

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ИЗУЧЕНИЕ МАКРОПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

¹Марченко Е.С., ^{1,2}Клопотов А.А., ²Устинов А.М., ²Абзаев Ю.А., ¹Ясенчук Ю.Ф.

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск

Пористые сплавы на основе никелида титана, благодаря совокупности уникальных био- и физико-механических свойств, находят широкое применение в медицине [1]. Известно, что пористые сплавы на основе никелида титана, полученных методом высокотемпературного синтеза (СВС–TiNi) отличаются неоднородностью фазового и концентрационного состава, имеют большое количество неметаллических включений. Эти факторы оказывают значительное влияние на прочностные свойства сплавов СВС–TiNi, которые подвергаются сжимающим, растягивающим и сдвиговым нагрузкам. Однако влияние пор, неметаллических включений и неоднородного фазового состава на распределение напряжений и деформаций в сплавах СВС–TiNi изучено недостаточно. Поэтому исследования, направленные на описание деформационного поведения сплавов СВС–TiNi являются актуальными.

Целью данной работы является изучение *in situ* на мезо- и макромасштабном уровнях эволюции полей деформации в процессе одноосного растяжения.

Пористые образцы пористого никелида титана с размерами 0,7x7x80 мм вырезали электроискровым способом из пористого слитка, полученного методом СВС. Деформацию на растяжение пористых образцов проводили на испытательной машине «INSTRON 3386» со скоростью деформирования 0,3 мм в минуту.

Картирование распределения деформации проводили методом корреляции цифровых изображений на поверхности при одноосном растяжении пористого никелида титана. Исследование деформационных полей на образцах проводили с использованием оптической системы Vic-3D [2] и обработкой видеопотоков от двух видеокамер при помощи программы VicSnap. В результате после обработки этой программой проводилось вычисление геометрических параметров поверхности (координаты X, Y, Z для каждой анализируемой точки) и расчет относительных деформаций (ϵ_{xx} – по оси X, ϵ_{yy} – по оси Y, ϵ_{xy} – деформации сдвига). Усредненную регистрацию деформаций в пределах рабочей части исследуемого образца от верхнего до нижнего зажима испытательной машины проводили на базе экстензометра.

Поверхность образцов специально подготовили для испытаний путем создания искусственной спекл-структуры (рис 1). На поверхности исследуемого образца создали множество хаотично распределенных контрастных точек [3].

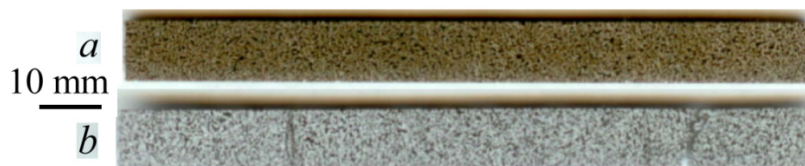


Рис. 1. Фотография пористого образца из сплава СВС–TiNi перед испытанием (а) и после деформации в разорванном состоянии (b)

В результате однократного одноосного растяжения до разрушения получили диаграмму напряжение-деформация (рис. 2), которая показала, что образец деформировался упруго вплоть до разрушения по хрупкому механизму. Относительная деформация при разрушении составила 0,6%, что говорит о невысоких прочностных свойствах пористого образца.

Спекл-картины получали на начальном и терминальном этапах растяжения образца при

относительных деформациях 0,002% (1,2,3) и 0,5% (4,5,6) (рис. 3).

Обнаружено, что при одноосном растяжении пористого образца на распределении продольных ε_{YY} , поперечных ε_{XX} и сдвиговых ε_{XY} относительных деформаций наблюдается фрагментированная структура, состоящая из локальных макрообластей деформации растяжения и сжатия.

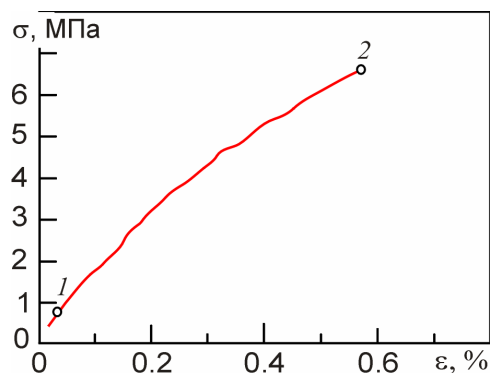


Рис. 2. Деформационная кривая пористого образца из никелида титана. Точкам 1 и 2 соответствуют спекл-картины на рис. 3

На спекл-картинах 4–6 видно, что перед разрушением образца области локализации пластической деформации заметно выросли по размерам. Поперечные ε_{XX} и сдвиговые ε_{XY} относительные деформации имеют как положительные, так и отрицательные значения.

