

R-ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАРЕЮЩЕМ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ Ti – 50,9 ат.% Ni**Гирсова С.Л., Полетика Т.М., Биттер С.М., Гирсова Н.В.***Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*
girs@ispms.ru

Большой научный и практический интерес вызывают нанокристаллические (НК) сплавы TiNi, полученные методами интенсивной пластической деформации. В биомедицине используются сверхэластичные двойные сплавы TiNi с повышенным содержанием атомов Ni (50,6-50,9 ат. %), подверженные старению с образованием когерентных частиц Ti₃Ni₄. Присутствие в B2-аустените частиц Ti₃Ni₄ приводит к многостадийности превращений B2↔R↔B19'. Механизмы R-превращений, в отличие от B2→B19', остаются до конца неясными. В то же время B2↔R превращения сопровождаются меньшим искажением B2-решетки, снижают вероятность образования дислокаций, обеспечивая рост циклической стабильности превращения и усталостной прочности. Цель работы - изучение влияния температуры старения, размеров и пространственного распределения частиц Ti₃Ni₄ в B2 наноструктуре на морфологию R-фазы и деформационное поведение НК сплава TiNi.

Исследовали образцы, вырезанные из трубок с внешним диаметром 2,3 и 1,6 мм. из коммерческого НК сплава Ti–50,9 ат. % Ni, после старения в интервале температур 300-500°C. Температуры превращений определяли методами терморезистометрии, а также дифференциальной сканирующей калориметрии на установке NETZSCH DSC404F1. Механические испытания на одноосное растяжение в режиме «нагрузка-разгрузка» трубчатых образцов проводили со скоростью $4 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ на установке LFM-125; микроструктуру исследовали методом ПЭМ («JEM 2100» в ЦКП "Нанотех"). Исходные образцы при комнатной температуре находились в B2 - состоянии и имели неоднородную зеренно-субзеренную структуру с высокой плотностью дислокаций.

Установлено, что низкотемпературное старение (300°C) сопровождается выделением сферических высокодисперсных (5-10 нм) когерентных частиц Ti₃Ni₄ на дислокациях преимущественно в субзернах. В интервале температур интенсивного распада B2-твердого раствора (400°C-450°C) происходит формирование частиц размером до 50 нм вблизи малоугловых границ субструктуры и подавление распада B2-твердого раствора в нанозернах. Эволюция системы частиц Ti₃Ni₄ с ростом температуры старения сопровождается стабилизацией R-фазы и изменением механического поведения материала от сверхэластичности к эффекту памяти формы.

При изменении пространственного распределения частиц Ti₃Ni₄ от расположения на дислокациях до выделения на малоугловых границах прослеживается тенденция к изменению морфологии R - фазы. Так после 300°C в субзеренной структуре формируется нанодоменная R-фаза. С увеличением температуры отжига вплоть до 450°C наблюдается рост размеров доменов, их выстраивание вдоль плоскостей габитуса R - фазы, образование в отдельных зернах R - фазы пластинчатой морфологии. При 500°C R -фаза регистрируется на микродифракциях только в зернах более 150 нм. в виде слабых рефлексов в несоизмеримых положениях. Обсуждается механизм эволюции морфологии R-фазы в B2-матрице, связанный с характером ограничения пространства R-превращения при наличии когерентных выделений Ti₃Ni₄, высокой плотности дефектов и создаваемых ими локальных полей внутренних деформаций/напряжений.