

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального 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

10.09.14 № 01-3/2260
на _____ от _____



Утверждаю
Проректор по научной работе
и инновациям, д.т.н., профессор

М.В. Темлянцев

2014 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
на диссертационную работу Попова Евгения Владимировича
«Исследование и разработка энергоэффективной технологии нагрева
металла и конструкции нагревательной печи», представленной
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных
и редких металлов

Целью диссертационной работы Попова Е.В. является разработка конструкции печи для нагрева заготовок рельсовых накладок и исследование особенностей её тепловой работы. В настоящее время одной из важнейших проблем является экономия топливно-энергетических ресурсов. Для таких энергоемких отраслей промышленности, к которым относится металлургия и, в частности, прокатное и термическое производства, энергосбережение имеет особое значение. В работе Попова Е.В. представлены результаты исследования энергоэффективной технологии нагрева металла и разработки конструкции нагревательной печи, что является одним из ключевых направлений в решении вопроса, связанного с повышением энергосбережения в данной отрасли. Исходя из этого, актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения четырех разделов и приложений, изложена на 152 страницах, содержит 12 таблиц и 71 рисунок. Структура диссертации логична, материал изложен последовательно.

Во *введении* автором показана актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель работы, задачи и методы исследова-

ния, научная новизна и практическая ценность, личный вклад автора и положения, выносимые на защиту, реализация результатов и апробация работы, достоверность и обоснованность результатов, представлена информация о публикациях по теме диссертации и ее структура.

В *первом разделе* автором проведен критический анализ и обзор специальной технической литературы по конструкциям толкательных нагревательных печей и технологиям нагрева стали под обработку давлением. Показаны достоинства и недостатки существующих толкательных методических печей, определены области для улучшений и сформулированы перспективные направления в области печестроения.

Во *втором разделе* представлены результаты разработки новой конструкции толкательной методической печи для нагрева заготовок рельсовых накладок. В конструкции печи реализован целый ряд инновационных решений: применение для отопления рекуперативных скоростных горелок REKUMAT M300 и REKUMAT M250, боковое отопление, использование волокнистой теплоизоляции боковых стен печи. Разработанная конструкция печи обеспечивает высокое качество нагрева и удельный расход условного топлива не более 35 кг у.т./т стали.

В *третьем разделе* представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований особенностей нагрева заготовок в многозонных толкательных печах. В качестве основного метода исследований автором выбран метод математического моделирования. Им разработан алгоритм и математическая модель теплового состояния металла. Отличительной особенностью модели является учет температурной зависимости теплофизических свойств и угара стали. Проведено исследование влияния подовых труб на тепловое состояние нагреваемого металла. Особого внимания заслуживают результаты исследования тепловой работы в переходные периоды, при остановках или простоях стана.

Четвертый раздел посвящен исследованию тепловой работы промышленной печи для нагрева заготовок рельсовых накладок. В рамках проведенных исследований разработана методика расчета нагрева металла, учитывающая импульсную систему регулирования тепловой мощности.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследований, полученные лично соискателем:

1) для комплексного изучения особенностей технологии нагрева металла, разработки перспективной конструкции печи и исследования особенностей её тепловой работы, создана математическая модель расчета температурного поля заготовок, а также методика проведения промышленного эксперимента, включающая в себя алгоритм обработки данных, полученных в ходе исследований;

2) предложена методика по устранению «темных пятен», образующихся в результате экранирования подовыми трубами металла, и впервые представлен метод расчета параметров разводки глассажных труб, осно-

ванный на определении температурного поля внутри нагреваемой заготовки;

3) предложена методика расчета окалинообразования при нагреве металла в толкательной печи, позволяющая оценить угар с учетом особенностей температурно-теплового режима;

4) представлена математическая модель расчета теплообмена излучением на основе скорректированного уравнения теплопроводности, впервые учитывающая циркуляцию продуктов сгорания через рекуперативные горелки и режим импульсного сжигания топлива.

