

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Никитина Константина Владимировича на диссертацию Ибрагимова Владислава Эдуардовича на тему: «Разработка ресурсосберегающей технологии переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

### Актуальность темы диссертации

Сплавы и лигатуры системы Al-Mg-Si в последнее время все чаще используются в машино- и приборостроении. Автором рассмотрены ключевые особенности переработки вторичного металлизированного сырья – алюминиевых и магниевых сплавов, а так же литейных алюминиевых шлаков, образующихся в процессе переплава в литейных цехах и содержащих до 80% алюминия. Извлечение годного металла, очистка, рафинирование расплава являются основными операционными действиями для вовлечения в производство сплавов большего количества вторичного сырья. От эффективности данных процессов, их экологической безопасности напрямую зависит качество производимого продукта. Если данный продукт – лигатура с заданным содержанием определенных элементов и приемлемой степенью чистоты структуры – процесс характеризуется высокой рентабельностью. В этой связи, актуален поиск экономически эффективных и экологически ориентированных бессолевых технологий переработки металлизированного низкосортного сырья. При этом, остается весьма важным вовлечение в производство алюминиевых сплавов и лигатур вторичных сплавов и шлаков, и для этого необходима корректировка традиционных технологических схем.

Актуальность работы подтверждается так же ее соответствием приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации по п. 6 «Рациональное природопользование» (утв. Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899). Ее направленность соответствует стратегии развития цветной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года (утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 5 мая 2014 г. № 839) и стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 84-р) в части создания новых экологических ресурсосберегающих технологий переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний.

*N 2-9  
от 27.01.2011.*

## Научная новизна работы

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты следующие положения:

- Термодинамическое обоснование выбора реагента  $MnCO_3$  и соответствие технологических режимов его применения для безопасной дегазации и очистки от неметаллических включений в сплавах и лигатурах систем Al-Mg, Al-Mg-Si.
- Разработан способ применения основного реагента флюсовой композиции  $MnCO_3$  для модифицирования и рафинирования расплавов системы Al-Mg-Si от неметаллических и газовых включений, что исключает использование хлористых, фтористых веществ, солей щелочных и щелочноземельных металлов.
- Установлен состав и выбраны технологические параметры применения флюса комплексного действия на основе компонентов  $B_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $K_2O$  для сплавов системы Al-Mg-Si, что обеспечивает снижение количества выбросов на 85-95%.
- Разработано комплексное техническое решение по получению лигатур Al-Mg-Si из металлизированных алюминиевых отходов посредством эффективного разделения оксидной и металлической фаз с восстановлением кремния из используемого реагента, для безопасного рафинирования от газовых и неметаллических включений с получением сыпучего мелкодисперсного шлака, пригодного для последующего использования в отраслях.

## Практическая значимость

- Разработана и внедрена ресурсосберегающая технология переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы Al-Mg-Si, что дает возможность осуществлять процесс переработки с отсутствием токсичных выбросов, выполнять операции переplava, рафинирования и модифицирования в одном металлургическом агрегате, с получением продукта с высокой добавленной стоимостью.
- Разработан и апробирован способ рафинирования от газовых и неметаллических включений с параллельным модифицированием сплавов и лигатур системы алюминий-магний-кремний, сопровождающийся отсутствием токсичных выбросов 2 класса опасности (процесс сопровождается выбросами 4 класса опасности), что снижает экологическую нагрузку на территории.
- Апробирован состав оксидного флюса, отвечающий поставленным технологическим задачам разделения оксидной и металлической фаз в алюминиевом расплаве, при этом процесс сопровождается отсутствием токсичных выбросов.
- Часть экспериментов проведены в рамках производственной стажировки на предприятии ОАО «Орион-Спецсплав-Гатчина» (г. Гатчина, Ленинградской обл.). Полученные теоретические и экспериментальные данные работы рекомендованы к

использованию в учебных дисциплинах при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия».

