

Caracterização e Projeto de Controle para um Atuador Composto por Ligas com Memória de Forma

Characterization and Control Design for a Actuator Composite of Shape Memory Alloy

RESUMO

Hyam Gabriel Almeida Francisquetti
Hyam_francisquetti@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Frederic Conrad Janzen
fcjanzen@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Ligas de Memória de Forma estão tendo importante atenção nos estudos atuais, isso se dá por causa de suas propriedades interessantes que permitem aplicações de engenharias muito diversas e relevantes. Uma dessas propriedades é a memória de forma, que é a capacidade de voltar a um estado anterior a partir de uma excitação, com essa propriedade é possível projetar e aplicar um controle para que haja aplicações na área de vibrações. O tipo de liga estudada nesse trabalho é a liga de Nitinol, que possui a propriedade de memória de forma. Com isso, o objetivo do trabalho é, primeiramente, caracterizar um fio dessa liga a partir de uma bancada previamente instrumentada e validada e, a partir desses estudos, modelar matematicamente o fio, projetar o controle e aplicar no controle de vibrações. Portanto, o trabalho apresenta uma bancada validade que torna possível a caracterização do fio além gráficos de comportamento e treinamento do fio.

PALAVRAS-CHAVE: Liga de Memória de Forma. Caracterização. Modelagem.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

SHAPE MEMORY ALLOYS ARE RECEIVING IMPORTANT ATTENTION IN CURRENT STUDIES, BECAUSE OF THEIR INTERESTING PROPERTIES THAT ALLOW VERY DIVERSE AND RELEVANT ENGINEERING APPLICATIONS. ONE OF THESE PROPERTIES IS SHAPE MEMORY, WHICH IS THE ABILITY TO RETURN TO A PREVIOUS STATE FROM AN EXCITATION, WITH THIS PROPERTY IT IS POSSIBLE TO DESIGN AND APPLY A CONTROL FOR APPLICATIONS IN THE AREA OF VIBRATIONS. THE TYPE OF ALLOY STUDIED IN THIS WORK IS NITINOL ALLOY, WHICH HAS THE SHAPE MEMORY PROPERTY. THUS, THE OBJECTIVE OF THIS WORK IS, FIRSTLY, TO CHARACTERIZE A WIRE OF THIS ALLOY FROM A PREVIOUSLY INSTRUMENTED AND VALIDATED WORKBENCH AND, FROM THESE STUDIES, MATHEMATICALLY MODEL THE WIRE, DESIGN THE CONTROL AND APPLY IT TO THE CONTROL OF VIBRATIONS. THEREFORE, THE WORK PRESENTS A VALIDITY BENCH THAT MAKES POSSIBLE THE CHARACTERIZATION OF THE THREAD AS WELL AS GRAPHS OF BEHAVIOR AND WIRE TRAINING.

KEYWORDS: Memory Shape Alloy. Characterization.

Modeling .

INTRODUÇÃO

Shape Memory Alloys (SMA) ou Liga de Memória de Forma é um tipo de material que vem sendo estudado e caracterizado para aplicá-lo em diversas áreas da engenharia, como o controle de vibração e o uso desse tipo de material para ser usado tanto como sensor como atuador ao mesmo tempo. Esse grupo de liga de material metálico tem a capacidade de retornar a uma forma anterior após a aplicação de um sinal de excitação, essa habilidade foi nomeada de memória de forma. Esse fenômeno acontece devido ao deslocamento na estrutura cristalina do material na troca de fases entre a austenita e a martensita, a austenita se mostra presente em baixas temperaturas, enquanto a martensita em altas temperaturas. Fenômeno esse importantíssimo para a aplicação desse material na engenharia. No então é importante caracterizar o material antes de usá-lo para entender corretamente o comportamento dele em trabalho.

Com isso, esse trabalho tem o objetivo de caracterizar um fio SMA, esse fio é composto de níquel e titânio (NiTi). Nesse fio será medido características do material sob condições preestabelecidas, relacionando temperatura, corrente e deslocamento do fio sob aplicação de tensão.

Após a caracterização desse fio será feito um estudo comparativo do modelo matemático proposto por Elahinia [1] aos resultados obtidos experimentalmente a fim de refinar o modelo matemático.