Практическая значимость работы заключается в разработке новой конструкции печи для нагрева рельсовых накладок. Кроме того, в работе представлены новые экспериментальные данные по динамике нагрева, термической неоднородности и окалинообразованию, полученные в результате исследований тепловой работы промышленной печи данной конструкции. Выполнены пусконаладочные и режимно-наладочные работы на печи, по которым установлено соответствие фактических показателей тепловой работы проектным и адекватность методики расчета. Автором разработана оригинальная математическая модель расчета теплообмена излучением на основе скорректированного уравнения теплопроводности (концепция С.Н. Шорина), которая впервые позволила учесть, при моделировании теплообменных процессов в рабочем пространстве нагревательной печи, циркуляцию продуктов сгорания через рекуперативные горелки и режим импульсного сжигания топлива (режим незатухающих колебаний).

Основные положения диссертации нашли отражение в 10 публикациях автора, в том числе в 3 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК, а также в докладах на научно-практических конференциях.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует указать на некоторые спорные положения и высказать замечания:

1) *По оформлению работы*: нумерация ссылок на литературные источники осуществляется не по мере их упоминания в тексте, в частности на стр. 8 после литературного источника [5] идет источник [75]; на стр. 18 и далее по тексту автор использует при ссылках на рисунки, как полное название «рисунок» так и сокращенное «рис.».

2) *По применяемой терминологии, обозначениям и сокращениям*: на стр. 4 последний абзац – используется термин «толстые заготовки», вероятно, имеются ввиду термически массивные заготовки; стр. 14. второй абзац – использовано понятие «втаскивающий механизм», корректнее сказать механизм загрузки; на стр. 8 и др. используется понятие «современная печь», корректнее указать другие отличительные признаки разработанной конструкции, например перспективная или энергоэффективная; на стр. 65 использован термин «рассасывание» темного пятна; на стр. 54 использована

но обозначение σ_b , значение которого ни в тексте, ни в списке использованных обозначений не расшифровывается.

3) На графиках, представленных на рис. 3.4-3.7 отсутствует температура греющей среды или печи. Это затрудняет восприятие представленной информации и сопоставление степени воздействия внешних факторов и изменения теплового состояния металла.

4) На рис. 3.9 кривые 1а и 2а, соответствующие температурам поверхности металла в конце нагрева, превышают 1400 °С, что значительно выше реальных температур нагрева стали под обработку давлением.

5) В диссертации и автореферате отсутствует информация о марке стали или химическом составе стали, используемой для производства рельсовых накладок.

6) Отсутствуют оценки экономической эффективности разработок автора, например снижение себестоимости нагрева по сравнению с действующими печами и т.п.

В целом диссертация производит положительное впечатление, основные результаты достаточно полно опубликованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов работы. Конструкция толкательной методической печи, оборудованной рекуперативными скоростными горелками, рекомендуется для использования на металлургических и машиностроительных предприятиях с целью нагрева заготовок толщиной порядка 150 мм или сортамента, аналогичного рельсовым накладкам, под обработку давлением. Разработанная математическая модель расчета температурного поля внутри заготовок, а также методика проведения промышленного эксперимента, включающая в себя алгоритм обработки данных, полученных в ходе исследований, могут быть использованы при моделировании реальных процессов нагрева металла в печи, выборе её конструкции, проектировании новых печных агрегатов, а также для уменьшения энергозатрат и повышения энергоэффективности действующих печей.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов по пунктам 7 «Тепло- и массоперенос в низко- и высокотемпературных процессах», 20 «Математическое моделирование процессов производства чёрных, цветных и редких металлов» паспорта специальности.

С учётом актуальности темы диссертации, объёма и полноты выполненных исследований, уровня апробации и отражения полученных результатов в научных публикациях диссертация может быть квалифицирована согласно п. 9 действующего «Положения о присуждении учёных степеней» как научно-квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований изложены

технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны. Эти решения и разработки заключаются в создании:

– энергоэффективной технологии и конструкции печи для нагрева заготовок рельсовых накладок;

– методов, методик расчета и математических моделей, теплообмена излучением и теплового состояния металла в печах с циркуляцией продуктов сгорания через рекуперативные горелки и импульсным режимом сжигания топлива.

Таким образом, диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», а автор диссертации, Попов Евгений Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании Научно-технического совета Института металлургии и материаловедения (НТС) ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» 2 сентября 2014 г., протокол № 14 .

Заместитель
председателя НТС,
д.т.н., профессор

Козырев Николай Анатольевич

Заместитель директора
Института металлургии
и материаловедения,
д.т.н., профессор

Нохрина Ольга Ивановна

Ученый секретарь НТС,
к.т.н., доцент

Уманский Александр Александрович

3 сентября 2014 г.