

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

Развитие металлургических технологий остается одним из наиболее приоритетных и стратегически важных направлений в Российской Федерации. Разработка новых подходов к ресурсосбережению и оптимизации действующих производств без существенного передела имеющихся мощностей является одной из наиболее приоритетных задач. В связи с этим, совершенствование технологии получения алюминиевых сплавов в миксерах является актуальной задачей. Процесс формирования алюминиевого расплава в миксерах литейного отделения является сложным многопараметрическим процессом, который включает в себя последовательное смешивание алюминия-сырца из литейных ковшей с использованием различных присадок лигатур и флюсов, что предполагает множество сценариев получения алюминиевого расплава в миксере в рамках одного технологического задания. При этом без использования математической модели и эффективных расчетных алгоритмов осуществить поиск наилучшего варианта смешивания исходных компонентов расплава практически невозможно. В представленной диссертации используются инструменты математического моделирования и оптимизации, реализованные в программном комплексе «Алюминщик», позволяющие определять оптимальные технологические режимы формирования алюминиевого расплава с заданным химическим составом с минимальным количеством корректирующих операций.

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

Обоснованность научных достижений подтверждается корректным использованием методов математического моделирования и оптимизации, сходимостью результатов теоретических исследований с результатами промышленных данных, адекватностью математических моделей, проверенных путем сопоставления расчетных и фактических данных промышленных плавов. Обоснованность выдвигаемых в работе научных положений и выводов подтверждается корректной сопоставимостью результатов теоретических разработок, экспериментальных исследований и практической реализации.

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

Диссертация соответствует поставленной цели и задачам. Полученные в диссертационной работе результаты, несомненно, являются новыми и достоверными. В качестве научных результатов, полученных автором лично, отмечается:

- математическая модель изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия, обработке его лигатурами и флюсами, а также 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 поиск решения задачи формирования алюминиевого расплава с заданными характеристиками при минимальных технологических затратах;

- разработанная программно-инструментальная система «Алюминщик» (свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и ее компонентов: №2017661402, №2017661403, №2021667406), реализующая математическую модель технологического процесса и метод оптимизации для поиска наилучшего технологического режима приготовления заданного сплава в виде интерактивного интерфейса для взаимодействия пользователя с вычислительным устройством на всех доступных платформах;

- установленные закономерности динамики изменения химического состава расплава и влияния оптимальных параметров порционного смешивания на технико-экономические показатели работы электрических миксеров сопротивления;

- 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

Значимость результатов диссертации для науки и практики определяется прикладным характером проведенных диссертационных исследований, решением ряда научных задач с практическим использованием полученных теоретических результатов и результатов вычислительных экспериментов.

Ценность диссертационных исследований заключается в том, что:

- разработана математическая модель технологического процесса формирования алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения, позволяющая прогнозировать конечный химический состав расплава с учетом исходного алюминия-сырца разного качества, а также корректирующих добавок;

- разработан и адаптирован метод динамического программирования, позволяющий определять наилучшие варианты смешивания исходных компонентов для получения наилучшего технологического режима формирования заданного сплава в миксере с учетом имеющихся материально-технических ограничений;

- разработана уникальная программно-инструментальная система «Алюминщик», включающая в себя математическую модель процесса и метод оптимизации для определения оптимального технологического режима при производстве различных алюминиевых сплавов с заданным химическим составом и минимальным количеством корректирующих воздействий;

- определены и апробированы оптимальные режимы ресурсосберегающей технологии производства алюминиевых сплавов на конкретных предприятиях РФ.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные математические модели и метод оптимизации позволяют разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии производства алюминиевых сплавов в электрических миксерах сопротивления, обеспечивающие ресурсо- и энергосбережение, повышение производительности и качества алюминиевой металлопродукции. Программный комплекс «Алюминщик» предназначен для использования в качестве интеллектуального помощника технологического персонала, повышения квалификации работников алюминиевой промышленности, а также обучения студентов вузов и техникумов.

Результаты по определению оптимальных технологических режимов производства могут быть использованы:

- на всех действующих предприятиях и учебно-информационных центрах компании РУСАЛ;

- при разработке новых программно-инструментальных средств, предназначенных для совершенствования других технологических операций алюминиевого производства;
- при профессиональной подготовке технологического персонала с использованием программно-инструментальной системы «Алюминщик», что позволит повысить безопасность и качество обучения;
- в учебных заведениях различного уровня при подготовке специалистов отрасли и проведения вычислительных экспериментов на математической модели объекта.

6. Анализ содержания диссертации, ее завершенности

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Стиль изложения последовательный и понятный, материал достаточно иллюстрирован. Текст диссертации изложен на 140 страницах машинописного текста, содержит 45 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 148 наименований, а также 9 приложений.

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 об апробации работы.

В первой главе приведен аналитический обзор текущего состояния алюминиевой отрасли, представлен обзор существующих подходов к совершенствованию производства алюминиевых сплавов, в том числе рассмотрены работы отечественных и зарубежных коллективов, занимающихся данной проблемой.

