

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Ильина Т.С. (Университет ИТМО), Моторин А.С. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель – к.т.н., доцент ФСУиР Андреев Ю.С.  
(Университет ИТМО)

В работе рассмотрен пример, который демонстрирует эффективность внедрения сплавов с памятью формы в приборостроительных устройства за счет упрощения их конструкции и сохранения работоспособности в различных специфических условиях эксплуатации. Для анализа эксплуатационных возможностей таких сплавов использовалась система инженерного анализа MSC Marc. Приведены результаты анализа достоверности выбранной расчетной модели, а также рассмотрен пример анализа термочувствительного элемента, выполненного в виде пружины сжатия из никелида титана.

**Введение.** Сплавы, способные восстанавливать свою первоначальную форму, являются одними из самых перспективных и многообещающих среди «умных» материалов, которые проявляют уникальные свойства в области электрических и магнитных полей, а также при деформировании (изгиб, кручение, растяжение, сдвиг и т.д.) и нагреве. Такие сплавы находят широкое применение в приборостроении (приводы, демпфирующие устройства, измерительные приборы, термочувствительные датчики, крепежные элементы, и т.д.). Изготовление приборостроительных элементов из сплавов с памятью формы, позволяет добиться высокой виброустойчивости, прочности, сопротивляемости к коррозионному износу, а также исключить импульсные нагрузки, которые влияют на точность позиционирования устройства.

Однако, не смотря на явные преимущества таких материалов, интерес к ним ограничивается отсутствием единой математической модели, которая наиболее точно и полно описывало бы их поведение. Существующие модели, ограничивают тип и сложность структурных конфигураций, разработанных для приборостроительной промышленности, которые обычно основаны на простых проводах и балках из сплавов с памятью формы. Системы инженерного анализа, включающие в себя данные расчетные модели, ориентированы в основном на ограниченный круг специалистов, хорошо понимающих специфику данных моделей и физику процессов. Обычному же пользователю сложно ориентироваться в таких системах, что тоже ограничивает интерес к сплавам с памятью формы. В своей работе мы используем встроенную в MSC Marc термомеханическую расчетную модель и сравниваем полученные с помощью неё результаты с экспериментальными данными. Полученные результаты мы использовали в дальнейшем для моделирования термочувствительной пружины, которая может быть использована в таких устройствах, как приводы.

**Основная часть.** В своей работе, мы используем имеющиеся экспериментальные данные, описывающие квазистатическое растяжение цилиндра из никелида титана эквиатомного состава (50Ni-50Ti (масс.%)). Растяжение проводилось в диапазоне температур (от 20 °С до 300 °С), который позволил рассмотреть механические свойства сплава в мартенситном, аустенитном и смешанном состояниях. Простота геометрии исходного моделируемого образца позволяет оценить недостатки и преимущества выбранной расчетной модели и оценить её достоверность. Полученные в результате моделирования значения, которые показали минимальное расхождение с экспериментальными данными, были использованы далее при моделировании уже более сложной геометрии изделия.

Проведенный патентный поиск показал, что чаще всего в приборостроении из таких сплавов изготавливаются провода, пружины, торсионные стержни, консольные ленты и диски. Эффект памяти формы в сплавах NiTi не ограничивается линейным растяжением или сжатием. Больших изменений формы можно добиться также при изгибе и кручении. Соответственно,

существует много возможностей относительно использования таких сплавов в приборостроительной промышленности. В качестве примера использования системы инженерного анализа при проектировании устройств, была выбрана термочувствительная пружина, которая может быть включена в конструкцию современных актуаторов (приводов). Использование пружин из никелида титана в приводах возвратно-поступательного движения, позволяют упростить конструкцию за счет исключения, например, электродвигателя и винтовой передачи. Задача оценки поведения пружины при её деформировании в процессе эксплуатации решается при помощи моделирования её контакта с плоскостью сжатия.

**Выводы.** Результаты моделирования растяжения цилиндра показали, что термомеханическая модель наилучшим образом описывает поведение сплава в мартенситном (низкотемпературном) и смешанном состоянии. Тогда, как при повышении температуры (аустенитное состояние) мы наблюдали наибольшее расхождение с результатами эксперимента. Для более подробного изучения особенностей данной модели, необходимо дальнейшее её исследование для систематизации полученных данных и оценки возможности построения новой математической модели напряженно-деформированного состояния сплавов с памятью формы.

Моделирование поведения термочувствительной пружины даёт возможность оценить величину рабочего хода исполнительного механизма, а также температуру начала движения и геометрические параметры будущего устройства.