

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Бондаренко Виталия Ивановича на тему «*Энергоресурсосберегающие технологии при производстве высоких цилиндрических стальных слитков*»,
представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Актуальность темы

Одним из основных потребителей энергоресурсов является металлургическое производство. Для снижения энергоемкости и материалоемкости этой отрасли необходимо повысить качество продукции, в том числе изделий из стали как важнейшего конструкционного материала. Решение такой проблемы невозможно без изучения и анализа высокоскоростных и высокотемпературных теплофизических процессов при затвердевании слитков.

Применение промышленного и натурального эксперимента для прогнозирования указанных процессов не всегда приемлемо ввиду их технической сложности, высокой стоимости и агрессивных свойств среды. При такой постановке задача учета ряда явлений, сопровождающих гидродинамические, тепло- и массообменные процессы при разливке и затвердевании стальных слитков, приводит к необходимости создания математических моделей и реализующих их вычислительных алгоритмов.

Аналитическое решение взаимосвязанных многомерных нелинейных дифференциальных уравнений переноса массы, импульса и энергии в расплаве крайне затруднено и возможно только для отдельных упрощенных частных случаев. Причем не из-за математических трудностей, связанных с существенной нелинейностью задачи, а из-за физико-химических проблем анализа механизма влияния гидродинамического фактора на тепловую обстановку при формировании слитка, неизвестности, нестабильности и погрешностей определения большого числа входящих в исходные модели коэффициентов и характеристик, часто являющихся приблизительными. Поэтому аналитический подход часто приводит к противоречиям с реальными особенностями моделируемого процесса, что не позволяет адекватно прогнозировать его характеристики и выбирать рациональные режимы реализации.

Для того чтобы решить эту сложную научную и технологическую задачу требуются другие подходы. В то же время прогресс вычислительной техники определяет широкое развитие различных современных численных методов и алгоритмов реализации математических моделей.

Математическое моделирование, вычислительный эксперимент, создание программных продуктов для разработки рациональных тепловых режимов и новых технических решений при производстве металлургических изделий - это один из перспективных путей снижения энергозатрат и рационального использования сырьевых ресурсов.

Все это нашло отражение в анализируемой работе, поскольку при разработке рациональных параметров энергоресурсосберегающих технологий литья высо-

ких цилиндрических слитков трубной и колесной стали автор обоснованно выбрал путь математического моделирования гидродинамических и тепломассообменных процессов в системе расплав – стенка изложницы – окружающая среда. Из всего вышеизложенного вытекает актуальность темы работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности приведенных в диссертационной работе Бондаренко В.И. научных положений и выводов определяется тем, что найденные решения базируются на общепринятых принципах и положениях теории квазиравновесной двухфазной зоны и методах анализа основных законов гидродинамики и тепломассообмена. Сомнений в адекватности результатов диссертации не возникает благодаря проработанной методике, использованию отлаженного программного комплекса собственной разработки, позволяющего технологам на производстве проектировать потоки входных и выходных данных, а также правильной оценке погрешностей многовариантных численных расчетов.

Выводы, заключения и рекомендации работы в достаточной степени обоснованы корректным использованием современных апробированных методов математического моделирования, адекватностью принятых в работе допущений и согласованием результатов численного моделирования с результатами исследований других авторов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов, рекомендаций

Достоверность полученных результатов исследования обеспечивается широкой публикацией работ по данной теме и обсуждением их на конференциях и научных семинарах различного уровня, также опытом практической эксплуатации программного комплекса, что подтверждается актами внедрения результатов в производственную и образовательную практику.

Достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждается использованием основных положений термодинамики, теории тепломассообмена, теплового баланса и квазиравновесной двухфазной зоны, а также достаточной сходимостью полученных в ходе математического моделирования результатов с фактическими данными.

