

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Спитченко Даниила Ильича

«Энергоресурсосберегающая технология нагрева и охлаждения поковок качественных сталей сложного профиля в нагревательных печах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов в диссертационный совет Д 212.285.05 при ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Спитченко Даниила Ильича посвящена решению актуальной научно-практической задачи – разработке и внедрению теплотехнологий, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при производстве металлоизделий из качественных сталей, повышение качества и конкурентоспособности готовой продукции.

Нагревательные печи являются одним из самых многочисленных видов тепловых агрегатов металлургических и машиностроительных предприятий. В них осуществляют как регламентированный нагрев, так и выдержку изделий при высоких температурах, что требует значительных энергозатрат. Весьма остро вопросы энерго-, ресурсосбережения и повышения качества металлопродукции стоят при тепловой обработке крупнотоннажных поковок сложной геометрии. Существенную роль при этом играет конструкция теплового агрегата и рациональность применяемых технологий тепловой обработки. В современных экономических условиях функционирования металлургических и машиностроительных предприятий перспективным направлением является модернизация нагревательных печей. Этот факт предопределяет отраслевую актуальность темы предложенной диссертации.

Цель работы

Цель, поставленная соискателем в рассматриваемой диссертации – разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающей технологии тепловой обработки крупнотоннажных изделий из качественных сталей в вертикальной нагревательной печи усовершенствованной конструкции.

Общее содержание работы

Диссертация изложена на 129 страницах, состоит из введения, 5 глав и заключения, включает 46 рисунков, 15 таблиц, список сокращений, список литературы из 89 наименований и 1 приложение. Материал в диссертации изложен последовательно, логично, лаконично, соответствует выбранной тематике и поставленной цели.

Актуальность темы работы и степень разработанности сформулированы **во введении**. Здесь же определены цели и задачи работы и представлена оценка практической и научной значимости.

Обзору современных устройств, агрегатов и конструкций нагревательных и термических печей и актуальных технологий тепловой обработки крупногабаритных изделий из качественных сталей посвящена Первая глава работы: «Энергоресурсосберегающие технологии при производстве качественной металлической продукции». После обзора актуальных путей развития топливосжигающих устройств и футеровочных материалов, а так же отражения примеров наиболее успешного комплексного применения самых современных технологий тепловой обработки и достижений печестроения, соискателем предложена новая технология тепловой обработки поковок роторов крупных турбин с использованием такого универсального теплового агрегата, как топливная вертикальная металлургическая печь. Глава содержит обоснование применения ступенчатого нагрева с небольшими скоростями и охлаждения воздухом в рабочем пространстве печи.

Проведенный литературный обзор показывает умение автора критически анализировать и систематизировать сведения и данные по исследуемой проблеме, высокую эрудированность и квалификацию диссертанта в области технологий тепловой обработки стали и конструкций нагревательных печей.

Подробное описание камерной вертикальной термической печи, используемой для проведения новой энергоресурсосберегающей технологии тепловой обработки крупных поковок, анализ особенностей ее тепловой работы и методов изучения теплообмена в рабочем пространстве приведены во второй главе диссертационной работы: «Камерная вертикальная термическая печь для нагрева крупных поковок сложной геометрии». В данной главе также содержатся описания обрабатываемых в печи изделий и особенностей заполнения рабочего пространства печи нагреваемыми изделиями. Предположительная возможность использования описываемой металлургической печи для проведения новой технологии тепловой обработки поковок качественных сталей сложного профиля указана соискателем в выводах по второй главе. Здесь же соискателем доказывается необходимость проведения промышленного эксперимента и трехмерного моделирования газодинамики в рабочем пространстве печи для проверки этого предположения.

