



ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЁГКИХ СПЛАВОВ
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ул. Горбунова, 2, Москва, Россия, 121596; тел.: +7 (495) 287-74-00; факс: +7 (495) 287-74-02
e-mail: info@oaovils.ru; www.oaovils.ru

23.01.2019 № 01-174

на № _____ от _____

Председателю экспертного совета
НИТУ «МИСиС»
по специальностям 01.04.07 и 05.16.01
Мухину С. И.
Ленинский проспект, 4, Москва,
119991

Уважаемый Сергей Иванович!

Направляем отзыв ведущей организации ОАО «Всероссийский институт легких сплавов» на диссертационную работу Зуйко Ивана Сергеевича на тему «Влияние деформации и старения на структуру, фазовый состав и механизмы упрочнения сплава Al-Cu», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Приложение: на 4 (четыре) л. в 2 экз.

Генеральный директор

А. И. Опарин

Исполнитель: Захаров Валерий Владимирович
Контактный телефон: +7 (495)287-74-00, доб. 30-82



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ОАО «ВИЛС»

А.И. Опарин

«__» _____ 2019г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Зуйко Ивана Сергеевича «Влияние деформации и старения на структуру, фазовый состав и механизмы упрочнения сплава Al-Cu», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Создание сверхзвукового пассажирского самолета является актуальной задачей для нашей страны, обладающей громадной территорией. Одной из основных проблем, которая возникает при проектировании такого самолета, является выбор конструкционного материала планера самолета. Этот материал должен обладать высокой прочностью, высокими значениями характеристик статической и циклической трещиностойкости, достаточной коррозионной стойкостью и при этом, что очень важно, быть теплопрочным, сохранять высокие значения перечисленных выше характеристик после длительных (десятки тысяч часов) низкотемпературных нагревов. В настоящее время наиболее полно этим требованиям удовлетворяют разработанные в последние годы сплавы на основе Al-Cu с малой добавкой магния. По мнению соискателя наиболее перспективными из этих сплавов являются сплавы типа AA2519. Однако природа таких сплавов, фазовые превращения, структурные изменения, происходящие в них во время деформации, при нагревах в процессе производства и термической обработки полуфабрикатов, мало изучены. Цель настоящей работы состояла в изучении влияния легирующих компонентов, режимов ТО и НТМО на структуру, фазовый состав и механизмы упрочнения сплава Al-Cu с небольшой добавкой магния. Цель работы, собственно работа несомненно актуальны и ее результаты в части создания научной, металлофизической основы выбора состава сплава, режимов ТО и НТМО в дальнейшем обязательно найдут практическое применение.

Проведенные исследования показали, что сплав выбранного состава на основе системы Al-Cu с малой добавкой магния, обработанный по выбранным режимам ТО и НТМО обладает по сравнению с аналогами не только повышенной прочностью и значительно более высокой пластичностью.

Подробно изучена структура и фазовый состав сплава, даны объяснения причин одновременного роста прочности и пластичности.

Впервые в сплавах Al-Cu с содержанием магния всего 0,23% после закалки и длительного естественного старения обнаружены зоны Гинье-Престона-Багаряцкого (ГПБ), тогда как зоны ГПБ обычно образуются при содержании магния больше 1%. Однако этот феномен (фактически открытие) сомнений не вызывает, поскольку в исследованном сплаве Al-Cu с 0,23% Mg содержание кремния было 0,01% и магний не был связан кремнием в фазу типа Mg_2Si , а находился после закалки в пересыщенном твердом растворе и мог участвовать в распаде раствора при естественном старении.

В работе сделано еще одно открытие, которое соискатель назвал «отложенное старение». Суть «отложенного старения» заключается в существовании длительного инкубационного периода при естественном старении исследованного сплава Al-Cu (~1000 часов), предшествующего упрочнению. По-видимому, добавка магния, не связанная кремнием в фазу, образует пары с закалочными вакансиями атом Mg – вакансии. Снижение концентрации свободных закалочных вакансий замедляет процессы образования зон ГП и ГПБ.

Очень большой раздел работы посвящен влиянию пластической деформации сплава после закалки на структуру, фазовый состав и свойства листов из сплава Al-Cu. Подробно и убедительно показана природа упрочнения сплава. Впервые показано, что физическая деформация, получаемая сплавом при холодной прокатке с суммарным обжатием 80%, заметно превосходит физическую деформацию при равноканальным угловым прессованием.

