

The background of the entire page is a grayscale scanning electron microscope (SEM) image of a porous material. The structure consists of interconnected, rounded, cell-like or bubble-like shapes, creating a complex, interconnected network of voids and solid material. The lighting highlights the three-dimensional nature of the structure, with some surfaces appearing more prominent than others.

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ВИТЕБСК, 25-29 МАЯ 2020 ГОДА

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ  
ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ  
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ**  
**Материалы международной научной конференции**  
(Витебск, 25-29 мая 2020 года)

*Посвящается академику УССР Давиденкову Н.Н. –  
известному ученому в области физики прочности и пластичности  
материалов*

Молодечно  
Типография «Победа»  
2020

УДК [539.4+620.22] (082)  
ББК 22.251я43  
А43

Под редакцией члена-корреспондента НАН Беларуси В.В.Рубаника

**Актуальные проблемы прочности** : материалы международной научной конференции, А-43 Витебск, 25-29 мая 2020 года / под ред. В.В. Рубаника. - Молодечно: Типография «Победа», 2020. – 409 с.  
ISBN 978-985-6967-44-6

В сборнике материалов научной конференции опубликованы результаты исследований конструкционных, функциональных и «smart» материалов. Рассмотрен ряд наиболее актуальных сегодня направлений материаловедения и физики конденсированного состояния.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов: научных работников, инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области материаловедения и физики конденсированного состояния.

**УДК [539.4+620.22] (082)**  
**ББК 22.251я43**

Тексты набраны с авторских оригиналов.

**ISBN 978-985-6967-44-6**

© Институт технической акустики  
НАН Беларуси, 2020

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПРИ СЖАТИИ СПЛАВА TiNi, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ WAAM**

**Карасева У.П.<sup>1</sup>, Бикбаев Р.М.<sup>1</sup>, Реснина Н.Н.<sup>1</sup>, Беляев С.П.<sup>1</sup>, Palani I.A.<sup>2</sup>,  
ManiPrabu S.S.<sup>2</sup>, Manikandan M.<sup>2</sup>, Jayachandran S.<sup>2</sup>, Anshu Sahu<sup>2</sup>**

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

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

E-mail: [uliafoncattel@gmail.com](mailto:uliafoncattel@gmail.com)

Получать образцы сложной формы с большой скоростью, малым расходом материала и относительной простотой позволяют методы, связанные с использованием аддитивных технологий, например, с использованием метода послойной наплавки - wirearcadditivemanufacturing (WAAM). Это особенно важно для сплавов с памятью формы на основе TiNi, поскольку эти материалы плохо обрабатываются. Структура и мартенситные превращения в сплаве TiNi, полученном методом WAAM, уже исследованы и показано, что структура и химический состав материала неоднородны по высоте образцов, что оказывает влияние на температуры мартенситных превращений. Поскольку мартенситные превращения определяют функциональное поведение сплавов с памятью формы, то неоднородная структура сплавов, полученных методом WAAM, должна повлиять на механическое поведение и эффекты памяти формы. Целью данной работы явилось изучение механического поведения и функциональных свойств в режиме сжатия сплава TiNi, полученного методом WAAM.

В качестве объектов исследования использовали трехслойные образцы, синтезированные из проволоки  $Ti_{49}Ni_{51}$ , диаметром 1.2 мм, методом WAAM. Синтез проводили на титановой подложке в атмосфере инертного газа. Образцы для сжатия размером 2.5x2.5x5 мм вырезали поперек направления роста слоев методом электроэрозионной резки.

Образцы без обработки и после отжига при температуре 450 °С в течение 10 часов испытывали в режиме сжатия в машине Lloyd 30k Plus, оснащенной реверсной рамкой, криотермокамерой и видеоэкстензометром. Сжатие проводили поперек слоев, вдоль оси роста образцов при WAAM. Механическое поведение исследовали при разных температурах, а эффект памяти формы - при нагревании после предварительного деформирования в мартенсите.

Полученные результаты показали, что на диаграммах деформирования можно выделить стадии, которые связаны с тем, что слои деформируются по различным механизмам. Максимальное напряжение, до которого деформировали образцы, составляло 600 МПа и разрушения не наблюдалось, что указывает на хорошую прочность межслойных границ. При нагревании предварительно деформированных образцов восстановление деформации также наблюдается в несколько стадий, что обусловлено тем, что температуры обратного перехода в слоях различны вследствие различной концентрации никеля. Показано, что отжиг улучшает свойства сплава за счет выравнивания концентрации никеля в пределах слоя.

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

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ**  
**Материалы международной научной**  
**конференции**

(Витебск, 25–29 мая 2020 года)

Оформление и компьютерная верстка: Т.С. Дубровской, С.Ю. Какойченко

---

Подписано в печать 25.05.2020. Формат 60x84/8. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Усл. печ. л. 51,125. Уч-изд. л. 44,67. Тираж 80 экз.  
Заказ 1723.

Выпущено по заказу ГНУ «Институт технической акустики  
Национальной академии наук Беларуси»  
Издатель и полиграфическое исполнение: ОАО «Типография «Победа».  
Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/178 от 12.02.2014, № 2/38 от 29.01.2014  
Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно, Республика Беларусь.