

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Мартусевича Ефима Александровича
на тему: «Совершенствование технологии получения
алюминиевых сплавов в миксерах с использованием
программно-инструментальной системы
моделирования и оптимизации»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация Мартусевича Е. А. является актуальным научно-практическим исследованием, направленным на решение одной из важных задач в металлургии. Технологический процесс формирования алюминиевых сплавов в миксерах литейных отделений является сложным процессом, который заключается в последовательном смешивании алюминия-сырца, полученного методом электролиза, с последующей обработкой расплава лигатурами и флюсами. Этот этап производства связан с наличием избыточного количества корректирующих воздействий из-за многозадачности и многофакторности процесса, что приводит к увеличению времени приготовления расплава, снижению производительности электрического миксера сопротивления и повышению затрат на единицу готовой продукции. Следовательно, совершенствование технологии и разработка оптимальных ресурсосберегающих режимов формирования алюминиевого расплава в электрических миксерах сопротивления является актуальной задачей. Наличие человеческого фактора не позволяет определять оптимальные технологические режимы формирования алюминиевых сплавов в миксере. В связи с этим, большое значение приобретает вычислительный эксперимент с использованием инструментов математического моделирования и программно-инструментальных систем, который обеспечит получение сплавов с заданными свойствами оптимальным образом.

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

В работе автора прослеживается достаточно глубокое изучение действующей технологии, описаны ключевые особенности протекания технологических процессов, а также выявлены наиболее значимые недостатки, приводящие к снижению производительности литейных отделений. Обоснованность полученных научных достижений подтверждается корректным использованием общеизвестных методов математического моделирования, программирования и оптимизации, сходимостью результатов теоретических исследований с результатами промышленных данных, адекватностью математических моделей, настроенных с использованием фактических параметров промышленных плавов. Обоснованность научных положений также подтверждается корректной сопоставимостью расчетных и фактических данных.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертация соответствует поставленной цели и задачам. Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми и достоверными. В работе Мартусевича Е. А. представлено комплексное решение задачи совершенствования технологии получения алюминиевых сплавов в литейных отделениях, в частности:

- математическая модель изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия, обработке его флюсами, лигатурами и учитывающая процессы диффузии компонентов в ванне миксера при получении алюминиевых сплавов различных марок.

- метод расчета оптимальных параметров порционного смешивания алюминия-сырца в миксере с учетом обработки лигатурами и флюсами, включенный в схему алгоритма

динамического программирования с использованием симплекс-метода при изменяющихся начальных условиях и ограничениях, обеспечивающий решение задачи формирования алюминиевого расплава с заданными характеристиками при минимальных технологических затратах.

– оптимальные ресурсосберегающие режимы получения алюминиевых сплавов, обеспечивающие получение металла с заданными свойствами, повышение производительности электрических миксеров сопротивления и снижение затрат на единицу продукции.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Разработанные с использованием математической модели, реализованной в программно-инструментальном комплексе «Алюминщик», оптимальные технологические режимы процесса формирования алюминиевых сплавов в миксере обеспечивают ресурсо- и энергосбережение процесса, повышение производительности литейного отделения и качества алюминиевой металлопродукции. Опыт разработки такого рода систем открывает новые возможности по совершенствованию других металлургических технологий.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанная математическая модель и метод поиска оптимальных технологических режимов формирования алюминиевых сплавов являются основой для разработки новых подходов к совершенствованию металлургических технологий. Программный комплекс «Алюминщик» построен на основе элементов искусственного интеллекта, что позволяет использовать предложенные решения в качестве интеллектуального помощника для технологического персонала. Это позволит повысить производительность литейных отделений, снизить материально-технологические затраты производства.

Результаты расчетов, позволяющие определять наилучшие технологические параметры производства могут быть использованы:

- на действующих металлургических предприятиях;
- в учебных заведениях при подготовке специалистов в металлургической отрасли.

6. Анализ содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация выполнена на высоком научном уровне. Оформление работы выполнено в соответствии с требованиями ВАК РФ. Текст диссертации изложен на 140 страницах машинописного текста, содержит 45 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 148 наименований, а также 9 приложений. Структура работы выстроена логично и последовательно.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора и сведения о практической апробации работы.

В первой главе приведен литературный анализ по теме исследования. Рассмотрено современное состояние металлургии алюминия, технология производства, подходы к моделированию технологических этапов получения алюминиевых сплавов.

Во второй главе разработан комплекс моделей процесса формирования алюминиевого расплава в миксере, включающий в себя математическую модель материального и теплового балансов, динамическую модель изменения химического состава и температуры расплава в миксере при порционном смешивании первичного алюминия и обработке его флюсами и лигатурами; детерминированную модель процессов диффузии компонентов расплава в ванне миксера. Разработан метод расчета оптимальных технологических режимов процесса формирования алюминиевых сплавов в миксере на основе метода динамического программирования с использованием симплекс-метода с учетом изменяющихся начальных условий и технологических ограничений.

