

**ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ TiNi****Волков А.Е., Люльчак П.С.***Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
a.volkov@spbu.ru, plusxcv@yandex.ru*

Несмотря на увеличение мощностей современных вычислительных систем, вопрос разработки простых и в то же время эффективных методик расчета поведения материалов не теряет своей актуальности. Большой интерес в научно-технической среде вызывают функциональные материалы, в частности, сплавы с памятью формы (СПФ). На их основе произведено большое количество изделий, применяющихся как в серьезных наукоемких отраслях: космос, машиностроение, так и в повседневном, бытовом использовании.

Одним из типов моделей, позволяющих описать свойства СПФ, являются макроскопические феноменологические модели. Отличительной чертой данного класса теорий является небольшое количество внутренних переменных, характеризующих состояние материала, и относительная простота определения материальных констант. Ввиду своей компактности и небольшому времени расчетов такие модели наиболее удобны для внедрения в конечно-элементные программные пакеты для решения краевых задач механики деформируемого твердого тела.

В данной работе сформулирована макроскопическая модель образования и переориентации мартенсита в сплаве с памятью формы. В качестве внутренних переменных модели рассматриваются:  $\Phi$  – объемная доля мартенсита, тензорная величина  $\Lambda$  – фазовая деформация. Их эволюция определяется балансом обобщенных термодинамических сил  $F_\Phi, F_\Lambda$ , вычисленных из потенциала Гиббса:

$$G = G^{eig}(T, \sigma, \Phi, \Lambda) + G^{mix}(\sigma, \Phi, \Lambda).$$

Энергия  $G^{mix}(\sigma, \Phi, \Lambda)$  межфазных напряжений аппроксимируется полиномом, коэффициенты которого определяются из условий начала и окончания мартенситного превращения при  $T = M_s, M_f$ , а также из условий начала и окончания переориентации мартенсита при  $T < M_f$ . Фазовая деформация образующегося мартенсита определяется по сформулированной гипотезе зарождения, согласно которой во вновь появившейся фазе отсутствуют стимулы для переориентации.

Рассчитаны диаграммы изотермического деформирования образцов в различных фазовых состояниях. При моделировании использовались константы материала характерные эквиатомному TiNi.

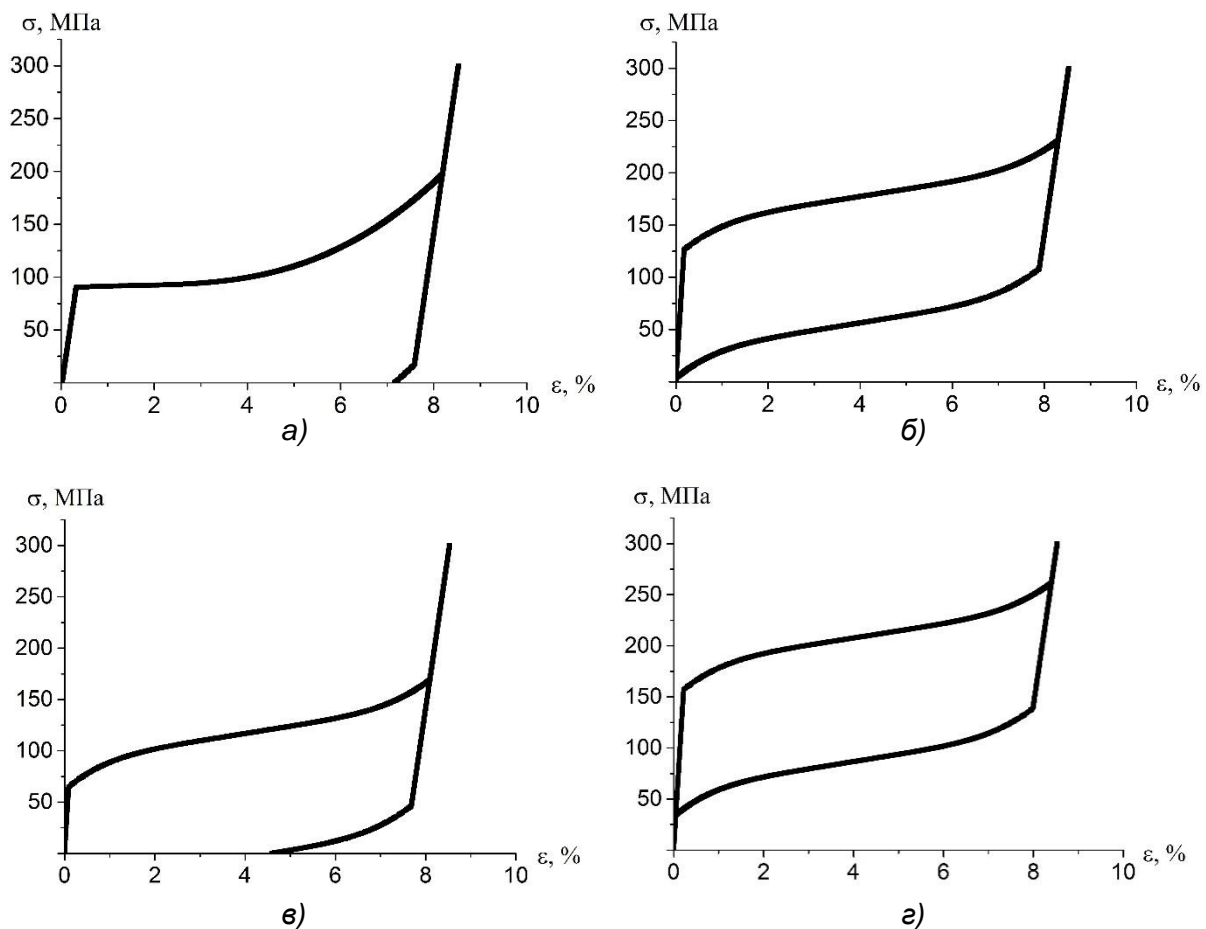


Рисунок -  $\sigma - \varepsilon$  диаграмма деформирования при температурах:  
а)  $T < M_f$ , б)  $T = A_f$ , в)  $T = A_s$ , г)  $T > A_f$

Представленные диаграммы демонстрируют качественное соответствие с экспериментальными данными, наличие изломов объясняется использованием несглаженных критериев начала превращения и начала переориентации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-01-00594 а.