



ООО "Научно-производственная компания
"УралТермоКомплекс"

620026, Россия, г. Екатеринбург, ул. Народной воли 65, оф.304
Тел.: +7 (343) 253-57-62
E-mail: info@termokomplex.ru

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук, **Вохмякова Александра Михайловича**
на диссертационную работу **Титаева Александра Анатольевича**

"Совершенствование технологии нагрева горячедеформированных труб на основе анализа теплофизических процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – "Металлургия чёрных, цветных и редких металлов"

1. Актуальность темы

На металлургических заводах эксплуатируется огромный парк нагревательных и термических печей, осуществляющих сложные технологии нагрева металлической продукции, как под пластическую деформацию, так и для придания изделиям необходимых физико-механических свойств. Оборудование, используемое в отрасли, имеет длительный срок эксплуатации. Реконструкция его началась 15 – 20 лет назад, но в основном на крупных предприятиях. На мелких и средних предприятиях и в настоящее время оборудование, в том числе и печной парк, имеет возраст более 50 лет и не соответствуют в большинстве случаев современным требованиям технологии нагрева, качества продукции и энергоэффективности. Поэтому одним из наиболее актуальных направлений совершенствования технологического режима нагрева металла наряду с модернизацией печного парка заводов является подбор оптимальных технологических параметров.

Металлургические предприятия действуют, как правило, в высоко конкурентной среде, где проблема контроля и обоснования себестоимости выпускаемой продукции стоит особенно остро. Энергетическая составляющая себестоимости продукции металлургического производства значительна и может достигать до 15-20%. Кроме того, данные производства по сравнению с наиболее совершенными зарубежными аналогами имеют большой потенциал энергосбережения – до 25%.

Видимо, исходя из этих соображений, автор в диссертационной работе в качестве объекта исследования выбрал комплекс, в состав которого входят нагревательная и термическая проходные печи с шагающими балками, оснащенные, в основном, скоростными горелками.

В связи с вышеизложенным, можно констатировать, что тема диссертационной работы **Титаева А.А.** "Совершенствование технологии нагрева горячедеформированных труб на основе анализа теплофизических процессов», является **актуальной**.

2. Новизна проведенных исследований и полученных результатов

На основании анализа полученных автором результатов исследования, а также журналов ВАК, посвященных тематике диссертационной работе **Титаева А.А.** оппонент выделил следующие научные и практические положения, полученные автором впервые.

1. Проведен промышленный эксперимент на исследуемых печах, в ходе которого получены данные о теплообмене при нагреве труб скоростными горелками, работающими в импульсном режиме.

2. Выполнена обработка экспериментальных данных, позволившая выявить причины появления брака при термообработке труб и сформулировать условие работы печи, при котором появление брака при обработке труб сведено к минимальным значениям.

3. Разработана аппроксимирующая зависимость для расчета степени черноты продуктов полного сгорания природного газа в зависимости от их химического состава и температуры.

4. Проведено усовершенствование зонального метода моделирования теплообмена излучением в части расчета обобщенного углового коэффициента излучения.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации

Обоснованность правильности научных выводов и рекомендаций подтверждаются логически выстроенным расчетно-теоретическим анализом, в основе которого лежат положения теории тепло- и массообмена, теории металлургических процессов и методов математической статистики.

Достоверность приведенных в диссертации научных положений и заключений определяется:

- корректностью применения методов исследования;
- обоснованным промышленным экспериментом на линии финишной обработки труб в цехе №4 ОАО «Первоуральский новотрубный завод» г. Первоуральск, в условиях действующего производства;
- применением современных стационарных и переносных приборов, прошедших государственную поверку.

4. Научная значимость результатов диссертации

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что:

1. Разработана методика проведения промышленного эксперимента на проходной печи при нагреве горячедеформированных труб в условиях различных технологических режимов.

2. Получены экспериментальные значения параметров теплообмена и установлена их связь с технологическими параметрами режима работы печи, на основе чего автором определено условие работы печей, при котором появление брака сведено к минимуму.

3. Разработана аппроксимирующая зависимость для расчета степени черноты продуктов полного сгорания природного газа в зависимости от их химического состава и температуры.

5. Практическая значимость результатов работы

Основная практическая ценность результатов работы заключается в возможном исключении брака при финишной обработке труб, а также в энергосберегающем эффекте при соблюдении определенного автором диссертации условия работы отпускной печи.

Дополнительную ценность для практики представляет разработанное автором направление по дальнейшему совершенствованию конструкции печей с точки зрения принципа регулирования давления в рабочем пространстве печи и контроля температуры нагреваемых труб.

6. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Кандидатская диссертация **Титаева А.А.**, полностью отвечает критериям, предусмотренным для таких квалификационных работ «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842. В ней реализованы следующие принципы соответствия:

- содержание диссертации полностью соответствует заявленным в работе цели и задачам;
- автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации;
- печатные работы **Титаева А.А.**, опубликованные в научных журналах, в том числе научных журналах, рекомендованных ВАК, а также сборниках научных трудов международных конференций с достаточной полнотой отражают содержание диссертации;
- диссертация **Титаева А.А.** соответствует паспорту научной специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов», как по области исследования, так и по предмету исследования.

Поэтому соответствие темы диссертации и научной специальности сомнений не вызывает.

7. Оценка содержания диссертации

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору существующих методик расчета теплофизических процессов в печах и их анализ.

Во второй главе представлено развитие зонального метода моделирования теплообмена излучением. Предложена аппроксимирующая модель для расчета степени черноты продуктов полного сгорания природного газа с учетом парциальных давлений оксида углерода и паров воды, а также температуры газовой смеси. В третьей главе доказано, что обобщенный угловой коэффициент излучения возможно определять параллельно для систем «поверхность-поверхность», «поверхность-объем» и «объем-объем», что позволяет минимизировать временные затраты на вычисления без ущерба в точности расчета.