В третьей главе представлена программная реализация разработанной математической модели и метода оптимизации в программном комплексе «Алюминщик». Приведено описание отдельных блоков программы и рассмотрены их основные функциональные возможности.

В четвертой главе приведены результаты исследования процесса формирования алюминиевых сплавов в миксере с использованием авторской системы «Алюминщик». Проведена оценка адекватности модели. Исследованы закономерности динамики изменения химического

состава расплава в электрических миксерах сопротивления при смешивании алюминия-сырца из литейных ковшей с учетом присадок лигатур и флюсов. Проведен сравнительный анализ фактических и расчетных данных по получению алюминиевого расплава различных марок. В результате определения оптимальных режимов за счет уменьшения времени на корректирующие операции сокращается общая продолжительность технологического этапа формирования алюминиевого сплава в электрическом миксере сопротивления, в результате чего повышается производительность агрегата и всего литейного отделения. Применение программного комплекса «Алюминщик» при расчетах шихтовых материалов процесса получения алюминиевого сплава в миксере позволит сократить длительность технологической операции на 15 – 20 мин, что приведет к повышению производительности миксера с 120 до 137 т/сут или с 39,4 до 44,9 т/год. Это позволит получить экономический эффект 40,7 млн. рублей для одного миксера в год.

В заключении приведены основные выводы по выполненной работе.

В приложении представлены акты о внедрении научных результатов в реальный сектор производства, приложены справки об использовании результатов научной деятельности в учебном процессе, документы, подтверждающие интеллектуальное право собственности на компоненты разработанной программы для ЭВМ.

В целом, можно считать диссертацию Мартусевича Е. А. законченным научно-исследовательским трудом, имеющим высокую научно-практическую значимость для металлургии.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Достоинством диссертации является создание эффективного исследовательского инструмента, который позволяет эффективно проводить вычислительные эксперименты и определять оптимальные технологические режимы процесса формирования алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения.

Однако в работе следует отметить ряд замечаний:

1. Недостаточно раскрыто первое положение, выносимое на защиту «Детерминированная математическая модель динамики изменения химического состава и температуры расплава...»:

- не сформулированы допущения, используемые при моделировании системы;
- не раскрыт в термодинамическом подходе учет основных физико-химических, теплофизических, гидродинамических процессов, происходящих в миксере, в том числе и при добавке лигатур и флюсов;
- уравнение диффузии, представленное в самом общем общеизвестном виде, не конкретизировано применительно к технологическим, режимным и конструктивным параметрам рассматриваемого объекта;
- отсутствует динамика расчета температурного поля в рассматриваемом объекте;
- не раскрыты (не упоминаются) вопросы параметрической идентификации моделей применительно к конкретным условиям функционирования объекта.

2. По методу расчета оптимальных параметров процесса получения алюминиевого расплава, второе положение, выносимое на защиту:

- не раскрыты вопросы линеаризации, представленных в работе математических моделей, не указаны допустимые диапазоны изменения параметров, представленных в работе математических моделей, что необходимо при использовании линейного математического программирования.
- не раскрыта процедура использования общеизвестного принципа динамического программирования - принципа оптимальности Р. Беллмана, применительно к конкретному технологическому объекту. Алгоритмы, используемые в рамках динамического программирования, объединены лишь общим принципом и в каждом конкретном случае должны формироваться применительно к конкретным условиям задачи.

При этом указанные недостатки не снижают научной ценности и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, описанные выше.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов», а именно пунктам: п. 23 «Материало-и энергосбережение при получении металлов и сплавов»; п. 26 «Математическое моделирование процессов производства

черных, цветных и редких металлов, формирования техногенных месторождений и способов их утилизации. Управление и оптимизация металлургическими процессами».

Особо стоит отметить активную публикационную деятельность автора работы, участие в большом количестве научно-практических мероприятиях, конференциях и семинарах. Положительно выглядит дополнительная работа по теме диссертации с экспертами научных фондов, которые также сопровождали работу до ее логического завершения. Считаю, что полученные результаты работы Мартусевича Е.А. вносят весомый вклад в развитие металлургической отрасли.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

С учетом анализа текста диссертационной работы, автореферата, материалов публикаций и практических результатов, считаю, что диссертационная работа Мартусевича Е.А. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на актуальную тему. Совокупность полученных результатов и достижений позволяет высоко оценить вклад автора в решение важной производственной задачи цветной металлургии с использованием современных научных средств.

Таким образом, диссертация Мартусевича Ефима Александровича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача совершенствования технологии получения алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения путем определения поиска оптимальных технологических режимов с учетом имеющихся ограничений, что имеет важное хозяйственное значение и вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Я, Спирин Николай Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Мартусевича Ефима Александровича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой теплофизики
и информатики в металлургии
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования

Спирин Н. А.

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»
(ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента Б. Н. Ельцина»). Научная специальность
05.16.02 – «Металлургия черных металлов»

Рабочий адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д.19.

Тел.: +7(343)375-48-15

Тел. моб: +7(922)296-92-83

E-mail: n.a.spirin@urfu.ru

«05» 05 2023 г.

Подпись Спирина Н. А. удостоверяю

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

