

СТЕНД ЗА ИЗПИТВАНЕ НА СПЛАВИ С ПАМЕТ НА ФОРМАТА

Янко РАЛЕВ¹ Тодор ТОДОРОВ²

¹катедра „Теория на механизмите и машините“, Технически университет - София, България
e-mail: yrlev@tu-sofia.bg

²катедра „Теория на механизмите и машините“, Технически университет - София, България
e-mail: tst@tu-sofia.bg

Резюме: В статията е описан стенд за изпитване на сплави с памет на формата. Устройство е предназначено за учебни и научно-изследователски цели. В конструкцията са заложени възможности за изследване на сплави с различни дължини и сечения. Конструкцията на стенда е базирана на винтова двойка, променяща работната част и универсално закрепване. Сплавите с памет на формата се активират при повишаване на температурата, което може да се постигне с помощта на електрическа енергия или друг вид температурно въздействие. С помощта на силов сензор и лостова система се регистрира силата, генерирана от сплавта, а термодвойка измерва моментната температура на обекта. Изпитваният образец се деформирана чрез пружина и при активация възвръща първоначалната си дължина като така се реализира преместване, което се отчита от сензор за позиция. Чрез точен резистор се измерва тока във веригата. Отчита се и електрическото напрежение, като така се получават данни за електрическото съпротивление и входната мощност. Всички данни се записват едновременно в реално време от специализирана система на National instruments® и се обработват от компютър чрез програма на LabVIEW.

Ключови думи: Сплави с памет на формата, фазова трансформация, ефект на памет на формата

1. Увод

Сплавите с памет на формата (СПФ) се разглеждат като интелигентни, умни или функционални материали. Интелигентните материали по дефиниция трябва да могат да разпознаят външно въздействие, да обработят сигнала от това въздействие, да реагират по определен начин и по възможност да се самозахранват енергийно. Пиезоелектричните полимери, керамики или кристали, магнетостриктивните материали магнито- и електрореологичните флуиди, електроактивните полимери и сплавите с памет на формата и магнитните сплави с памет на формата са примери за умни материали. При тях изходната величина е механично действие, възбудено от електрическо, магнитно поле или температура, внесена на входа.

Изследванията на сплави с памет на формата в днешно време са на сравнително високо ниво, но все още в каталозите на фирмите липсват някои важни данни за измененията на напреженията при аустенитна и мартензитна

¶

¶

¶

фаза, за стойностите на модула на Юнг и други по-специфични данни. Разработването на нови устройства изисква познаването на свойствата на материалите по-задълбочено от данните в каталозите. Изследванията на сплавите с памет на формата са по-добре развити по отношение на тяхното приложение като актуатори, но са на по-ниско ниво по отношение сензорните им свойства. Един от възможните сензорни сигнали е изменението на тяхното електрическо съпротивление.

Поради тези причини, за да се получат необходимите данни за определен материал от сплави с памет на формата най-бързият и евтин подход се оказва тяхното непосредствено изпитване за целите, за които са предназначени.

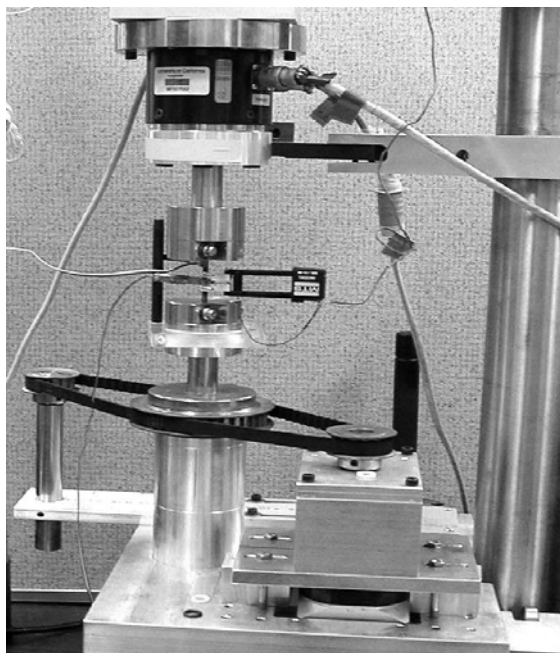
Литературното проучване показва, че все още има възможности за задълбочаване на изследванията при СПФ. Цел на настоящата статия е да се опише проектирането и изграждането на стенд за едновременно измерване на сила, (механично напрежение), преместване, температура, електрическо

