

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертационную работу Запольской Екатерины Михайловны
по теме «Совершенствование ресурсосберегающих технологий
высокотемпературного разогрева и повышение стойкости
алюмопериклазоуглеродистых футеровок сталеразливочных ковшей»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Актуальность темы

Современное сталеплавильное производство характеризуется высоким уровнем ресурсо- и энергоемкости. Значительную долю ресурсов при этом составляют огнеупорные материалы. Диссертация Е.М. Запольской посвящена снижению удельных расходов огнеупоров на тонну производимой стали. Тематика, связанная с ковшевыми огнеупорами, в настоящее время является одной из наиболее актуальных для сталеплавильного производства, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в журналах и сборниках научных трудов, а так же высокий спрос предприятий на мероприятия, обеспечивающие повышение стойкости футеровок и межремонтного срока службы сталеразливочных ковшей.

Подтверждением актуальности диссертации является выполнение исследований в рамках госзадания Минобрнауки РФ НИР № 1622ПГЗ и в соответствии с планом научно-исследовательских АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (договор № ДГЗС7-017364 от 01.04.2016 г.).

Структура и содержание диссертации

Представленная диссертационная работа изложена на 141 стр., включает введение, в котором обосновывается актуальность темы исследования, пять разделов, выводы по каждому разделу, общее заключение по работе, список использованной литературы (129 источников) и приложения (справки о применении результатов диссертационной работы в производстве и в учебном процессе).

Первый раздел «Современное состояние вопроса и постановка задач исследования», посвящен обзору специальной технической литературы по тематике ис-

следования. Автор охватил широкий спектр вопросов, связанных с ковшевыми огнеупорами, с достаточной глубиной анализа хронологии развития конструкции стендов для разогрева футеровок и применяемых теплотехнологий. На основе проведенного обзора литературы сформулированы задачи исследования. Первый раздел показывает высокую погруженность автора в проблематику исследования, хорошую подготовку, наличие компетенций критического анализа и системного мышления, умение работать с обширным массивом литературных источников.

Второй раздел включает описание применяемого оборудования, методов и методик исследования. Автор использует известные, проверенные методики. Спектр используемого оборудования и методов весьма широк, применяются дериватографический, гравиметрический, рентгенофазовый, полуколичественный анализы, электронная и оптическая микроскопия, термометрирование и определение водопоглощения огнеупоров. Важно, что в качестве материала для исследований автор использует промышленные огнеупоры, применяемые на металлургических предприятиях.

Третий раздел «Исследование кинетики физико-химических процессов высокотемпературного обезуглероживания алюмопериклазоуглеродистых ковшевых огнеупоров» включает результаты лабораторных экспериментов. Исследования проведены комплексно. На первом этапе исследована кинетика процессов обезуглероживания, далее макро-, микроструктура химический и фазовый состав обезуглероженных слоев, их свойства. Наибольший практический интерес представляют количественные данные по влиянию температуры и времени на процессы обезуглероживания. Полученные результаты научно обоснованы.

Четвертый раздел «Математическое моделирование тепло-массообменных процессов и тепловой работы газовых стендов при разогреве алюмопериклазоуглеродистых футеровок сталеразливочных ковшей» представляет собой описание математической модели и результаты, полученные с ее помощью. Автор использует математическую модель как инструмент для проведения многовариантных расчетов. Впечатляет многообразие факторов, влияющих на тепловую работу стендов, которые исследовал автор: емкость ковша и конструкция футеровки,

конструктивные особенности стенов (отсутствие крышки, герметичная и не герметичная крышка), подогрев окислителя и его обогащение кислородом. Автором предложен оригинальный критерий тепловой эффективности стенов.

Раздел 5 «Разработка мероприятий по повышению стойкости алюмопериклазоуглеродистых футеровок 350-т сталеразливочных ковшей и качества стали в условиях кислородно-конвертерного цеха № 2 АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» содержит результаты практического применения разработок автора. В целом теоретические исследования автора нашли подтверждение на практике. Убедительно показан эффект повышения срока службы ковшевых футеровок при росте ритмичности производства. С применением математической модели разработан энерго- и ресурсосберегающий, малообезуглероживающий режим разогрева. Апробированы защитные покрытия, эффект от применения которых наглядно проиллюстрирован.

Заключение и выводы по диссертации обобщают полученные результаты исследований.

Разделы диссертации логичны, материал изложен последовательно, для наглядности автором использует массу (46 шт.) рисунков и фотографий, текст содержит 9 таблиц.

Автореферат полностью отражает содержание материалов диссертации и последовательность их изложения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе

Целью диссертационной работы является повышение стойкости алюмопериклазоуглеродистых футеровок сталеразливочных ковшей на основе разработки и применения малообезуглероживающих ресурсосберегающих режимов разогрева.

Полученные в работе результаты позволяют значительно расширить существующие представления о кинетике высокотемпературного окисления алюмопериклазоуглеродистых и периклазоуглеродистых огнеупоров.

Степень обоснованности научных положений можно охарактеризовать как высокую. При научном обосновании установленных зависимостей и закономер-

ностей автор руководствовался современными достижениями физической химии, теории тепломассообмена. Достоверность и обоснованность полученных диссертантом результатов, выводов и рекомендаций подтверждаются применением воспроизводимого по точности математического и физического моделирования; качеством измерений и результатами статистического анализа экспериментальных данных; сопоставлением и сходимостью полученных результатов с данными других исследователей; применением стандартных методов и методик определения химического и фазового состава огнеупоров.

