

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИПМаш РАН)

В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178  
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; <https://ipme.ru>; e-mail: [ipmash@ipme.ru](mailto:ipmash@ipme.ru)

ОГРН 1037800003560, ИНН/КПП 7801037069/780101001



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ИПМаш РАН  
Полянский В.А.  
«22» августа 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации  
Магомедовой Дарьи Курбановны  
на тему «Закономерности разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности:  
1.1.8 – механика деформируемого твёрдого тела.

Диссертация Магомедовой Д.К. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую анализ закономерностей разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии.

Представлен достаточно большой объем полученных экспериментальных данных, использование при исследовании трансформации структуры и свойств комплекса основных современных методов моделирования, физических материаловедческих методов и подходов, а также результаты сканирующей электронной микроскопии.

Научной новизной представленной работы является:

1) Определение истинных деформаций до разрушения и истинных напряжений разрушения при растяжении  $\sigma_{ист}$  для сплава 6101 в различных состояниях, включая УМЗ; и показано, что  $\sigma_{ист}$  в УМЗ состоянии значительно

выше истинного напряжения разрушения в КЗ состоянии, а истинные деформации до разрушения у всех состояний близки.

2) Предложено объяснение роста истинного напряжения разрушения образцов при измельчении зерна на основе компиляции закона Холла-Петча и модели Зинера–Строте.

3) Установлено, что в КЗ состоянии после искусственного старения областями преимущественного зарождения пор и последующего разрушения являются частицы Al-Fe, а в УМЗ состоянии данные частицы не играют основную роль в формировании пор.

4) Первая стадия процесса разрушения начинается при деформации  $\varepsilon \approx 40\%$ , что соответствует истинной деформации  $e^* \approx 0,7$ , в КЗ и УМЗ состояниях.

5) Показано, что воздействие метода равноканального углового прессования по схеме «Комформ» (РКУП-К) по выбранным режимам приводит к измельчению частиц Al-Fe: в КЗ состоянии размеры частиц составляют до 7  $\mu\text{m}$ , в УМЗ – до 2  $\mu\text{m}$ .

Практическая и теоретическая значимость работы:

Результаты работы имеют большую теоретическую значимость, поскольку могут быть использованы для описания процесса разрушения сплавов системы Al-Mg-Si. В работе предложен механизм повышения истинного напряжения разрушения УМЗ сплавов. Обобщение этих данных позволит создать новые модели разрушения и уточнить уже существующие с учетом строения сплавов. Результаты работы имеют большую практическую значимость, поскольку они могут быть использованы для получения прочных алюминиевых сплавов с высокой электропроводностью.

Предложена модель для объяснения повышения истинного напряжения разрушения УМЗ сплава, которая может быть использована для анализа механических свойств других сплавов в УМЗ состоянии.

Диссертация состоит из введения и 5 глав, заключения, списка литературы, изложена на 110 страницах и содержит 52 рисунка и 13 таблиц.

Введение содержит обоснование актуальности работы в рамках исследования влияния структуры и обработки материала на его физико-механические свойства. Рассмотрены существующие проблемы приближенных задач. Изложена научная новизна и практическая ценность работы, а также основные положения, выносимые на защиту, кратко описана структура диссертации.

Первая глава содержит литературный обзор существующих методов обработки сплавов системы Al-Mg-Si, представлен исследуемый сплав, тонкости механизмов его упрочнения и разрушения, а также влияние методов обработки на его механические свойства.



Во второй главе представлен объект и методы исследования. Сформулированы цели и задачи. Представлено описание обработки материала и его структуры (методы ПЭМ и СЭМ).

В третьей главе описано влияние методов термообработки и ИДП на структуру и механическое поведение исследуемого материала. Представлены данные для определения начального этапа разрушения – начала формирования пор внутри материала и данные для определения его микротвёрдости в различных структурных состояниях. Получены инженерные диаграммы напряжение-деформация, также построены диаграммы в истинных напряжениях-деформациях.

В четвёртой главе представлены результаты исследования поверхности изломов и осевого разреза образцов после растяжения. Глава содержит большое количество экспериментальных данных, полученных с помощью СЭМ.

В пятой главе представлено численное моделирование напряжённо-деформируемого состояния при статическом растяжении исследуемых образцов в различных состояниях, представлен анализ и корреляция данных с экспериментом. Также представлена модель анализа роста истинного напряжения разрушения образцов для УМЗ состояния относительно его КЗ состояния

В заключении приведены основные выводы данной работы о закономерностях разрушения сплава Al 6101 в различных структурных состояниях.

Результаты диссертационной работы Магомедовой Д.К. могут быть использованы для дальнейшего изучения разрушения материалов при статических нагрузках, а также дальнейшего изучения влияния методов ИПД для получения УМЗ материалов и улучшения их физико-механических свойств.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Большое внимание уделено методам обработки материала, в то время как процедура испытаний описана недостаточно подробно.
2. На некоторых графиках следовало бы показывать истинные напряжения, а не инженерные, например, рис. 3.3.1 и 3.3.2 представлены лишь инженерные кривые.
3. Рисунок 3.2.5 имеет неверное описание. Возможно техническая опечатка.
4. Изложение не всегда последовательно. В ряде мест диссертации следовало бы последовательно излагать мысли.

Тем не менее, отмеченные недостатки не снижают значимости диссертационной работы Магомедовой Д.К.



### Заключение.

Диссертационная работа Магомедовой Дарьи Курбановны «Закономерности разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии» является законченным научным исследованием и выполнена на высоком научном уровне. Автор получил новые результаты, имеющие теоретическую и практическую ценность. Полученные автором результаты достоверны. Работа имеет аккуратное выполнение, написана с грамотным использованием общепринятых научных терминов.

По теме диссертационной работы опубликованы 14 научных статей, 2 - в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 9 - в сборниках Scopus/WoS. Работа апробирована на 12 конференциях, включая международные.

Диссертационная работа Магомедовой Дарьи Курбановны является завершенной научно-исследовательской работой на актуальную тему. Выводы и заключения обоснованы. Диссертационная работа соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Диссертационная работа «Закономерности разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии» рассмотрена, а отзыв утверждён на заседании Лаборатория математических методов механики материалов (протокол № 01 от 18.08.23).

Отзыв подготовил зав. Лабораторией математических методов механики материалов

Д.ф.-м.н., Фрейдин А.Б.

Фрейдин Александр Борисович  
Доктор физико-математических наук,  
заведующий Лабораторией  
математических методов механики материалов

/Фрейдин А.Б./

ФГБУН Институт проблем машиноведения РАН  
Россия, Санкт-Петербург

Почтовый адрес: 199178, Васильевский остров, Большой проспект, 61

Телефон: (812) 321 47 78

Адрес электронной почты: [alexander.freydin@gmail.com](mailto:alexander.freydin@gmail.com)

«22» августа 2023 г.

