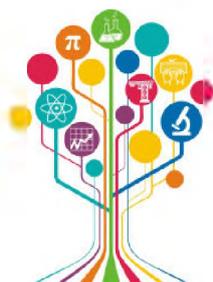


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 1. Физика

Сборник научных трудов
XIX Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых
26–29 апреля 2022 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 1. Physics

Abstracts
XIX International Conference of students, graduate students
and young scientists
April 26–29, 2022



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



Томск 2022

УДК 538.9

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПРОВОЛОКИ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА НА ЕЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**М.А. Ковалёва, А.В. Ветрова, А.А. Шишелова

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Г.А. Байгонакова

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: marina.kovalyova.16@gmail.com**EFFECT OF THICKNESS OF TITANIUM NICKELIDE WIRE ON MECHANICAL
CHARACTERISTICS**M.A. Kovalyova, A. V. Vetrova, A. A. Shishelova

Scientific Supervisor: PhD G. A. Baigonakova

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: marina.kovalyova.16@gmail.com

Abstract. *The study considers the deformation behavior of thin TiNi wires 40–90 μm in diameter under uniaxial tension. With an increase in thickness, the value of the ultimate strength, the critical stress of martensitic shear, and the amount of reversible strain increase with an increase in the diameter of the tested wire. The study of fracture surfaces shows the presence of two zones with a flattened granular relief and a pitted relief.*

Введение. В настоящее время известным сплавом с памятью формы является TiNi, который широко распространен в промышленности и биомедицине [1, 2]. Особое место среди функциональных устройств, изготовленных из сверхэластичного TiNi сплава, занимают тонкие проволоки толщиной от 100 до 40 мкм. Данные проволоки представляют собой сплав, вытянутый в тонкую нить с помощью определенной технологии прокатки, с двумя стабильными кристаллическими структурами - высокотемпературной аустенитной фазой с кубической симметрией B2 и низкотемпературной мартенситной фазой с моноклинной симметрией B19', обладающая хорошей механической совместимостью, памятью формы, сверхэластичностью, хорошей износостойкостью и коррозионной стойкостью [3]. Медицинские конструкции из тонких TiNi проволок зависят от их механических характеристик и деформационного поведения, что требует детально изучать данные аспекты. Проволоки применяются для изготовления более сложных конструкций, например, металлические сетки для имплантации, поведение которых совершенно отличается от поведения одиночной проволоки. В связи с этим существует необходимость разработки определенных критериев подбора материалов под ту или иную биологическую ткань. Поэтому важно изучить поведение одиночных проволок различной толщины и выявить влияние толщины на их механические характеристики, что и являлось целью данной работы.

Материалы и методы исследования. Для исследования были приготовлены образцы сверхэластичной TiNi проволоки толщиной 90, 60 и 40 мкм. Проволоку получали из слитков 240 мм x 20мм термомеханической обработкой с промежуточными отжигами в 4 этапа: 1. Ручевой прокат слитка диаметром 20 мм до прутка толщиной 7 мм (20 циклов); 2. Ротационная ковка прутка от толщины 7 мм

до 3,5 мм (7 циклів); 3. Холодне волочення проволочки від 3,5 мм до 500 мкм (25 циклів). 4. Горьке волочення проволочки від 500 мкм до 90–40 мкм (50–70 циклів). Деформаційні діаграми отримували методом одноосного розтягнення при допомозі програмноуправляемого електромеханічного комплексу для механобіології. Зображення загального виду поверхні сверхеластичної проволочки TiNi отримали на скануючому електронному мікроскопі Tescan MIRA 3 LMU в ЦКП «Аналітичний центр геохімії природних систем».

Результати і обговорення. Отримані деформаційні діаграми сверхеластичних TiNi проволочок 40,60 і 90 мкм методом одноосного розтягнення до розриву (Рис.1). Деформаційна діаграма однократного розтягнення проволочки до розриву має три лінійних участка: участок упругої деформації аустеніта В2; участок вязкого течения, зв'язаний з прямим мартенситним превращенням; участок лінійного упрочнення, зв'язаний з деформацією мартенсіта (рис.1).