### **Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций работы**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы сомнений не вызывает, так как она подкреплена фундаментальной теорией пирометаллургических процессов, законами термодинамики и теорией производства алюминиевых сплавов, обеспечена необходимым объемом теоретических, экспериментальных исследований и полученных данных, а также результатами применения стандартизированных методов физико-химического анализа, обработки теоретических и эмпирических данных с использованием ЭВМ, статистической представительностью выборок данных, корректным методом математической обработки данных, непротиворечивостью полученных результатов, подтверждением прогнозных выводов результатами испытаний, апробацией основных положений диссертационного исследования в публикациях автора и выступлениях на научных конференциях.

### **Апробация работы**

Основные научные результаты, полученные автором диссертации, достаточно полно отражены в 7 публикациях, в том числе в 3 публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Результаты диссертации докладывались на ряде международных конференций, поданы заявки на патенты.

При анализе диссертационной работы В.Э. Ибрагимова возникли следующие вопросы и замечания:

1. В работе описывается механизм рафинирования и модифицирования лигатуры Al-Mg-Si карбонатом марганца  $MnCO_3$ . Интересует механизм погружения рафинирующего реагента. В работе предполагается способ внедрения с помощью погружного колокольчика. Данный способ эффективен только для печных агрегатов с шахтной конструкцией, с отражательной или иной подобной конструкцией, рафинирование расплава будет иметь локализованный характер. Каким образом можно избежать локализации рафинирования в отражательных печных агрегатах при разработанных режимах применения выбранного реагента?

2. На рис. 1.3 (стр. 20) изображена диаграмма, отражающая количество производимого алюминия в год различными странами. Как считает автор, по какой причине КНР в значительной степени превосходит большинство стран в производстве алюминия?

3. Автором определены параметры (температура 720-730°C) рафинирования и модифицирования лигатуры Al-Mg-Si карбонатом марганца, но не указано, какую роль при этом может играть перемешивание расплава. Можно ли при перемешивании добиться положительного эффекта, и целесообразно ли перемешивание в данном случае?

4. К сожалению, в автореферате и диссертации имеется заметное количество опечаток.

5. Требуется комментарий к графику, приведенный на рисунке 3.3. Необходимо было нанести на график больше значений цен деления для простоты восприятия.

6. На рисунке 3.3 показан график изменения энергии Гиббса при разложении карбоната марганца с выделением рафинирующей газовой фазы. При этом расчет проводился при давлении на 1,2 м под зеркалом алюминиевого сплава. Было бы удобнее оценивать процесс при наблюдении графиков при различных давлениях.

7. Недостаточно широко рассмотрены вопросы структурной наследственности в сплавах, которые производятся из металлизированных отходов.

Высказанные замечания и вопросы носят частный или дискуссионный характер и не оказывают значимого негативного влияния на содержание и основные результаты работы.

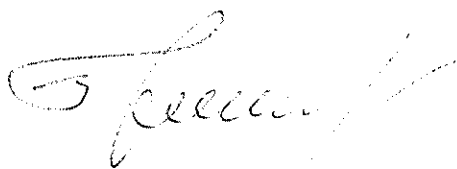
### **Заключение**

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой реализован научный задел, необходимый для решения поставленных задач. Содержание диссертации включает высокую степень проработки вопроса, патентный ландшафт по существующим технологиям, проработку вопроса альтернативных путей решения проблемы, их плюсов, недостатков и преимуществ разработанной технологии над ними. Оформление работы соответствует требованиям ВАК и действующим нормативным документам. Текст автореферата полностью отражает основное содержание диссертации и дает представление о структуре работы, научной новизне решений, практической значимости разработок, а также достоверности и обоснованности защищаемых положений.

Диссертация «Разработка ресурсосберегающей технологии переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов», соответствует требованиям пунктов 2.1-2.6 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 №1755 адм (с изм. от 30.09.2020 приказ №1270 адм), а ее автор – Ибрагимов Владислав Эдуардович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Официальный оппонент,  
Декан факультета машиностроения, металлургии  
и транспорта федерального государственного бюджетного  
Образовательного учреждения высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»,  
Доктор технических наук, профессор



Никитин Константин Владимирович


Тел.: 8 (846) 242-27-76

e-mail: kvn-6411@mail.ru

Дата 11.01.21.

Подпись Никитина К.В. заверяется

Ученый секретарь ФГБОУ



Малиновская Юлия Александровна

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская д.244,  
Главный корпус

федерального государственного бюджетного  
Образовательного учреждения высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»