

# **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: 10.17223/9785946217408/64

**ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ  
УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ ЛАТУНИ ПРИ ЦАРАПАНИИ**

<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

Одним из направлений повышения эксплуатационных характеристик изделия является увеличение его полезной массы, т.е. массы транспортируемых или хранимых грузов. Повышение механической прочности материала позволит использовать детали меньших габаритов, что способствует увеличению полезной массы машины. Наиболее популярной техникой повышения механических свойств деформационно-упрочняемых металлов и сплавов являются методы интенсивной пластической деформации (ИПД). В результате ИПД происходит измельчение зеренной структуры материала (увеличение количества и общей протяженности границ зерен), повышение плотности дислокаций, образование микро и нано двойников. Указанные явления способствуют повышению сопротивления материала пластической деформации – увеличиваются значения пределов текучести и прочности, в тоже время снижается пластичность при комнатной температуре. Снижение пластичности материала, подвергнутого ИПД, является одним из его недостатков. Для повышения пластичности и сохранения высокой прочности применяют низкотемпературные отжиги. Латунные системы Cu-Zn широко применяются в различных промышленных отраслях. Латунные детали работают в условиях трения скольжения при комнатных и отрицательных температурах. Формирование УМЗ структуры путем ИПД и последующих отжигов может существенно повысить эксплуатационные характеристики изделий из латуни. Царапание является одним из методов определения микромеханических свойств материала и моделирования износа при комнатной температуре.

Целью данной работы является исследование влияния интенсивной пластической деформации и последующего отжига на деформационные характеристики латуни Л63 при царапании.

Исследовались образцы в состоянии поставки и образцы, полученные методом равноканального углового прессования (РКУП) за 1, 2 и 3 прохода. РКУП осуществлялось при комнатной температуре по схеме Вс со скоростью деформирования 6 мм/с. Отжиг осуществлялся после ИПД при температурах 200°C и 300°C в течении одного часа. Для исследований использовался скретч тестер Revetest RST (CSM Instruments). Скорость царапания 10 мм/мин, длина царапины 3 мм, нагрузка линейно возрастающая от 0,5 до 30 Н. Исследование деформационного рельефа и 3D профиля царапины осуществлялось на лазерном сканирующем микроскопе Olympus LEXT OLS 4100.

После обработки РКУП без отжига во всех случаях глубина внедрения индентора при царапании становится меньше по сравнению с царапанием исходного образца. Применение низкотемпературных отжигов сильнее всего сказывается на образце после обработки одним проходом РКУП. При увеличении нормальной нагрузки свыше 12-16 Н резко увеличивается глубина внедрения индентора при царапании отожженных при 200°C и 300°C однопроходных образцов. Более устойчивым к действию отжигов является образец сформированный за два прохода РКУП. В данном случае глубина внедрения индентора увеличивается после достижения нормальной нагрузки 18 Н и только после отжига при 300°C. Отжиг при 200°C существенного влияния не оказал. Самым устойчивым к отжигу оказался образец сформированный за три прохода РКУП. Отжиг практически не повлиял на глубину внедрения индентора. Наиболее заметный рост величины  $F_t/F_n$  (отношение касательная/нормальная сила) наблюдается после отжига всех образцов при 300°C. Отжиг при 200°C практически не влияет на величину  $F_t/F_n$ . Повышение касательной силы указывает на увеличение сопротивления деформации сдвига в процессе пропахивания поверхности образца индентором. Это может быть связано с изменением размеров контактной площадки за счет

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

---

увеличения глубины внедрения (что наблюдается при отжиге для образцов с одним и двумя проходами РКУП) в результате чего увеличивается объем материала, вовлеченного в деформацию. Кроме того, прочность УМЗ образцов даже после отжига при 300°C выше прочности исходного материала, что также дает вклад в увеличение касательной силы. После царапания на поверхности образца образуются царапины с наплывами по боковым поверхностям. Анализ размеров царапины и высоты этих наплывов осуществлен с помощью лазерного сканирующего микроскопа. В результате анализа поверхностей установлено, что отжиг незначительно влияет на общий объем царапины для образца сформированного за один проход РКУП. Отжиг при 200°C также не оказывает существенного влияния и на образцы, сформированные за два и три прохода РКУП. Отжиг при 300°C приводит к существенному (до 2,2 раз) увеличению общего объема царапины для образцов, сформированных за два и три прохода РКУП. Степень поврежденности материала при царапании можно оценить из соотношения максимальной глубины царапины к максимальной высоте наплыва, образующегося на её периферии. Это соотношение ( $h/Pd$ ) также установлено из измерений на лазерном сканирующем микроскопе. Наименьшее значение  $h/Pd$  достигается путем формирования структуры материала после двух проходов РКУП и отжига при 200°C, следовательно, на данном образце образуется небольшая царапина с невысоким наплывом.

Выполнено экспериментальное исследование влияния низкотемпературных отжигов на микромеханические характеристики латуни при царапании. Отжиг при 300°C является нежелательным поскольку приводит к резкому увеличению объема царапины. УМЗ образцы без отжига демонстрируют хорошее сопротивление царапанию и малый объем царапины. Согласно полученным результатам лучшим вариантом является формирование структуры в латуне за два прохода РКУП и отжиг при 200°C поскольку в данном случае сохраняется высокое сопротивление царапанию, малый объем повреждения и формируются наплывы минимальной высоты. Следовательно, применение РКУП является эффективной техникой для улучшения микромеханических характеристик латуней.

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