

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/300

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИСЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФРИКЦИОННЫХ  
ПРОЦЕССОВ ПРИ ТРЕНИИ СПЛАВА АМГ2 В УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ  
СОСТОЯНИИ**

<sup>1,2</sup>Филиппов А.В., <sup>1,2</sup>Тарасов С.Ю., <sup>2</sup>Подгорных О.А., <sup>2</sup>Шамарин Н.Н., <sup>2</sup>Филиппова Е.О.

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

<sup>2</sup>*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Алюминиево-магниевые сплавы обладают комплексом физико-механических свойств, обеспечивающим их широчайшее применение в различных промышленных отраслях. Малая масса и хорошая формруемость наряду с высокой коррозионной стойкостью сплава АМГ2 позволяют применять его в машиностроении при производстве цистерн, в ракетно-космической технике при изготовлении корпусных деталей, а также в судостроении. В тоже время одним из существенных недостатков этого сплава является низкий предел текучести и предел прочности. Для повышения прочности и, следовательно, эксплуатационных характеристик данного сплава применяют методы интенсивной пластической деформации, которые обеспечивают измельчение структуры материала до ультрамелкозернистого (УМЗ) состояния. Обеспечив выполнение закона Холла-Петча можно добиться многократного роста пределов прочности и текучести (при статических испытаниях) деформационно-упрочняемых сплавов и тем самым расширить область их промышленного применения. Изменение структуры материала и его механических свойств в процессе интенсивной пластической деформации влечет за собой изменение в характере отклика материала на его механическую обработку в процессе формообразования изделия. Этот отклик выражается в изменении морфологии и механических свойствах поверхностного и приповерхностного слоев. Поскольку повышенная прочность требует приложения более интенсивного механического воздействия при обработке материала, постольку следует ожидать изменение степени наклепа в поверхностном слое изделия, что может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на усталостную прочность изделия. Кроме того, повышенные нагрузки в процессе формообразования влекут за собой изменение в динамическом отклике технологической системы на механическое воздействие формирующего инструмента (резец, фреза, штамп и т.д.). В процессе механической обработки резанием контакт между инструментом и заготовкой происходит в условиях экстремально высокой нагрузки, приходящейся на малую площадь, что влечет за собой интенсификацию деформационных процессов в приповерхностном слое обрабатываемого материала, обусловленных с одной стороны деформацией сдвига, с другой стороны интенсивным сухим адгезионным трением скольжения. Изменение динамики фрикционных процессов влечет за собой изменения в степени деформации приповерхностного слоя материала, что существенно влияет на его усталостную прочность.

В связи с выше сказанным целью данной работы является исследование динамического поведения алюминиевого сплава АМГ2 в исходном состоянии и с ультрамелкозернистой структурой в условиях сухого трения скольжения.

Трение скольжения осуществлялось по схеме палец-диск на трибометре Tribotechnic. Изменение динамики фрикционных процессов оценивалось с применением лазерного Доплеровского вибromетра PSV-500-3D-NV и комплекса АЭ диагностики ЭЯ-2. Испытания проводились на образцах с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой. УМЗ образцы получены методом равноканального углового прессования (РКУП). Число проходов при РКУП составляло от 2 до 8. Число проходов эквивалентно степени деформации материала.

Динамика развития фрикционных процессов указывает на то, что с начала процесса трения коэффициент трения принимает максимальное значение  $\sim 0,42$  для всех образцов и затем начинает не монотонно снижаться в пределах периода времени 1600-2500 секунд. Указанный период является этапом приработки трибосопряжения в котором происходит формирование начальной микро шероховатости на поверхности образцов алюминиево-магниевого сплава. Затем трение реализуется достаточно монотонно с небольшими

## Секция 6. Методы и средства неразрушающего контроля материалов и конструкций с иерархической структурой

всплесками величины коэффициента трения, которые обусловлены механизмами формирования (на поверхности стального шарика) и обратного переноса (с поверхности стального шарика на поверхность алюминиевого сплава) слоя адгезионного переноса. В режиме установившегося трения коэффициент трения для исходного образца составляет  $\sim 0,248$ , для образца после 2 проходов РКУП  $\sim 0,231$ , для образца после 4 проходов РКУП  $\sim 0,245$ , для образца после 8 проходов РКУП  $\sim 0,254$ . Небольшое увеличение коэффициента трения для образцов с УМЗ структурой по мере увеличения числа проходов РКУП обусловлено повышением вклада адгезии в трение за счет уменьшения дисперсности структуры материала. Амплитуда виброускорений в плоскости действия силы трения изменяется качественно подобно коэффициенту трения. Однако, набегающая величина среднеквадратичного значения амплитуды виброускорений указывает на то, что максимум вибраций трибологической системы приходится на образец сформированный двумя проходами РКУП. С увеличением числа проходов уровень вибраций в трибологической системе приходит к значениям эквивалентным исходному образцу для которого регистрировались минимальные колебания. Увеличение амплитуды виброускорений при трении двухпроходного образца обусловлено его неравновесной структурой, поскольку двух проходов РКУП недостаточно для начала процессов динамической рекристаллизации, которая обеспечивает формирование равноосной зеренной структуры с октаэдрическими зёрнами и полностью сформированными границами. Амплитуда сигналов акустической эмиссии также существенно зависит от изменения динамики фрикционных процессов при трении исходных образцов и образцов с ультрамелкозернистой структурой. Динамика изменения огибающей амплитуды АЭ сигналов указывает на немонотонный характер трения всех рассматриваемых образцов, что согласуется с данными по динамике изменения коэффициента трения и амплитуды виброускорений. Нарастание величины огибающей амплитуды АЭ по мере увеличения длительности испытаний свидетельствует о развитии интенсивных деформационных процессов на контактных площадках, которые являются основными источниками повышения мощности АЭ.

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что при сухом трении скольжения материала с ультрамелкозернистой структурой, сформированной после двух проходов РКУП, в трибосопряжении достигается минимальное значение коэффициента трения. При трении образцов с УМЗ структурой амплитуда акустической эмиссии изменяется в больших пределах и достигает большей величины, чем при трении материала с исходной структурой, что указывает на развитие более интенсивных деформационных процессов при трении УМЗ материалов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда проект № 17-79-10013.