

УДК 593.3

Дивдик О. В.

Тернопільський технічний національний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Науковий керівник: д.т.н., професор, Ясній П. В.

Dyvdyk O. V.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

MODELING SHAPE MEMORY EFFECT BY FINITE ELEMENT METHOD

Supervisor: d. t. s., professor, Yasniy P. V.

Ключові слова: ефект пам'яті форми, мартенсит, аустеніт, скінчений елемент.

Keywords: shape memory effect, martensite, austenite, finite element.

Змодельований ефект пам'яті форми методом скінчених елементів (СЕ) в програмному комплексі Ansys Workbench. Фізико-механічні характеристики матеріалу подані в таблиці 1.

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики

Фізичні-механічні характеристики	
Модуль пружності аустеніту E_A	52700 МПа
Модуль пружності мартенситу E_M	45000 МПа
Температура прямого фазового перетворення M_f	23°C
Температура зворотного фазового перетворення A_f	80°C
Коефіцієнт Пуассона	0,36
Густина матеріалу	6,45 г/см ³

3Д-модель циліндричного елемента довжиною $L = 8$ мм, діаметром $D = 6$ мм, дискретизовано скінченим елементом Solid186 (рис. 1). Загальна кількість СЕ елементів - 612, а вузлів - 2903. Весь етап моделювання задавався у 3 кроки і 50 підкроків. Перший крок - прикладене зусилля до зразка $P = 700$ МПа в точці А по осі Z (рис. 1) при температурі 23°C. Другий крок - розвантаження зразка до $P = 0$ МПа, температура 23°C. Третій крок - нагрівання зразка до температури 80°C.

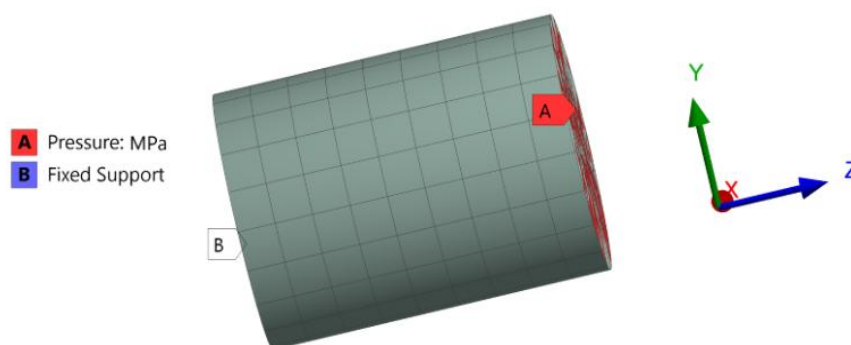


Рисунок 1. Дискретизована 3Д-модель; А- прикладене зусилля; В - місце закріплення
Поля деформацій та напружень в 3Д-моделі при $P = 700$ МПа подано на рис. 2. Максимальне напруження виникають в місці закріплення зразка і дорівнює - 1092,2 МПа (рис. 2, а), а деформація - 0,0814 мм/мм (рис. 2, б). Значення напружень в зразку, де прикладено зусилля - 702,62 МПа (рис. 2, а), а деформацій 0,0715 мм/мм (рис. 2, б).

