

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Ивановой Анны Александровны на тему «Прогнозное моделирование тепловых процессов при непрерывной разливке металлов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

1. Актуальность избранной темы

В настоящее время в промышленно развитых странах доля стали, разливаемой на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), достигает 100% от общего объёма производства сталей. К таким же показателям стремится и доля непрерывной разливки в производстве заготовок из других металлов и сплавов. В связи с этим задачи, возникающие при разработке технологии непрерывной разливки, являются в высшей степени актуальными. Одним из важных направлений является изучение процессов тепло- и массопереноса при непрерывной разливке. Наиболее эффективным научным инструментом для проведения таких исследований является метод компьютерного моделирования, который основывается на математических методах. Он позволяет заменить весьма дорогостоящие натурные эксперименты, необходимые при разработке и проектировании новых конструкций оборудования металлургической промышленности.

В диссертации уделено большое внимание такому важному направлению, как разработка прогнозных моделей тепловых процессов. Тепловые процессы, происходящие в слитке и в оборудовании машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), играют важнейшую роль. Они решающим образом влияют на качество производимой металлургической продукции.

В работе подробно рассматриваются тепловые процессы внутри непрерывного слитка. Также уделено внимание изучению теплового состояния стенок кристаллизатора МНЛЗ. Выработка наиболее рациональных тепловых режимов и строгое их соблюдение является необходимым для безаварийной работы металлургического оборудования. В свою очередь это влияет на сбережение энергетических и других ресурсов.

«Прогнозное моделирование» означает, что модели должны позволять производить расчеты со скоростью, превышающей время реакции системы и достаточной для принятия своевременных решений по ее управлению, что

даст возможность их использования в контуре системы автоматического управления МНЛЗ. Данная проблематика актуальна для возникающих в настоящее время задач, связанных с разработкой систем управления технологическим процессом непрерывной разливки.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Исследования, представленные в диссертации, основаны на методах математического моделирования, методах обработки экспериментальных данных, полученных в промышленных условиях и теоретических положениях теплофизики затвердевания металлов и сплавов. При формализации моделируемых процессов приняты адекватные допущения, данные экспериментов обработаны в соответствии со стандартными требованиями, результаты вычислений в достаточной мере согласуются с экспериментальными данными, полученными в лабораторных и производственных условиях, а также с данными, приведенными в работах других исследователей. Все научные и практические исследования, представленные в диссертации, прошли апробацию на многочисленных семинарах и международных конференциях. Кроме того, они в достаточной степени представлены в публикациях в отечественных и зарубежных научных журналах, в том числе и входящих в международные наукометрические базы. Следовательно, научные положения, выводы и рекомендации, полученные соискателем в ходе диссертационного исследования, достаточно обоснованы.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов исследований, выводов, рекомендаций и научных положений диссертационной работы Ивановой Анны Александровны обеспечивается корректным применением существующих научных теорий и достаточно хорошим совпадением результатов расчётов с данными экспериментальных исследований.

Разработанный в диссертации алгоритм расчёта температурного поля непрерывного слитка по трёхмерной математической модели и алгоритм решения обратной задачи теплопроводности с учётом фазовых переходов

были использованы при разработке программного обеспечения для автоматического проектирования оптимальной конфигурации зоны вторичного охлаждения (ЗВО) машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) ЗАО "КОРАД", г. Москва, РФ. Результаты исследований, касающиеся влияния разных технологических параметров на тепловое состояние слитка, в частности на глубину и форму жидкой лунки были использованы при выработке практических рекомендаций для совершенствования режимов функционирования сортовой МНЛЗ Енакиевского металлургического завода ЗАО «ВТС».

Имеется 2 акта об использовании на производстве результатов исследовательских работ: от ЗАО "КОРАД" (Москва), и от Филиала №2 Енакиевского металлургического завода ЗАО «ВТС» (Енакиево), которые также подтверждают достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем. Автором впервые разработана математическая модель температурного поля непрерывнолитой заготовки с определением положения границ двухфазной зоны по условиям Стефана, сформулированным отдельно для ликвидуса и солидуса, которая позволяет рассчитывать геометрию двухфазной области, а также скорости продвижения изотерм и границ фазового перехода и градиенты температур вблизи фазового перехода. Впервые предложена методика расчёта положения границы раздела фаз, заданного условием Стефана, и температуры в узлах вблизи фазового перехода по специальному равномерному шаблону, который позволяет устанавливать для расчёта положения границы тот же шаг по времени, что и для основной явной конечно-разностной схемы расчёта поля температур. Выполнено системное сопоставление моделей температурного поля с расчётом границ фазового перехода по условиям Стефана, по квазиравновесной модели, по методу введения функции состава гетерогенной смеси, а также по разработанному новому методу нахождения положения двухфазной зоны внутри непрерывного слитка. Проведённый анализ позволяет выбрать наиболее подходящий с точки зрения конкретной задачи метод учёта тепловыделения при кристаллизации для определения текущей конфигурации области непрерывного слитка, содержащей одновременно жидкую и твёрдую фазы металла. Выработаны числовые характеристики температурного поля и на их базе разработана методика оценки температурного состояния слитка как на этапе проектирования, так и в процессе функционирования системы автоматического управления МНЛЗ. Усовершенствована методика

определения оптимальных расходов воды в ЗВО путём замены алгоритмов разомкнутого управления прогнозным, дающая возможность максимально строгого соблюдения температурного режима непрерывного слитка при управлении вторичным охлаждением в переходных процессах разливки, а также имитационного моделирования на этапе проектирования конструкции и системы автоматического управления МНЛЗ.