В третьей главе определена номенклатура нагреваемых труб, при обработке которых образуется максимальное количество брака. Построена математическая модель печи с исследуемым типоразмером труб и определены

реальные условия нагрева. На основании анализа полученных данных установлена причина формирования брака при нагреве горячедеформированных труб. Для минимизации получения бракованной продукции предложен ключевой параметр нагрева труб, позволяющий определить основные параметры работы печи.

В четвертой главе описаны разработанные и внедренные в производство конструктивные усовершенствования печей, позволяющие получить улучшенные показатели их работы.

8. Публикации и апробация

Основные научные результаты диссертации **Титаева А.А.** опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 4 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ. Оформлен 1 патент на изобретение. Положения и результаты диссертации докладывались **Титаевым А.А.** на 4-х конференциях, в т.ч. 3-х международных.

9. Внедрение результатов диссертационной работы

Разработаны и внедрены рекомендации по совершенствованию режимов нагрева труб в Финишном центре (цех №4) ОАО «Первоуральский новотрубный завод». Использование рекомендаций позволило сократить объем повторного нагрева труб из стали 13ХФА с 4,3% (278 т) до 0,7% (15,9 т).

Также результаты работы целесообразно включить в учебные курсы, посвященные энергосбережению в промышленности, в которых следует отметить существенное преимущество разработанных энергосберегающих режимов по сравнению с существующими.

10. Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 154 страницы основного текста, включая 38 рисунков. Список использованных источников включает 66 наименований. Общий объем работы составляет 165 страниц машинописного текста.

11. Замечания и дискуссионные положения

1. Автором не оговорены требования, предъявляемые к геометрическим характеристикам горячедеформированных труб при их нагреве.

2. В первой главе диссертации приведены данные об объеме повторного нагрева труб ввиду их несоответствия требованиям ТУ. В основном, повторный нагрев требуется для труб 219x16, затем 114x5...6 и 159x7. При этом в третьей главе диссертации определено, что причиной повторного нагрева является недогрев труб в первой части печи и, как следствие, укороченная изотермическая выдержка. Исходя из выявленных причин повторной обработки, наименьшую долю брака должны занимать трубы 114x5...6, но в реальности это не так. Почему?

3. Автором предложена аппроксимирующая зависимость, позволяющая определить степень черноты печных газов при различных химическом составе и

температуре, но не представлен сравнительный анализ точности получаемых результатов по отношению к классической модели расчета.

4. Для полноты оценки полученных результатов в ходе совершенствования режимов нагрева труб не хватает данных по изменению эксплуатационных характеристик печи, а именно изменение энергоэффективности и КПД печи.

5. Возможно ли применение усовершенствованного зонального метода, представленного в диссертации, для математического моделирования процессов теплообмена в подобных печах, но с другим типом нагреваемых изделий?

6. При расчете матрицы обобщенных угловых коэффициентов по методу дискретизации направлений переноса излучения необходимо задавать коэффициент поглощения излучения в объемной зоне и длину пути луча. Существует ли критерий оценки правильности задания данных параметров и как сильно сказывается ошибочность в заданных параметрах на конечный результат?

7. По тексту диссертации в методе дискретизации направлений переноса излучения показано взаимодействие только на уровне поверхностных подзон. Как в методе дискретизации направлений переноса излучения учитывается влияние поверхностных зон друг на друга?

8. Проводилось ли математическое моделирование режима работы проходной печи с шагающими балками при нагреве труб, для которых характерна минимальная доля повторного нагрева? Если да, то насколько сопоставимы результаты моделирования с реальными показателями работы печи?

9. Почему при математическом моделировании режима нагрева поверхности пережимов, зон нагрева и выдержки не дифференцированы между собой? А также, почему для моделирования газодинамики использована равномерно-распределенная по всей печи сетка?

10. В этапности моделирования (стр.93) в п.8 указан возможный возврат к первоначальным шагам при неудовлетворительных результатах расчета, т.е. подразумевается итеративность расчета. Какой при этом параметр подбирается, задается?

11. На рисунке 3.3 представлена пространственная карта зоны нагрева печи отпуска полученная при моделировании нагрева труб. При этом на карте показана 31 труба, а по техническим характеристикам печи должно быть 57.

12. Для оценки эффективности предложенного способа регулирования давления в рабочем пространстве печи требуется указать степень угара металла до внедрения системы регулирования и после.

13. Предусмотрено ли системой регулирования давления в печи вероятность нарушения соотношения газ-воздух на горелках?

Заключение

Приведенные выше дискуссионные положения и замечания не имеют принципиального характера и не снижают научной ценности диссертации.

В соответствие с аргументами, приведенными в пункте 6, содержание диссертации полностью соответствует специальности 05.16.02 – "Металлургия черных, цветных и редких металлов".

Считаю, что диссертация Титаева А.А. в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней является завершенной научно - квалификационной

работой, выполненной самостоятельно на высоком научном уровне. В работе впервые приведены результаты, позволяющие квалифицировать как решение новой задачи, имеющей существенное значение для повышения энергоэффективности использования топлива и снижения энергозатрат на нагрев горячедеформированных труб.

В работе изложены научно-обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для экономики отдельного предприятия, в частности, и для металлургической промышленности в целом. Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - **Титаев А.А.** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Официальный оппонент –
кандидат технических наук,
начальник производственно-технического отдела
ООО «Научно-производственная компания
«УралТермоКомплекс»



Волжяков Александр Михайлович

04.12.2015 г.

620026, г. Екатеринбург, ул. Народной Воли, д. 65, оф. 304
Тел.: +7 (343) 253-57-62
E-mail: vam@termokomplex.ru