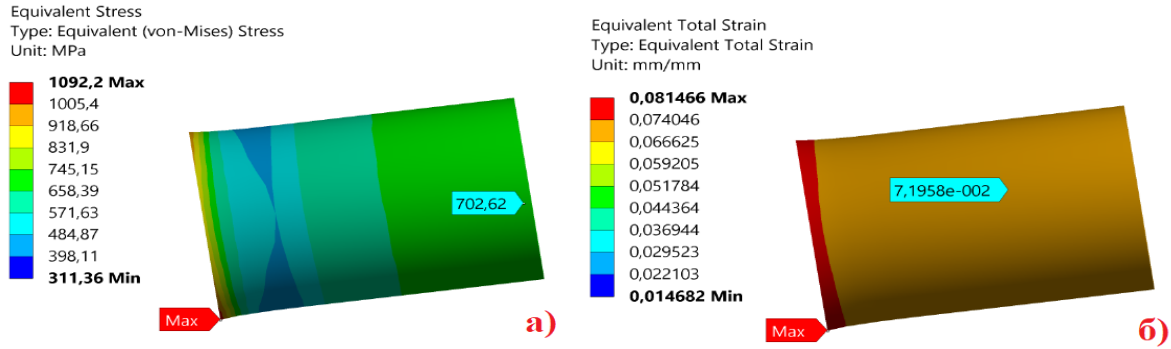


Рисунок 2. 3-Д модель при $P=700$ МПа при $T=23^{\circ}\text{C}$: розподіл напружень - а) та деформацій - б)

На рисунку 3 зображено діаграми деформування сплаву з пам'яттю форми при навантаженні до $P = 700$ МПа за температури $T=23^{\circ}\text{C}$ (Рис. 3, а) і при розвантаженні до $P = 0$ МПа за температури $T=80^{\circ}\text{C}$ (Рис. 3, б).

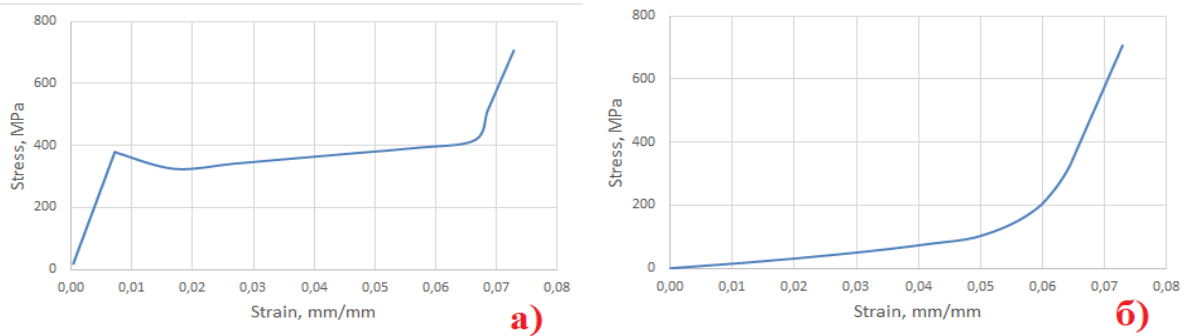


Рисунок 3. Залежність напруження від деформацій: а) навантаження до $P = 700$ МПа, $T=23^{\circ}\text{C}$; б) розвантаження до $P = 0$ МПа, $T = 80^{\circ}\text{C}$

Залежність деформації від температури після розвантаження матеріалу $P=0$ МПа при нагріванні від 23°C до 80°C представлено на рис. 4.

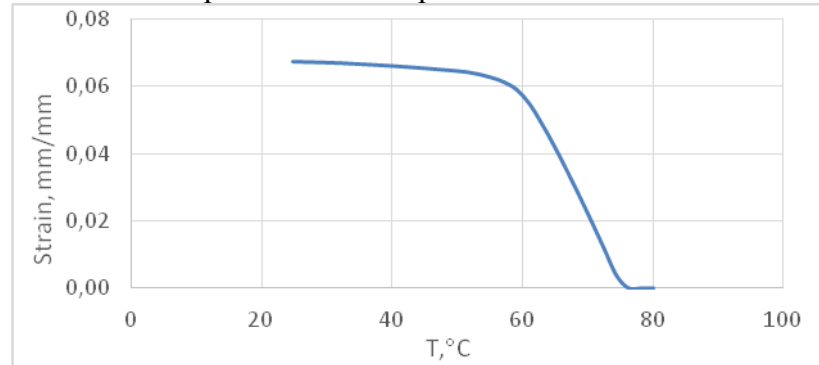


Рисунок 4. Розподіл деформацій при нагріві від 23°C до 80°C

Таким чином, змодельована механічна поведінка і напружено-деформований стан циліндра із сплаву з пам'яттю форми при навантаженні за температури прямого фазового перетворення ($T=23^{\circ}\text{C}$), розвантаженні і подальшому нагріванні до температури зворотного фазового перетворення ($T=80^{\circ}\text{C}$).