Описание проведенного промышленного эксперимента, методика обработки экспериментальных данных и расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве вертикальной печи изложены в третьей главе: «Исследование теплообмена в рабочем пространстве вертикальной камерной печи при нагреве крупных поковок». В ходе эксперимента был осуществлен заданный сложный технологический режим нормализации с отпуском по технологии, предложенной в работе. Обработке подвергалась поковка ротора, на поверхности которой дополнительно закрепили восемь контрольных термопар. Контроль температуры рабочего пространства печи осуществляли по показаниям десяти стационарных термопар. В соответствии с полученными в ходе эксперимента данными соискателем был рассчитан внешний теплообмен между рабочим пространством печи и поверхностью поковки ротора. Причём, соискатель успешно справился с расчетной задачей, несмотря на сложную геометрию поковки ротора и ступенчатый нагрев. В результате соискателем

получены коэффициенты теплообмена, по значениям которых соискатель делает обоснованный вывод о значительной доле конвекции во внешнем теплообмене.

Описанию методики, граничных условий и результатов компьютерного трехмерного моделирования процесса газодинамики в рабочем пространстве печи посвящена **четвёртая глава** диссертационной работы. Соискатель использовал компьютерную модель с интегрирующей средой ANSYS Workbench, обоснованно отказавшись от определения характера движения и скоростей в действующей металлургической печи.

Моделирование процесса газодинамики, проведённое соискателем, подтвердило эффективность применения высокоскоростных рекуперативных горелок в вертикальных термических печах, позволяющее достичь высокой равномерности нагрева изделий, а, значит, способствующее достижению лучшего качества продукции, следовательно, увеличивающее эффективность всего производственного процесса за счёт исключения затрат энергии и ресурсов на повторную термообработку.

Пятая глава диссертационной работы содержит описание исследования теплообмена при охлаждении поковки ротора турбины по предлагаемой соискателем технологии, предполагающей регламентированное охлаждение в печи струями воздуха, подаваемого через рекуперативные горелки. Особенность исследуемого способа охлаждения изделия состоит в том, что по мере охлаждения печи с садкой происходит уменьшение количества удаляемого из печи тепла и постепенное снижение температуры рекуператоров горелок и охлаждающего воздуха, подаваемого в печь. Постоянное уменьшение температуры воздуха, поступающего в печь, осложняет расчеты характеристик теплообмена. Кроме того, воздух, поступающий в печь, охлаждает и металл и футеровку печи одновременно, поэтому требуется разделение общего количества тепла на части, относящиеся только к охлаждению металла и футеровки в отдельности, что было выполнено соискателем при составлении теплового баланса режима охлаждения. В **пятой главе** диссертации соискатель, успешно справившись с описанной выше усложняющей задачей особенно, аргументировано подтвердил эффективность предложенного способа регламентированного охлаждения струями воздуха, подаваемого через рекуперативные горелки.

В **Заключении** соискателем приведены основные научные и практические результаты диссертационной работы. В частности, указано, что удельный расход условного топлива за самый энергозатратный период нагрева 700...940 °С получен на 71% меньше удельного расхода условного топлива этой же термической печи до технического перевооружения. Кроме того, как показано соискателем в **Заключении**, увеличение конвективной составляющей теплообмена за счет применения скоростных рекуперативных горелок позволило достичь равномерности поля температур по поверхности изделия ± 5 °С, что положительно скажется на качестве готового изделия. Последовательное проведение нагрева металла и охлаждение воздухом в одном агрегате, являющееся существенной особенностью технологии, предложенной со-

искателем, позволило значительно сократить время, требующееся на проведение термообработки, получить изделие с более равномерной структурой заданного состава. Общее повышение производительности и качества готовой продукции, достигнутое при применении технологии термообработки, предложенной соискателем, подтверждается отзывом, полученным от ПАО «Уралмашзавод», где внедрена данная технология и печь для ее проведения.

Автореферат диссертации в полной мере отражает основные положения диссертации.

Значимость результатов, полученных автором диссертации для науки:

1. Получены зависимости, позволяющие производить расчет тепловой работы металлургических печей аналогичной конструкции.
2. Определены кратности циркуляции, характер движения в рабочем пространстве вертикальной металлургической печи, а также соотношение лучистого и конвективного тепловых потоков, что позволяет производить расчеты теплообмена в аналогичных условиях тепловой обработки садок.
3. Рассчитан теплообмен при охлаждении садки в рабочем пространстве металлургической печи путем подачи воздуха через рекуперативные горелки с определением статей отвода тепла от поковки ротора турбины.