O modelo matemático adotado nesse estudo é o do Elahinia [1] que otimizou o modelo existente de Liang e Brinson que era o suficiente para a maioria dos casos, menos para os casos que possuíam carregamento complexo, que não possuía resultados que condizem com os vistos experimentalmente. Em que o modelo matemático é o apresentado na equação 01.

$$\xi = (\xi_M/2) \{ \cos [aA (T - A_s) + bA \sigma] + 1 \} \quad \text{eq. 01}$$

onde,

ξ é a fração de martensita que varia de valor entre 0 (fase austenítica) e 1 (fase martensítica);

ξ_M é o mínimo de fração martensítica que o fio tem durante o resfriamento;

aA é um parâmetro de ajuste de curva que possuem valor de acordo com a equação 02;

$$aA = \pi / (A_f - A_s) (T - T_c) \quad \text{eq. 02}$$

T é a temperatura do fio;

A_s é a temperatura que começa a fase austenítica;

A_f é a temperatura que termina a fase austenítica;

bA é outro ajuste de curva que é de acordo com a equação 03.

$$bA = (-A_a) / CA (T - T_c) \quad \text{eq. 03}$$

sendo CA mais um ajuste de curva.

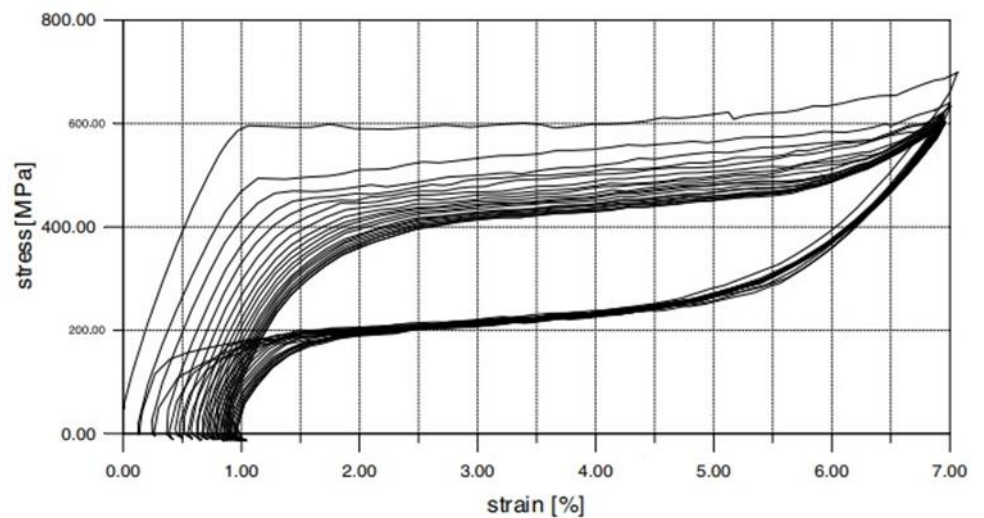
METODOLOGIA

Para caracterização do fio de 110 mm, primeiro foi realizado a modelagem 3D de suportes para o fio de modo que o fio fique sempre tensionado por meio de pesos que ficam em uma ponta, e que consiga ter liberdade para ter seus deslocamentos a cada variação de temperatura. Após a modelagem 3D, foi realizado a prototipagem das peças. Essa prototipagem foi feita por meio de uma impressora 3D do laboratório da UTFPR. Depois de fabricado o protótipo dos suportes para o fio começou-se a etapa de instrumentação. Os sensores utilizados foram um sensor capacitivo de posição analógico para medir a posição, nesse ponto notou-se a necessidade de colocar uma chapa de alumínio acoplado ao suporte para que o sensor pudesse reconhecer a variação de posição. Foi também utilizado um sensor de corrente ASC712 para medição a corrente e uma rede de fibra ópticas para medição e temperatura com 8 redes de Bragg. Além disso foi utilizado um divisor resistivo para medir a tensão, diminuindo a tensão do sistema de 10V para 5V, tensão máxima que o controlador utilizado suporta em suas portas. É necessário controlar e transportar a corrente enviada ao sistema para observar e relacionar o fenômeno físico (memória de forma) aos parâmetros físicos (corrente, temperatura, posição e tensão), para isso foi utilizado uma chave que serve de canal para o sinal PWM utilizado para essa comunicação entre fonte e sensores e SMA. Para construção dessa chave PWM foi utilizado isolador óptico para caso tenha picos de tensão o controlador não queime. E um MOSFET como chave para o sinal do PWM. Também, foi utilizado um interrogador ótico I-MON para captação do espectro de cada ponto do SMA pelas redes de Bragg que estão gravadas na fibra ótica. Após ter colocado todos os sensores na bancada e integrado colocou-se uma CompactRIO NI 9381 para controlar o PWM que está no sistema. Todos os sensores, assim como a chave para o PWM está acoplado na CompactRIO. Para validação da bancada utilizou-se o software LabVIEW para montagem do programa e interação com a CompactRIO e assim obtenção dos gráficos da variação de posição e corrente.

RESULTADOS

Como resultado imediato foi possível notar que o fio que estamos utilizando é um fio de mão única, ou seja, após aplicação da corrente com a tensão ele deforma, no entanto, não ocorre o retorno facilmente. Com isso, faz-se necessário o treinamento do fio. Para isso, basta criar e rodar o programa no LabVIEW e deixar para que o fio adquira a habilidade de retornar sozinho. Com isso obtém-se o Gráfico 1.

