

ОТЗЫВ

официального оппонента,
доктора технических наук, **Пашкова Игоря Николаевича**
на диссертационную работу 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», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 –
«Материаловедение»

Актуальность темы обусловлена тем, что решение поставленных в работе задач направлено на получение более качественных соединений алюминиевых сплавов, легированных магнием в количестве 3-6%. Широкое применение таких материалов в авиации и ракетостроении ставит задачи соединения таких материалов с помощью пайки. Учитывая невозможность применения широко распространенных припоев на основе эвтектического силумина, задача изучения формирования структуры и исследовании прочностных свойств соединений, выполненных с припоями на основе цинка, а также изучение влияния термической обработки и скоростей нагрева и охлаждения соединений, является актуальной.

Кроме этого использование новых алюминиевых материалов, плакированных композитным припоем на основе силумина с включениями флюса требует тщательного исследования с точки зрения протекающих диффузионных процессов, формирования структуры для построения в будущем технологий использования такого рода материалов особенно для восстановительных и ремонтных работ изделий из алюминиевых сплавов.

Наиболее научно и практически значимыми и новыми результатами являются следующие.

- На основании результатов исследования структурно-фазового состояния паяных швов и наплавленных слоев установлена возможность применения припоя Zn-Cu-Al для соединения сплавов алюминия, содержащих 3-6% мас. магния и достижения прочности соединений на уровне 50% от прочности основного материала.
- Получены новые данные о кристаллизации паяных швов, выполненных припоем Zn-Cu-Al, доказано, что формирующиеся фазы в эвтектической структуре незначительно снижают пластичности при сохранении высокой прочности шва.
- Предложен механизм разрушения паяных соединений сплавов АМг 3 и АМг6, который заключается в формировании трещины на границе областей с различной микроструктурой и ее распространение в основном материале вдоль паяного шва.

- Изучено влияние флюса на основе фтороалюмината калия на изменение структуры композиционного припоя в виде плакирующего слоя на подложке из сплава АД1 при нагреве до температуры пайки.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современного оборудования, применением общепризнанных экспериментальных методик и современного сертифицированного высокоточного аналитического оборудования, согласием с результатами работ других авторов, а также широким обсуждением полученных результатов на российских и зарубежных конференциях и в научной печати.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Работа изложена на 142 страницах, содержит 59 рисунков, 14 таблиц, и список литературы из 110 наименований.

Первая глава посвящена обзору применения методов высокотемпературной пайки в современном машиностроении. Рассмотрены основные аспекты выбора и применения припоев и флюсов для соединения алюминиевых сплавов.

Во второй главе описаны материалы и методы исследований, использованные автором в работе.

Третья глава посвящена исследованиям физико-химических процессов при пайке сплавов АМг припоями на цинковой основе.

В четвертой главе приводятся результаты механических испытаний паяных соединений сплавов.

В пятой главе представлены данные по исследованию процессов при нагреве плакированного алюминиевого сплава АД1 композиционным припоем Al-10Si + флюс.

Замечания и вопросы по диссертации и автореферату.

1. Работа написана довольно тяжелым языком. В работе присутствует нестандартная терминология, автор вводит свои термины вместо общепринятых, что усложняет чтение работы. Например, матричный материал вместо основного, реакционно-контактная пайка вместо контактно-реактивной и т.д. При этом применение некоторых терминов неправильно и неуместно.
2. В 1 п. научной новизны применяется фраза «приемлемые свойства», а в п.3. «оптимальные свойства».
3. Какая связь между широким применением Al-Si припоев и жидкотекучестью во 2 выводе на стр. 38? Это литейное свойство и к пайке отношения не имеет.

4. На стр.44 ошибочно припой 34А назван аналогом HTS-2000, т.к. первый относится к системе Al-Cu-Si, а второй к Zn-Cu-Al.
5. Стр 71, 74. На чем основывается утверждение, что цинк активно диффундирует в основной материал? Нужна оценка скорости и глубины диффузии, а также ее механизм в твердом состоянии. Как определяли глубину проникновения цинка? Также неправильно применен термин «контактное плавление».
6. Непонятен вывод 2 на стр 79. Там же 3 вывод. Чем доказана активная противонаправленная диффузия компонентов? Почему образуются поры?
7. Стр 107-108 В таблицах не представлены доверительные интервалы значений. Средние значения очень близки. Поэтому утверждение, что добавка меди в припой лучше, не убедительно. Указаны различия в наличии осцилляций, но не объяснена их причина.
8. Тяжело оценивать структуру слоя припоя Al-Si после нагрева до 560°C на стр 117, когда исходный образец представлен на стр41. Наблюдается очень высокая пористость исходного образца. Причина различий не объяснена.
9. Стр.119. Сомнительное утверждение о диффузии кремния в подложку.
10. В названии 5 главы и выводах говорится о пайке, однако, исследуется изменение структуры плакированного сплава АД1.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки данной работы, выполненной на высоком научном и методическом уровне.

Считаю, что диссертационная работа «Формирование микроструктуры и прочностных свойств Al сплавов АМгб и АД1 при высокотемпературной пайке припоями Zn-Cu-Al и Al-Si» по форме, актуальности, научно-техническому уровню, новизне и практическому значению выполненных исследований в полной мере отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Шутов Илья Владиславович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Д.т.н., профессор кафедры 1101
Московский авиационный
институт (МАИ)

Адрес организации: 125993, г. Москва, ул.
Волоколамское шоссе, д. 4,
Электронная почта: paika@mail.ru
Контактный телефон: +7 (985)2104069

Пашков

Игорь Николаевич

Илья Владиславович Шутов
МАИ