напрежение и ток като освен основните характеристики, косвено се изследва промяната на електрическото съпротивление и загубите в системата.

2. Проучване на експериментални установки за изследване СПФ

За изследване на сплавите с памет на формата са разработени редица стендове и експериментални установки за различни цели.

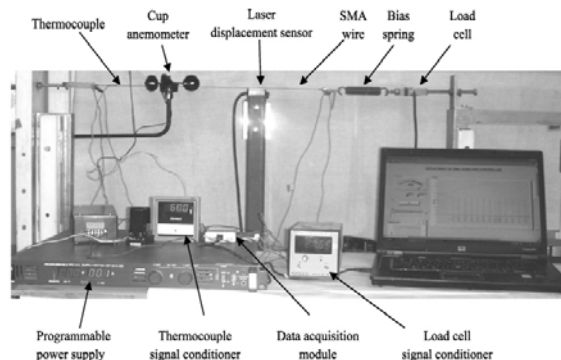
В катедрата по материалознание и инженерство, на Калифорнийския университет, Бъркли е създаден стенд за разглеждане на ефекта памет на формата (фиг.1) при двусно натоварване на кухи тънкостенни тръби, изработени от сплав с памет на формата [3].



Фиг.1 Изпитване на супер еластичен ефект на нитинолова тръба при двусен товар в Калифорнийския университет, Бъркли [3].

В Националната космическа лаборатория, Бангалор, Индия по експериментален път са определени основните характеристики на сплави с памет на формата. За целта е разработен специализиран стенд, показан на фиг. 2. Използвани са сензори за сила, позиция,

температура и сензори за дебит на въздушното течение. Системата е опростена максимално като всяка една отчетена стойност от сензорите се регистрира от специализирани уреди и се записва в компютър [4].



Фиг. 2 Експериментална установка за изследване на задвижване чрез СПФ с адаптивен контрол на позицията, разработен в Националната космическа лаборатория, Бангалор, Индия [4]

В Световната Академия на науките, инженерството и технологиите (Китай) са разгледани фазовите трансформации при СПФ [5]. Използваният в този труд метод за определяне на фазови трансформации показва, че чрез универсална машина за опън-натиск може да постигат много добри резултати при изследване на СПФ (фиг.3).

При провеждане на експеримента е използван Flexinol тел с дължина 500 mm, който е опънат с постоянна сила и чрез електрическо напрежение е нагрят бавно и след това охладен при изключено напрежение. Максималната температура на нагряване достига 100 C°. Резултатите от експеримента ясно очертават начало (As, Ms) и край (Af, Mf) съответно на аустенитна и мартензитна фаза. Резултати от изследването са дадени в Таблица 1 [5]. Тук As, Ms са съответно началните температури на аустенитна и мартензитна фаза, а Af, Mf са крайните температури съответно за

аустенитното и мартензитното фазово превръщане.



