

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**Перспективные материалы**  
**с иерархической структурой**  
**для новых технологий**  
**и надежных конструкций**  
**9 - 13 октября 2017 года**  
**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Томск – 2017

**ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ С УМЗ-СТРУКТУРОЙ С ПОМОЩЬЮ ФРИКЦИОННОЙ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВА АМГ5**

<sup>1</sup>Калашникова Т.А., <sup>2</sup>Калашников К.Н., <sup>1,3</sup>Тарасов С.Ю., <sup>1,3</sup>Рубцов В.Е.,  
<sup>1,3</sup>Колубаев Е.А., <sup>1</sup>Чумаевский А.В.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,  
tatyana.belozertseva@yandex.ru, sso.spektr.asu@gmail.com, tsy@ispms.ru, rvy@ispms.ru,  
eak@ispms.ru, tch7av@gmail.com*

Фрикционная перемешивающая обработка широко применяется в настоящее время для изготовления деталей с повышенной прочностью из алюминиевых сплавов. К преимуществам данной технологии помимо возможности получения материалов с повышенной прочностью и высокой производительностью относится также возможность получения деталей практически неограниченных габаритов и толщины. Несмотря на достаточно обильное присутствие в современной литературе информации касательно материалов, полученных данным методом, на настоящее время небольшое количество работ представлено в виде комплексных исследований структуры и механических свойств материалов в зависимости от режимов обработки и габаритов получаемых деталей. Данное направление является целью настоящей работы.

В работе исследованы образцы сплава АМг5 различной толщины после фрикционной обработки, полученные на лабораторном стенде. Образцы подвергали механическим испытаниям на универсальной испытательной машине УТС 110М-100 1-У на растяжение и сжатие при скорости деформации 1 мм/мин. Структурные исследования проводили на оптическом микроскопе Альтами Мет 1 С, растровом электронном микроскопе SEMTRAC mini SM3000 и просвечивающем микроскопе JEOL JEM-2100. Измерение микротвердости по Виккерсу выполняли на микротвердомере ПМТ-3М.

Проведенные механические испытания образцов исходного материала на растяжение и сжатие показывает достаточно высокие значения механической прочности для данного сплава с пределом прочности, составляющем в среднем 302,1 МПа на растяжение и 376,5 МПа на сжатие. При сжатии, и наиболее выражено при растяжении данных образцов существенную роль в процессе пластической деформации занимает скачкообразное изменение нагружающего усилия в процессе деформации. Данный эффект проявляется в виде квазипериодичных или практически непериодичных колебаний на диаграмме испытания с величиной пиков от 1 до 20 МПа при растяжении и менее 1 МПа при сжатии образцов. Образцы, полученные фрикционной перемешивающей обработкой листового проката толщиной 5 и 10 мм демонстрируют на 12,9% большие значения предела прочности при сжатии в сравнении с образцами исходного металла и составляет в среднем 425,3 МПа. При этом, скачкообразное

## 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

изменение нагружающего усилия, характерное для образцов исходного материала при деформации сжатием практически отсутствует. При растяжении образцов листового проката сплава АМг5 толщиной 10 мм прочность испытанных образцов составляла в среднем 298,5 МПа, что находится на уровне прочности основного металла. Характерные особенности стадий пластической деформации при этом существенно отличны от наблюдаемых при растяжении исходного образца. В данном случае наблюдается существенно меньшие значения коэффициента деформационного упрочнения на третьей стадии деформации, большая протяженность третьей стадии и практически полное отсутствие четвертой стадии деформационного упрочнения. Разрушение образцов происходит не одновременно по достижении предела прочности, а поэтапно, с постепенным формированием трещин в образце. Наиболее оптимальными параметрами процесса (нагружающее усилие–подача–скорость вращения инструмента) для получения таких образцов являются: 3150 кг-105мм/мин-450 об/мин. При изменении параметров на 10% (3150 кг-115мм/мин-495 об/мин) прочность образцов снижается на величину 8-9% при сохранении общей картины деформационного поведения. Больше изменение параметров процесса обработки приводит к ещё большему снижению прочности получаемых образцов. Таким образом, в работе произведен анализ влияния на процесс деформации и разрушения получаемых деталей режимов изготовления и габаритных размеров образцов.

### **ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ФРИКЦИОННОЙ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ТЕРМИЧЕСКИ УПРОЧНЯЕМОГО СПЛАВА Д16**

<sup>1</sup>Калашникова Т.А., <sup>2,3</sup>Калашников К.Н., <sup>1,3</sup>Тарасов С.Ю., <sup>1,3</sup>Рубцов В.Е.,  
<sup>1,3</sup>Колубаев Е.А., <sup>1</sup>Чумаевский А.В.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,*

*tatyana.belozertseva@yandex.ru, sso.spektr.asu@gmail.com, tsy@ispms.ru,*

*rvy@ispms.ru, eak@ispms.ru, tch7av@gmail.com*

Получение материалов с ультрамелкодисперсной структурой из различных металлов и сплавов методом перемешивающей фрикционной обработки является одним из наиболее актуальных направлений по созданию материалов повышенной и высокой прочности на настоящее время. Именно с помощью фрикционной обработки возможно получение объемных крупногабаритных деталей из материалов с ультрамелкозернистой структурой. Такие материалы применяются в различных областях техники, основной из которых является создание материалов конструкционного назначения. Несмотря на большое количество работ по фрикционной обработке различных сплавов на основе алюминия, на настоящее время лишь небольшое число из них подходит к исследованиям структуры и свойств полученных материалов комплексно, с определением всех аспектов структурно-фазового состояния материалов после интенсивного термомеханического воздействия. В настоящей работе проведены исследования термически упрочняемого деформируемого алюминиевого сплава Д16, подвергнутого фрикционной перемешивающей обработке.