динамики доменного процесса автором учтено влияние комплекса контролируемых основных параметров (рудная нагрузка, расходы природного газа и технологического кислорода, температуры и влажности горячего дутья, основности шлака). Однако отсутствует оценка влияния сложного комплекса других контролируемых и неконтролируемых возмущений, что

усложняет решение научной проблемы прогнозирования теплового состояния печи в темпе с процессом.

5. Таблица 4.1 на стр. 83 имеет не рациональную форму. Логичнее сконцентрировать расчетные данные в столбце «Прогноз». По представленному формату не совсем ясно одинаковые или различные параметры автор обозначает как «Содержание кремния в чугуна, %» и «Прогнозное содержание кремния, %», «Производство, т/сут» и «Прогнозная производительность, т/сут» ?
6. На стр. 87 представлен рисунок 4.16, к которому автор дает комментарий, что при увеличении основности шлака наблюдается снижение концентрации кремния в чугуна, однако линия тренда, представленная на рисунке имеет экстремальный характер с минимумом в области основности равной 1,1, а далее с ее увеличением содержание кремния начинает расти. Это несоответствие требует пояснения.
7. Отсутствует оценка экономической эффективности разработок автора или прогнозного экономического эффекта от их внедрения.

Заключение

Переходя к общей оценке квалификационной работы, следует отметить ее актуальность, научную новизну и практическую значимость. Отмеченные замечания не снижают общую положительную оценку работы, которая в целом выглядит завершенной.

Диссертационная работа Истомина А.С. выполнена на достаточно высоком научном уровне, написана в хорошем стиле, аккуратно оформлена. Все выводы, как по отдельным главам, так и по работе в целом, убедительно обоснованы. Теоретические выводы работы аргументированы и прошли широкую апробацию на научно-практических конференциях различного уровня. Основные положения диссертации опубликованы в 16 научных работах, в том числе 5 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, из них 2 статьи представлены в изданиях, индексируемых в Scopus (WOS). Автором получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат и опубликованные материалы отражают текст диссертации. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК России.

Диссертация Истомина Александра Сергеевича имеет внутреннее единство и является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, в которой, в результате проведенных автором исследований, решена актуальная научная проблема – повышение эффективности выплавки чугуна в доменных печах с применением логико-динамической модели доменной плавки, имеющая важное отраслевое значение. На основании вышеизложенного считаем, что работа соответствует критериям, установленным п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г.), а её автор, Истомин Александр Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертационная работа и отзыв на неё рассмотрены и заслушаны на заседании кафедры металлургии черных металлов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» (протокол № 2 от «20» сентября 2017 г.).

Заведующий кафедрой
металлургии черных металлов,
к.т.н., доцент

Фейлер Сергей Владимирович

Ученый секретарь
кафедры металлургии
черных металлов, доцент

Чернышева Наталья Анатольевна

Подписи Фейлера Сергея Владимировича и
Чернышевой Натальи Анатольевны
«Заверяю»

Начальник отдела кадров

Дрепина Татьяна Анатольевна