Новизна в подходе к решению поставленных в работе задач позволили автору получить новые результаты, имеющие не только научную, но и практическую значимость.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана математическая модель и программный комплекс расчета рациональных параметров разливки и формирования высоких расширенных книзу бесприбыльных слитков трубной стали и круглых слитков колесной стали, разливаемой в чугунные и стальные изложницы, с учетом нестационарности гидродинамических, теплофизических и массообменных процессов.

2. Разработана математическая модель расчета объемов открытой и закрытой усадочных раковин для уширенных книзу слитков без дополнительного бокового утепления прибыльной части. Адаптация математической модели к условиям

разливки слитков трубной и колесной стали позволила установить, что доливка расплава в период образования усадочной раковины приводит к уменьшению более чем на 30% объема открытой и к увеличению до 8% объема закрытой усадочной раковины.

3. Получена новая информация о существенном влиянии открытой усадочной раковины на качество внутренней поверхности трубных слитков, отливаемых в сквозные, уширенные книзу изложницы без дополнительного бокового утепления прибыльной части.

4. На базе проведенных экспериментальных и численных исследований получили дальнейшее развитие представления об особенностях теплофизических и гидродинамических процессов при разливке и формировании высоких цилиндрических слитков трубной и колесной стали.

Практическая значимость работы.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в том, что они использованы для совершенствования технологических энергоресурсосберегающих процессов при разливке и затвердевании высоких цилиндрических слитков трубной стали на заводе им.Ильича (г. Мариуполь) и слитков колесной стали в ОАО «Интерпайп-НТЗ». В ОАО «Интерпайп НТЗ» внесены изменения в ТИ НТЗ-М-02-2006 п.7.3.8 по сокращению длительности отливки слитков до 14–16 минут и в ТИ НТЗ-М-04-2007 п.5.1.1 по сокращению времени охлаждения слитков в стальных изложницах до 3,5 часов, что подтверждается соответствующим актом о внедрении результатов исследований. Указанные рекомендации внедрены в производство, что даёт возможность уменьшить тепловые потери в процессе разливки и снизить температуру металла, передаваемого с печников на вакууматор, что ведет к снижению расхода электроэнергии и создаёт более благоприятные условия для службы и стойкости рабочей футеровки вакууматорных ковшей.

Предложена программная система для проектирования программного обеспечения моделирования теплофизических и гидродинамических процессов в производстве металлургических изделий, в том числе требующего сложной настройки и связывания комбинируемых алгоритмов и модулей. Результаты применения системы показали невысокую трудоемкость процесса проектирования (снижение в среднем до одного месяца вместо полугода). Данная технология может быть использована студентами вузов в учебном процессе для выполнения курсовых и дипломных проектов, а также в ходе изучения дисциплин, ориентированных на компьютерное моделирование теплофизических и гидродинамических процессов.

Задачи, поставленные автором в работе, с точки зрения научной и практической ценности соответствуют уровню кандидатской диссертации.

Замечания

По содержанию диссертации и автореферата есть ряд замечаний и вопросов, из которых наиболее важны следующие:

1. В диссертации не приведен анализ существующих методов инженерных расчетов, позволяющих технологу в короткий срок и без привлечения мощных вычислительных средств получить информацию об интересующих его процессах

в ходе формирования слитка.

2. На стр.5 автореферата декларативно указан в качестве базового для библиотеки модулей «паттерн проектирования model-view-controller». При этом по тексту диссертации он не упоминается, а в табл.А1, где перечислены основные компоненты разработанной системы проектирования, нет указаний на прямое соответствие этих компонент базовым. Поэтому остаются неясными как смысловое содержание и логика работы паттерна и его отдельных компонент, так и логика его выбора в качестве базового при разработке приложений.

3. На стр.7 автореферата в уравнении (4) (уравнение 2.8 работы) записано выражение, полученное Никитенко Н.И. для расчета доли твердой фазы ξ в соответствии с теорией квазиравновесной двухфазной зоны, предложенной Борисовым В.Т. Ссылок и упоминаний о работах Никитенко Н.И., оказавшего большое влияние на формирование донецкой школы моделирования гидродинамики и тепломассопереноса, автор не приводит, как и ссылок на работы Борисова В.Т.

