

Взаимосвязь механических характеристик и структуры в сплавах TiNi при термоциклических воздействиях

Чуракова А.А., Гундеров Д.В.

Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, Уфа

Одна из быстро растущих областей применения сплавов TiNi – микроэлектромеханические системные (MEMS) технологии, широко используемые в автомобильной промышленности и биомедицине, машиностроение. Основными преимуществами MEMS-технологий являются снижение расходных материалов. Материалы, с высоким уровнем физико-механических свойств, которые можно легко интегрировать и миниатюризировать, обладают высоким спросом. В то же время для миниатюрного исполнительного механизма важно, чтобы он был легко деформируемым, а также выдерживать механические нагрузки при циклическом нагружении без разрушения конструкции на протяжении всего срока эксплуатации. Последнее означает необходимость обеспечения высокой усталостной долговечности. В этом отношении сплавы TiNi с эффектами памяти формы и суперэластичности (SME-SE) являются одними из наиболее перспективных материалов. Немало важную роль играет долговечность материала в условиях механо- и термоциклических нагрузок. Исследованию влияния, в частности, термоциклирования на сплавы TiNi посвящено большое количество работ, но лишь ограниченное число из них рассматривает особенности механического поведения и характера разрушения данных сплавов в условиях нагружения.

В данной работе рассмотрено влияние многократных мартенситных превращений на меха-

нические свойства и структуру крупнозернистого сплава TiNi. В качестве материала исследования был выбран сплав с большим содержанием Ni – $Ti_{49,2}Ni_{50,8}$ с температурами мартенситных превращений $M_n=3^\circ\text{C}$, $M_k=-60^\circ\text{C}$, $A_n=-25^\circ\text{C}$, $A_k=27^\circ\text{C}$. Термоциклирование проводилось в свободном состоянии путем последовательного нагрева (до $+150^\circ\text{C}$) и охлаждения (-196°C), выдержка $t=8$ мин, количество циклов (n) от 0 до 250. Были проведены механические испытания на растяжение плоских образцов на испытательной машине Shimadzu при комнатной температуре со скоростью 10^{-3} c^{-1} . Исследование структуры осуществлялось методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JSM 6395 и просвечивающей электронной микроскопии JEOL 2100.

Результаты механических испытаний показали, что последовательное увеличение количества термоциклов приводит к повышению предела прочности с 935 МПа в исходном закаленном состоянии до 1070 МПа в состоянии $n=250$ циклов. Наибольший прирост наблюдается в показателях предела текучести с 415 МПа до 675 МПа. Структурные изменения наблюдаются, начиная с $n=50$ циклов – увеличение плотности дефектов, которое способствует уменьшению размера структурных параметров (зерен/субзерен). После $n=100$ циклов термоциклирования наблюдается образование нанодвойников (001)B19'.