

# ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МЕДИ ПРИ КРИОГЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Т. Н. Конькова<sup>1</sup>, С. Ю. Миронов<sup>1,2</sup>, А. В. Корзников<sup>1</sup>,  
стажер-исследователь

<sup>1</sup>Учреждение Российской академии наук Институт проблем сверхпластичности металлов РАН,  
г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Университет Тохoku, Департамент Обработки Материалов, Высшая Школа Инженеров,  
Сендай, Арамаки-аза-Аоба, 6-6-02, 980-8579, Япония

**Введение.** Получение субмикро- и нанокристаллических материалов с заданными свойствами - важная задача современного материаловедения [1]. Одним из перспективных направлений в этой области является деформация при криогенной температуре [2-5]. Однако эффективность этого подхода пока до конца не ясна и поэтому актуальной задачей является изучение микроструктуры после криогенной деформации, а также механизмов ее формирования.

**Материал и методика эксперимента.** В качестве материала исследования использовалась медь М1 (99.9%). Горячекатаный пруток был подвергнут предварительной мультиосевой деформации в интервале температур 500-300°C и последующей криогенной осадке в оболочке на 88% по высоте.

**Результаты.** В структуре, сформировавшейся после деформации, преобладали зерна, сильно сплюснутые в направлении осадки. Статистический анализ их толщин показал, что они, скорее всего, образовались в результате сжатия исходных зерен в соответствии с принципом Поляни-Тейлора. В интерьере этих зерен имелась довольно развитая субструктура, но угол разориентировки на малоугловых границах (МУГ) был, как правило, относительно небольшим и высокоугловые сегменты субграниц встречались очень редко. Был сделан вывод, что процесс фрагментации развивался не интенсивно. Предположено, что этот эффект связан с подавлением термоактивированного поперечного скольжения дислокаций в криогенных условиях и, как следствие, затруднения формирования дислокационных границ. Удельная доля двойников была довольно низкой. Таким образом, предположение о существенной интенсификации механического двойникования при криогенной деформации [4,5] не оправдалось. С другой стороны, для структуры было характерно наличие значительной фракции мелких (<1 мкм) равноосных зерен, практически не содержащих МУГ и расположенных по границам крупных сплюснутых зерен. Таким образом, сформировавшуюся микроструктуру можно было охарактеризовать как "структуру ожерелья". Было предположено, что в ходе отогрева криогенно-деформированного материала до комнатной температуры в структуре имела место частичная рекристаллизация.

**Выводы.** Формирование структуры в ходе/после криогенной осадки меди М1 контролируется сочетанием геометрического эффекта деформации с процессами рекристаллизации, фрагментации и двойникования.

## Литература

1. Валиев Р.З, Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. - М.: Логос, 2000. - 272 с.
2. Huang Y., Prangnell P.B. The effect of cryogenic temperature and change in deformation mode on the limiting grain size in a severely deformed dilute aluminium alloy // *Acta Mater.* – 2008. – 56. – P. 1619–1632.
3. Konkova T., Mironov S., Korznikov A., and S.L. Semiatin. Microstructural response of pure copper to cryogenic rolling // *Acta Mater.* – 2010. – 58. – P. 5262-5273.
4. Li Y.S., Tao N.R., Lu K. Microstructural evolution and nanostructure formation in copper during dynamic plastic deformation at cryogenic temperatures // *Acta Mater.* – 2008. – 56. – P. 230–241.
5. Zhang Y., Tao N.R., Lu K. Mechanical properties and rolling behaviors of nano-grained copper with embedded nano-twin bundles // *Acta Mater.* – 2008. – 56. – P. 2429–2440.