

Министерство науки и высшего образования РФ  
Межгосударственный Совет по физике прочности и пластичности (СНГ)  
Научный совет РАН по физике конденсированного состояния  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
Сибирский государственный индустриальный университет  
Сибирский физико-технический институт  
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

## **ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФЕКТНЫХ СТРУКТУР В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ**

Сборник тезисов  
XVI Международной школы-семинара (ЭДС–2020)

*7–12 сентября 2020 г.  
г. Барнаул, Россия*

Изд-во АлтГТУ  
Барнаул • 2020

УДК 539:548:669.018

**Эволюция дефектных структур в конденсированных средах**: сборник тезисов XVI Международной школы-семинара (ЭДС–2020) / Под ред. М. Д. Старостенкова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. – 170 с.

ISBN 978-5-7568-1351-7

В сборнике печатаются тезисы докладов, представленных на XVI Международной школе-семинаре «Эволюция дефектных структур в конденсированных средах» (ЭДС–2020). Включает результаты исследований, посвященные фундаментальным вопросам материаловедения и физики конденсированного состояния. Особое внимание уделялось проблемам самоорганизации и эволюции дефектных структур, связи между свойствами материалов на микроскопическом, мезоскопическом и макроскопическом уровнях в объемных, наноструктурных и аморфных материалах. В сборник включены результаты исследований как зрелых ученых, так и молодых исследователей, демонстрирующие преемственность научных поколений.

Сборник тезисов представляет интерес для специалистов, студентов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей, работающих в области материаловедения.

*Редакционная коллегия:*

М. Д. Старостенков, доктор физико-математических наук, профессор;

А. М. Глезер, доктор физико-математических наук, профессор;

С. В. Дмитриев, доктор физико-математических наук, профессор;

В. Е. Громов, доктор физико-математических наук, профессор

ISBN 978-5-7568-1351-7

© Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, 2020

# МЕХАНИЧЕСКИЙ ОТКЛИК АМОРФНОГО ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА НА ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЕМ И СЖАТИЕМ

Б.Н. Галимзянов<sup>1,2,\*</sup>, А.В. Мокшин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

<sup>2</sup>Удмуртский федеральный научный центр УрО РАН, г. Ижевск

\*bulatgnmail@gmail.com

Пористые металлические сплавы на основе никеля и титана обладают уникальной комбинацией физико-механических свойств [1]. К таким свойствам относятся низкий удельный вес, высокая коррозионная стойкость и хорошая биосовместимость. В большей степени эти свойства определяются спецификой пористой структуры: наличием в системе перколирующих или изолированных пор, а также размерами и геометрией пор. Никелид титана (сплав  $\text{Ni}_{50}\text{Ti}_{50}$  или  $\text{NiTi}$ ) является наиболее известным и перспективным функциональным материалом, в особенности, благодаря характерному для него эффекту памяти формы [2, 3]. Процесс производства аморфного сплава  $\text{NiTi}$  с пористой структурой является весьма трудоемким, в первую очередь, из-за высокой температуры плавления этого сплава, которая составляет  $T_m \approx 1580$  К.

В настоящей работе методом моделирования неравновесной молекулярной динамики исследовано влияние пористости и геометрии пор на механические свойства аморфного сплава никелида титана с мезопористой структурой при одноосном растяжении и одноосном сжатии. Мы находим, что пористый аморфный никелид титана в отличие от кристаллического аналога характеризуется относительно большим значением модуля Юнга. Это выявляется из сопоставления наших результатов с известными экспериментальными данными по растяжению и сжатию [4]. Обнаружено, что система с перколирующей пористой структурой демонстрирует улучшенные упругие характеристики, связанные с сопротивляемостью к растяжению. Показано, что система, состоящая из изолированных пор сферической формы, более устойчива к деформации сжатия и менее устойчива к деформациям растяжения. Результаты настоящей работы могут быть востребованы при разработке методов дизайна пористых аморфных сплавов с требуемыми параметрами пористой структуры.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №19-12-00022).*

- [1] Qiu, Y. Mechanical Properties of NiTi-Based Foam with High Porosity for Implant Applications / Y. Qiu, H. Yu, M.L. Young // Shap. Mem. Superelasticity. – 2015. – No.1. – P. 479–485.
- [2] Elahinia, M. H. Manufacturing and processing of niti implants: a review / M. H. Elahinia, M. Hashemi, M. Tabesh, S. B. Bhaduri // Prog. Mater. Sci. – 2012. – V.57, No.5. – P. 911–946.
- [3] Nikiforov, G. A. Atomistic dynamics of amorphous porous nitinol / G. A. Nikiforov, B. N. Galimzyanov, A. V. Mokshin // Memoirs of the Faculty of Physics. – 2019. – No.4. – P. 1940703.
- [4] Sun, Q.-P. Phase transformation in superelastic NiTi polycrystalline microtubes under tension and torsion- from localization to homogeneous deformation / Q.-P. Sun, Z.-Q. Li // Intl. J. Solids Structures. – 2002. – V.39. – P. 3797–3809.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРУБЫ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО АЛЮМИНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ**

**О.В. Матвиенко<sup>\*</sup>, О.И. Данейко, Т.А. Ковалевская**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск, <sup>\*</sup>matvolegv@mail.ru*

В работе проведено исследование упругопластической деформации трубы из дисперсно-упрочненного алюминия под действием внешнего и внутреннего давления при различной температуре ее внешней и внутренней стенки. Для определения напряжений в стенках трубы используется подход [1, 2], в рамках которого для решения уравнений механики деформируемого твердого тела используется условие упрочнения материала, полученное на основе физической теории пластичности [3].

Результаты математического моделирования показали, что переход от упругой деформации трубы к пластической происходит при достижении необходимой разности внешнего и внутреннего давлений. При этом одному и тому же положению зоны пластической деформации соответствуют два вида напряженного состояния стенок трубы. Если величина внутреннего давления меньше внешнего, то напряженное состояние характеризуется сжатием стенок трубы в тангенциальном направлении. В противоположном случае в стенке трубы возникают тангенциальные напряжения растяжения. Уменьшение расстояния между дисперсными частицами вызывает упрочнение материала, приводящее к росту предела упругого и пластического сопротивления. С ростом температуры мате-