

Caracterização de um atuador composto por ligas com memória de forma

Characterization of an actuator compound of Shape Memory Alloys

RESUMO

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 engenharia 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 virações. 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, caracterizar um fio dessa liga a partir de uma bancada previamente instrumentada e validada e, a partir desses estudos, compreender o comportamento desse tipo de liga. Portanto, o trabalho apresenta uma bancada validada que torna possível a caracterização do fio além de gráficos de comportamento e treinamento do fio.

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

ABSTRACT

Forma memory leagues are receiving important attention in current studies, this is because of their interesting properties that allow applications of very diverse and relevant engineering. 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 so that there are applications in the area of turns. The type of alloy studied in this work is the nitinol alloy, which has the shape memory property. Thus, the objective of the work is to characterize a wire of this alloy from a previously instrumented and validated bench and, from these studies, to understand the behavior of this type of alloy. Therefore, the work presents a validated bench that makes it possible to characterize the thread in addition to graphs of behavior and thread training.

KEYWORDS: Memory Shape Alloy. Characterization. Hysteresis.

Hyam Gabriel Almeida
Francisquetti

hyam@alunos.utfpr.edu.br

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

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

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



INTRODUÇÃO

Shape Memory Alloy (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 no controle de vibração, podendo ser usado tanto como sensor e como atuador ao mesmo tempo. Esse grupo de ligas 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 entanto, é importante caracterizar o material antes de usá-lo para entender corretamente o comportamento dele em trabalho.

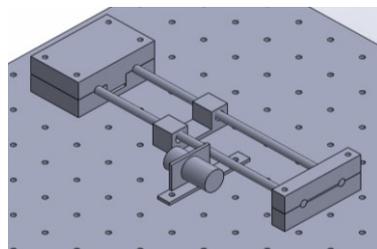
Com isso, esse trabalho tem o objetivo de caracterizar um fio de SMA, composto de níquel e titânio (NiTi), também conhecido como nitinol. Nesse fio serão medidas características do material sob condições preestabelecidas, relacionando temperatura, corrente e deslocamento do fio sob aplicação de uma corrente elétrica.

O modelo matemático adotado nesse estudo é o do Elahinia (2004) que otimizou o modelo existente de Liang e Brinson que atendia a maioria das aplicações, menos para os casos que possuíam carregamento complexo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para caracterização de um fio de NiTi fio de 110 mm, foi necessário projetar um experimento para garantir a precisão e repetibilidade das medições. Para tal, primeiro realizou-se a modelagem 3D de suportes para o fio de modo que o mesmo fique sempre tensionado por meio de pesos que ficam em uma das pontas, e que permitisse os seus deslocamentos a cada variação de temperatura. Além disso, foi necessário projetar os suportes de fixação das guias lineares e dos sensores. Como resultado dessa primeira etapa de projeto, tem – se um desenho 3D do protótipo de experimento a ser desenvolvido, como mostrado na Figura 1 que apresenta os modelos 3D desenhados em SolidWorks 2018 do experimento.

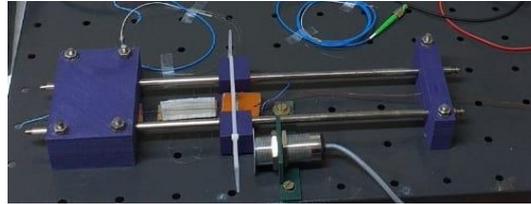
Figura 1. Modelo 3D do sistema de suportes e guias para o fio de SMA.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a modelagem 3D, foi realizado a prototipagem das peças. Essa prototipagem foi realizada por meio de impressão 3D, utilizando a impressora do laboratório V1-013 da UTFPR que foi montada e construída no laboratório baseada na placa ramps 1.4. Após a impressão das peças, o sistema foi montado como é mostrado na Figura 2.

Figura 2. Sistema de suportes impressos e montados.



Fonte: Autoria própria (2019).

Depois de fabricado o protótipo dos suportes para o fio iniciou-se a etapa de instrumentação do experimento. Para o experimento proposto, fez-se necessário a medição da corrente elétrica aplicada ao fio de SMA, do deslocamento gerado pela deformação do fio, e da temperatura do fio. Os sensores utilizados para tal, foram um sensor indutivo analógico para medir a posição e um sensor de corrente ASC712 para medição a corrente da festo de código SIEA-M30B-UI-S. A medição da temperatura estimada se dá através da equação de temperatura apresentada na Eq. (1).

$$T = (i^2 \times R - h_o \times S \times (T - T_{in}) - T \times V \times \xi) / \rho \times C \times V \quad (1)$$

onde, i é a corrente elétrica aplicada ao fio, R é a resistência elétrica do fio, h_o , é o coeficiente de convecção térmica, S a área de superfície, T a temperatura do fio, T_{in} a temperatura inicial, V o volume do fio, ξ a fração martensítica, ρ a densidade do material e C o calor específico do fio de SMA.

Para alimentação de todo o sistema foram utilizadas 3 fontes DC, conforme mostrado na Figura 3. Sendo a primeira, começando da esquerda, uma fonte ajustada para 5 Volts, para alimentação do sensor de corrente, a fonte central para alimentação do fio de SMA, e a fonte da direita para alimentar o sensor indutivo devido ao fato do mesmo ser alimentado por 24 V.

Figura 3. Fontes de alimentação para os sensores e para o SMA.



Fonte: Autoria própria (2019).

Por conta da saída do sensor de posição indutivo estar no padrão de 0 a 10 V, e do fato dos sistema de aquisição de dados ter suas entradas analógicas limitadas de 0 a 5 V, foi necessário utilizar um divisor de tensão resistivo, baseado em 2 resistores de 250 Ω , para medir a tensão, diminuindo a tensão do sistema de 0 a 10V para 0 a 5V.

