

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Кучинского Михаила Юрьевича на тему: «Электротехнология
перемешивания жидкой сердцевины слитков в многоручьевом литейном
комплексе», представленную на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 05.09.10 – Электротехнология

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 104 наименования и приложений. Она включает в себя 106 страниц, 50 рисунков и 6 таблиц. Автореферат имеет объём 20 страниц, а том числе 14 рисунков.

Актуальность темы.

Многокомпонентные алюминиевые сплавы, имеющие повышенные технологические и эксплуатационные свойства, приобрели широкое применение в промышленности. При непрерывном литье алюминиевых слитков в кристаллизатор скольжения для достижения заданных физико-механических свойств и химического состава, требуется перемешивание жидкой сердцевины слитка с целью равномерного распределения легирующих компонентов.

Наибольшее распространение в металлургии получили электромагнитные перемешиватели (ЭМП), воздействующие на расплав вращающимся или бегущим магнитным полем. Перемешивание жидкого металла под воздействием электромагнитного поля дает возможность повысить качество слитка за счет получения однородной кристаллической структуры сплава и равномерного химического состава по объему слитка.

В связи с постоянным расширением сфер использования алюминиевых сплавов и повышением требованиям к качеству слитков, разработка электротехнологии перемешивания жидкой сердцевины слитков для многоручьевого литейного комплекса является актуальной задачей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность положений, сформулированных в диссертации, достаточна, поскольку они получены с помощью современных математических моделей путем исследования электромагнитных, тепловых и гидродинамических процессов при кристаллизации алюминиевого слитка. Результаты расчетов подтверждены с помощью экспериментальных

исследований на физической модели с использованием ультразвуковых измерений поля скоростей в области жидкой сердцевины слитка.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 104 библиографических ссылок, 2 приложений. Текст работы изложен на 106 страницах, содержит 50 рисунков и 6 таблиц.

В первой главе представлен обзор литературных источников, посвященных электромагнитному воздействию на жидкую сердцевину кристаллизующегося слитка. Приводится обоснование разработки компактного электромагнитного перемешивателя, предназначенного для применения в многоручьевых литейных комплексах с ограниченным пространством для размещения, обладающего высокой эффективностью воздействия на жидкую сердцевину слитка. Учитывая сложный характер протекающих в кристаллизующемся слитке процессов, предпочтение при их исследовании отдается методам математического и физического моделирования.

Вторая глава посвящена постановке задачи математического моделирования и построению математических моделей системы «индуктор-слиток». Построены математические модели для совместного анализа тепловых, электромагнитных и гидродинамических процессов в системе «индуктор-слиток», учитывающие фазовые состояния кристаллизующегося слитка и магнитогидродинамические процессы, протекающие в области жидкой сердцевины.

В третьей главе проводится анализ сопряженных электромагнитных, тепловых и гидродинамических процессов в жидкой сердцевине слитка, оценка их влияния друг на друга при различных конструктивных и электромагнитных параметрах перемешивателя. В результате расчетов, проведенных на математических моделях, определены геометрические и энергетические параметры двухфазного индуктора, проведен расчет режимов его работы и оценено влияние на гидродинамические процессы в жидкой сердцевине слитка, форму фронта кристаллизации.

В четвертой главе рассматриваются результаты экспериментальных исследований на физической модели и их сравнение с данными, полученными при математическом моделировании. Разработана и опробована методика ультразвукового исследования поля скоростей в жидкой сердцевине слитка с использованием физической модели цилиндрического индуктора.

Научная новизна.

1. Построены математические модели для совместного анализа тепловых, электромагнитных и гидродинамических процессов в системе «индуктор-слиток», учитывающие фазовые состояния кристаллизующегося

слитка и магнитогидродинамические процессы, протекающие в области жидкой сердцевины.

2. Установлены новые закономерности изменения фазовых состояний кристаллизующегося слитка, а именно:

- наибольшее влияние на изменение формы фронта кристаллизации оказывает скорость вытягивания слитка;

- конструкция индуктора с пятью зубцами имеет наилучшие показатели по создаваемым интегральным усилиям в слитке;

- режим питания индуктора в частотном диапазоне $f=5-10$ Гц при использовании схемы с вращающимся магнитным полем обеспечивает равномерное перемешивание жидкой сердцевины слитка вдоль всего фронта кристаллизации.

