

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОРИСТОГО TiNi С РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Япарова Е.Н., Волков А.Е., Евард М.Е., Беляев Ф.С.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,  
Российская Федерация  
elizaveta\_iaparova@outlook.com

Пористые сплавы с памятью формы (СПФ), главным образом никелид титана TiNi, являются перспективными с точки зрения применимости в медицине и различных промышленных устройствах. Свойства пористого TiNi в значительной степени определены особенностями строения поровых каналов. Относительно недавно начали получать этот сплав методами аддитивных технологий, с помощью которых получают образцы, имеющие регулярную, заранее заданную структуру.

Большинство работ, посвященных моделированию пористого СПФ, описывают механическое поведение образцов с внутренним строением, характерным для образцов, полученных методами порошковой металлургии. При этом эффект памяти формы, характеризующийся возвратом некоторой предварительно заданной деформации при нагреве, ввиду сложности практически не описывают ни теоретически, ни экспериментально.

В данной работе рассмотрели поведение пористого TiNi, получаемого методом селективного лазерного плавления. Образцы имеют регулярную кубическую структуру, состоящую из совокупности перпендикулярных между собой межпоровых перегородок (рис. 1). Для расчета поведения образца с такой структурой при одноосном нагружении учитывали деформацию перемычек, параллельных оси сжатия. При этом считали, что перпендикулярные им перегородки не деформируются ввиду отсутствия ограничений на изменение размера образца в перпендикулярном направлении.

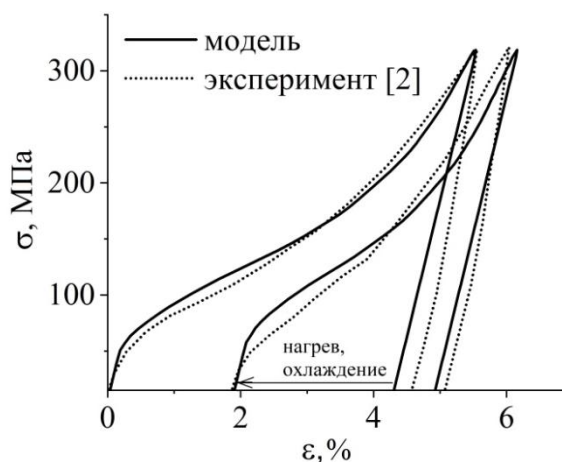
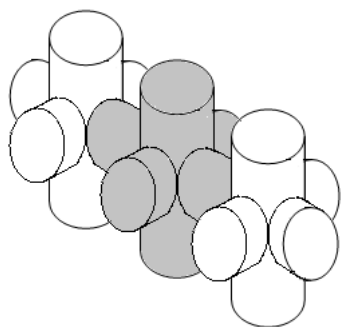


Рисунок 1 - Представительный элемент

Рисунок 2 - Диаграммы деформирования пористого TiNi (пористость 45%) для двух циклов

В качестве определяющей модели приняли микроструктурную модель [1], позволяющую описывать основные свойства СПФ – псевдоупругость и эффект памяти формы. Выполнен расчет деформации при циклическом термомеханическом воздействии по схеме нагрузка – разгрузка при комнатной температуре, нагрев, охлаждение. Цикл повторялся восемь раз, построены диаграммы деформирования для первых двух циклов (рис. 2), а также зависимость обратимой и необратимой деформации от номера цикла. Моделирование выполнено для образцов пористостью

32 %, 45 % и 58%. Приведено сравнение с экспериментальными данными из работы [2], которое показало, что модель хорошо согласуется с опытом и может использоваться при расчете деформации пористого СПФ с регулярной структурой.

*Работа выполнена в рамках грантов Российского Фонда Фундаментальных Исследований № 18-31-00461 мол\_а и 18-01-00594.*

#### Литература

- [1] F.S. Belyaev, M.E. Evard, A.E. Volkov Microstructural modeling of fatigue fracture of shape memory alloys at thermomechanical cyclic loading // AIP Conference Proceedings, 2018. Vol. 1959, p. 070003.
- [2] S. Saedi, A.S. Turabi, M.T. Andani, C. Haberland, M. Elahinia, H. Karaca Thermomechanical characterization of Ni-rich NiTi fabricated by selective laser melting // Smart Materials and Structures, 2016. Vol. 25 (3), p. 035005.