

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Шадурский А.В.

УО «Полоцкий государственный аграрно-экономический колледж»
Полоцк, Беларусь, E-mail: pgaek@tut.by

Пьезоэлектрические ультразвуковые приводы находят широкое применение в технике и могут использоваться в качестве элементов манипуляторов, для перемещения грузов и подвижных частей различных механизмов, а также для создания мобильных роботов и быстродействующих исполнительных устройств систем управления. Отсутствие обмоток и простота технологии изготовления не являются единственными преимуществами пьезоэлектрических приводов. Высокая удельная мощность, большой КПД, отличные механические характеристики, отсутствие излучаемых магнитных полей и ряд других преимуществ пьезоэлектрических двигателей позволяют применять их для решения разнообразных технологических задач.

Основным недостатком известных пьезоэлектрических приводов перемещения [1] является то, что они содержат большое количество управляющих и регулирующих элементов. Использование данных элементов уменьшает устойчивость системы, затрудняет регулирование и управление в целом, приводит к высоким энергетическим затратам и чаще всего не дает желаемого результата и точного позиционирования.

Этого недостатка лишены ультразвуковые приводы, управление которыми осуществляется методом, описанным в работе [2]. Согласно данному подходу геометрические размеры исполнительных элементов выбираются с близкими резонансными характеристиками. При этом схема управления оказывается довольно простой, так как возбуждение колебаний происходит только от одного генератора ультразвуковых колебаний.

Целью данной работы стало выявление характера поведения пьезоэлектрического привода с исполнительными элементами, выполненными из никелида титана, а также установление характера распределения температуры внутри исполнительных элементов. Сплавы с памятью формы способны восстанавливать значительные неупругие деформации при нагревании. Использование таких материалов в приводах позволяет увеличить количество их степеней свободы, расширив тем самым область их практического применения. Т.е. помимо заданного движения по плоскости возможно перемещение в вертикальном направлении, вращательное движение. Например, сначала привод за счет реализации ЭПФ в исполнительных элементах поднимает (опускает, поворачивает) груз, а затем перемещает в необходимом направлении.

При моделировании процессов теплопереноса в металле, претерпевающем при нагревании фазовые превращения, необходимо знать температурную зависимость ряда физических характеристик сплава. При расчетах были использованы данные для модуля упругости и для удельной теплоемкости, полученные соответственно методами динамического механического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии.

Прирост температуры в каждой точке исполнительного элемента привода описывается уравнением, которое было получено методом преобразований Лапласа:

$$\Delta T_1(x, t) = T_1 - T_0 = \frac{E \varepsilon_{\text{пз}} Q^{-1} f}{2a_1} \cdot \left[\frac{\chi_1 t}{2} - \frac{1 - e^{-2k \chi_1 t}}{8k^2} \cos 2k(l-x) - 2k^2 \chi_1^2 \times \right. \\ \left. \times \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \int_0^t \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{2(m+1)l-x}{2\sqrt{\chi_1 \tau}} \right) + \operatorname{erfc} \left(\frac{(2m+1)l+x}{2\sqrt{\chi_1 \tau}} \right) \right) \cdot \frac{1 - e^{-4k^2 \chi_1 (t-\tau)}}{4k^2 \chi_1} d\tau \right]$$

Параметр Q^{-1} (внутреннее трение) так же зависит от температуры. В расчетах была использована зависимость, графически представленная на рисунке 16.

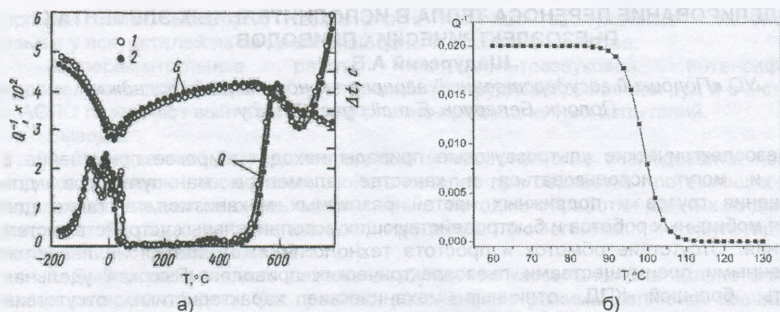


Рисунок 1 – Экспериментальная (а) [3] и используемая (б) в модели зависимость внутреннего трения от температуры

Для изменения траектории движения исполнительных элементов из сплава с ЭПФ в заданной последовательности, уменьшения времени ультразвукового инициирования фазового превращения возбуждение в сплаве УЗК осуществлялось последовательно на нескольких резонансных частотах. Переключение на новую резонансную частоту в момент, когда в узловых точках была достигнута температура обратного мартенситного превращения, позволило значительно быстрее реализовать эффект памяти формы по исполнительному элементу.

В работе исследовался и альтернативный метод уменьшения времени формовосстановления исполнительного элемента привода. В частности, добиться более быстрого срабатывания эффекта памяти формы удалось путем электроконтактного нагрева образца переменного сечения. Тепловая картина, полученная с помощью тепловизионной камеры, свидетельствовала о достижении температуры обратного мартенситного превращения сначала в точках с меньшим поперечным сечением, а затем и по всему исполнительному элементу в целом.

Полученные результаты подтвердили работоспособности компьютерной модели ультразвукового нагрева образцов с памятью формы, а так же возможность реализации обратного термоупругого превращения посредством токового нагрева.

Список литературы:

- 1) Ерофеев А.А. Пьезоэлектрические устройства автоматики. – Л.: Машиностроение, 1982. – 212с.
- 2) Minchenya, V. Study of microrobots operating in the mode of steerable resonance / V. Minchenya, D. Stepanenko, V. Lysenko, A. Chigarev, K. Zimmermann // Proc. of the 53rd International Scientific Colloquium «Prospects in mechanical engineering». – Ilmenau, 2008.
- 3) Ооцука, К. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука, К. Симидзу, Ю. Судзуки и др. // Под ред. Фунакубо Х.: пер. с японск. – М.: Металлургия, 1990. – 224 с.