3. Впервые предложена и опробована методика ультразвукового исследования поля скоростей в жидкой сердцевине слитка с использованием физической модели электромагнитного перемешивания.

Практическая ценность.

1. Предложена конструкция цилиндрического индуктора, позволяющего за счет изменения схемы подключения обмоток и параметров питающей сети формировать в жидкой фазе кристаллизующегося слитка потоки металла, охватывающие до 90 % поверхности фронта кристаллизации при средней скорости циркуляции от 0,1 до 0,5 м/с.

2. Предложенная конструкция обладает компактными габаритными размерами, что позволяет использовать ее в многоручьевых литейных комплексах.

3. Разработана установка и комплекс технических решений для электромагнитного перемешивания жидкой сердцевины кристаллизующегося слитка, защищенных патентом на изобретение № 2743437.

4. Разработана методика экспериментального исследования гидродинамических процессов в жидком металле на основе моделирующих сплавов.

Достоверность результатов.

Достоверность обоснована корректным использованием математического аппарата и современных программных средств, сходимостью результатов математического моделирования и экспериментальных данных, полученных при проведении испытаний физической модели.

В публикациях автора достаточно полно отражены основные научные результаты данной диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе.

1. В работе (параграф 1.3, стр. 23-34) приведен обзор устройств для воздействия на жидкую сердцевину слитка, отличающихся как конструкцией, так и применяемой частотой (от 0 до 30 кГц). Однако их оценка отсутствует и не ясно, как автор использовал эту информацию в своей диссертации.

2. В качестве материала слитка при термогидродинамическом расчете задаются физические свойства чистого алюминия, но свойства специальных сплавов могут значительно отличаться (в работе они не приводятся), что повлияет на результаты расчета.

3. В исследовании не учитывается взаимное влияние индукторов друг на друга при их работе на многоручьевом литейном комплексе. Моделирование физических процессов проводится при литье в один ручей.

4. Эффективность электромагнитного перемешивания оценивается по косвенному признаку – интенсивности и равномерности распределения поля скоростей в области жидкой сердцевины слитка. Для более объективной оценки влияния электромагнитного воздействия на кристаллизующийся слиток полезно провести эксперимент с литьём алюминия в кристаллизатор, и оценить эффективность перемешивания с помощью анализа структур полученных слитков.

5. Представлен акт внедрения результатов работы, из которого следует, что они будут применяться в учебном процессе и научных исследованиях. Как и где результаты работы используются или будут использоваться в промышленности?

6. В работе оценены погрешности (расхождение) результатов расчетов и экспериментов при физическом моделировании в 10-15%. Для расчетов тепловых и гидравлических данных это приемлемо, но велико для расчетов электромагнитных характеристик.

Заключение.

Диссертационная работа Кучинского М. Ю. выполнена на высоком научном уровне, её результаты представляют значительный интерес в данной технической области.

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Автореферат отражает основное содержание работы и полностью соответствует ей.

Диссертация «Электротехнология перемешивания жидкой сердцевины слитков в многоручьевом литейном комплексе» является законченной научно-квалификационной работой. В ней решена задача, имеющая важное

значение для развития электротехнологии, направленная на повышение качества алюминиевых слитков, отливаемых в многоручьевом литейном комплексе.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным п.9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Кучинский Михаил Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.10 – Электротехнология.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Электроснабжение промышленных
предприятий и электротехнологии»

Национального исследовательского университета
«Московский энергетический институт»,

заслуженный деятель науки РФ,

доктор технических наук, профессор

17.08

А. Б. Кувалдин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная ул., д. 14
тел. +7 (495) 362-70-75

e-mail: kuvaldinab@mpei.ru

Подпись профессора Кувалдина

*Отзыв получен 15.08.2022
из ДВНТ МА*

С отзывами ознакомлен

Минск 30.08.2022 Кучинский М.Ю.