

## Исследование свойств памяти формы материалов при проектировании прецизионных изделий

Беляков М. В., студ.; рук. Зарубин З. В., асс., Ноздрин М. А., канд. техн. наук

Работа посвящена теоретическому исследованию материалов с эффектом памяти формы.

На основе изучения общей теории деформаций при мартенситном переходе [1] рассмотрена прикладная задача об изгибе консольного бруса с эффектом памяти формы (ЭПФ) под действием сосредоточенной силы. Проведён численный расчёт и построены графики прогибов бруса с учётом ЭПФ.

Рассматривается расчётная схема прямого изгиба бруса с жёсткой заделкой на левом конце (рис. 1).

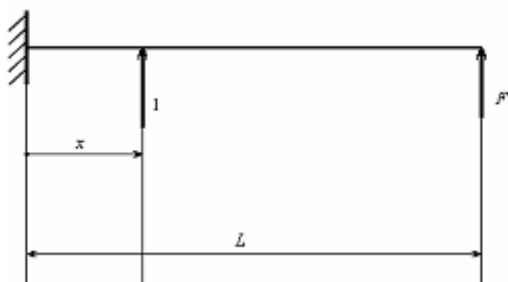


Рис.1 Расчётная схема бруса

Рассчитываемыми величинами являются прогиб, деформация и напряжение. Первые две величины находятся с помощью правила Верещагина для вычисления прогиба бруса и макромеханического подхода для описания мартенситного и аустенитного фазовых переходов.

Уравнение, описывающее деформацию прямого мартенситного превращения, имеет вид [2]

$$\frac{d\varepsilon_{ij}}{dq} = (1-q)^n \cdot (c_0 \cdot \sigma_{ij} + a_0 \cdot \varepsilon_{ij}),$$

где  $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$  – компоненты тензоров напряжений и деформаций;  $q$  – доля мартенситной фазы в материале;  $c_0$  и  $a_0$  параметры материала, зависящие от действующих напряжений.

Для наглядности рассмотрим результаты вычислений для обоих превращений на совместных графиках (рис. 2 и 3).

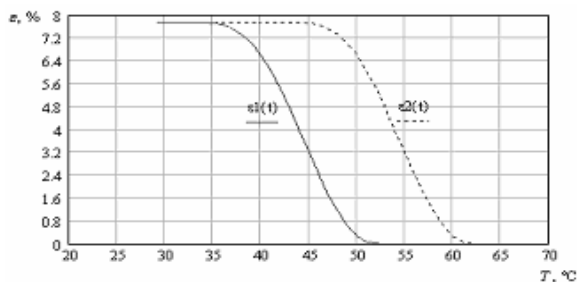


Рис. 2. График интенсивности деформации.  $\varepsilon_1(t)$ ,

$\varepsilon_2(t)$  – интенсивности деформаций при прямом и обратном превращении

Прогиб образца будет зависеть от двух составляющих – упругой и мартенситной деформаций, поэтому он будет определяться по формуле

$$f(F, T) = F \cdot L^2 \cdot \left( \frac{L}{3 \cdot I} \right) \cdot \left[ \frac{1}{E_M} + f_i(T) \right],$$

где  $F$  – приложенная нагрузка;  $L$  – длина бруса;  $I$  – момент инерции;  $E_M$  – модуль упругости для мартенситной фазы.

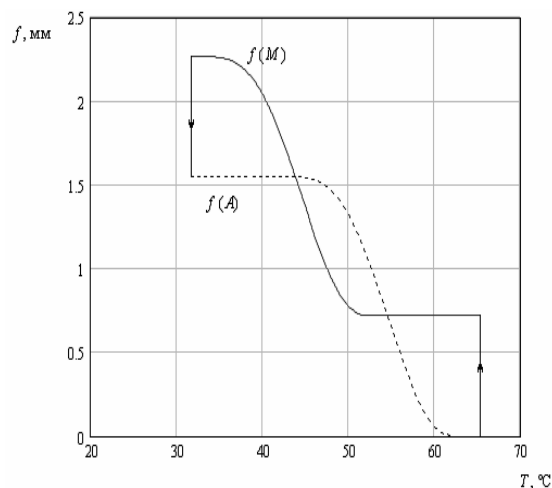


Рис. 3. График прогиба консольно закреплённого стержня.  $f(M), f(A)$  – прогиб бруса при прямом превращении с нагрузкой и обратном превращении без нагрузки.

### Выводы:

- эффект памяти формы в сплавах позволяет осуществить специальные конструктивные решения;
- при понижении температуры с 70°C до 20°C и деформировании прямолинейной консольной балки силой  $F=1\text{Н}$  можно получить изогнутую балку с максимальным прогибом 2,27 мм.;
- при снятии нагрузки и повышении температуры с 20°C до 70°C балка полностью восстанавливает свою первоначальную прямолинейную форму;
- проведённые расчёты использованы для разработки алгоритма лабораторной работы.

### Список литературы

1. Лихачёв В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987.
2. Мовчан А.А. Микромеханический подход к описанию деформации мартенситных превращений в сплавах с памятью формы // Известия РАН. Механика твёрдого тела. – 1995. №1. – С. 197-205.