Практическая значимость работы состоит в разработке математической модели расчёта положения двухфазной зоны с использованием условий Стефана позволяющая непосредственно во время производственного процесса наблюдать температурное поле непрерывного слитка в любых точках и положение двухфазной зоны в любом сечении. Проведенное системное сопоставление различных моделей температурного поля с наличием фазового перехода, которое позволяет выбирать структуру математической модели, наиболее соответствующую требованиям конкретной практической задачи, в частности быстроедействие для прогнозных моделей, вычисление производных при расчётах скоростей и температурных градиентов или имитационное моделирование, замещающее натурные эксперименты. Разработанная математическая модель положения двухфазной зоны внутри слитка может функционировать параллельно с реальным процессом разливки и позволяет рассчитывать толщину формирующейся оболочки слитка и длину жидкой фазы вдоль технологической оси, а также скорости продвижения изотерм и границ фазового перехода и градиенты температур вблизи фазового перехода и на основе этих данных принимать оперативные решения по изменению технологических параметров.

4. Замечания

1. В диссертации рассматриваются тепловые процессы в слитке и в стенках кристаллизатора, в то время, как при непрерывной разливке происходит ещё множество различных тепловых процессов в других узлах МНЛЗ, которые также стоит учитывать.
2. При моделировании температурного поля слитка в кристаллизаторе не объясняется, каким образом рассчитывается диаметр струи поступающего из промковша в кристаллизатор расплава.
3. Ничего не сказано о влиянии загиба-разгиба непрерывного слитка внутри МНЛЗ на его температурное поле.

4. В работе часто встречаются выражения по скорости расчетов: «расчёты быстрее, чем в режиме реального времени», «со скоростью в несколько раз превышающей режим реального времени», что не совсем корректно. Вероятно, автор имеет в виду тот факт, что предложенная схема решения позволяет производить расчеты со скоростью, превышающей время реакции системы и достаточной для принятия своевременных решений по ее управлению.
5. Технические решения, полученные в ходе выполнения представленных в диссертации исследований, не защищены какими-либо патентами.
6. Не произведён расчёт фактического экономического эффекта от внедрения технических решений по увеличению производительности МНЛЗ, рекомендуемых на основе расчётов по разработанным математическим моделям.
7. В работе имеются опечатки. В частности, на стр. 230 в ссылке на литературный источник кроме числа присутствуют буквы.

5. Заключение

Диссертационная работа Ивановой Анны Александровны на тему «Прогнозное моделирование тепловых процессов при непрерывной разливке металлов» является завершённым научным исследованием. Работа включает анализ состояния вопроса, постановку цели и задач исследования, теоретическое обоснование, экспериментальные исследования, разработку рекомендаций по использованию полученных результатов при решении вопросов исследования, совершенствования и оперативного контроля при организации теплотехнической части процесса разливки металлов в машинах непрерывного литья заготовок и способов повышения качества металлургической продукции. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает логичностью и единством начиная с анализа состояния проблемы и заканчивая внедрением результатов проведённых научных исследований на производстве. Работа содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе соискателя в развитие теории и методов моделирования механизмов и закономерностей процессов теплопереноса с целью их оперативного наблюдения, оценки тепловых процессов кристаллизации слитков и разработки научных основ совершенствования технологии непрерывной разливки. Материалы и выводы работы достоверны, полностью представлены в научных публикациях и широко апробированы на многочисленных семинарах и международных

научно-практических конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Перечисленные мною замечания не снижают ценности работы. Решенная в диссертации проблема прогнозного моделирования тепловых процессов является важной и актуальной.

Диссертация соответствует п. 2.1 “Положения о присуждении учёных степеней” и удовлетворяет требованиям Высшей аттестационной комиссии, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 – “Промышленная теплоэнергетика”.

На основании вышеизложенного считаю, что автор диссертационной работы Иванова Анна Александровна заслуживает присуждения ей учёной степени доктора технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент

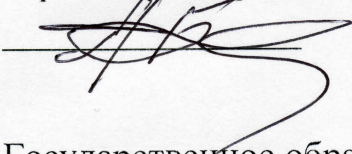
доктор технических наук, доцент кафедры

«Технической эксплуатации и сервиса автомобилей,
технологических машин и оборудования»,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия

строительства и архитектуры»,  Бабанин Анатолий Яковлевич

Я, Бабанин Анатолий Яковлевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, представленных в этом документе.



Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»:

Адрес: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

Тел.: +38(0623) 22-74-71

Эл. почта: mailbox@donnasa.ru

Адрес сайта: <https://www.donnasa.ru>

Подпись Бабанина А.Я. заверяю,

Ученый секретарь к.э.н., доцент





Гракова М.А.