

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Олимова Насруддина Солиховича «Особенности окисления расплавов элементов подгруппы кремния с алюминием и щелочноземельными металлами и свойства их сплавов», представленной к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Актуальность избранной темы диссертации

Силуминовые сплавы чрезвычайно широко применяются в производстве самых разных деталей, начиная от компонентов бытовой техники и заканчивая узлами, применяемыми в авто- и самолетостроении. Перспективы применения алюминиевых сплавов в промышленности, транспорте, строительстве и других отраслях техники требуют разработки новых эффективных технологий получения лигатурных сплавов, обеспечивающих увеличение их механических свойств, термостабильности, надежности и долговечности. Сегодня, несмотря на широкий спектр известных промышленных сплавов на основе алюминия, применение модифицированных силуминов сохраняет свою актуальность благодаря их малому весу, низкой стоимости, сочетающейся с технологичностью, благоприятным сочетанием литейных и механических свойств.

В работе одним из объектов исследования выбран промышленный сплав АК9 - литейный алюминиевый сплав с высоким содержанием кремния и меди, обладающий достаточно высокой твердостью, жаропрочностью, средней коррозионной стойкостью для изготовления фасонных отливок. Вместе с тем, более широкое применение силуминов ограничено низким значением пластичности, недостаточно высокой коррозионной стойкостью в следствие образования интерметаллических соединений. Наиболее перспективным способом повышения механических

и эксплуатационных свойств силуминов является введение модификаторов, позволяющее значительному изменению структуры, соответственно улучшению механических свойств силуминов, повышению коррозионной стойкости. К тому же данный эффект может быть достигнут улучшением параметров технологии плавки и литья, условием кристаллизации и др. Учитывая вышесказанное, тематика диссертационной работы Олимова Н.С. является актуальной.

Общие принципы построения и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и приложения, изложена на 334 страницах компьютерного набора, включает 151 рисунок, 92 таблицы, 170 библиографических наименований.

Во введении изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы, раскрыта структура диссертации.

В первой главе описаны особенности окисления сплавов элементов подгруппы кремния с алюминием и щелочноземельными металлами, структурообразование двойных сплавов систем Al-Si, Al-Ge и Al-Sn; особенности взаимодействия оксида алюминия с оксидами элементов подгруппы кремния; коррозионно – электрохимическое поведение силуминов в нейтральной среде; теплоёмкость алюминия, кремния и ЩЗМ. На основе выполненного обзора показано, что механизм и кинетика окисления сплавов алюминия с ЩЗМ и элементов подгруппы кремния недостаточно исследованы. Из-за отсутствия систематических исследований физико-химических свойств сплавов с участием ЩЗМ и кремния многие лигатуры и сплавы с их участием выбраны произвольно, без учёта кинетических и энергетических констант, характеризующих устойчивость сплавов в атмосфере плавильных агрегатов металлургического производства. Указанные недостатки являются

сдерживающим фактором в широком развитии производства лигатур и их применение в металлургическом производстве.

В данной главе диссертации также показано, что особого внимания заслуживают вопросы технологии плавки и обработки сплавов, подготовки шихтовых материалов, защиты сплавов при плавке, очистки расплавов от газообразных и твёрдых неметаллических включений путём использования различных методов рафинирования.

Таким образом, проведённый диссертантом обзор литературы, указывающий на отсутствие систематических исследований физико-химических свойств алюминиевых сплавов с ШЦЗМ и Si свидетельствует о необходимости постановки новых исследований, связанных с изучением свойств расплавов при температурах металлургического производства, что актуально равно как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Во второй главе автором приведены результаты исследования кинетики окисления сплавов систем Al-Si, Al-Ge и Al-Sn, описаны методы получения и исследования сплавов указанных систем, результаты химического анализа, описана методика исследования кинетики окисления расплавов, физико-химические методы исследования оксидных плёнок, даны результаты РФА сплавов и продуктов их окисления, ДТА; изучено окисление расплавов систем Al-Si, Al-Ge и Al-Sn.

Третья глава диссертации посвящена экспериментальному исследованию кинетики окисления расплавов систем ШЦЗМ-Si (Ge), представлены результаты аналитического контроля содержания ШЦЗМ в сплавах с учётом специфики определения каждого металла (Ca, Ba, Sr), результаты химического анализа соединений ШЦЗМ с германием. В главе описано окисление расплавов таких систем, как: Ca-Si, Sr-Si, Ba-Si, Ca-Ge, Sr-Ge и Ba-Ge в широком диапазоне составов, включая чистые элементы, построены кинетические кривые окисления, изохронны окисления

расплавов указанных систем, представлен фазовый состав продуктов окисления расплавов систем.