Степень новизны выводов, сформулированных в диссертации:

- автором представлены принципы создания малообезуглероживающих ресурсосберегающих температурных режимов разогрева алюмопериклазоуглеродистых ковшевых футеровок, основанные на применении промежуточных среднетемпературных выдержек с целью прогрева футеровки, взамен высокотемпературных, интенсифицирующих процессы обезуглероживания;
- впервые установлены количественные данные по кинетике высокотемпературного обезуглероживания углеродсодержащих ковшевых огнеупоров массового производства марок APC-75H1, AMC 78-8/7HG, RI-MC175LC и MayCarb284-AX;
- с помощью методов оптической, электронной микроскопии и рентгенофазового анализа получены новые данные о строении, минералогическом и фазовом составе обезуглероженных слоев алюмопериклазоуглеродистых ковшевых огнеупоров указанных выше марок;
- автором предложен новый критерий тепловой эффективности стенов для разогрева ковшевых футеровок;
- по результатам многовариантных расчетов на математической модели установлены и научно обоснованы зависимости влияния параметров конструкции стенов, футеровки, температурного режима разогрева на тепловую эффективность стенов.

Практическая ценность и реализация в промышленности

Практическая ценность результатов очевидна. Теоретические наработки доведены до практической реализации, это подтверждает практическую направлен-

ность исследований. В частности, разработанные малообезуглероживающие ресурсосберегающие температурные режимы разогрева алюмопериклазоуглеродистых футеровок 350-т сталеразливочных ковшей приняты к промышленному внедрению в кислородно-конвертерном цехе № 2 АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат». Ожидаемый годовой экономический эффект, основанный на увеличении стойкости футеровки, оценен в 12 млн руб. Широкую область применения имеет защитное покрытие, которое апробировал автор. Математическая модель может быть использована в образовательных целях при подготовке обучающихся в вузах, в исследовательских целях для совершенствования существующих и разработки новых режимов разогрева футеровок. Результаты работы внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Замечания и вопросы по диссертации:

1. Страница 48 диссертации, рисунок 3.3, не совсем понятно в каких целях автор проводит сравнение полученных результатов с данными других исследователей, поскольку это различные типы огнеупоров (алюмопериклазоуглеродистые и периклазоуглеродистые) и они содержат различное количество углерода? Очевидно, что у огнеупоров, содержащих больше углерода потери массы вследствие обезуглероживания будут выше.
2. На странице 60 диссертации автор приводит рисунок 3.15 (в подтверждение наличия антиоксидантов), однако рентгенофазовый анализ дал автору более богатую информацию о составе огнеупоров, следовало бы более развернуто описать данные результаты.
3. На странице 83 диссертации автором приводится соотношение (4.55) для расчета скорости охлаждения стали, однако далее в расчетах этот параметр нигде не определяется.
4. В реальных условиях разогрева футеровок на стенде наблюдается неравномерность температур поверхности футеровки по высоте и периметру. Каким образом автор учитывал это явление в математической модели и как оно влияет

на неравномерность глубины обезуглероженного слоя по высоте и периметру футеровки?

5. На странице 118 диссертации в таблице 5.1 автор приводит сравнение базового и нового режима, которое фактически свидетельствует о том, что в новом режиме автор разогревает футеровку до несколько меньших температур и хуже ее прогревает. Чем автор объясняет такое решение и как оно скажется на тепловых потерях от жидкой стали при наполнении ковша?

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки выполненной диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа Е.М. Запольской представляет собой совокупность теоретических и экспериментальных исследований, выполненных на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные разработки и технологические решения, позволяющие повысить стойкость и срок службы ковшевых футеровок, имеющие существенное значение для развития металлургической отрасли страны.

Основные положения и результаты диссертации Е.М. Запольской в достаточной степени опубликованы в научно-технических изданиях и обсуждены на международных, всероссийских научных и научно-практических конференциях. По результатам выполненных исследований опубликовано 30 научных статей, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций, 5 статей в журналах, индексируемых в базе данных Scopus.

Аннотация диссертации достаточно полно отражает структуру диссертационной работы, раскрывает ее содержание и основные положения.

Представленная к защите диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.2 – Металлургия черных, цветных и редких металлов по пунктам 13 «Тепло- и массоперенос в низко- и высокотемпературных процессах» и 23 «Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов».

Считаю, что диссертация соответствует необходимым критериям, установленным пунктами 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (в редакции от 18 марта 2023 г.), предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Екатерина Михайловна Запольская в полной мере заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Я, Роговский Александр Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Запольской Екатерины Михайловны, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук (05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов), доцент, заведующий кафедрой «Металлургические технологии»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет»



Роговский Александр Николаевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет» (ЛГТУ)

Адрес: 398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 30

Телефон организации: +7 (4742) 328-000

Официальный сайт: <https://www.stu.lipetsk.ru/>

Телефон оппонента: +7 (4742) 328-258

Адрес электронной почты: E-mail: arogotovskij@yandex.ru

« 5 » мая 2023 г.