Согласно существующим в литературе представлениям, такие локальные области деформации на литых металлических материалах представляют, как деформационные или упругопластические домены, которые могут включать в себя целые группы зерен.

Для пористого сплава из никелида титана описание локальных областей деформации в терминах деформационных доменов значительно

сложнее и его необходимо корректировать. Наличие пор оказывает значительное влияние на распределение напряжений и деформации как в объеме материала, так и на поверхности образца, что находит отражение на приведенных спекл-картинах (рис. 3).

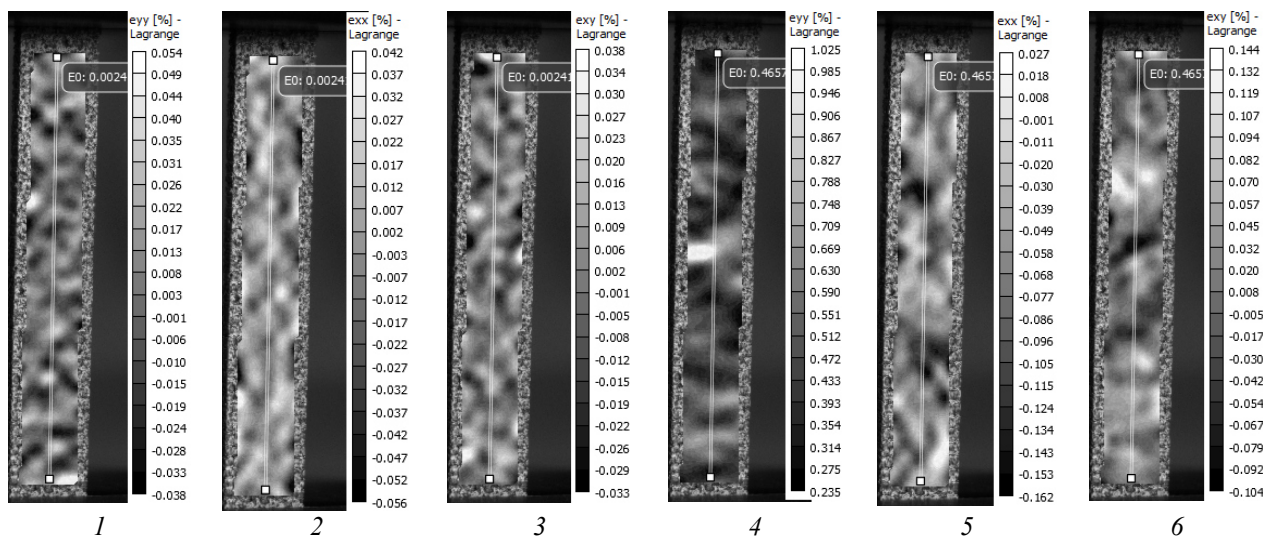


Рис. 3. Спекл-картины распределений продольных ε_{YY} , поперечных ε_{XX} и сдвиговых ε_{XY} относительных деформаций на поверхности пористого никелида титана при средних деформациях по рабочему полю образца: 1) $\varepsilon_{YY}=0.0024\%$; 2) $\varepsilon_{XX}=0.0024\%$; 3) $\varepsilon_{YX}=0.0024\%$; 4) $\varepsilon_{YY}=0.465\%$; 5) $\varepsilon_{XX}=0.465\%$; 6) $\varepsilon_{XX}=0.465\%$

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации.

1. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Ясенчук Ю.Ф. и др. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения. Томск: МИЦ. 2006. 298 с.
2. Sutton M. A., Orteu Jean-Jose, Schreier H. W. Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements. Basic Concepts, Theory and Applications. Springer Science, Business Media. 2009. 332 p.
3. Копаница Д.Г., Устинов А.М., Потекаев А.И., Клопотов А.А., Марченко Е.С. Изменения напряженно-деформированных состояний приповерхностных слоев стали в процессе нагружения. Известия ВУЗов. Физика. 2017.Т.60, №9.С.105-113.