

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента

Тиунова Василия Васильевича

на диссертацию **Болотина Кирилла Евгеньевича**

«Повышение эффективности индукционных магнитогидродинамических машин металлургического назначения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Актуальность темы

Применение магнитогидродинамических технологий (далее МГД технологий) при производстве металлургической продукции позволяет значительно снизить временные и энергетические затраты, повысить качество металлургической продукции, улучшить санитарно-гигиенические условия и повысить безопасность труда работников. Этим объясняется активное внедрение МГД устройств в технологический процесс на отечественных и зарубежных предприятиях. Индукционные перемешиватели жидкого металла являются одним из примеров применения МГД технологий для интенсификации приготовления металлических расплавов. Постоянный рост требований к выпускаемой продукции приводит к необходимости своевременной модернизации имеющегося оборудования, для решения данной задачи проводится большое количество научно-исследовательских, опытно-конструкторских и внедренческих работ.

Представленная диссертация посвящена разработке нового пути в реализации повышения эффективности работы металлургических МГД перемешивателей. Использование металлокерамического материала на основе высокотемпературного магнитодиэлектрического композита (далее ВМД композита), сочетающего в себе огнеупорные, диэлектрические и магнитные свойства, в качестве удлинителей зубцов магнитопровода МГД перемешивателя, позволит сохранить огнеупорную футеровку металлургической установки, снизив при этом величину рабочего зазора, а значит, позволит улучшить энергетические и технико-экономические показатели МГД перемешивателя. Таким образом, выбранная тема является актуальной, а ожидаемые результаты от ее разработки имеют важное научно-техническое и технико-экономическое значение.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, можно считать достаточной, т.к. они базируются на адекватном описании электромагнитных, гидродинамических и теплообменных процессов, на

корректном их математическом представлении и решении задачи на основе надежного метода конечных элементов при компьютерном моделировании с использованием современных программных вычислительных пакетов.

Структура и объем диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Первая глава посвящена обзору литературных источников. Рассмотрены основные типы МГД-перемешивателей, представлен достаточно полный обзор существующих разработок повышения эффективности МГД-перемешивателей. В результате сформулирована задача исследований и намечены пути ее решения.

Вторая глава посвящена разработке, созданию и исследованию образцов металлокерамических материалов для изготовления вставок. Автором проведен достаточный обзор литературы по теме магнитных композиционных материалов. На его основе выбраны составы будущих образцов. Описан процесс их подготовки и создания, а так же процедуры исследования их электромагнитных, механических и теплофизических свойств. На основе полученных результатов выбран состав, позволяющий получить требуемые свойства материала.

В третьей главе представлен процесс разработки и верификации компьютерной модели лабораторного подового МГД перемешивателя с вращающимся полем. Данная модель позволяет исследовать связанные задачи, описывающие электромагнитные, гидродинамические и теплообменные процессы, протекающие в алюминиевом расплаве при его электромагнитом перемешивании. Для их решения применялся метод конечных элементов.

Для верификации компьютерной модели был использован лабораторный МГД перемешиватель, разработанный научным коллективом кафедры ЭЭС ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Сравнение данных, полученных в ходе физического эксперимента, с результатами компьютерного моделирования позволило сделать вывод о достоверности разработанной модели.

В четвертой главе исследовалась эффективность применения вставок из металлокерамического материала в конструкции промышленного металлургического агрегата. Для этого была использована ранее верифицированная компьютерная модель. Были проведены исследования влияния высоты и формы вставок на эффективность перемешивания расплава, выравнивания температуры в его объеме, а так же размытия легирующих добавок при его приготовлении. Полученные результаты говорят о перспективности данного способа модернизации металлургических МГД перемешивателей, а так же открывают широкое поле для

дальнейших исследований в данном направлении совершенствования промышленных МГД устройств.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Создана и верифицирована компьютерная модель, комплексно описывающая связанные между собой электромагнитные, гидродинамические и теплообменные процессы в МГД перемешивателе алюминия с вращающимся электромагнитным полем с донным расположением индуктора;
2. Разработаны рекомендации по созданию промышленного образца МГД перемешивателя, в конструкции которого использованы вставки из ВМД композита;
3. Определено рациональное соотношение размеров и формы вставок из ВМД композита для конструкции индуктора МГД перемешивателя миксера объемом 40 тонн.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Рассмотрена и обоснована необходимость применения ВМД композита для повышения эффективности работы МГД перемешивателей;
2. Определены наиболее выгодные соотношения размеров и формы вставок из ВМД композита для индуктора МГД перемешивателя.

Достоверность результатов диссертационной работы обоснована опорой на законы электромагнетизма, магнитной гидродинамики и тепломассообмена, корректным использованием адекватного математического аппарата и сходимостью результатов математического моделирования и экспериментальных данных.

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

Замечания

1. Из текста диссертации не вполне ясна природа процессов, приводящих к увеличению усилия в расплаве, при изменении формы вставок. Также автору следует пояснить логику выбора исследуемых форм. Какие гипотезы отработывались при проведении этого исследования?
2. В тексте диссертации приведена полученная автором картина распределения температур в футеровке миксера, в конструкции которого есть вставки из ВМД композита. Как можно видеть, внедрение вставок оказывает существенное влияние на распределение температур в футеровке. Автором не дано развернутое пояснение, как это скажется на стойкости футеровки?
3. Автору следовало бы подробнее описать конструкцию и принцип работы лабораторного торцевого МГД перемешивателя.

4. В тексте диссертационной работы встречаются небольшие погрешности редакционного характера. Например, подрисовочные подписи под некоторыми рисунками являются слишком краткими, не дающими исчерпывающей информации по идентификации объекта, или содержащие не расшифрованные сведения на иностранном (английском) языке о представленном объекте (см., например, Рисунки 1.7, 2.2, 2.3-2.5); не всегда, по мнению оппонента, удачен словесный стиль изложения материала (см., например, описание Рисунков 3.15, 4.3, 4.4) и др. Все это, не являясь ошибкой, затрудняет быстрое восприятие информации читателем и требует от него дополнительных усилий по усвоению материала. Озвученные замечания не снижают научной и научно-технической ценности представленной диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Болотина К.Е. выполнена на высоком научном уровне, ее результаты представляют значительный интерес в данной технической области. Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Автореферат отражает основное содержание диссертации и полностью соответствует ей.

Диссертация «Повышение эффективности индукционных магнитогидродинамических машин металлургического назначения» является законченной научно-квалификационной работой. В ней представлено решение комплексной научной задачи, имеющая важное значение для развития индукционных МГД установок металлургического назначения.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Соискатель, Болотин Кирилл Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент:

канд. техн. наук (05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты), доцент,
профессор кафедры «Электротехника и электромеханика» ФГБОУ ВО
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет».
614990, г. Пермь, Комсомольский пр.
тел.: +7 (342) 219-80-67 (Приемная)
+7 (91

Тиунов

Василий Васильевич

«31» мая 2018 г.

Подпись Тиунова Василия

Васильевича



ЗАВЕРЯЮ

ионный секретарь ПНИПУ

В.И. Макаревич