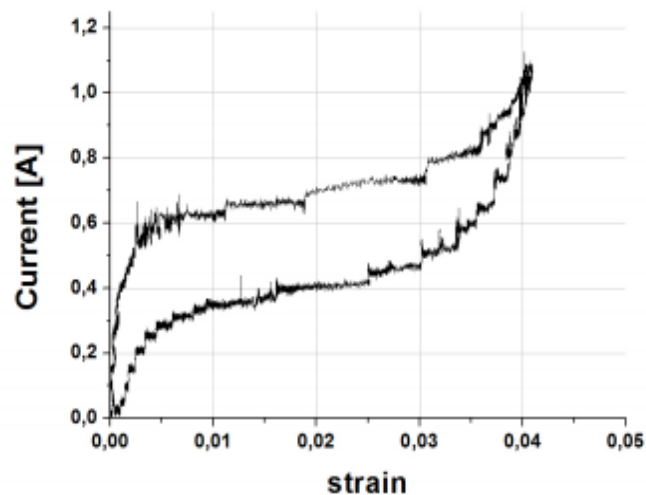
Gráfico 1. Gráfico de treinamento do SMA



Fonte: Auricchio (2003).

Também é possível ver a histerese do SMA com a aplicação da corrente e após o treinamento. Essa histerese é representada no Gráfico 2.

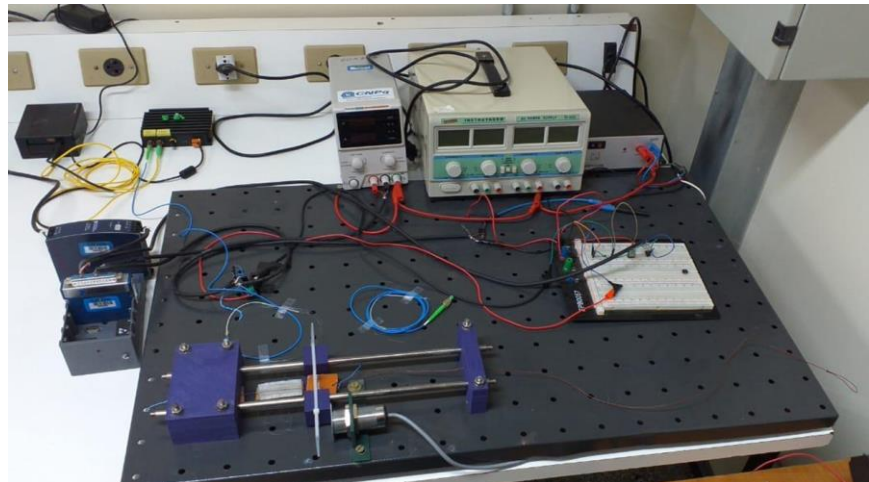
Gráfico 2. Histerese observada no SMA.



Fonte: Janzen (2016).

Esses resultados também validam a bancada utilizada e montada no projeto, essa bancada é possível ser vista na Figura 1. Nela estão todos os sensores e fontes utilizadas, além do fio e seus suportes.

Figura 1. Bancada utilizada no projeto



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

Com isso, é possível concluir que a caracterização do fio é possível vinda a partir da bancada montada, validando assim o experimento, sendo um protótipo funcional. Com isso o próximo passo é caracterizar de fato o fio e validar o modelo matemático proposto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq por ter financiado o projeto e a UTFPR por ter cedido o espaço e equipamento.

REFERÊNCIAS

- [1] Elahinia, M. (2004). Effect of system dynamics on shape memory alloy behavior and control.
- [2] JANZEN F. C. Positioning and vibration control of a flexible structure in slewing motion by applying Shape Memory Alloys / Frederic Conrad Janzen, 2016
- [3] Janzen, F.C., Tusset, A.M. and Balthazar, J.M., 2016. "Positioning control of a flexible slewing structure by applying sliding mode control". In ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, pp. V008T10A013–V008T10A013.

[4] LAGOUDAS, Dimitris. Shape Memory Alloys. Texas, USA: Springer, 2008. ISBN 978-0-387-47684-1.

[5] AURICCHIO, F; MARFIA, S; SACCO, E. Modelling of SMA materials: Training and two way memory effects. [S. l.]: Computers & Structures, 2003. DOI 10.1016/S0045-7949(03)00319-5. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0045794903003195?token=F15FCFD9B51B9C58CA6D01B8F752C8B930C7ACB7EB04716D4BB0869341FD3F93FE090CE E7B5EEF81B98D691731F91448>. Acesso em: 19 ago. 2019.