

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Ивановой А.А. посвящена актуальной проблеме развития теории и методов моделирования механизмов и закономерностей процессов теплопереноса для оперативного наблюдения и оценки тепловых процессов кристаллизации слитков и разработки научных основ совершенствования технологии непрерывной разливки. Работа выполнена на основе теоретических, натуральных и лабораторных исследований. Методами математического и компьютерного моделирования исследуются тепловые процессы охлаждения, происходящие в непрерывном слитке, во время его движения в области кристаллизатора и в зоне вторичного охлаждения (ЗВО), а также тепловые процессы в рабочей стенке кристаллизатора. Экспериментальные данные были получены на действующих промышленных машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и использованы для настройки разработанных компьютерных моделей в соответствии с условиями реального производства.

На основании результатов проведённых исследований автором показаны возможности совершенствования способов моделирования температурного поля непрерывного слитка с целью решения на базе разработанных математических моделей задач конструирования МНЛЗ, определения рациональных режимов функционирования, способов повышения качества металлургической продукции и, за счёт этого, обеспечения ресурсосбережения. Разработана прогнозная модель для диагностики теплового состояния кристаллизаторов содовой МНЛЗ и вычисления толщины формирующейся твёрдой корочки слитка, основанная на решении дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности с условием Стефана и задании граничных условий третьего рода, в которых задействована величина теплопередачи от наружной поверхности корки к охлаждающей воде, определяемая в режиме реального времени из плотности теплового потока, итогового коэффициента теплопередачи в кристаллизаторе, коэффициента теплоотдачи от корочки заготовки к внутренней поверхности кристаллизатора и эффективной толщины газового зазора в зависимости от текущих значений перепада температуры охлаждающей воды и её расхода и геометрических параметров гильзы кристаллизатора. Также разработана математическая модель расчёта положения двухфазной зоны кристаллизующейся непрерывнолитой заготовки с использованием условий Стефана, позволяющая устанавливать теплофизические закономерности формирования слитка, определять чувствительность формы жидкой лунки к изменениям различных параметров процесса, а также непосредственно во время производственного процесса наблюдать температурное поле непрерывного слитка в любых точках и положение двухфазной зоны в любом сечении. На основе моделирования предложена методика определения оптимальной конфигурации форсунок в ЗВО, апробированная в производственных условиях. Представлены новые способы оценки температурного состояния непрерывного слитка. Усовершенствована методика определения оптимальных расходов воды в зоне вторичного охлаждения. Разработаны подходы к определению структуры непрерывного слитка по измеряемым параметрам процесса разливки и методика выработки режимов функционирования машины непрерывного литья для формирования необходимой структуры непрерывнолитой заготовки.



Исследования, представленные в диссертации, прошли апробацию на многочисленных международных научных и практических конференциях и семинарах, представлены в научных статьях в профильных научных журналах, входящих в международные наукометрические базы.

По автореферату имеются следующие замечания.

1. В главе 2, при задании граничных условий в п. 3, указано «Если разливка производится под шлаком, то тепловой поток от верхней границы металла в кристаллизаторе считается равным нулю». Данное утверждение не учитывает тепловые потери на мениске, связанные с нагревом и плавлением непрерывно или периодически поступающей в кристаллизатор ШОС.
2. В главе 4 не рассматривается вопрос о асимметричных условиях охлаждения слитка по внутреннему и внешнему радиусам, что часто является причиной смещения оси жидкой лунки относительно геометрической оси слитка, как это показано на рис. 19. Данный эффект вносит свои коррективы в вопрос определения положения жидкой лунки.

Несмотря на указанные замечания, считаю, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор – Иванова Анна Александровна заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика».

Доцент, канд. тех. наук. - 05.16.02  
«Металлургия черных и цветных  
металлов и специальных сплавов»,  
доцент

12.11.18  
Федосов Андрей Васильевич

Я, Федосов Андрей Васильевич согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Донской государственный технический университет»;  
344000, Российская Федерация, ЮФО, Ростовская область,  
г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1;  
Телефон: 8 800 100-19-30;  
Эл. почта: [reception@donstu.ru](mailto:reception@donstu.ru)

Подпись к.т.н. доцента кафедры «ТФиХОМ» заверяю.

Ученый секретарь

Ученого совета ДГТУ

к.т.н., доцент

В. Н. Анисимов

