

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования
«Санкт-Петербургский
государственный морской
технический университет»
(СПбГМТУ)

Лощманская ул., 3, Санкт-Петербург, 190121
телефон 714-07-61; факс 713-81-09
e-mail: office@smtu.ru; <http://www.smtu.ru>
ОКПО 02066380; ОГРН 1027810221548
ИНН/КПП 7812043522/783901001


№ _____

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор СПбГМТУ

Д.Т.Н., доцент
Г.А. Туричин
«06» июня 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации «ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет»

на диссертационную работу **Шутова Ильи Владиславовича** «Формирование
микроструктуры и прочностных свойств Al сплавов AlMg6 и AlD1 при
высокотемпературной пайке припоями Zn-Cu-Al и Al-Si», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 –
Материаловедение.

На отзыв представлены:

- диссертация на 142 страницах машинописного текста, включая 14 таблиц,
59 рисунков;

- автореферат диссертации на 17 страницах, включая список из 10 основных
публикаций автора по теме диссертационной работы, в том числе 1 – в ведущем
научном журнале из списка, рекомендованного ВАК для публикации материалов
диссертации, 3 статьи – в журналах, индексируемых в международных базах
цитирования Scopus и/или Web of Science, 6 публикаций – в сборниках
материалов конференций.

При подготовке отзыва были рассмотрены публикации автора из открытых
научных изданий. Основное содержание диссертации нашло отражение в этих
публикациях. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав,

заключения, списка использованных источников из 110 наименований и двух приложений.

В результате проведения анализа диссертационной работы, автореферата, а также научных трудов соискателя было установлено:

1. Актуальность темы выполненного исследования.

Диссертационная работа Шутова Ильи Владиславовича посвящена изучению формирования микроструктуры и прочностных свойств деформируемых Al сплавов марок АМгб и АД1 при высокотемпературной пайке припоями Zn-Cu-Al и Al-Si. Сплавы марки АМг (система Al-Mg), наряду с титановыми и медными сплавами, все чаще используются в качестве конструкционных материалов, а конструкции из этих сплавов должны сохранять достаточную прочность при создании неразъемных соединений с помощью технологии пайки. В настоящее время, пайка Al сплавов, легированных Mg, имеет ряд трудностей, связанных с невозможностью применения классических флюсов и припоев на производствах. Анализ литературных данных, выполненный соискателем, показывает, что проблемы пайки Al сплавов с различным содержанием Mg имеют ряд нерешенных технических задач, таких как: выбор оптимальных присадочных материалов для пайки, выбор температурных режимов, анализ механизмов структурообразования и влияния параметров пайки на механические свойства соединений. Таким образом, исследование механизмов формирования микроструктуры и прочностных свойств паяных соединений Al сплавов с различным содержанием Mg является актуальной задачей в области физического материаловедения и технологии пайки. Решение поставленных задач в диссертационной работе позволит применять предложенные в диссертации методические рекомендации на производствах в различных отраслях машиностроения, авиа- и кораблестроения, и металлургии.

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

В диссертационной работе Шутова Ильи Владиславовича представлено обоснование научных положений, выводов и рекомендаций. Выполненная работа основана на трудах отечественных и зарубежных ученых в данной области? На которые сделаны следующие ссылки. Данные, полученные в результате выполнения работы, не противоречат известным результатам, представленным в литературе другими авторами.

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

Научная новизна диссертационной работы Шутова Ильи Владиславовича включает следующие пункты:

1. Впервые показано, что использование припоя $Zn-2\%Cu-1\%Al$ для пайки Al сплавов с содержанием магния от 3 до 6 вес. % позволило получить соединение с микроструктурой, обеспечивающей приемлемые механические свойства.

2. Получены новые данные о механизме структурообразования: при кристаллизации формируется зона столбчатых кристаллов твердого раствора $Al(Zn)$ и $Zn(Al)$, эвтектика $ZnAl + \beta-Zn$, эвтектоид $\alpha-Al + \beta-Zn +$ интерметаллид $CuZn_5$. При этом фазы, формирующиеся в эвтектической структуре, незначительно уменьшают пластичность паяного шва при сохранении его прочности.

3. Предложен механизм разрушения паяных соединений AMg , заключающийся в образовании трещины на границе областей с различным типом микроструктуры и ее распространению в основном материале вдоль паяного шва.