Фиг. 3 Стенд за изследване на фазови температурни трансформации при СПФ в Световна Академия на науките, инженерството и технологиите [5]

Табл. 1. Данни от стенда на фиг. 3

Сила [N]	As [C°]	Af [C°]	Ms [C°]	Mf [C°]
0.0	54.75	62.83	48.08	40.20
5	51.89	58.58	46.79	24.91
10	56.12	69.90	52.65	46.33
15	62.64	76.24	66.09	58.17
20	60.76	71.05	68.00	57.14

Изследвания на актуатори със СПФ за управление на клапани се провеждат в катедра „Теория на механизмите и машините“ в Техническия университет - София в продължение на около 10 години. Клапаните се управляват чрез струна от СПФ, която позиционира изпълнителното звено на определено положение, след което се фиксира чрез специален едностранен съединител. Така след задаване на позицията захранването на

сплавта се изключва и се пести енергия. Чрез разработения в катедрата стенд се изследват различни опитни образци на радиаторни клапани за отопление на сгради. фотография на такъв стенд е показан на фиг. 4 [1]



Фиг. 4 Стенд за изследване на радиаторни клапани управлявани чрез СПФ разработен в катедра ТММ, ТУ-София [1].

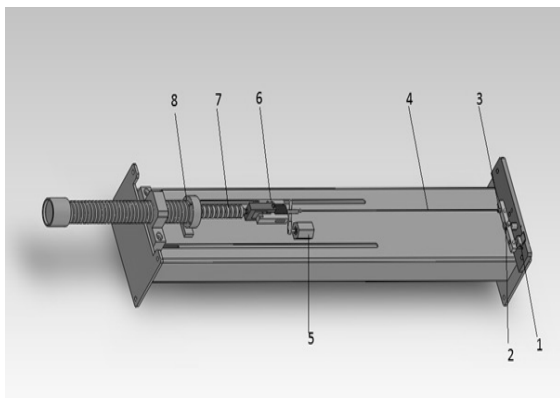
Стендът е проектиран за едновременно измерване на характеристиките температура, преместване и сила. Чрез елиминиране на времето се получават хистерезисни криви, чрез които се определя коефициентът на полезно действие. Особеност на системата е, че е пригодена само за определен тип устройства и при изследването им се отчита не само свойствата на СПФ, но и влиянието на допълнителни механични фактори като триенето в кинематичните двоици, загубите от вътрешното триене в клапана и актуатора.

3. Моделиране на стенда и принцип на действие

Стендът е проектиран да измерва във функция на времето следните основни характеристики: температура на СПФ; силата генерирана от изследваната струна; преместването; съпротивлението; токът; електрическото напрежение. Уредът разполага със съединител за мигновено разтоварване на изпитвания детайл и винтова двойка за промяна на дължината на монтираната струна.

Създаден е Solidworks 3D модел стенда показан на фиг. 5.

Общият вид и устройството на стенда са изобразени на фиг. 6. Изпитваната сплав с памет на формата е закрепна между лост (2) и съединител (6). Сплавта е обтегната чрез

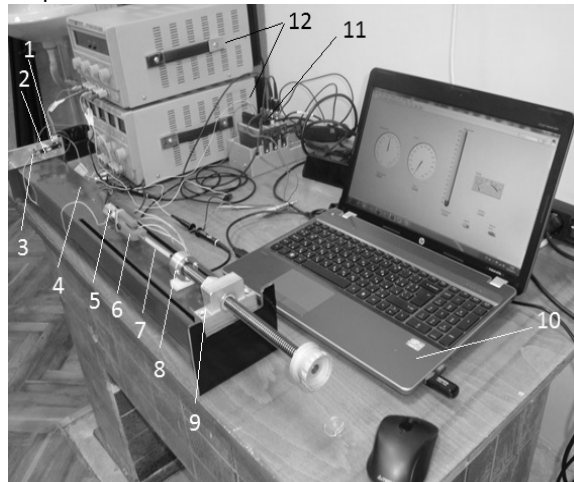


Фиг. 5 3D модел на стенда за изпитване на СПФ: 1. Сензор за сила; 2. Лост; 3. Термодвойка; 4. Изпитвана СПФ; 5. Сензор за позиция; 6. Съединител; 7. Пружина; 8. Винтова двойка

