

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/102

**ВЛИЯНИЕ РКУП НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА
6063 ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ И ЦАРАПАНИИ**

Филиппов А.В., Тарасов С.Ю.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Модификация структуры материала путем измельчения зерен методами интенсивной пластической деформации является перспективным направлением повышения эксплуатационных характеристик распространенных конструкционных материалов. В тоже время раскрыть полный потенциал материала с измельченной зеренной структурой можно только исследовав его характеристики на разных масштабных уровнях. Для определения деформационного поведения материала на микро уровне часто используются методы нано- и микроиндентирования и царапания.

Алюминиевый сплав 6063 является распространенным конструкционным материалом, который преимущественно применяется в авиационной технике и кораблестроении. Исследования структурообразования методом РКУП для данного сплава подробно рассмотрены. Ранее были выполнены трибологические исследования для АА6063 в УМЗ состоянии. Установлено различие в износостойкости и толщине слоя адгезионного переноса для крупнозернистых и УМЗ образцов. Ранее были выполнены исследования для нанокристаллической и УМЗ меди с применением наноиндентирования пирамидкой Берковича. Образование наплывов происходит в УМЗ образце с размером зерен около 300 нм, тогда как в нанокристаллическом образце наплывов не выявлено. Также наплывы на периферии отпечатков выявлены в образцах УМЗ алюминия и латуне. В тоже время исследований деформационного поведения на микроуровне для АА6063 в УМЗ состоянии ранее не проводилось.

Целью данной работы является исследование механических характеристик алюминиевого сплава 6063 с разной структурой при индентировании и царапании.

Для исследований использовались образцы алюминиевого сплава 6063 в отожженном состоянии и после РКУП. Для анализа влияния РКУП на микромеханические свойства материала использовалось индентирование четырехгранной пирамидкой Виккерса. Характер кривых нагрузка-перемещение при индентировании одинаков для всех образцов. Существенный прирост микротвердости обеспечивается после двух и восьми проходов РКУП. Между образцами после двух и четырёх проходов РКУП нет существенных различий.

Анализ 3D профиля поверхностей отпечатков позволил выявить характерные особенности деформационного рельефа, образовавшегося по краям отпечатка. Наблюдаемые возвышения принято называть наплывами. Величина наплыва резко увеличивается после двух проходов РКУП, по сравнению с отожженным образцом. После четырех и восьми проходов РКУП высота наплывов немного меньше.

При царапании крупнозернистых и УМЗ образцов также выявлены различия в величине силы трения и размерах впадин, образовавшихся после однопроходного царапания. Наименьшая сила царапания и глубина царапины получены при тестировании отожженного материала. Формирование УМЗ структуры методом РКУП приводит к существенному росту силы трения и глубины царапины уже после двух проходов. Наибольшая глубина царапины и сила трения выявлены при испытании образца после восьми проходов РКУП.

Анализ деформационного рельефа выполнен при рассмотрении 2D and 3D изображений поверхности царапин методом лазерной сканирующей микроскопии. Следов образования стружки не выявлено, равно как и трещин на поверхности царапин. В тоже время на графике изменения силы трения мы наблюдаем периодические «скачки» силы. Периодические сбросы нагрузки могут быть вызваны проскальзыванием шарика по поверхности алюминиевых образцов из-за динамического характера формирования и разрушения непрочных адгезионных связей. Эти факторы указывают на квазивязкий характер деформации образцов при царапании. Более высокая нагрузка при царапании УМЗ образцов связана с увеличением

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

глубины царапины. Чем больше глубина царапины, тем больше площадь контакта и больший объем материала вовлечен в деформационный процесс. Соответственно, для деформирования большего объема материала требуется приложить большее усилие.

На периферии царапин наблюдаются большие наплывы, что коррелирует с образованием наплывов при индентировании. С увеличением числа проходов РКУП на высота наплывов увеличивается. Наплывы у отожженного и четырех проходного образцов являются «рваными». Более равномерный деформационный рельеф сформировался при царапании четырех и восьми проходных образцов.

Проведены исследования деформационного поведения алюминиевого сплава 6063 в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состоянии. Основным различием в деформации материала на микроуровне является образование больших по высоте наплывов у образцов в УМЗ состоянии по сравнению с крупнозернистым. Формирование УМЗ структуры приводит к повышению твердости материала. При царапании происходит более интенсивная деформация материала в УМЗ состоянии. При царапании происходит динамическое колебания нагрузки в направлении действия силы трения. Эти колебания обусловлены периодическим проскальзыванием шарика по поверхности алюминиевых образцов из-за динамического характера формирования и разрушения непрочных адгезионных связей.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.2.