

**МУЛЬТИСТАДИЙНОСТЬ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ
В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СПЛАВЕ Ti – 50.9 ат.% Ni***

С.Л. Гирсова, Т.М. Полетика, С.М. Биттер, А.И. Лотков, А.Н. Кудряшов

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Выявлены особенности пространственного распределения частиц Ti_3Ni_4 в неоднородной зеренно-субзеренной структуре нанокристаллического сплава Ti – 50.9 ат.% Ni в зависимости от температуры старения. Установлено, что наличие в наноструктуре ансамбля внутренних границ раздела различного типа способствует гетерогенному распределению наночастиц Ti_3Ni_4 в объеме $B2$ -матрицы, что связано с выделением частиц в области малоугловых границ субзерен и подавлением распада твердого раствора в нанозернах с большеугловыми границами. Исследована взаимосвязь эволюции системы выделяющихся частиц Ti_3Ni_4 в процессе термообработок со стадийностью мартенситных превращений в нанокристаллическом сплаве TiNi с неоднородной зеренно-субзеренной структурой. Показано, что различие в структурно-фазовом состоянии областей субструктуры и нанозерен является основной причиной реализации аномального эффекта R -фазового превращения в последовательности многостадийных мартенситных превращений $B2 \leftrightarrow R \leftrightarrow B19'$.

Ключевые слова: никелид титана, нанокристаллический сплав, термообработка, зеренно-субзеренная структура, частицы Ti_3Ni_4 , мартенситные превращения.

Введение

Нанокристаллические (НК) сплавы на основе TiNi благодаря высокой прочности и повышенной функциональной стабильности находят широкое применение в качестве материалов медицинского назначения [1, 2]. В биомедицине используют сверхэластичные сплавы на основе TiNi с избытком атомов Ni, подверженные старению с образованием когерентных частиц Ti_3Ni_4 [1–3]. Известно, что выделение частиц в поликристаллах TiNi приводит к изменению стадийности мартенситных превращений с $B2 \leftrightarrow B19'$ на $B2 \rightarrow R \rightarrow B19'$ [3–5]. В качестве основной причины мультистадийности превращений рассматривают гетерогенность распределения частиц в зернах $B2$ -аустенита, которая обеспечивает различие состава сплава по Ni между внутренним объемом зерен и их границами [6, 7]. Однако неясной остается природа мультистадийности в НК-сплавах TiNi с доминирующей объемной долей внутренних границ раздела. Слабо изучены закономерности формирования когерентных частиц Ti_3Ni_4 и их пространственного распределения в условиях нанокристаллического состояния материала. Сложность исследования НК-сплавов на основе TiNi связана с необходимостью учитывать такие их особенности, как увеличение критических напряжений мартенситного сдвига с измельчением зерна [8], возможность подавления процессов диффузионного распада $B2$ -аустенита в нанозернах [9], сохранение в наноструктуре высокой плотности дефектов после интенсивного деформирования [10]. Кроме того, важным фактором является существенная неоднородность наноструктуры сплавов TiNi после холодной деформационной обработки. Примером является смешанная зеренно-субзеренная $B2$ -аустенитная структура, которая типична для текстурированных НК-образцов TiNi после интенсивной холодной деформации [11]. Подобную структуру имеют изделия (проволоки, тонкостенные трубки и др.), предназначенные для изготовления миниатюрных систем медицинского назначения.

Цель настоящей работы – изучение влияния зеренно-субзеренной наноструктуры на размеры и пространственное распределение частиц Ti_3Ni_4 в НК-сплаве Ti – 50.9 ат.% Ni при старении, а также на мультистадийность мартенситных превращений.

Материалы и методы

В качестве материала для исследований использовали коммерческий нанокристаллический сплав Ti – 50.9 ат.% Ni («Vascotube GmbH»). Образцы вырезали из микротрубок, предназначенных для изготовления медицинских стентов. Проводили отжиги образцов с выдержкой 1 ч при 300 °C (низкотемпературное старение) и 400 °C (интервал интенсивного выделения частиц Ti_3Ni_4). Выбранные температуры позволяют генерировать частицы Ti_3Ni_4 различных размеров и морфологии.

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

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>