

# **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: 10.17223/9785946217408/63

**МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И  
УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ МЕДИ ПРИ НАНОИДЕНИРОВАНИИ**

<sup>1,2</sup>Филиппов А.В., <sup>1,2</sup>Тарасов С.Ю., <sup>1</sup>Фортуна С.В., <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

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, которые указывают на 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 и латуни.

Целью данной работы является исследование влияния интенсивной пластической деформации на микроструктуру и механические свойства меди М1 при наноиндентировании.

Исследовались образцы в состоянии поставки и образцы, полученные методом равноканального углового прессования за 1, 4, 8 и 12 проходов. РКУП осуществлялось при комнатной температуре по схеме Вс со скоростью деформирования 6 мм/с. 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. Для анализа влияния РКУП на микромеханические свойства материала использовалось наноиндентирование четырехгранной пирамидкой Виккерса.

Характер кривых нагрузка-перемещение 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. Анализ профилей отпечатков указывает на схожий характер изменения величин наплывов и  $h_c/h_{max}$  (отношения глубины отпечатка от поверхности образца  $h_c$  к максимальной глубине отпечатка  $h_{max}$  с учетом размера наплывов). Отношение  $h_c/h_{max}$  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 наплыва (~600 нм для образца после 1 прохода РКУП, ~500 нм для образца после 4 проходов РКУП и ~350 нм для образца после 12 проходов РКУП). Методом наноиндентирования выполнены исследования микромеханических характеристик крупнокристаллической и ультрамелкозернистой меди С11000. 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).