

УДК 539.4, 539.25

DOI: 10.17223/00213411/62/8/39

Ю.П. ШАРКЕЕВ^{1,2}, Е.В. ЛЕГОСТАЕВА¹, В.П. ВАВИЛОВ^{2,3}, В.А. СКРИПНЯК³, О.А. БЕЛЯВСКАЯ¹,
А.Ю. ЕРОШЕНКО¹, И.А. ГЛУХОВ¹, А.О. ЧУЛКОВ², А.А. КОЗУЛИН³, В.В. СКРИПНЯК³

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТАДИЙНОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ КРИВЫХ И МИКРОСТРУКТУРЫ В ЗОНЕ РАЗРУШЕНИЯ КРУПНО- И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ СПЛАВОВ ТИТАНА И ЦИРКОНИЯ *

Изучена стадийность деформационных кривых и микроструктура в зоне разрушения при квазистатическом растяжении образцов сплавов VT1-0 и Zr-1Nb в крупнокристаллическом и ультрамелкозернистом состояниях с использованием температурных кривых, полученных методом ИК-термографии. Получены новые экспериментальные данные, свидетельствующие о существенном влиянии ультрамелкозернистого состояния на развитие процессов пластической деформации и разрушения в сплавах VT1-0 и Zr-1Nb.

Ключевые слова: титан VT1-0, сплав Zr – 1 мас. % Nb, ультрамелкозернистая микроструктура, кривые деформации, разрушение, инфракрасная термография, коэффициент деформационного упрочнения.

Введение

Локализация деформации играет важную роль в процессах пластической деформации материалов, поскольку определяет процессы разрушения реальных изделий во время эксплуатации [1–4]. Любой вид локализации деформации находит свое отражение на деформационных кривых $\sigma(\epsilon)$ и $\theta(\epsilon) = d\sigma/d\epsilon$ в виде появления новой стадии пластической деформации. Несмотря на то, что различные вопросы стадийности пластической деформации исследуются уже продолжительное время, многие задачи еще остаются в центре внимания мирового сообщества.

Особое место в этом аспекте занимают ультрамелкозернистые (УМЗ) или наноструктурные (НС) материалы. На протяжении последних десятилетий значительные усилия исследователей в различных странах были направлены на исследование микроструктуры и свойств НС- и УМЗ-материалов [5, 6]. Было показано, что существенное отличие физико-механических свойств УМЗ- и НС-материалов от обычных крупно-кристаллических (КК) материалов связано с особенностями их микроструктуры, в первую очередь с большой объемной долей неравновесных границ зерен, высокой концентрацией точечных и линейных дефектов на границах и вблизи границ зерен, а также с высокой плотностью дислокаций. Большое количество работ выполнено по исследованию микроструктуры и физико-механических свойств материалов медицинского назначения, в первую очередь «чистого» титана VT1-0 и в меньшей степени сплава Zr – 1 мас. % Nb (Zr-1Nb) в УМЗ-состоянии, полученных методом интенсивной пластической деформации (ИПД) [5–12]. Было показано, что перевод указанных сплавов в УМЗ-состояние методом ИПД позволяет повысить их механические свойства до уровня среднелегированных титановых сплавов.

Процессы локализации пластической деформации сплавов VT1-0 и Zr-1Nb были изучены ранее в [1–4, 13–16] – КК-состояние, в [17–24] – УМЗ-состояние. В то же время стадийность деформационных кривых исследуемых сплавов в УМЗ-состоянии, а также особенности микроструктуры в зоне разрушения требуют более глубокого изучения.

Известно, что при пластической деформации материалов механическая энергия, затраченная на изменение формы образца, преобразуется в тепловую энергию и накопленную энергию пластической деформации [25–27]. В свою очередь, тепловая энергия формирует локальное температурное поле, анализ которого позволяет получить важную информацию о закономерностях деформации и разрушения материалов. В то же время работ, в которых исследуются процессы теплообразования при деформации материалов, относительно мало.

Эффективным методом исследования процессов теплообразования при деформации образца является метод инфракрасной (ИК) термографии [25]. ИК-термография позволяет с хорошей точностью проводить бесконтактное измерение даже относительно небольших локальных изменений температуры поверхности материалов, подвергнутых нагружению в различных условиях. Кроме

* Работа выполнена при частичной поддержке Программы фундаментальных научных исследований СО РАН на 2017–2020 гг. III.23.2, проект III.23.2.2.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>