ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-085

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ СВЕРХЭЛАСТИЧНОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА Ti - 50,9 ат. % Ni ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ЦИКЛИРОВАНИИ

[1]Гирсова С.Л., [1]Полетика Т.М., [1]Лотков А.И., [2]Кудряшов А.Н., [1]Гирсова Н.В., [3]Биттер С.М., [2]Требушат Д.В.

[1]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

[2]ООО Ангиолайн, Кольцово

[3]Томский государственный университет, Томск

Основными требованиями к наноструктурным (НК) сплавам на основе TiNi, используемым в медицине, являются функциональная стабильность и долговечность при циклическом нагружении. НК сплавы на основе TiNi с неоднородной зёренно/субзёренной структурой, формирующейся после интенсивной холодной деформации и последеформационных отжигов, проявляют эффект сверхэластичности и отличаются высоким сопротивлением усталости. Цель исследований - получение новых данных о механизмах формирования деформационной структуры, изменения фазового состава сверхэластичного НК сплава на основе TiNi в процессе механоциклирования, а также их взаимосвязи с мартенситными превращениями.

В работе представлены результаты исследования структуры и деформационного поведения сверхэластичного НК сплава Ti - 50,9 ат. % Ni предназначенного для сердечно-сосудистых имплантатов. Исследовали образцы трубок с внешним диаметром 2,34 мм и толщиной стенок около 0,3 мм. Проводили низкотемпературное старение при 300°C, 1 час. Температуры мартенситных превращений (МП) составили: T_R = 22°C, M_S = -50°C, M_F = -130, A_S = -37°C, A_F = 14°C. Средний размер зёрен/субзёрен составляет 70 нм. Диаграммы «нагружение-разгрузка» при одноосном растяжении трубок получали при комнатной температуре со скоростью $4\times10^{-5}c^{-1}$ на испытательной машине LFM-125. Структуру изучали методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) на JEM2100 (JEOL).

ПЭМ-исследование показало, что после отжига при 300°C образцы сплава имеют смешанную структуру, включающую бездислокационные нанозёрна и области субмикронных и микронных размеров, состоящие из слаборазориентированных субзёрен размерами 30-80 нм. Старение развивается неоднородно по объему исследуемого материала. Так, в субзёренной структуре на дислокациях выделяются высокодисперсные когерентные частицы Ti_3Ni_4 размером 3-5 нм, Субструктура отличается равномерным распределением дислокаций, что характерно для ранних стадий распада стареющих сплавов. В нанозёрнах частицы Ti_3Ni_4 наблюдаются только при наличии в них дислокаций.

В процессе циклирования в субструктуре происходит увеличение плотности дислокаций и формирование ячеистой структуры с узлами, закрепленными частицами Ti_3Ni_4, что способствует упрочнению B2-аустенита и сохранению сверхэластичности. В условиях блокировки дислокаций частицами при увеличении числа циклов «нагружения-разгрузки» до 20 реализуются дополнительные механизмы деформации и переориентации кристаллической решетки – механическое B2-двойникование и формирование полос локализованной деформации (ПЛД). Установлено, что ПЛД дают картину микродифракции, характерную для B2-фазы. Анализ следов ПЛД показал их некристаллографический характер, что может быть связано с нанокристаллическим состоянием материала.

Установлено, что B2-двойникование и деформационное B2↔B19′ прямое + обратное МП в процессе циклирования приводит к фрагментации субзёренной структуры. При этом большеугловые нанозерна являются преимущественно препятствием для распространения мартенситных пластин, что сопровождается их переориентацией.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект FWRW-2021-0004.