4. На стр.73 работы за характерный размер исследуемой области в критерии Грасгофа автор принимает приведенный размер слитка $X_{пр}$ как отношение объема слитка к площади его поверхности, однако в расчетной формуле приведенный размер рассчитывается как отношение площади к объему. На стр.92 автор выбирает в качестве характерного размера полуширину слитка X_0 . Такой неудачный на наш взгляд выбор при расчете критериев Грасгофа в обоих случаях вызывает затруднения при сравнении полученных результатов с известными закономерностями свободной конвекции, где за характерный размер обычно принимается вертикальный размер (в направлении вектора ускорения свободного падения).

5. В подразделе 2.9 на стр.91 работы без пояснений указано, что при формировании высоких тонких слитков можно пренебречь турбулентной составляющей. На стр.93 появляется первое разъяснение о том, что влиянием турбулентности можно пренебречь ввиду того, что значение критерия Рейнольдса в объеме усадочной раковины значительно меньше порога турбулентности для цилиндрических слитков. Но на стр.103 в выводах по разделу 2 указывается уже другая причина: «Турбулентные явления не учитываются в данной постановке задачи ввиду особенности геометрии области слиток – изложница – окружающая среда». Есть ли какая-то связь между этими допущениями, в работе не оговаривается.

6. На стр. 134 указано, что «температуру внешней поверхности стальной и чугунной изложницы при разливке стали и формировании слитка измеряли пирометром». При этом не приведены тип и марка пирометра, данные о его метрологической поверке, условия проведения измерений, верхний и нижний пределы измерения и другие необходимые данные.

7. В автореферате и в работе имеются опечатки, неточности, некорректные формулировки, а также замечания редакционного характера. Так, в обозначениях осей на рис.8,б,г автореферата и рис.4.5,б,г диссертации время измеряется в мм; коэффициент температуропроводности в формуле (2.73) и размерности теплоемкости и скрытой теплоты кристаллизации L в уравнении (4) записаны неверно; нечетко сформулирован пункт 2-й основных выводов и результатов. В списке использованных источников в ссылках [4], [10], [12], [25], [65], [88], [123], [137] также есть мелкие орфографические опечатки и отсутствуют выходные данные.

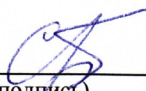
**Заключение о соответствии диссертации критериям,
установленным п. 2.2. Положения о присуждении ученых степеней
кандидата технических наук**

Указанные выше недостатки и замечания не могут кардинально повлиять как на основные теоретические и практические результаты исследований, так и на общую позитивную оценку диссертационной работы. В основном, они носят уточняющий редакционный либо рекомендательный характер и могут быть учтены в дальнейшей научно-практической деятельности автора.

В целом диссертационная работа Бондаренко Виталия Ивановича на тему «Энергоресурсосберегающие технологии при производстве высоких цилиндрических стальных слитков», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика, является научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной научно-практической задачи в области энергосбережения, заключающейся в совершенствовании технологических процессов производства слитков колесной и трубной стали с учетом особенностей гидродинамических, теплофизических и кинетических процессов, протекающих при их разливке и затвердевании.

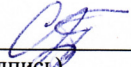
Автореферат соответствует тексту диссертации. Публикации по теме диссертации полностью отражают ее основные положения. В связи с этим, диссертация Бондаренко Виталия Ивановича соответствует требованиям ВАК Донецкой Народной Республики, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры промышленной теплоэнергетики
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»
283001, г. Донецк, ул. Артема, 58
тел.: +38 (062) 301-08-52
e-mail: gridin_@mail.ru


(подпись)

Гридин Сергей Васильевич

Я, Гридин Сергей Васильевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.


(подпись)