пружина (7) и винтова двойка (9). Благодарение на външното електрическо захранване (12) е активирана монтираната струна от СПФ (4), която променя дължината си и реализира натиск в сензор за сила (1). Сензор за позиция (5) отчита движението на свободния край на сплавта, а термодвойка (3) определя моментната температура. Аналоговият сигнал, генериран от измервателните сензори се преобразува в цифров чрез модули (11) NI9234 и NI9211 на фирма National instruments и система за събиране на данни NI cDAQ 9174. За обработка на цифровия сигнал е използван лаптоп (10) с програма на LabVIEW, чрез която е създадено приложение за запис на данните на Excel. Получените резултати са обработени чрез числени методи и основните характеристики на изпитваната сплав с памет на формата са визуализирани графично.

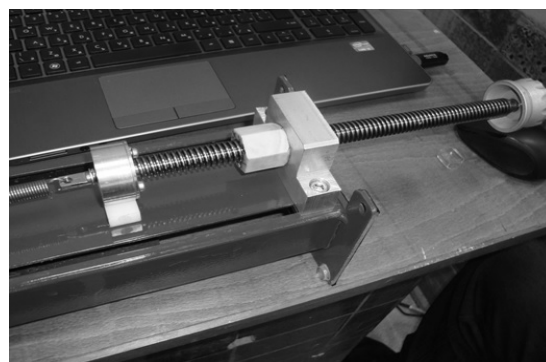
Стендът е изработен след създаване на пълна техническа документация на SolidWorks. Основните детайли са изработени на

универсални машини в работилниците на ТУ-София.



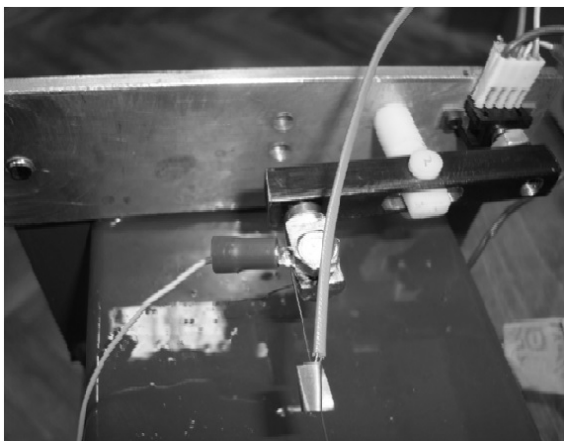
Фиг. 6 Общ вид на стенда

На фиг. 7 е показана системата за регулиране на струната от СПФ. Винтовата гайка има възможност да се позиционира в произволно положение в канали изработени в корпуса като по този начин се постига груба настройка. Финото регулиране на опъна се осъществява чрез винта, в края, на който е разположен ротационен съединител, който ограничава въртеливото движение на гайката. Изходът на ротационния съединител е свързан с натоваващата пружина. Постигнато е регулиране на началната дължина на изследвания образец от 5 до 1000 mm.



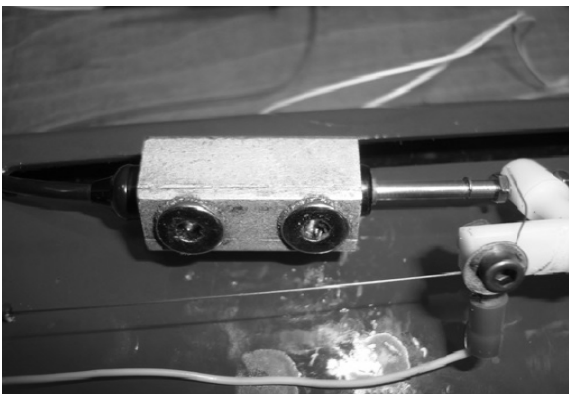
Фиг. 7 Система за регулиране на първоначалния опън (винт, гайка, стойка, ротационен съединител, пружина)

На фиг. 8 е показана лостовата система на силовия сензор и термодвойката. Максимално допустимата сила на сензора е 50 N. Термодвойката е от J тип и измерва температура до 200 °C.