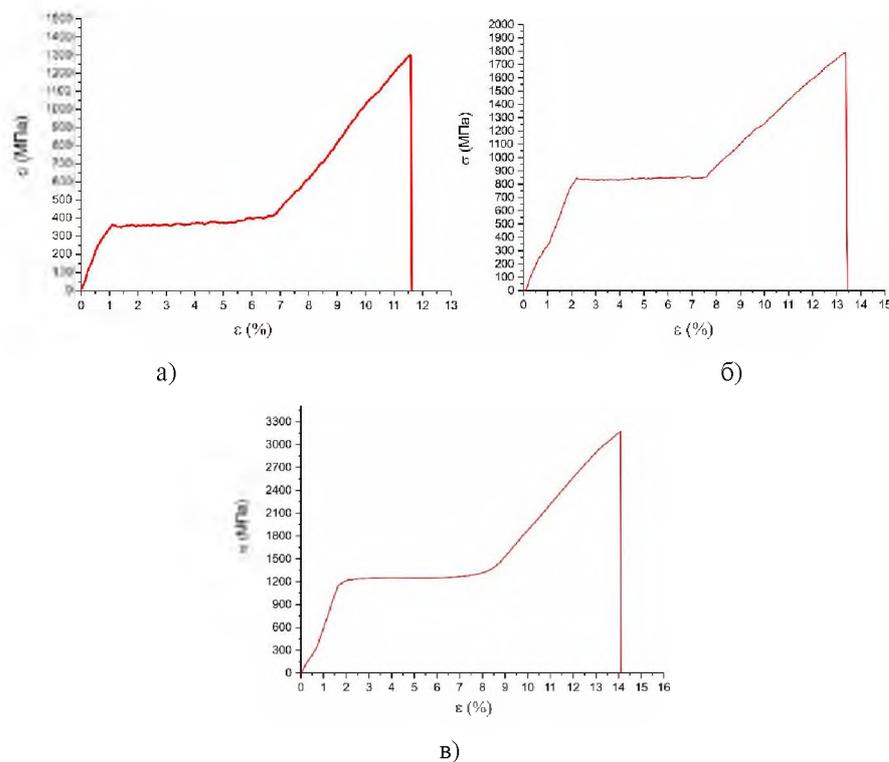


Рис. 1. Деформаційна діаграма одноосного розтягнення проволочки TiNi до розриву: а) 40 мкм, б) 60 мкм, в) 90 мкм

В результаті порівняння деформаційних кривих проволочок різної товщини стало зрозуміло, що з збільшенням товщини проволочки деякі деформаційні характеристики, які представлені в таблиці 1, змінюються. Так значення межі міцності, критичного напруження мартенситного сдвигу і величина оборотної деформації збільшуються з збільшенням діаметра випробуваної проволочки.

Методами SEM і EDS були вивчені поверхні руйнування зразків (Рис.2). На отриманих зображеннях всіх трьох проволочок чітко видно утонення проволочки в місці розриву. Утонення і формування шийки відбувалося за рахунок пластичного сдвигу вязкої матриці TiNi. На всіх трьох зразках поверхня руйнування складається з двох зон: з укладеним зернистим рельєфом і ямочним рельєфом з частинками на дні чашечок.

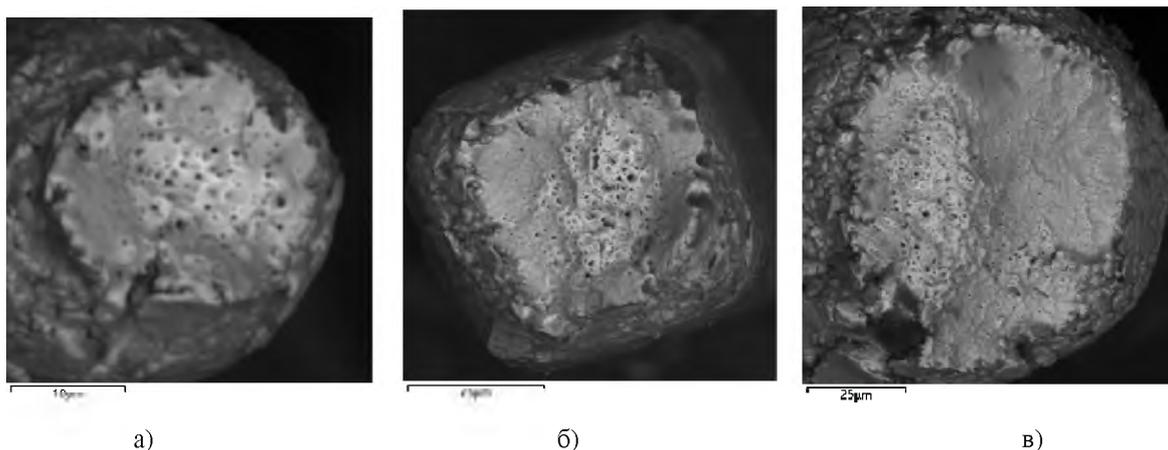


Рис. 2. Поверхности разрушения проволоки TiNi: а) 40 мкм, б) 60 мкм, в) 90 мкм

Заключение. По результатам сравнения диаграмм растяжения проволок 40, 60 и 90 мкм была составлена таблица основных механических характеристик (Таблица 1).

Таблица 1

Механические характеристики проволок TiNi

Толщина проволоки, мкм	Напряжение мартенситного сдвига, МПа	Предел прочности, МПа	Максимальная деформация до разрушения, %	Упругая деформация, %	Пластическая деформация, %	Мартенситная деформация, %
40	350	1300	11,5	1	4,5	6
60	800	1800	13,5	2	5,9	5,5
90	1200	3150	14	1,5	5,4	7,1

Работа поддержана Правительством Российской Федерации (предложение № 2020-220-08-6662 по поддержке научно-исследовательских проектов, реализуемых под руководством ведущих ученых в российских учреждениях и российских вузах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Margan N.B. Medical shape memory alloy applications – the market and its products. // Materials Science and Engineering: A. – 2004. – Vol. 378, Iss. 1–2, – P.16-23.
2. Fu Y.Q., Du H.J., Huang W., Zhang S., Hu M. TiNi-based thin films in MEMS applications: a review // Sensors and Actuators A: Physical. – 2004. – Vol. 112, Iss. 2–3. – P. 395-408.
3. Monika Jenko [et al.] A new route to biocompatible Nitinol based on a rapid treatment with H₂/O₂ gaseous plasma // Applied Surface Science. 2019. – Vol. 473. – P. 976 – 984.