В четвертой главе диссертантом приведены результаты исследования влияния добавок ШЗМ (Ca, Sr, Ba) на кинетику окисления алюминиево – кремниевых и алюминиево – германиевых сплавов. Показано, что стронций является эффективным модификатор сплавов системы Al-Si. Показаны результаты изучения влияния добавок стронция на кинетику окисления промышленных литейных алюминиевых сплавов АЛ2, АЛ4 и АЛ9, на кинетику окисления Al-Ge эвтектики (промышленные припой). Далее приведены результаты исследований влияния добавок бериллия на кинетику окисления Al-Sr лигатуры, а также кинетики окисления сплавов тройных системы Al-Ba-Si.

Интересным дополнением, на мой взгляд, к экспериментальной части работы можно отнести описанную диссертантом разработку стабильных порошковых сплавов на основе бария для нужд новой техники (п. 4.6.), методику исследования стабильности и влагоёмкости порошковых сплавов, результаты исследований влияния легирующих элементов, а именно Si, Mg и Ti (поочередно) на стабильность и влагоёмкость расплава "Альба", в результате которой показана перспектива разработки оптимальных составов изучаемых сплавов.

В пятой главе представлены результаты исследований температурной зависимости теплоёмкости и изменений термодинамических функций, кинетики окисления и электрохимического поведения алюминиевого сплава АК9, модифицированного кальцием, стронцием и барием (поочередно). В главе описана методика и результаты исследования электрохимического поведения промышленного сплава АК9, модифицированного кальцием, стронцием и барием (до 1 мас. %) в среде электролита NaCl, построены потенциодинамические анодные кривые

сплава АК9, модифицированные Ca, Ba, Sr в среде электролита 0.03%, 0.3% и 3%-ного NaCl.

Диссертационная работа завершается общими выводами, списком цитированной литературы и приложением.

Степень обоснованности и достоверности основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором на достаточно высоком научном уровне используются различные подходы и методы обоснования полученных результатов, выводов; рассматриваются теоретические основы изучения физико-химических закономерностей отдельных этапов окисления изучаемых сплавов. В работе автором анализируются известные достижения и теоретические аспекты теории окисления сплавов других авторов - Биркс Н., Елютин В.П., Лепинский Б.М. Максименко В.И., Вайтович Р.Ф. и др.

Экспериментальные исследования выполнены с помощью классических методов физико-химического анализа - синтез модифицированных сплавов (вакуумная печь сопротивления СНВЛ-1.31/16-М-2 в атмосфере гелия), термогравиметрический метод изучения кинетики окисления металлов и сплавов (установка с печью Таммана и катетометра М-8), ИК-спектроскопия (UR-20), рентгенофазовый анализ образующихся плёнок (ДРОН-2.5), коррозионно-электрохимические (импульсный потенциостат ПИ-50-1.1) и металлографические (микроскоп «Neophot-31») исследования сплавов, исследования теплофизических свойств (установка для измерения теплоёмкости твёрдых тел в режиме «охлаждение»). Математическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета приложений и программ Microsoft Excel и Sigma Plot.

Научная новизна выполненных диссертантом исследований сводится к определению кинетических и энергетических характеристик процесса окисления расплавов в полном концентрационном интервале,

установлению уменьшения величины кажущейся энергии активации окисления при переходе от сплавов с кремнием к олову и тем самым росту истинной скорости окисления сплавов; идентификации продуктов окисления расплавов систем Al-Si, Al-Ge и Al-Sn и определению их роли в процессе окисления. По принципу систематического изучения кинетики окисления сплавов алюминия с Si, Ge и Sn показано, что окисление протекает по параболическому закону с диффузионными затруднениями.

Определены концентрационные зависимости характеристик процесса окисления расплавов систем ЦЗМ – Si (Ge), изучены продукты окисления расплавов систем ЦЗМ - Si (Ge), определена их роль в процессе окисления. Определены энергетические и кинетические характеристики процесса окисления алюминиевого сплава АК9 с ЦЗМ, показано, что окисление сплавов подчиняется гиперболическим уравнениям. Расшифрованы продукты окисления сплавов и показана их роль в формировании механизма окисления.

