

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
Михадарова Дениса Георгиевича «Исследование особенностей
характеристик электротехнологических дуг в дуговых печах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.10 - Электротехнология**

1. Актуальность темы

Актуальность избранной соискателем темы не вызывает сомнения. Автор в своей трактовке обоснования актуальности базируется на необходимости развития дуговых электропечей и решает задачу исследования особенностей характеристик электротехнологических дуг постоянного и переменного токов, используемых в литейных печах. Это в полной мере соответствует сформулированной цели работы, поставленным и решенным исследовательскими задач с последующей разработкой инженерных предложений по конструкции печей.

2. Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертации проведен анализ изученного соискателем обширного материала об использовании дуговых разрядов в электропечах постоянного и переменного токов. Отдельными разделами изложены описания электрических характеристик печных дуг, электродинамических явлений в дуговых печах и параметров рабочих длин дуговых разрядов. Об объеме изученного материала свидетельствует приведенный в диссертации список отечественных и зарубежных источников – 89 наименований.

Из материалов диссертации и публикаций следует, что автором впервые сформулирована физическая задача и проведено математическое моделирование взаимодействия дуговых разрядов постоянного тока с электрическими полями токоподводов для оценки степени отклонения разрядов от оси электродов. К значимым разделам диссертации относится авторская физическая и математическая модель формирования мениска при горении дугового разряда на расплаве металла. При этом рассматривается осевое горение дуг и вариант с отклонением дуги от осевого направления. Этот же методический подход использован для анализа режимов горения дуговых разрядов в трехфазных электропечах переменного тока с получением результатов исследований отклонения столба дуги и формирования профиля мениска.

Общий анализ процессов в дуговой печи постоянного тока позволил автору диссертации предложить новый вариант печи с расщепленным электродом с построением математической модели горения трех дуговых разрядов с одинаковым направлением протекания тока.

В экспериментальной части диссертации получены статические ВАХ и регулировочные характеристики электропечей постоянного и переменного токов, а также проведено исследование зависимостей отклонения столба дуги от длины дуги. Результаты исследований представляют научный и практический интерес и позволили автору провести оптимизацию режимов работы двух промышленных электропечей переменного тока на заводе ООО «Промтрактор-Промлит» (г. Чебоксары).

Нельзя не отметить большой объем расчетной работы автора диссертации по определению параметров исследованных электропечей, приведенных в приложении.

3. К наиболее важным научным результатам можно отнести следующие:

- экспериментально полученные регулировочные характеристики $U_d=f(L_d)$ и их анализ (стр. 80-89) позволили автору выяснить причины существования в литературе значений градиента напряжения в дуговом разряде, отличающихся в 5-10 раз. В диссертации показано, что регулировочная характеристика дуги постоянного тока имеет ярко выраженный нелинейный характер, а градиент напряжений в столбе дуги различен для коротких и длинных дуг;

- показано, что при существующих конструкциях токоподводов длина дуги оказывает наиболее значительное влияние на отклонение столба дуги от оси электрода;

- предложен вариант оптимизации конструктивного исполнения электропечи постоянного тока путем использования расщепленного электрода.

4. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются аргументированным выбором исходных данных, вытекающих из фундаментальных законов естественных наук и основ теории цепей, удовлетворительным совпадением результатов теоретических исследований с результатами экспериментов.

Достоверность теоретических положений, результатов исследований, разработанных рекомендаций и выводов, изложенных в диссертации и опубликованных работах, сомнений не вызывает, так как они получены в результате использования обоснованного математического описания и методов моделирования электрических и магнитных процессов. В работе автором применены общепринятые допущения, а также произведен сопоставительный анализ теоретических и экспериментальных данных с хорошей сходимостью результатов.

5. Степень новизны научных результатов, выводов и рекомендаций

Новизна научных результатов не вызывает сомнений, так как соискателем впервые:

- на основе физических и математических моделей и экспериментов разработаны инженерные методы расчетов отклонения пространственного расположения дуговых разрядов при воздействии внешних магнитных полей от токоподводов в печах постоянного тока и соседних фаз в печах переменного тока;

- предложена и исследована новая конструктивная схема печей постоянного тока с расщепленными сводовыми электродами, которые имеют перспективы использования для переплава мелкой шихты, загружаемой в электропечь по трубоотечкам;

- с большой достоверностью и общностью получены вольт-амперные и регулировочные характеристики исследованных электропечей;

- экспериментально доказаны причины отличия градиентов напряжения для коротких и длинных дуговых разрядов.