Во второй главе разработана математическая модель процесса формирования алюминиевых сплавов в миксере литейного отделения с учетом технологического особенностей производства, в том числе рассматриваются всевозможные краевые ситуации, которые должны отрабатываться при использовании модели объекта внутри программной оболочки. Математическая модель объекта позволяет оценивать динамику изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия с последующей его обработкой лигатурами и флюсами, в том числе разработана модель диффузии компонентов расплава в ванне миксера. Также во второй главе разработан алгоритм метода динамической оптимизации с использованием симплекс-метода линейного программирования для определения оптимальных режимов формирования алюминиевого сплава в миксере.

В третьей главе изложены принципы разработки и функциональные возможности программно-инструментальной системы «Алюминщик».

В четвертой главе приведены результаты исследования процесса формирования алюминиевых сплавов с использованием программно-инструментальной системы «Алюминщик», реализована проверка адекватности математической модели, представлены результаты расчетов оптимальных технологических режимов формирования в миксере алюминиевых сплавов заданных марок.

В заключении приведены выводы по работе. В приложении представлены акты и справки об использовании результатов диссертации в производстве и в учебном процессе, прикреплены свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и фрагменты программного кода системы «Алюминщик».

В целом, диссертация Мартусевича Е. А. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. Работа изложена четко и грамотно, логически структурирована. Последовательность изложения материала создает целостное представление о содержании диссертации. По имеющимся главам и по работе в целом приведены конкретные и логичные выводы, которые четко обобщают полученные результаты.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

К достоинствам диссертационной работы следует отнести обоснованную теоретическую и практическую оценку полученных результатов, глубину проработки рассматривае-

мой предметной области.

Однако в работе можно отметить следующие замечания.

1. В работе не указано, как можно осуществить внедрение данной разработки в структуру предприятия и наладить взаимодействие технологического персонала для ее использования.

2. В разделе 1.4 диссертационной работы приведен краткий анализ существующих программно-инструментальных систем для моделирования технологических этапов алюминиевого производства, включая перечисление комплекса программ автоматизированных рабочих мест (АРМ) компании РУСАЛ, однако не представлена информация об интеграции указанного ПО с ERP-системой при планировании ресурсов предприятия.

3. Стоит пояснить, чем определяется нелинейный вид динамики изменения компонентов расплава при последовательном добавлении алюминия-сырца из литейных ковшей в главе 4.

4. Не достаточно четко сформулированы принципы энергосбережения, не ясно за счет чего достигается экономия при реализации оптимально рассчитанного технологического режима при формировании заданного алюминиевого сплава в миксере.

При этом указанные недостатки серьезно не влияют на представленные выводы и результаты, полученные автором в ходе работы.

Таким образом, 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».

Содержание диссертации соответствует содержанию печатных работ, опубликованных автором по тематике диссертации. Представленные результаты достоверны и аргументированы, выводы и заключения логически обоснованы. В работе четко прослеживается желание и намерение автора осуществить решение поставленных задач для достижения поставленной цели. Особо стоит отметить широкий список конференций и научно-практических мероприятий, на которых автор в очной форме представлял результаты своей работы. Полный текст диссертации и ее автореферат являются взаимосвязанными, что позволяет достаточно полно изучить содержание диссертации и оценить вклад автора в решение задачи по совершенствованию формирования алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения. Весомый вклад вносит тот факт, что данная диссертация достаточно хорошо проработана, так как выполнена в рамках гранта РФФИ («Конкурс на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемых молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре», договор № 19-37-90087\19), а также в рамках государственного задания (шифр темы 0809-2021-0013), так как эксперты научных фондов также принимали участие в экспертизе результатов работы соискателя Мартусевича Е. А. Также следует отметить, что результаты диссертации внедрены в производство на двух предприятиях и в учебный процесс ФГБОУ ВО «СибГИУ».

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

На основании анализа автореферата, текста диссертации, списка опубликованных работ можно сделать вывод о том, что диссертационная работа является законченным научным исследовательским трудом, выполненным на актуальную тему. Диссертация написана на достаточно высоком научно-техническом уровне, грамотно структурирована и оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Совокупность полученных результатов и достижений, позволяет высоко оценить вклад автора в решение научно-практической проблемы в области металлургии.

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, Безруких Александр Иннокентьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Мартусевича Ефима Александровича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
доцент кафедры общей металлургии
института цветных металлов
федерального государственного автономного
образовательного учреждения
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
(СФУ)

Научная специальность
05.16.04 – «Литейное производство»



Безруких А. И.

Рабочий адрес: 660025, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 95, Корпус №20, ауд. 2-02.
Тел.: +7(391)206-36-95
E-mail: ABezrukh@sfu-kras.ru

«05» мая 2023 г.



ФГАОУ ВО СФУ

Полное наименование: ФГАОУ ВО СФУ

Подпись: А. И. Безруких

Должность: Руководитель общего отдела

«05» мая 2023 г.