

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

19 - 23 сентября 2016 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

отклонении оси деформации в направлении полюса стереографического треугольника $[\bar{1} 1 1]$, когда фактор Шмида для кубических систем превышает или сравним с факторами Шмида для октаэдрических систем, суперлокализация не наблюдается. Увеличение скорости активной деформации на порядок ведет к уменьшению ширины полосы суперлокализации в два раза, полоса становится более четко очерченной. Это может свидетельствовать о диффузионной природе механизмов, определяющих явление суперлокализации. Явление суперлокализации пластической деформации было обнаружено также и в условиях ползучести в высокотемпературной области при деформации монокристаллов Ni_3Ge с ориентацией, близкой или совпадающей с $[0 0 1]$. При этом скорости ползучести становятся сравнимы со скоростями активной деформации. Так же как и при активной деформации, в полосе макролокализации формируется фрагментированная и зёрненная субструктуры. Показано, что необходимым условием неустойчивости развития микроструктуры и появления полос суперлокализации при деформации является высокопрочное состояние монокристалла. Высокая температура ($T > 0,6T_{\text{пл}}$) и ориентация монокристалла, благоприятная для октаэдрического скольжения, способствуют интенсивному накоплению дислокаций и точечных дефектов, в результате чего возникает возможность некристаллографического движения дислокаций и произвольного их перераспределения. Это приводит к катастрофическому распаду однородной дислокационной структуры, резкому падению сопротивления деформированию и процессу макролокализации. Суперлокализация в большинстве случаев начинается вблизи концентраторов напряжения. Наличие концентраторов напряжения является еще одним условием возникновения суперлокализации пластической деформации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 16-03-00182-а и № 16-32-00139 мол_а).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИСПЕРСНОУПРОЧНЕННОГО СПЛАВА V–Cr–Zr–W ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Радишевский В.Л.¹, Дитенберг И.А.^{1,2,3}, Смирнов И.В.^{1,2}, Гриняев К.В.^{1,2,3}, Тюменцев А.Н.^{1,2,3}, Чернов В.М.⁴, Корзников А.В.⁵

¹НИ Томский государственный университет, Томск, Россия,

²Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, Томск, Россия,

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

⁴ОАО Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара, Москва, Россия,

⁵Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

rvl@myttk.ru

Методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии, а также путем микроиндентирования, проведено исследование влияния температуры отжига (в интервале 700–1200 °С) на параметры микроструктуры и уровень микротвердости наноструктурированного ванадиевого сплава системы V–Cr–Zr–W. Указанный сплав с высоким эффектом дисперсного упрочнения предварительно был подвергнут большой пластической деформации кручением под давлением [1], что привело к формированию анизотропной субмикроструктурной структуры. Размеры зерен в направлениях, параллельных плоскости наковален, находятся в интервале 70–700 нм, в то время как в направлении оси кручения они составляют 50–200 нм.

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Установлено, что при 800 °С начинается первичная рекристаллизация: происходит зарождение и рост зерен (50–250 нм), форма которых близка к равноосной. При температуре отжига 900 °С наблюдается быстрый рост зерен до 0.7–1.7 мкм при неизменных значениях H_{μ} (≈ 3.5 ГПа), что свидетельствует о сохранении субструктурного упрочнения за счет закрепления дефектной структуры мелкодисперсными частицами вторых фаз. Дальнейшее увеличение температуры до 950–1050 °С приводит к активизации процессов возврата, релаксации внутренних напряжений и снижению микротвёрдости до $H_{\mu} = 2.8$ –2.9 ГПа. Размер зерна при этом не превышает 3 мкм. После термообработки при температуре 1200 °С активизируется собирательная рекристаллизация, в результате которой появляется сильная разнотвёрдость: основной объём материала представлен зернами размерами 2–5 мкм, на фоне которых встречаются крупные зерна размерами более 10 мкм. Этот процесс сопровождается существенным (до 2.2 ГПа) уменьшением значений микротвёрдости.

Обсуждаются основные механизмы упрочнения изучаемого гетерофазного сплава (твердорастворный, дисперсный, субструктурный, зернограничный). Проанализирован их индивидуальный и кооперативный вклад на различных этапах термической обработки.

Литература:

1. Smirnov I.V., Ditenberg I.A., Grinyaev K.V., Radishevsky V.L. Features of formation of nanocrystalline state in internal-oxidized V-Cr-Zr-W and V-Mo-Zr system alloys during deformation by torsion under pressure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 116. № 1. I. 012037. P. 1.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы с финансовой поддержкой программы повышения конкурентоспособности ТГУ (Tomsk State University Competitiveness Improvement Program). Исследования проведены с использованием оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ.

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДИСПЕРСНОУПРОЧНЕННОГО СПЛАВА V–Cr–Zr–W ПРИ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Смирнов И.В.^{1,2}, Дитенберг И.А.^{1,2,3}, Гриняев К.В.^{1,2,3},
Тюменцев А.Н.^{1,2,3}, Корзников А.В.⁴, Чернов В.М.⁵

¹НИ Томский государственный университет, Томск, Россия,

²Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, Томск, Россия,

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

⁴Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия,

⁵ОАО Высокотехнологический научно-исследовательский институт
неорганических материалов им. А.А. Бочвара, Москва, Россия

smirnov_iv@bk.ru

Методом просвечивающей электронной микроскопии изучены особенности структурно-фазового состояния внутреннеокисленного сплава системы V–Cr–Zr–W после интенсивной пластической деформации методом кручения на наковальнях Бриджмена. Проведена количественная аттестация параметров зеренной и дефектной структуры, определены характерные размеры и фазовый состав мелкодисперсных частиц. Проанализированы основные факторы, определяющие специфику формирования наноструктурных состояний.

После деформации кручением под давлением при числе оборотов $N = 1$ в центральной и периферийной областях образцов-дисков изучаемого сплава