Фиг. 8 Лостова система, сензор за сила и термодвойка

На фиг. 9 е показан сензорът за позиция. Той се захваща с магнити към стойката и може да се премества в зависимост от дължината и деформацията на струната. Линейният обхват на сензора е 20 mm.



Фиг. 9 Сензор за позиция

В електрическата верига на стенда е включен точен резистор от 10 Ω , от пада, на който косвено се измерва токът като полученото напрежение се умножава по 10. По този начин е

създадена възможност да се използва стандартна сонда с коефициент на усилване 10 за директно измерване на тока.

4. Заключение

Проектиран и изработен е стенд за изпитване на сплави с памет на формата с възможност за изпитване на сплави с различна форма на сечението и дължина от 5 до 1000 mm.

Създадена е възможност за измерване на натоварвания до 50 N.

Чрез електрически ток изпитваните СПФ може да се загряват до 200 °C.

Чрез система за събиране на данни (DAQ) в реално време едновременно може да се записват данни от всички сензори и точното съпротивление. Получените данни се записват в текстови файлове, удобни за обработка от Excel, Matlab, Maple и други приложения.

Така конструираният и изработеният стенд е функционален и предоставя широки възможности за изследване на СПФ.

Устройството предстои да бъде внедрено в учебната програма на ТУ-София и с него се цели да се провеждат лабораторни упражнения и научни изследвания. Стендът може да бъде включен в научно-изследователски проекти, изследвания и опити, за да се придобият нови данни и знания за СПФ.

Благодарности

Изследванията са финансирани по дог. No 152ПД00012-05 на НИС към ТУ-София.

Литература

1. **Тодоров Г., Тодоров Т.**, Ръководство за лабораторни упражнения по технология, конструиране и приложение на MEMS, ТУ-София, 2011, стр. 75-77.
2. **Logoudas D.**, Shape Memory Alloys Modeling and Engineering Applications, Springer Science+Business media, 2008
3. **McNaney J., Inbeni V., Jung Y.**, An experimental study of the superelastic effect in a shape-memory Nitinol alloy under biaxial loading, Mechanics of Materials Vol. 35, 2003, pp. 969–986

4. Senthilkumar P., Dayananda G., Umapathy M., Shankar V., Experimental evaluation of a shape memory alloy wire actuator with a modulated adaptive controller for position control, Smart Materials and Structures, Vol. 21, (1) , 2012, 015015.

5. Choon T., Salleh A., Jamian S., Ghazai M., Phase Transformation Temperatures for Shape Memory Alloy Wire, Enformatika, 2007, pp. 304-307.

EXPERIMENTAL SETUP FOR SHAPE MEMORY ALLOYS INVESTIGATIONS

¶

Yanko RALEV¹ Todor TODOROV²

¹Theory of mechanisms and machines, Technical university-Sofia, Bulgaria
e-mail: yrlev@tu-sofia.bg

²Theory of mechanisms and machines, Technical university-Sofia, Bulgaria
e-mail: tst@tu-sofia.bg

¶

Abstract: This paper describes an evaluation setup for testing of shape memory alloys (SMA). The device is intended for class learning research purposes. The design provides options to handle SMA of different lengths and sections owing to a screw couple with adjustable working part and general purpose fixture. Shape memory alloys are actuated by heating which is achievable by means of electrical energy or other type of temperature sources. Force generated by SMA is registered by a force sensor and lever system. The instantaneous temperature of the sample is measured by a thermocouple. A test wire is deformed by a spring and at actuation recovers its original length. This displacement is measured by a position sensor. A precise resistor is used to measure current in the circuit. Voltage is also measured and in this way data for electrical resistance and input power is obtained. All data is real-time recorded simultaneously by a National Instrument[®] specialized system and computer processed by LabVIEW software.

¶

Keywords: shape memory alloys; phase transformation; effect of the shape memory