Работа сделана на высоком научном уровне. При проведении работы использовали просвечивающие и сканирующие электронные микроскопы. Последние были оснащены системами микроанализа и анализа разориентировок методом EBSD. Широко использовали количественный анализ структурных элементов. Фазы идентифицировали с использованием ПЭМ. Работа прекрасно иллюстрирована снимками структур высокого качества, которые не только украшают диссертацию, а прежде всего они информативны и убедительно подтверждают объяснения и сделанные заключения.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Работа выполнена с использованием самого современного оборудования, большого числа разных методик и большого числа замеров, с исследованием сплавов

разных составов и разных плавок. Результаты экспериментов подвергались статистической обработке.

Настоящая работа большой шаг вперед в понимании природы сплавов Al-Cu с малой добавкой магния, фазового состава, последовательности (стадийности) распада раствора, природы упрочнения, механизма влияния пластической деформации на структуру и свойства сплава. Результаты настоящих исследований это надежная металлофизическая основа для выбора состава перспективного промышленного сплава для сверхзвуковой авиации, выбора технологических параметров получения из него деформированных полуфабрикатов.

Работа имеет следующие недостатки.

1. В работе судя по тексту диссертации исследованный сплав Al-Cu с 0,23% Mg отнесен соискателем к системе Al-Cu-Mg. В данном случае сплав лучше отнести к системе Al-Cu. Добавка магния при содержании кремния 0,01% находится в твердом растворе. Она практически не принимает участие в фазовых превращениях за исключением образования сравнительно небольшого количества зон ГПБ при длительном естественном старении. При искусственном старении (при 190°C) равновесная растворимость магния увеличивается и 0,23% Mg оказываются в равновесном твердом растворе и магний не выделяется из раствора и не упрочняет сплав. Это частично объясняет почему прочностные свойства сплава после естественного старения выше, чем после искусственного.
2. Большая часть работы посвящена подробному исследованию влияния больших степеней пластической деформации на распад твердого раствора (два вывода из пяти). С точки зрения практики интерес представляют деформации величиной не более 10%. В работе исследовано влияние деформации до 80%. Эти результаты представляют исключительно теоретический интерес.
3. Во вступительной части диссертации упоминается о необходимости установления принципов легирования «для понимания принципов микроструктурного дизайна сплавов Al-Cu-Mg с соотношением Cu/Mg~10, обеспечивающего получение высоких механических свойств». Однако в выводах эти принципы в окончательном виде соискателем не были сформулированы.
4. Выводы написаны наспех, очень лаконично и не полно отражают достижения работы.

5. Стр. 48 диссертации: «Листовые полуфабрикаты после закалки обязательно правят растяжением или прогладкой со степенью деформации не больше 3%, но даже эта маленькая пластическая деформация значительно увеличивает упрочнение, достигаемое в результате старения». Это не совсем точно. Пластическая деформация свежезакаленных листов повышает предел текучести, как правило не меняет временное сопротивление (σ_B) состаренных листов. Упрочняющий эффект старения при этом может даже уменьшаться (сплавы Al-Zn-Mg-(Cu)).

Сделанные замечания не затрагивают суть работы, не умаляют ее достоинств. Результаты полученные в настоящей работе, характеризующие фазовый состав, последовательность (стадийность) распада, природу упрочнения сплавов Al-Cu с добавкой магния без натяжки можно отнести к фундаментальным, базируясь на которых можно целенаправленно выбирать составы сплавов и режим их ТО и НТМО. Результаты настоящей работы обязательно найдут практическое применение.

Учитывая все вышесказанное считаю, что работа полностью удовлетворяет требованиям п. п. 9-14 положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Российской Федерации, а ее автор Зуйко Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Представленная работа соответствует специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

Начальник лаборатории металловедения
и технологии алюминиевых сплавов,
доктор технических наук

 21.01.2019

Захаров В.В.

Захаров Валерий Владимирович
доктор технических наук, 05.16.09 – Материаловедение (металлургия);
старший научный сотрудник;
Начальник лаборатории металловедения и технологии алюминиевых сплавов
ОАО «Всероссийский институт легких сплавов»;
Россия, 121596, Москва, ул. Горбунова, 2.
Телефон 8(495)287-7400*3082
Адрес электронной почты: zakharov_valery@mail.ru