

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/203

СВЕРХЭЛАСТИЧНОСТЬ И ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ В ВЫСОКОНИКЕЛЕВЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ Ti-51.7Ni ПОСЛЕ СТУПЕНЧАТОГО СТАРЕНИЯ

¹Тимофеева Е.Е., ¹Пичкалева М.В., ¹Суриков Н.Ю., ¹Тагильцев А.И., ¹Ефтифеева А.С.,
¹Панченко Е.Ю., ¹Чумляков Ю.И.

¹Томский государственный университет, Томск

Работа посвящена исследованию закономерностей изменения критических напряжений образования мартенсита, кривых $\sigma(\epsilon)$ и $\epsilon(T)$, интервала развития сверхэластичности (СЭ), величины механического гистерезиса, прочностных свойств высокотемпературной В2-фазы при деформации сжатием в [001]-монокристаллах Ti-51.7ат.% Ni в зависимости от режима термической обработки. Монокристаллы исследовали после следующих термических обработок: 1) отжиг 1253 К, 1 ч, закалка в воду (закаленное состояние); 2) старение при 823 К, 1 ч, закалка в воду (старение 823 К); 3) старение при 823 К, 1 ч + старение при 673 К, 1 ч, закалка в воду (старение 823 К + 673 К).

В закаленных монокристаллах из-за пересыщения по никелю при охлаждении/нагреве в свободном состоянии вместо термоупругого МП наблюдается переход в strain glass мартенсит [1, 2]. В матрице присутствуют многочисленные точечные дефекты, которые формируют локальные деформации, нарушают дальний порядок в кристалле и препятствуют появлению ламелей мартенсита. Вместо МП при охлаждении происходит переход из состояния динамически-разупорядоченных нанодоменов (unfrozen strain-glass) в состояние упорядоченных локальных нанодоменов (frozen strain-glass). Под нагрузкой возможно наблюдать МП в В19'-мартенсит [2]. Эффект СЭ наблюдается только при низких температурах до 250 К и высоких критических напряжениях 1200 МПа. Старение при 823 К, 1 ч приводит к выделению крупных частиц Ti_3Ni_4 ($d \sim 400$ нм), которые способствуют снижению никеля в матрице, появлению термоупругих В2-R-В19' МП при охлаждении/нагреве и уменьшению минимальных критических напряжений, необходимых для образования мартенсита в 8 раз до 150 МПа. Наряду с высокими прочностными свойствами В2-фазы (2065 МПа) это способствует развитию СЭ от 223 К до 473 К, что является самым широким интервалом среди сплавов TiNi [3]. После высокотемпературного старения при 823 К дополнительно проводилось низкотемпературное старение при 673 К, в ходе которого выделяются наноразмерные частицы Ti_3Ni_4 ($d < 30$ нм). Таким образом, ступенчатое старение 823 К + 673 К приводит к формированию бимодальной структуры с различным размером частиц, где мелкие частицы в локальных областях могут располагаться ориентированно вследствие действия полей напряжений от крупных частиц. Предполагается, что механизм развития МП в данной структуре следующий. Сначала кристаллы мартенсита появляются в областях, где сопротивление зарождению и росту мартенсита минимально – на границах крупных частиц Ti_3Ni_4 и в областях, где мелкие частицы Ti_3Ni_4 расположены ориентированно, а затем МП проходит в пространствах между крупными частицами, где мелкие частицы расположены разориентированно и сопротивление движению межфазных и двойниковых границ максимально. Вследствие этого минимальные напряжения, необходимые, чтобы индуцировать МП под нагрузкой, дополнительно понижаются в 2 раза, до 75 МПа, по сравнению со старением при 823 К. Повышаются прочностные свойства В2-фазы до 2385 МПа. В итоге, СЭ наблюдаются в широком интервале температур от 282 К до 460 К с полностью обратимой деформацией и узким механическим гистерезисом 30 МПа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 18-19-00298.

1. Ren X. Strain glass and ferroic glass – Unusual properties from glassy nano-domains Phys // Status Solidi B. 2014. V. 251(10). P. 1982–1992.
2. Wang Y., Ren X., Otsuka K. Strain glass: glassy martensite // Materials Science Forum. 2008. V. 583. P. 67-84.
3. Kaya I., Karaca H.E., Souri M., Chumlyakov Y., Kurkcu H. Effects of orientation on the shape memory behavior of $Ni_{51}Ti_{49}$ single crystals // Materials Science & Engineering A. 2017. V. 686. P. 73–81.