

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЕМ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА СОСТОЯНИЕ ГРАНИЦ ЗЕРЕН В Ni, Nb И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ БРОНЗАХ

В. В. Попов¹, Е. Н. Попова¹, Е. В. Осинников¹, С. А. Судакова¹,
Р. М. Фалахутдинов¹, Е. В. Шорохов²

¹ФГБУН Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

²ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

Важнейшими микроструктурными составляющими любых поликристаллических материалов, влияющими на их объемные свойства, являются границы зерен (ГЗ) [1]. В ряде ранних работ было высказано предположение, что ГЗ в ультрамелкозернистых (УМЗ) материалах, полученных интенсивной пластической деформацией (ИПД), находятся в сильно «неравновесном» метастабильном состоянии [2, 3]. По мнению Валиева с соавторами, эти «неравновесные» ГЗ должны отвечать за улучшенные механические свойства материалов, подвергнутых ИПД, которые превышают свойства, ожидаемые только на основе измельчения зерен [4, 5].

В настоящей работе методами электронной микроскопии, сканирующей туннельной микроскопии и ядерной гамма-резонансной спектроскопии изучено состояние границ зерен в никеле, ниобии и низколегированных бронзах, полученных динамическом канально-угловым прессованием (ДКУП) и кручением под высоким давлением (КВД). Проведенные исследования показали, что во всех исследованных материалах границы зерен после деформации находятся в деформационно-модифицированном (неравновесном) состоянии. Об этом, в частности, свидетельствует повышенная относительная энергия границ зерен в них по сравнению с релаксированными границами в исходном состоянии. Это иллюстрирует рис. 1, на котором показаны гистограммы распределения границ зерен по относительной энергии в гафниевой бронзе в исходном закаленном состоянии и после деформации методами ДКУП и КВД.

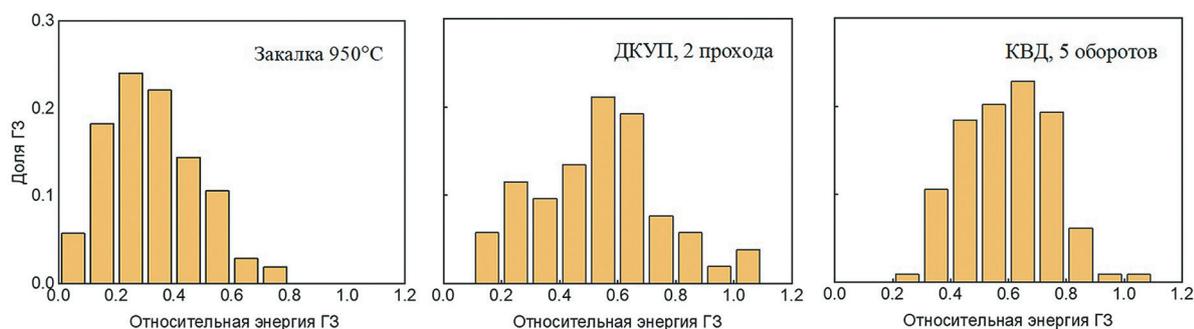


Рис. 1. Распределение границ зерен по относительным энергиям в гафниевой бронзе в исходном закаленном состоянии и после деформации методами ДКУП и КВД

Проведенные исследования показали, что степень неравновесности границ зерен, характеризующая их относительной энергией, увеличивается с увеличением степени деформации. Проанализированы различные вклады в упрочнение в исследуемых материалах: измельчение структуры, неравновесные границы зерен, развитие двойникования, дисперсионное твердение.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН.

Литература

1. Sutton, A. P. Interfaces in Crystalline Materials [Text] / A. P. Sutton, R. W. Balluffi. – Oxford : Clarendon Press, 1995.

2. **Valiev, R. Z.** Grain boundary structure and properties under external influences [Text] / R. Z. Valiev, V. Yu. Gertsman, O. A. Kaibyshev // *Phys. Stat. Sol. (a)*. – 1986. – Vol. 97. – P. 11–56.
 3. **Nazarov, A.** On the structure, stress fields and energy of nonequilibrium grain boundaries [Text] / A. Nazarov, A. Romanov, R. Z. Valiev // *Acta Metall. Mater.* – 1993. – Vol. 41. – P. 1033–1040.
 4. **Valiev, R. Z.** Bulk Nanostructured Materials from Severe Plastic Deformation [Text] / R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I. V. Alexandrov // *Progress in Materials Science*. – 2000. – Vol. 45, No. 2. – P. 103–189.
 5. **Valiev, R. Z.** Producing bulk ultrafine-grained materials by severe plastic deformation JOM [Text] / R. Z. Valiev, Y. Estrin, Z. Horita et al. – 2006. – Vol. 58, No. 4. – P. 33–39.
-