**Идентификация частиц избыточной фазы Ti3Ni4 в стареющих сплавах TiNi методами просвечивающей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа**

***Черкасов В.В.1, Комаров В.С.1,2, Карелин Р.Д.1,2, Осокин А.А.1, Неймантанте П.Г.1, Хмелевская И.Ю.1, Прокошкин С.Д.1***

*Аспирант, 3 год обучения*

*1Университет МИСИС, Москва, Россия*

*2ИМЕТ РАН им. А.А. Байкова, Москва Россия*

*E-mail: cherkasov.vv@misis.ru*

Для управления комплексом механических и функциональных характеристик сплавов с памятью формы (СПФ) TiNi применяются различные методы термомеханической обработки (ТМО). Ранее, было установлено, что наиболее эффективной температурой формирования ультрамелкозернистой структуры в процессе проведения деформации СПФ TiNi является интервал 300-600 °С, характеризующийся протеканием процессов динамической полигонизации. Однако в заэквиатомных СПФ TiNi с 50,5 ат.% Ni, в данном температурном интервале также протекают конкурирующие процессы старения, сопровождающиеся выделением частиц избыточной фазы Ti3Ni4, которые довольно трудно идентифицировать ввиду малого размера частиц.

В данной работе была предпринята попытка идентификации фазы Ti3Ni4 после деформации сжатием на степени *е* = 0,5-1,3 при температурах 300-500 °С и последующего последеформационного отжига (ПДО) стареющего СПФ TiNi методами рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью расширения знаний о кинетике выделения избыточной фазы Ti3Ni4 в СПФ TiNi для разработки эффективной технологии проведения ТМО.

Съемка рентгенограмм проводилась при комнатной температуре, что соответствовало нахождению материала в стабильной B2 фазе. Для оценки ширины линии пика 110B2 время экспозиции излучения составило 5 секунд, в интервале углов 40-45° 2θ.

По результатам проведенного анализа было установлено, что с увеличением температуры деформации ширина линии 110B2 уменьшается, что свидетельствует о снижении дефектности структуры исследуемых образцов. Поскольку линия пика 110B2 обладала высокой интенсивностью, линии пика фазы Ti3Ni4 обнаружено не было, ввиду его наложения. После проведения ПДО при температуре 430 ºС в течение 1 часа, обнаружилась тенденция снижения ширины линии пика 110B2, что связано со снижением дефектности структуры. Однако в образцах после деформации при 430 и 500 ºС и ПДО наблюдалось уширение данной линии, что объясняется наложением линии 21$\overbar{1}$ фазы Ti3Ni4 на 110B2 линию, а также свидетельствует о том, что при проведении деформации в данном температурном интервале, формируется наиболее благоприятная структура для последующего выделения частиц избыточной фазы.

На рентгенограммах образцов после деформации с последующим ПДО в течение 10 часов линии 21$\overbar{1}$ фазы Ti3Ni4 не наблюдается в явном виде, однако внизу линии 110 фазы имеет место легкая асимметрия. Увеличение времени экспозиции рентгеновского излучения до 100 секунд и сужение интервала углов рентгеновской съемки, не позволило в явном виде идентифицировать искомую избыточную фазу после всех режимов ТМО.

На изображениях структуры, полученных с помощью ПЭМ, видимых частиц избыточной фазы выявлено не было. Однако на дифракционных картинах присутствовали рефлексы 1$\overbar{1}$2 фазы Ti3Ni4, что свидетельствует об её наноразмерных выделениях. Это может быть объяснено влиянием непродолжительного нахождения образцов при температуре старения при проведении деформации.

Визуально обнаружить частицы фазы Ti3Ni4 удалось только в образцах, подвергнутых деформации сжатием при 430 и 500 ºС с последующим ПДО в течение 1 часа. Средний размер частиц после данных обработок в среднем составил 50 нм.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №24-79-10332.*