

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

The lowest filler fraction in composite has the highest mechanical properties (tensile strength and elongation at break). That effect may be explained by better distribution of the small particles in the polymer matrix. Moreover, composition with the different size particles 0-200  $\mu\text{m}$  has the lowest tensile strength.

The highest water absorption has the composition with the middle fraction on the filler (80-140  $\mu\text{m}$ ), potentially it should be more biodegradable than other composites. Apparently the composition with the middle fraction has a lot of ruts and voids.

## ИССЛЕДОВАНИЯ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ ФАЗ B2, R, B19' В СПЛАВЕ Ti<sub>49.5</sub>Ni<sub>50.5</sub> МЕТОДАМИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Остапенко М.Г.<sup>1,2</sup>, Мейснер Л.Л.<sup>1,3</sup>, Лотков А.И.<sup>1</sup>,  
Гудимова Е.Ю.<sup>1,3</sup>, Захарова М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

Сплавы на основе никелида титана, обладающие эффектом памяти формы (ЭПФ), широко применяются в медицинской области. При использовании их в качестве сердечно-сосудистых стентов, они проходят несколько стадий: охлаждение с последующим нагревом. Известно, что величина температурного интервала ЭПФ определяется последовательностью фазовых превращений. Мартенситные фазовые переходы (МП) в сплавах на основе никелида титана могут осуществляться несколькими путями [1]: из высокотемпературной фазы B2 (OЦК,  $Pm\bar{3}m$ ) в ромбоэдрическую R фазу ( $P\bar{3}$  или  $P\bar{3}$ ) и далее в моноклинную B19' ( $P2_1/m$ ); из B2 фазы в орторомбическую B19 и далее в B19'; из B2 фазы непосредственно в B19'. B2→R переход обратим в узком температурном интервале примерно 5°C в отличие от перехода B2→B19', который имеет температурный гистерезис около 30°C. Последовательность переходов и температурный диапазон сильно зависят от химического состава сплава и его структурно-фазового состояния.

Целью данной работы является исследование последовательности мартенситных превращений и структурных состояний фаз B2, R, B19' в сплаве Ti<sub>49.5</sub>Ni<sub>50.5</sub> при понижении температуры.

Образцы для исследований изготовлены из сплава на основе никелида титана состава Ti<sub>49.5</sub>Ni<sub>50.5</sub>. (далее – образцы TiNi). Температурные рентгеновские исследования (РСА) проводили в Cu-K $\alpha$  излучении путем охлаждения образцов в температурном интервале от +343 К до 153 К (с шагом 10 К) в рентгеновской вакуумной камере ТТК-450 (Shimadzu, Japan), установленной на дифрактометре Shimadzu XRD-6000 (Shimadzu,

Japan, ТМЦКП ТГУ, г. Томск). Для анализа фазового состава и структуры образцов использовали симметричные схемы съемок ( $\theta$ - $2\theta$ ) в угловом интервале  $2\theta = 38$ - $47^\circ$ .

На дифрактограммах, снятых при температурах от  $T=+343$  К до  $T=273$  К наблюдаются только рефлекс  $(110)_{B2}$  фазы B2 и рефлексы небольшой интенсивности от фазы  $Ti_2Ni$ . При понижении температуры до  $T=263$  К рефлекс  $(110)_{B2}$  заметно уширяется, а при температуре  $T=253$  К становится отчетливо видно расщепление данного рефлекса на два, положения которых согласуются с угловыми положениями рефлексов  $(112)_R$  и  $(300)_R$  R-фазы. Кроме расщепления рефлекса  $(110)_{B2}$  на рентгенограмме также появляются рефлексы небольшой интенсивности, соответствующие мартенситной фазе B19'.

В работе также был проведен анализ изменения температурных зависимостей объемного содержания фаз B2,  $Ti_2Ni$ , B19' и R, параметров кристаллических решеток данных фаз, коэффициентов термического расширения, фактора Дебая-Валлера и среднеквадратичных смещений. Так, оценка относительного объемного содержания фаз B2,  $Ti_2Ni$ , B19' и R по суммарной интенсивности рефлексов, принадлежащих этим фазам показала, что в температурном интервале от  $T=+343$  К до  $T=+283$  К в образце в основном присутствует фаза B2~95 об.% и ~5 об.%  $Ti_2Ni$ . Однако при охлаждении образца до  $T=273$  К происходит резкое снижение объемной доли фазы B2 до ~15 об.% и одновременно с этим, появляются мартенситные фазы R и B19' с явным преобладанием R-фазы (до ~80 об.%). Далее при снижении температуры от  $T=273$  К до  $T=153$  К, наблюдается плавное уменьшение объемной доли R и B2 фазы, а количество фазы B19' возрастает до 40 об.%. Однако даже при минимальной температуре объемная доля R-фазы составляет не менее 60 об.%.

Таким образом, в данном сплаве наблюдается следующая последовательность мартенситных превращений:  $B2 \rightarrow R$  при  $T_R \equiv T = (293 \pm 10)K$  и, одновременно,  $B2 \rightarrow B19'$ . Ниже температуры  $T=233$  К в образце наблюдается превращение R-фазы в фазу B19', однако R-фаза сохраняется практически до температуры жидкого азота.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы (проект Ш.23.2.1).

#### Литература:

1. Otsuka K., Ren X. Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys // Progress in Materials Science. – 2005 – V.50 – 511–678 pp.