

## **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: 10.17223/9785946218412/94**

**ДЕФОРМАЦИЯ УМЗ МЕДИ М1 ПРИ НАНОИНДЕНТИРОВАНИИ**

Филиппов А.В., Тарасов С.Ю

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

Исследование деформационного поведения материалов на микро- и наномасштабном уровнях является важной задачей современного материаловедения. С этой целью часто применяют метод наноиндентирования, как наиболее информативный и точный.

Ранее были выполнены исследования для нанокристаллической и УМЗ меди с применением наноиндентирования пирамидкой Берковича. На основе этих исследований установлено образование наплывов 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.

Целью данной работы является исследование влияния структурного состояния меди М1 на её деформационное поведение при наноиндентировании.

Образцы УМЗ меди получены методом равноканального углового прессования при комнатной температуре. Исследование микроструктуры проводилось методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) при помощи микроскопа JEM-2100 (JEOL Ltd, Japan). При проведении ПЭМ исследований использовались режимы получения светлопольных изображений и микродифракционных картин. Заготовки фольг вырезались механическим способом таким образом чтобы, плоскости фольг были перпендикулярны направлению деформации при последнем проходе в процессе ЕСАР. Наноиндентирование выполнено при комнатной температуре.

Для анализа влияния РКУП на микромеханические свойства материала использовалось индентирование четырехгранной пирамидкой Виккерса. Характер нагрузки-перемещение кривых практически одинаков для всех образцов. При постоянной нагрузке и скорости внедрения индентора видно, что между исходным образцом и образцом после 1го прохода РКУП нет существенных различий. Существенный прирост микротвердости обеспечивается после 4х и 12ти проходов РКУП. Модуль упругости увеличивается после одного прохода РКУП. Дополнительные проходы не оказывают существенного воздействия на величину E.

На основе анализа 3D изображений поверхностей отпечатков на поверхности крупнокристаллического и ультрамелкозернистых образцов определено образование наплывов по краям отпечатков. Анализ профилей отпечатков указывает на схожий характер изменения величин pile-up and hc/hmax (отношения глубины отпечатка от поверхности образца hc к максимальной глубине отпечатка hmax с учетом размера pile-up). Отношение hc/hmax характеризует меру увеличения площади контакта индентора с образцом и с изменением механизма деформации материала с различной структурой. Сравнение микроструктуры УМЗ образцов с размерами наплывов указывает на схожий порядок размерности структуры и высоты напыла (~600 нм для образца после 1 прохода РКУП, ~500 nm для образца после 4 проходов РКУП и ~ 350nm для образца после 12 проходов РКУП).

В результате выполненных исследований установлено, что наибольший прирост нанотвердости достигается после 12 проходов РКУП. В тоже время модуль упругости существенно не изменяется в результате формирования УМЗ структуры. Исследования топографии поверхности отпечатка указывает на формирование существенных наплывов по периферии отпечатка. Наибольший наплыв получен для образца после одного прохода РКУП, а наименьший после 12 проходов. Размеры наплывов УМЗ образцов сопоставимы с размерностью их структуры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Российской академии наук на 2013-2020 гг. (проект № III.23.2.4).