Получены математические модели температурных зависимостей теплоёмкости и термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) для промышленного сплава АК9, модифицированного ЦЗМ.

В результате проведенного электрохимического испытания определены основные параметры процесса коррозии промышленного сплава АК9 с добавкой ЦЗМ, выявлены оптимальные составы данных сплавов в коррозионном отношении.

Практическая значимость работы заключается в:

- ✓ выборе оптимального состава сплавов с наименьшей скоростью окисления для нужд новой техники;
- ✓ определении оптимальной добавки стронция как модификатора структуры промышленных литейных алюминиевых сплавов марок АЛ-2, АЛ-9, АЛ-4;

- ✓ оптимизации состава лигатуры Al-Sr, дополнительно легированного бериллием, обладающего минимальной окисляемостью;
- ✓ разработке и внедрении состава и технологии получения сплавов на основе бария, легированных алюминием и кремнием в условиях Исфаринского предприятия «Тамохуш» Республики Таджикистан;
- ✓ разработке технологии получения порошкового сплава «Альба» определенного гранулометрического состава, стойкого к окислению;
- ✓ установлении теплофизических параметров и термодинамических функций алюминиевого сплава АК9 с ЦЗМ, дополняющих информацию профильных справочников;
- ✓ разработке технологии получения порошкового сплава определенного гранулометрического состава, устойчивого к окислению и передаче её предприятию п/я Ф-7734 (Российская Федерация).

Диссертантом на основе проведённых исследований разработаны составы новых сплавов, которые защищены шестью малыми патентами Республики Таджикистан № TJ519 от 2012г; № TJ694 от 2015г; № TJ1079 от 2020г; № TJ1081 от 2020г; № TJ1262 от 2022г; № TJ1320 от 2022г.

По результатам исследований опубликовано 60 научных работ, из которых 3 монографии, 19 научных статей, опубликованных в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, из них 7 статей в изданиях, входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science, получено 6 малых патента Республики Таджикистан.

Замечания по диссертационной работе

1. На стр. 11 в разделе «Методы исследования и использованная аппаратура» указывается о металлографическом методе анализа сплавов с помощью микроскопа «Neophot-31», но по тексту диссертации информация об использовании данного метода отсутствует.
2. Во второй главе при описании синтеза сплавов не указана температура плавления синтезированных сплавов и спекания порошков.

3. В четвертой главе в подзаголовке 4.6. не совсем понятно, что подразумевается под фразой «для нужд новой техники».
4. В пятой главе п. 5.9 «Электрохимические исследования...» полная поляризационная кривая сплава указана не верно:
 - во-первых, на рис. 5.50 не верно обозначен потенциал репассивации;
 - во вторых, не понятно, с какой целью проводилась запись повторной анодной кривой (участок IV на кривой), если информация исходящая от данного участка (потенциал и ток питтингообразования, ширина пассивной области) в диссертационной работе не приводятся.
5. В названии раздела 4.6.2. диссертации вместо слова «сплава» указано слово «расплава».

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокий научный уровень и, в целом, положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Олимова Н.С. на тему: «Особенности окисления расплавов элементов подгруппы кремния с алюминием и щелочноземельными металлами и свойства их сплавов» является законченной научно-исследовательской работой.

Публикации автора в полном объеме отражают содержание диссертационной работы, которые опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах. Текст автореферата коррелируется с диссертацией.

Подводя общий итог, необходимо заключить, новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики в области современного материаловедения, а сама диссертация Олимова Насруддина Солиховича является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей **паспорту**

специальности 2.6.17 - Материаловедение (технические науки) по п.1, п.2, п.3, п.4, п.6, п.10 и п.16.

Диссертационная работа по объёму и качеству представленного материала, научной новизне и практической ценности соответствует требованиям, указанным в «Положении о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 с изменениями, внесёнными постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. №335), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Олимов Насруддин Солихович заслуживает присуждения искомой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17 - Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
главный специалист отдела науки, инноваций,
международных связей и издательской деятельности
филиала Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова
в городе Душанбе



Т.М. Умарова

Адрес: 734003. Таджикистан,
г. Душанбе, ул. Бохтар 35/1
Телефон: +992 975 84 55 99,
E-mail: umarova04@mail.ru
nauka@msu.tj

Подпись д.т.н., доцента
Умаровой Татьяны Мухсиновны
заверяю:

Начальник Отдела кадровой политики
и специальных работ филиала МГУ
имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе



С.М. Пирназар

10.03.2026г.