



НИИ механики МГУ имени М.В.Ломоносова

Российский национальный комитет  
по теоретической и прикладной механике



***ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ-МЕХАНИКОВ  
YSM-2020***

***3–13 СЕНТЯБРЯ 2020  
СОЧИ, «БУРЕВЕСТНИК» МГУ***

***ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ***

УДК 531/534

ББК 22.2

В 84

**Ответственные редакторы:**  
А.А. Афанасьев, М.С. Макарова

**Составители:** О.О. Иванов, А.М. Чайка

В84 Всероссийская конференция молодых ученых-механиков YSM-2020 (3–13 сентября 2020 г., Сочи, «Буревестник» МГУ): Тезисы докладов. – М.: Издательство Московского университета, 2020. – 165 с.

ISBN 978-5-19-011531-4

Проведение Всероссийской конференции молодых учёных-механиков направлено на поддержание высокого уровня фундаментальных и прикладных исследований молодых ученых, сохранение и развитие научных школ и преемственности поколений в ведущих научных коллективах и генерирование инновационных идей. Цель конференции – сделать молодых учёных более коммуникабельными, расширить их научный кругозор, наладить научные связи между учёными из различных университетов, институтов и профильных научных организаций страны. Тематика конференции охватывает все направления механики, в том числе такие направления, как механика жидкости и газа, механика деформируемого твёрдого тела, теоретическая механика, мехатроника и робототехника. Данный сборник содержит тезисы докладов в редакции участников конференции.

Конференция проводится при финансовой поддержке РФФИ, проект №20-01-22026.

УДК 531/534  
ББК 22.2

ISBN 978-5-19-011531-4

© Московский государственный  
Университет имени  
М.В.Ломоносова, 2020 г.

## ОБРАТИМАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ И НАГРЕВАНИИ ПОД НАГРУЗКОЙ 5-ТИ СЛОЙНОГО ОБРАЗЦА СПЛАВА TiNi, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКИ

Р.М. Бикбаев<sup>1\*</sup>, I.A.Palani<sup>2</sup>, Н.Н. Реснина<sup>1</sup>, С.П. Беляев<sup>1</sup>, S. S. Mani Prabu<sup>2</sup>, М. Manikandan<sup>2</sup>,  
S. Jayachandran<sup>2</sup>, Anshu Sahu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Discipline of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Indore, Indore, INDIA

e-mail: [BikbaevRM@yandex.ru](mailto:BikbaevRM@yandex.ru)

Одним из перспективных направлений в материаловедении является использование аддитивного производства для получения изделий из сплава TiNi с памятью формы. При использовании такой технологии структура материала является слоистой и, как ранее было установлено, при таком способе производства химический состав слоев и их структура существенно различаются. Это влияет как на мартенситные превращения, так и на функциональные свойства сплавов с памятью формы. Поэтому важно исследовать взаимосвязь структуры и функциональных свойств таких объектов. Целью настоящей работы явилось изучение обратимой деформации пятислойного образца сплава TiNi, полученного методом послойной наплавки, при его охлаждении и нагревании под напряжением в интервале температур фазовых переходов.

Пятислойные образцы из сплава TiNi синтезировали на титановую подложку методом электродуговой послойной наплавки, в котором в качестве расходного электрода выступала проволока сплава Ti<sub>49,1</sub>Ni<sub>50,9</sub> диаметром 1,2 мм. На электроэрозионном станке «АРТА 153 ПРО» из полученного образца вырезали пластины, толщиной 0,5 мм, из которых изготавливали образцы, ширина и длина рабочей части которых составляла 1 и 10 мм, соответственно. Образцы подвергали термообработке при температуре 450°C в течении 10 часов. Образцы нагружали при температуре 140 °С, при которой все слои находились в аустенитной фазе, и охлаждали и нагревали через интервал мартенситных переходов под постоянным напряжением, величину которого варьировали от 50 до 400 МПа.

Полученные результаты показали, что изменение деформации при охлаждении и нагревании под постоянным растягивающим напряжением происходит в несколько хорошо различимых стадий. Это связано с тем, что существует неоднородное распределение никеля по слоям и различные слои претерпевают мартенситные переходы при различных температурах. Увеличение напряжения, действующего при охлаждении и нагревании, приводит как к увеличению обратимых, так и необратимых деформаций, а также к возрастанию температур мартенситных переходов. Влияние напряжения на изменение обратимой деформации и температуры превращений различно для второго и третьего с четвертым слоев. Это связано с тем, что во втором слое концентрация никеля не превышает 50,0 ат. %, поэтому его свойства близки к свойствам эквиатомного никелида титана, который характеризуется низким пределом дислокационного скольжения. Поэтому во втором слое активно накапливается необратимая деформация при охлаждении и нагревании. В третьем и четвертом слоях концентрация никеля превышает 50,0 ат. %, поэтому пластическая деформация в них затруднена.

Работа выполнена в рамках совместного проекта РФФИ (№ 19-49-02014)-DST (№ DST/INT/RUS/RSF/P-36).

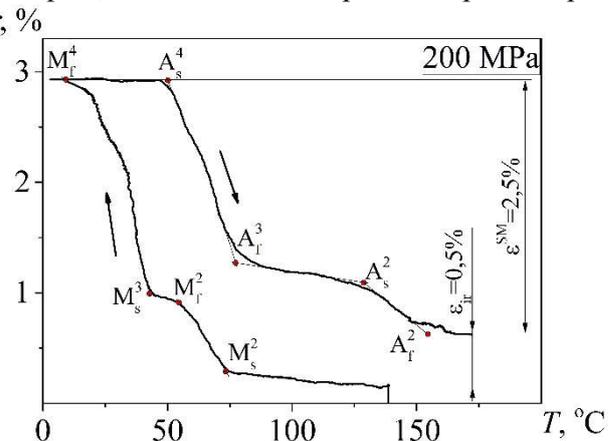


Рис. 1. Изменение деформации в процессе охлаждения и нагревания при постоянном напряжении

Научное издание

***ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ-МЕХАНИКОВ***

(3–13 сентября, 2020 г.; Сочи, "Буревестник" МГУ)

***ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ***

Публикуется в авторской редакции с оригинал-макета,  
подготовленного в НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

---

Подписано в печать 17.08.2020  
Печать офсетная

Формат 60x90 1/8  
Усл. печ. л. 20.5

Бумага офсетная №1  
Тираж 120 экз.

---

Издательство Московского университета  
119191, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 15  
(ул. Академика Хохлова, д. 11)

Отпечатано на ризографе НИИ механики МГУ  
119192, Москва, Мичуринский пр., д. 1