

ОТЗЫВ

Председателя диссертационного совета на диссертацию *Магомедовой Дарьи Курбановны* на тему: «*Закономерности разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии*», представленную на соискание ученой степени кандидата *физико-математических наук* по научной специальности *1.1.8. механика деформируемого твёрдого тела*.

В настоящее время задача создания материалов, обладающих высокими прочностными характеристиками наряду с высоким электросопротивлением и коррозионной стойкостью привлекает внимание большого числа исследователей. Именно этому **актуальному** направлению и посвящена данная диссертация. **Практическое значение** работы очевидно, поскольку реализация полученных в ней результатов позволит определить технологические параметры процессов интенсивной пластической деформации (ИПД), оптимальные для достижения необходимого комплекса физических и механических свойств материалов. **Фундаментально-научное значение** обусловлено тем фактом, что работа развивает представления механики материалов о влиянии структуры, получаемой посредством ИПД (в частности размера зерна), на прочность, пластичность и усталостные свойства сплавов.

Достоверность результатов обусловлена использованием теоретических и экспериментальных подходов, апробированных в механике деформируемого твердого тела; подробным анализом методики и результатов экспериментов, как известных из литературы, так и полученных в рамках настоящей работы; соответствием результатов, полученных в диссертации, с данными экспериментов.

Апробация. Результаты, представленные в диссертации, доложены на ряде российских и международных конференций, на семинарах кафедры Теории упругости Санкт-Петербургского государственного университета. Они опубликованы в ведущих российских и зарубежных научных журналах

Среди наиболее важных достижений диссертации

- (1) определение деформации до разрушения и напряжения разрушения при растяжении сплава 6101 в различных состояниях, включая крупнозернистое (КЗ) и ультрамелкозернистое (УМЗ); в частности, 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) 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;
- (3) установлено, при каком максимальном растягивающем напряжении не фиксируются начальные признаки разрушения в виде образования микропор;

- (4) показано, что первая стадия процесса разрушения начинается как в КЗ, так и в УМЗ состояниях при деформации $\varepsilon \approx 40\%$, что соответствует истинной деформации $\varepsilon^* \approx 0,7$;
- (5) показано, что воздействие метода равноканального углового прессования по схеме Конформ (РКУП-К) приводит к измельчению частиц Al-Fe от 7 мкм в КЗ состоянии до 2 мкм в УМЗ состоянии.

В представленной работе автором проведены многочисленные экспериментальные исследования структуры материала и описана методика проведения механического эксперимента, написана модель напряжённо-деформированного состояния и сделаны выводы. Показана разница крупно- и ультрамелкозернистого состояния сплава Al-6101 как с точки зрения структуры, так и с точки зрения механического поведения. Дано теоретическое и экспериментальное объяснение повышенного значения прочности для ультрамелкозернистого сплава относительно его крупнозернистого состояния, что показывает научную и практическую значимость работы.

Замечания.

1. Слишком много места посвящено обзору литературы: 29 из 98 страниц. Дан слишком общий обзор механизмов и типов разрушения, не нацеленный на выявление роли размера зерна и плотности дислокаций.
2. Моделирование растяжения КЗ и УМЗ образцов выполнено без учёта размера структурных элементов материала, что сильно снижает его ценность.
3. В разделе 5.1, посвященном моделированию, не указано, по каким материальным параметрам различаются КЗ и УМЗ образцы. В этом же разделе утверждается, что в зонах, соответствующих деформации $\varepsilon = 0.39$ были выявлены образовавшиеся поры, однако не указано, какой использовался критерий появления поры.
4. Неясно, почему на рис.5.2.1 показано, что, вопреки симметрии напряженного состояния, пора растёт только вблизи «верхней» поверхности частицы.
5. Имеется ряд неточных формулировок.
 - (а) С.22: «Магний и кремний образуют соединения, которые растворимы в алюминии – к примеру, Mg_2Si , следовательно, благодаря им сплав упрочняется при термической обработке». Однако, соединение Mg_2Si образует частицы, выпадающие из раствора. Если эти соединения растворимы, то они не должны выпадать из раствора в виде частиц.
 - (б) с.32: «Процесс разрушения начинается с образования пор субмикроскопических размеров и заканчивается разделением образца или общей конструкции на отдельные части». Здесь ничего не говорится о микротрещинах, а потом на с.38 читаем: «Данные, полученные при использовании более точных методик, позволяют заключить, что зародышевые трещины возникают уже в инкубационный период и становятся критическими когда их размер достигнет размера ячеек».
 - (в) с.32. «Пластическое течение осуществляется под углом 45° по направлению к главным нормальным напряжениям под действием главных касательных напряжений». Данное утверждение может выполняться только в среднем, поскольку не всегда плоскость скольжения расположена параллельно плоскости, где действуют главные касательные напряжения.

- (г) с.33. Что имеется в виду в пункте (в) подписи к рис.1.3.1: «Схема вязкого разрушения с образованием ямочной поверхности разрушения при: а) одноосном растяжении, б) внецентренном растяжении, в) – ямки [53]»
- (д) с.62. Подпись к рис.3.2.5 недостаточно полно его описывает.
- (е) Имеется довольно много опечаток, например:
- с.52: образцы с «рабочей базой L 5 мм D мм.»;
 - с.97: опечатка в формуле 5.2.4.

Сделанные замечания не изменяют общего положительного заключения по диссертации. Диссертация Магомедовой Дарьи Курбановны на тему «Закономерности разрушения сплава системы Al-Mg-Si в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии» является законченной научно-исследовательской работой, имеющей значение для развития материаловедения, связанного с получением ультрамелкозернистой структуры посредством интенсивной пластической деформации.

Она соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Магомедова Дарья Курбановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Профессор кафедры теории упругости
Санкт-Петербургского государственного
университета



Волков Александр Евгеньевич

15.11.2023 г.