6. Оценка внутреннего единства полученных результатов и направленность полученных результатов на решение актуальной проблемы, теоретической и прикладной задач

Диссертация является законченной научной работой. Все задачи, определенные постановкой и целью исследований, логика и последовательность изложения материалов в диссертации объединены общей идеей создания высокоэффективных дуговых электропечей постоянного и переменного токов.

Последовательность изложения результатов исследований логически обоснована, взаимосвязана и направлена на решение поставленной актуальной прикладной научной проблемы.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что теоретические выводы соискателя развивают общую теорию электропечей и позволяют практически осуществить создание промышленных электротехнологических комплексов высокого технического уровня.

Научные и практические результаты диссертации следует рекомендовать к использованию на предприятиях, занимающихся разработкой и производством современных, электропечей. Кроме того, представляется возможным и необходимым их использование при чтении ряда учебных курсов соответствующего профиля в ВУЗах.

7. Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов и заключения. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Основные результаты исследований достаточно полно опубликованы в 14 научных трудах, неоднократно докладывались на научных конференциях различного уровня и в достаточной степени известны специалистам в области электротехнологии.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и в полной мере отражает ее основные положения.

8. Замечания по диссертационной работе

1. При анализе литературных источников информации соискатель на стр. 33-34 изложил физическую модель формирования катодных струй. Однако в последующем при проведении исследований наличие катодных струй и осевых газоплазменных потоков соискатель не учитывает.

2. На стр. 42 и 46 соискатель утверждает, что «...сила F_m вызвана аэродинамическим потоком паров и газов, образующихся в дуге...». В дугах не могут образовываться пары и газы, а дуговые разряды имеют свойства электромагнитного насоса, который прокачивает через дуговые разряды парогазовую смесь, заполняющую рабочее пространство ДСП, и совместно с катодными струями формирует осевые потоки в дугах.

3. На стр. 65 указывается, что водоохлаждаемые панели в ДСП применяются для уменьшения тепловой нагрузки на стены и свод. Это ошибочная точка зрения соискателя. Водоохлаждаемые панели не могут уменьшать тепловые потери в печи, но увеличивать могут. Водоохлаждение вводится для увеличения срока службы стен и свода.

4. Соискатель не указывает будет ли зависеть профиль мениска от вязкости расплава, которая изменяется от температуры расплава, например, для сплава железо-углерод, в 2-2,5 раза.

Поверхностное натяжение σ очень чувствительно к наличию примесей в расплаве и граничной фазе (поверхности), с которой испаряются легколетучие металлы и основной металл. Учитывалось ли это соискателем при моделировании?

5. На стр. 59 автор вводит новый параметр «сила давления», который отсутствует в физической терминологии. Необходимо выяснить мнение автора о физическом смысле этого нового параметра.

6. На этой же странице 59 автор рассматривает потоки электронов, движущихся в направлении от катода к аноду в один полупериод протекания тока. К этой постановке физической модели имеется следующее замечание.

В дуговом, разряде атмосферного давления не могут формироваться потоки электронов в столбе разряда, так как длина свободного пробега электронов в столбе дуги существенно меньше размеров столба дуги. Происходит передача энергии электронами и ионами (т.е. плазмой) вдоль столба дугового разряда. Поэтому сила $F_e = m_e V_e I / e$ в уравнении

$$F_{\text{давл.А}} = F_{\text{давл.к}} + F_e + F_{\text{ад}} = \frac{\mu_0 (I_m \sin \omega t)^2}{4\pi^2 R_d^2} + \frac{m_e v_e I}{e} \text{ не может существовать.}$$

Первое слагаемое в приведенном уравнении не является силой, т.к. единицей измерения получаемой величины является Н/м². Это единица измерения не силы, а давления.

Несмотря на изложенные замечания результаты моделирования, приведенные на рис. 2.14 и 2.15, а также на рис. 2.22 и 2.23, качественно

совпадают с характеристиками, получаемыми в экспериментах на промышленных электропечах постоянного тока.

Заключение

Диссертационная работа Михадарова Дениса Георгиевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена проблема, имеющая важное хозяйственное значение и определяющая развитие дуговых электропечей. Содержание диссертационной работы соответствует ее названию и специальности 05.09.10 – Электротехнология.

На основании изложенного считаю, что представленная диссертационная работа Михадарова Дениса Георгиевича соответствует критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, в части, касающейся кандидатских диссертаций.

Автор диссертации Михадаров Денис Георгиевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.10 – Электротехнология.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры автоматизированных
электротехнологических установок
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»,
Г. Новосибирск

Чередниченко Владимир Семенович

19.02.2016

630073, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20
ФГБОУ ВО «НГТУ»
Тел.: (383) 346-30-32, 8_903-903-56-56;
E-mail: gk@therm.ru