Значимость результатов, полученных автором диссертации для практики:

1. На практике доказана эффективность предлагаемой новой технологии тепловой обработки крупных поковок из качественных сталей с последовательными нагревом, высокотемпературной выдержкой и охлаждением в одном агрегате.
2. Экспериментально доказана эффективность применения скоростных рекуперативных горелок в вертикальных термических печах.
3. Успешное внедрение новой технологии обработки крупных поковок на производстве о чем свидетельствует отзыв, полученный от ПАО «Уралмашзавод».

Достоверность результатов работы. Достоверность и обоснованность результатов исследования, выводов, рекомендаций и данных, приведенных в диссертации, подтверждена корректным использованием методов математического моделирования теплофизических процессов и результатами промышленных экспериментов в условиях действующего металлургического производства ПАО «Уралмашзавод». Расчеты выполнены по общепризнанным методикам и в соответствии с известными положениями о процессах, протекающих в рабочем пространстве металлургических печей.

Эффективность технических решений реализованных в диссертации подтверждаются технико-экономическими показателями работы печи, а так же отзывом, полученным от ПАО «Уралмашзавод». Учитывая это, считаю целесообразным **рекомендовать к внедрению** технологию нагрева и охлаждения крупных поковок качественных сталей и конструкцию термической печи, оборудованной скоростными рекуперативными горелками.

По содержанию работы имеются следующие замечания:
по оформлению

1. На стр. 33 рис. 1.10 корректнее назвать «Температурный режим тепловой обработки роторов крупных турбин».
2. Стр. 41, рис. 2.5 термин «обвязка» не совсем корректно использовать в научных работах.
3. Шрифт на рис. 4.15-4.20 недопустимо мелкий.
4. В разделе 5.1 стр.103 нагляднее результаты расчета теплового баланса представить в виде традиционной таблицы приход-расход в кДж и % (в автореферате табл. 4 стр. 19).
5. В заключении стр. 108 п. 2 не следует ссылаться на рисунки по тексту диссертации. В автореферате на стр. 20 имеется аналогичная ссылка на рис. 3.4, однако в автореферате это рис. 4.

по содержанию

6. В главе 3 в разделе 3.1 следовало бы конкретизировать какое оборудование (марки, типы и т.п.) было использовано при проведении промышленных экспериментов (например, какие термопары ХА?; марка газоанализатора?; каким прибором фиксировали показания термопар?; как термопары крепили к садке, приваривали, устанавливали в высверленное отверстие; и т.п.).
7. В табл. 3.2 (стр.59) и 4.10 (стр. 92) представлены составы газовой среды. Требуется пояснения вопрос, почему при одинаковых значениях содержания паров воды, значения концентраций углекислого газа различны?
8. В заключении стр. 109 п.4 автор отмечает, что удалось получить изделие с более равномерной структурой, однако в тексте диссертации фактологический материал (анализ микроструктур и т.п.) по этому вопросу отсутствует.

Обозначенные замечания не снижают научной и практической значимости и общего положительного впечатления от работы.

Основные результаты диссертации в полном объеме опубликованы в 8 научных статьях, 2 из которых – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, обсуждены и доложены на различных конференциях международного и всероссийского уровня.

Заключение.

Диссертационная работа Спитченко Даниила Ильича является завершённой научно-квалификационной работой, имеющей логичную

структуру и внутреннее единство, полностью соответствует требованиям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями, внесенными постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней»), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (научная специальность 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов), профессор, проректор по научной работе и инновациям
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»



Темлянец Михаил Викторович

654007, Кемеровская область,
г.Новокузнецк, ул.Кирова, д.42
Тел. +7(3843) 46-58-83.
E-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru
Сайт: <http://www.sibsiu.ru>

«25» февраля 2019 г.

Подпись профессора Темлянцева М.В. удостоверяю

Начальник отдела кадров

Миронова Татьяна Анатольевна