4. Предложена гипотеза, что флюс $KAlF_4$, внедренный в слой плакированного припоя $Al-Si$, приводит к подплавлению основного материала на стадии нагрева в температурном интервале $550-580\text{ }^{\circ}C$, что приводит к структурной однородности поверхностного слоя и увеличению его сплошности.

4. Практическая значимость полученных автором диссертации результатов.

В диссертационной работе Шутова Ильи Владиславовича получен ряд результатов, имеющих практическую значимость:

1. Впервые предложены методические рекомендации для высокотемпературной пайки Mg-содержащих сплавов марки АМг с учетом возможных режимов пайки и присадочных материалов.

2. Разработан экспериментальный стенд для проведения пайки внахлест с регулируемыми скоростями нагрева и охлаждения в контролируемой атмосфере.

3. Экспериментально доказано, что припой на основе Zn–Cu–Al являются оптимальными для пайки сплавов марки АМг, поскольку обеспечивают формирование микроструктуры с оптимальными механическими свойствами.

4. Экспериментально показано, что прочность паяных соединений, полученных по разработанной методике, не снижается при эксплуатации в условиях низких температур до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Проведено исследование нового материала композитного припоя, содержащего раскислитель KAlF_4 как внедренный элемент в слой плакированного сплава $\text{Al}_{90}\text{Si}_{10}$.

Значимость результатов работы Шутова Ильи Владиславовича заключается в совершенствовании методик пайки Al сплавов АМг6 и АД1 различными методами, где невозможно использование существующих припоев и флюсов. Результаты могут быть использованы при проектировании и создании конструкций из Al сплавов с содержанием Mg выше 1,5 вес. %, а также в образовательном процессе высших учебных заведений.

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.

Диссертационное исследование выполнено на высоком методологическом уровне, а научные положения работы, выводы и практические рекомендации обоснованы и подтверждаются большим количеством экспериментов.

Выводы и практические рекомендации соответствуют поставленным в работе цели и задачам. Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в работе, подкреплены экспериментальными данными, отражены в таблицах, графиках и рисунках.

Шутовым Ильей Владиславовичем использованы современные методы структурно-фазового, термического и фрактографического анализов. Выводы и практические рекомендации логично вытекают из полученных результатов.

6. Оценка содержания диссертации и автореферата.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 110 наименований и двух приложений. Работа включает 14 таблиц и 59 рисунков. Общий объем диссертационной работы составляет 142 страницы. В приложениях содержится информация о внедрении результатов диссертационной работы в производственный процесс.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, обладающим актуальностью, новизной и практической значимостью. Содержание автореферата диссертации соответствует содержанию диссертации и отражает её основные положения.

7. Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Указанная область исследования соответствует паспорту специальности 2.6.17 – «Материаловедение»:

п.2 – Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах;

п.3 – Разработка научных основ выбора металлических, неметаллических и композиционных материалов с заданными свойствами применительно к

конкретным условиям изготовления и эксплуатации деталей, изделий, машин и конструкций;

п.5 – Установление закономерностей и критериев оценки разрушения металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок, и внешней среды.

8. Замечания по диссертационной работе.

1. Недостаточно раскрыта тема о закономерностях формирования структуры различных рассматриваемых материалов в зависимости от режимов пайки и используемого припоя.
2. Исходя из каких условий выбирался припой? Какие главные критерии предъявлялись к используемому припою?
3. Не раскрыт «механизм формирования структуры, в работе представлено только описание структуры, которая сформировалась в процессе пайки.

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

Таким образом, диссертация Шутова Ильи Владиславовича на тему «Формирование микроструктуры и прочностных свойств Al сплавов АМг6 и АД1 при высокотемпературной пайке припоями Zn-Cu-Al и Al-Si», является научно-квалификационной работой в которой содержится решения задач по совершенствованию методики высокотемпературной пайки Al сплавов с различным содержанием Mg, установлению закономерностей формирования микроструктуры и механических свойств паяных соединений, полученных при различных режимах пайки.

Представленная работа по форме и содержанию соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Шутов Илья Владиславович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры цифровых лазерных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» протокол № 7 от 14.05.2024 г.

И.о. заведующего кафедрой цифровых лазерных технологий, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» д.т.н, доцент

Туричин Глеб Андреевич

Отзыв подготовила доцент кафедры цифровых лазерных технологий, к.т.н

Климова-Корсмик Ольга Геннадьевна

«Подписи Туричина Г.А. и Климовой-Корсмик О.Г. заверяю»

А.А. Богомолов

А.А. Богомолов



Служебный адрес: 190121, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», тел. +7(812) 495 26 48, e-mail: office@smtu.ru