

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УО «Витебский государственный технологический университет»

669.24.295:681.3+

УДК 66.084 : 661.8

№ госрегистрации 2001523

Инв. № \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе УО «ВГТУ»

к.т.н.

С.М.Литовский

\_\_\_\_\_ 2001 г.



**ОТЧЕТ**

О студенческой научно-исследовательской работе  
“ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ  
ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТ ПЛАСТИЧНОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЯ В TiNi  
СПЛАВАХ И ЕГО КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ”

(заключительный)

2001- г/б № 300

Научный руководитель НИР,  
с.н.с., к.т.н.

Начальник НИСа  
Ответственный исполнитель,  
студент гр. М7

В.В. Рубаник

С.А. Беликов  
М.А. Бегунов

Витебск 2001 г.



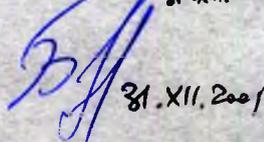
## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы, с.н.с., к.т.н.



В.В. Рубаник

31.XII.2007.

Ответственный исполнитель,  
студент гр. М7


М.А. Бегунов

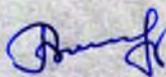
31.XII.2007

студентка гр. ШК-147


О.А. Бегунова

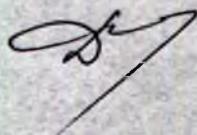
31.XII.2007.

м.н.с. ИТА НАНБ



31.01.2007.

В.В. Рубаник

старший преподаватель кафедры  
иностранного языка


31.01.2007.

Н.В. Дырко



## РЕФЕРАТ

Отчет 25 с., 9 рис., 1 табл., 19 источников.

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ, РЕАКТИВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ, МАРТЕНСИТНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДЕФОРМАЦИЯ, НАПРЯЖЕНИЯ.

Объектом исследования являются титан-никелевые сплавы, обладающие эффектом памяти формы.

Цель работы – изучение влияния предварительной ультразвуковой обработки на процесс пластичности превращения.

В ходе работы изготовлена экспериментальная установка, спроектирован и создан блок автоматического контроля и обработки данных. Показано, что воздействие предварительной ультразвуковой обработки на TiNi в различных фазовых состояниях образца незначительно изменяет его характеристические температуры. Совместная предварительная термомеханическая и ультразвуковая обработка позволяет повысить значения прогиба при реализации эффекта пластичности превращения в никелиде титана.

Полученные результаты могут в дальнейшем быть использованы для исследования сплавов с термоупругими мартенситными превращениями.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	8
1.1. Экспериментальная установка.....	8
1.2. Методика проведения эксперимента.....	9
1.3. Автоматизация экспериментальной установки .....	12
2. ЭФФЕКТ ПЛАСТИЧНОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА	
2.1.Эффект пластичности превращения в никелиде титана при термоупругих фазовых превращениях .....	14
2.2. Влияние предварительной термо- ультразвуковой обработки на эффект пластичности превращения в TiNi .....	17
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧНОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЯ	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	23

## ВВЕДЕНИЕ

Сравнительно недавно мнения многих ученых металлургов о контрастности упругих и пластических деформаций металлических материалов изменились. В 50-х годах советскими учеными Г.В. Курдюмовым и Л.Г. Хандром [1] было обнаружено необычное изменение кристаллов мартенсита в процессах фазовых переходов. Позже, в конце 60-х, в военно-морской лаборатории США был обнаружен эффект самопроизвольного восстановления формы в TiNi в изотермических условиях после снятия внешней нагрузки (резиноподобное поведение), получивший название сверхэластичности. Это явление пластического превращения при переходе материала из аустенитной в мартенситную фазу предшествовало открытию эффекта формовосстановления.

Особенно большой вклад в изучение природы явлений протекающих в материалах с памятью формы внес профессор НИИ механики и математики Ленинградского государственного университета В.А. Лихачев. В своих работах он выявил кинетику пластичности превращения и ЭПФ, подробно рассмотрел свойства материалов нового класса. С его участием создана и успешно применяется структурно-аналитическая теория прочности, позволяющая описывать поведение СПФ.

В настоящее время во всем мире продолжают исследования материалов обладающих ЭПФ и они находят все более широкое применение в различных областях науки, техники и медицины. Создаются принципиально новые мартенситные двигатели способные превращать низкопотенциальную тепловую энергию в электрическую либо механическую. При этом они являются абсолютно экологически чистыми, рабочим телом, которых являются материалы обладающие памятью формы.

