

УДК 539.3

О.В. Дивдик, В.П. Ясній канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ СПЛАВІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

O.V. Dyvdyk, V.P. Iasnii Ph.D.

MODELING THE BEHAVIOR OF A SHAPE MEMORY ALLOYS WITH FINITE ELEMENT METHOD

Сплави з пам'яттю форми завдяки своїм унікальним властивостям (суперпружності і термопружності) широко застосовуються в медицині, аерокосмічній, машинобудівній, будівельній та інших галузях. Поведінка сплавів з пам'яттю форми обумовлена їх здатністю до реверсивної дифузійної фазової трансформації, відомої як мартенситне перетворення. При високій температурі сплави з пам'яттю форми мають впорядковану первинну фазу аустеніту, який при охолодженні переходить в менш впорядковану мартенситну фазу. При відсутності напружень це призводить до утворення вільно орієнтованих пластин, тобто до утворення двійникових ґраток без будь-яких мікроскопічних деформацій. При навантаженні відбувається роздвійникування і пластини мартенситу орієнтуються за напрямками, які залежать від прикладеного напруження. У цьому випадку непружна макроскопічна деформація може досягати декількох відсотків. Ця деформація може бути усунена нагріванням. В цьому випадку сплав з пам'яттю форми повертається в початкову недеформовану аустенітну форму. Простий ефект пам'яті форми відноситься до здатності сплаву запам'ятовувати свою форму при високій температурі.

Інший ефект пов'язаний з сплавами пам'яті форми відноситься до псевдопружності, які характеризуються здатністю сплаву з пам'яттю форми широким гістерезисом і тривалим температурним інтервалом. При сталій і високій температурі і поверненню до недеформованого стану при розвантаженні. Термічний ефект, який є здатністю при деформуванні початкового аустеніту охолодженням під дією постійного напруження і здатність повертатися до аустенітної форми при нагріванні.

З використанням програмного забезпечення ANSYS змодельовано напружено-деформований стан і поведінку призматичного зразка із нікель - титанового сплаву за одночасного навантаження розтягом і наступного розвантаження. Для побудови скінченноелементної сітки вибрано тривимірний скінченний елемент SOLID 185 і задано йому фізико-механічні властивості сплаву. Побудована геометрична модель кубічної форми з розмірами 1x1m і ведена дискретизація моделі скінченими елементами SOLID185.

За результатами обчислення побудовано залежності між напруженням і інтенсивністю деформації при навантаженні і розвантаженні модельного зразка вище температури завершення аустенітного перетворення (ефект псевдопружності).

Змодельовано ефект пам'яті форми при навантаженні зразка між температурами початку мартенситного і аустенітного перетворення, під час якого відбувається трансформація мартенситної фази і зростає деформація, яка частково залишається навіть після зняття навантаження. Залишкова деформація усувається нагріванням вище температури завершення аустенітного перетворення.

Побудована також залежність деформації, яка виникає при охолодженні і нагріванні, від температури (температурне навантаження), коли матеріал нагрітий вище температури завершення аустенітного перетворення і навантажений зусиллям 100 МПа.