В качестве материалов обладающих памятью формы, наиболее широко используются в промышленности сплавы TiNi; TiNiFe; Cu-12,8Al-14,9Ni; Cu-13,5Al-13Ni-2Ti; Cu-22Zn-6Al; Cu-24,1Zn-5,7Al. Каждый сплав имеет

свою кинетику процесса восстановления формы, влияющую на характеристические температуры данного явления. Изменяя химический состав сплава можно изменять его механические, деформационные и термоупругие свойства. Как наиболее используемый в настоящее время во всем мире нами в качестве объекта исследования из многочисленных материалов был выбран сплав TiNi.

Свойства материалов, обладающих явлением пластического превращения, исследованы довольно хорошо, однако полностью закономерности их поведения на данный момент, в частности, влияние предварительной термо-ультразвуковой обработки на мартенситные превращения, не исследованы.

В связи с этим настоящая работа посвящена проведению исследований по влиянию предварительной термоультразвуковой обработки на эффект пластичности превращения. Также была сделана попытка компьютерного моделирования поведения материала в условиях эффекта пластичности превращения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курдюмов Г.В., Хандрос Л.Г. О “термоупругом” равновесии при мартенситных превращениях. - Докл. АН СССР, 1949. - Т. 66, № 2. - С. 211-214.
2. Бегунов М.А., Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл. Автоматизация процесса измерения пластичности превращения в TiNi сплавах. Тез. Докл. 34 научно-техн. конф. преп. и студентов. – Витеск, УО ВГТУ, 2001. – С.53.
3. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. - 216 с.
4. Деменков А.П., Лихачев В.А., Французов Н.С. Сверхпластичность (аномальная пластичность в металлах и сплавах) / АН СССР. Физ.-техн. ин-т.- Л.; 1972. - 70 с. - Препринт № 343.
5. Деменков А.П., Лихачев В.А., Французов Н.С. Природа сверхпластичности / АН СССР. Физ.-техн. ин-т.- Л.; 1972. - 56 с. - Препринт № 344.
6. Андронов И.Н. и др. Деформирование металлов в условиях проявления пластичности превращения. Проблемы прочности, 1983. № 5, с.96-106.
7. Беляев С.П. и др. Термоциклическая ползучесть и долговечность никелида титана. - Л., 1985. - 16 с. - Деп. в ВИНТИ 30.05.85, № 3771-85.
8. Кузьмин С.Л., Лихачев В.А., Патрикеев Ю.И., Королев М.Н. Эффекты памяти формы в условиях реализации пластичности превращения. Металлофизика, 1985, т.7, № 3, с. 50-56.
9. Панин В.Е., Лихачев В.А., Гриняев Ю.В. Структурные уровни деформации твердых тел. - Новосибирск, 1985. - 229 с.
10. Кузьмин С.Л., Лихачев В.А. Пластичность превращения в материалах с обратимыми мартенситными превращениями // Физика и электроника твердого тела. Вып. 2. Ижевск, 1977. С. 53-80.
11. Фаткулина Л.П. Сплавы с памятью формы на основе никелида титана. - Технология легких сплавов, 1990, № 4, с. 9.

12. Miyazaki S., Otsuka K., Suzuki Y. Transformation pseudoelasticity and deformation behaviour in a Ti-50.6 at.% Ni alloy // Scripta Metallurgica, 1981. - Vol.15, №3. - P.287-292.
13. Некоторые особенности деформационного поведения сплавов с эффектом памяти формы на основе никелида титана / Бородай И.А. и др. // Тез. докл. Всес. конф. по мартенситным превр. в тв. т. - Киев, 1991. - С.258.
14. Мордюк Н.С., Окраинец П.Н. Особенности влияния ультразвука на механические и структурные характеристики металлов. / ИМФ. - Киев; 1977. - 31 с. - Препринт № 77.
15. Кириллов С.А. и др. Влияние ультразвуковых колебаний на пластические свойства материалов с памятью формы // "Материалы с эффектом памяти формы" Сб. докл. 1-го Российско-Американского семинара - С.-Петербург, Ноябрь 1995. - Часть 1, с. 81-84.
16. Влияние ультразвука на деформационное поведение никелида титана / Рубаник В.В. и др. // Вестн. Тамб. ун-та, 1998. Т. 3, № 3, с.265-267.
17. Управление формовосстановлением сплавов с памятью формы ультразвуковыми колебаниями / Рубаник В.В. и др. // Тез. докл. 36 междун. семинара "Актуальные проблемы прочности". - Киев, 2001. - С.181-182.
18. Control of reshaping for the shape memory alloys through the hypersonic oscillations / Rubanik V.V. etc. // Intern. Scientific and Engineering Confer. - St.Petersburg, 2001. - P.70-71.
19. Rubanik V.V., Rubanik V.V.Jr. The martensite unelasticity effects with the help of US vibrations // 7th European Conference on Advanced Materials and Processes "Euromat-2001". Conference Abstracts, Rimini, 2001. - P.175.