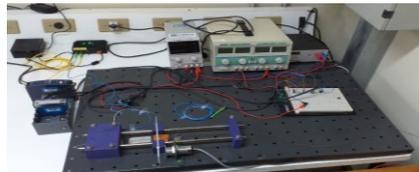
Para controlar a tensão aplicada ao fio de SMA, foi utilizado um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*) gerado pela controladora CompactRio NI cRio-9063 em que, estamos utilizando o módulo i/o NI9381. Com o intuito de proteger a saída analógica da controladora, foi desenvolvido um circuito de isolamento ótica o qual é composto de um optoacoplador 4N25 o qual é comandado pela saída PWM da

controladora e que aciona a base de um transistor TIP122 o qual atua como chave para permitir a passagem de corrente elétrica pelo fio de SMA.

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 conforme mostra a Figura 6.

Com isso a bancada para experimentação está completa. A Figura 4 apresenta uma imagem do experimento completo.

Figura 4. Bancada montada com todos os sensores e a CompactRIO.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para validação da bancada utilizou-se o software LabVIEW para montagem do programa de aquisição de dados e de controle e interação com a CompactRIO e assim obtenção dos gráficos da variação de posição e corrente.

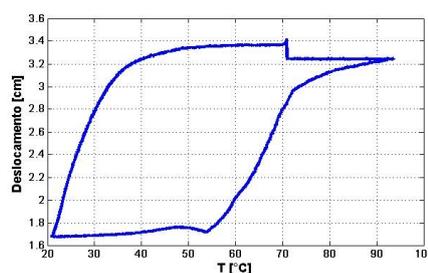
Para coleta dos dados, foram realizadas três sequências de experimentos, variando-se o *Duty Cycle* de 20%, para 40% e para 80%, sendo eles identificados como DC200, DC400 e DC 800 respectivamente. As variações foram realizadas por meio do programa criado no software LabVIEW.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Como resultado imediato foi possível notar que o fio de SMA utilizado era um fio de mão única, ou seja, após aplicação da corrente ele deforma sem que ocorra o retorno a fase anterior sem a aplicação de uma força externa. Esse tipo de característica é uma especificação do fio, que se observa na hora a obtenção do mesmo. Com isso, faz-se necessário o treinamento do fio. Para isso, foi criado um *loop* no programa LabVIEW para executar 30 ciclos seguidos, dando ao fio a habilidade de retornar sozinho a posição inicial, o que é conhecido como efeito de duas vias.

Agora, com os valores de tensão e corrente definidos e após a realização do tratamento dos dados obtidos, é possível notar os gráficos a seguir. A Figura 6 se refere a DC200.

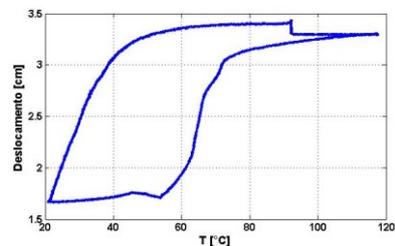
FIGURA 6. Gráfico obtido em DC200.



Fonte: Autoria própria (2020).

Já na Figura 7 temos a representação dos dados obtidos em DC400.

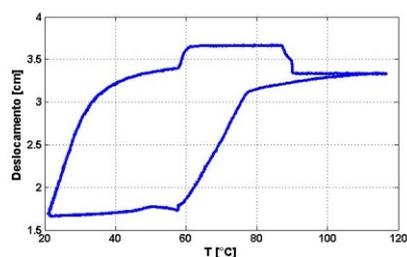
FIGURA 7. Gráfico obtido em DC400.



Fonte: Autoria própria (2020).

Por último a representação em DC800 está no FIGURA 8.

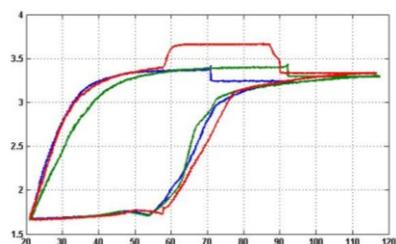
FIGURA 8. Gráfico obtido em DC800.



Fonte: Autoria própria (2020).

Para melhor entendimento dos valores dos gráficos representados, na Figura 9, os gráficos foram plotados de forma a ter os três valores sobrepostos, para entendimento da variação que ocorreria em cada um deles.

Figura 9. Gráfico obtido em DC200 no azul, DC400 no verde e DC800 no vermelho.



Fonte: Autoria própria (2020).

Com os resultados obtidos, representado pelos gráficos anteriores, é possível notar que todos eles, no momento em que a corrente é cortada e era esperado uma volta contínua da deformação do fio, há um ressalto em todos os três gráficos, esse ressalto é possivelmente interpretado com algum erro físico da bancada, provavelmente um atrito muito grande entre o suporte que carrega o fio e os eixos de movimentação, o que se evidencia pelo salto muito vertical que há em cada um dos gráficos. Também podemos notar que, independente do erro sistemático e do valor de corrente, o fio se comporta de forma muito parecida com o esperado e conforme se encontra na literatura, mudando apenas a temperatura máxima atingida, como já era esperado.

CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo desenvolver uma bancada de testes para caracterização de um fio de Liga com Memória de Forma, com o intuito de ajustar o modelo matemático apresentado por Elahinia, com o fio disponível no laboratório, para posteriormente permitir o projeto de um sistema para o controle o deslocamento do fio através da aplicação de corrente elétrica.

Como resultado da primeira etapa, um sistema experimental para caracterização foi projetado e montado, sendo apresentado na Figura 10.

Foram realizados três ensaios com a variação do *Duty Cycle* do PWM, sendo possível verificar que o comportamento do fio se manteve o mesmo variando apenas as temperaturas atingidas de um teste para outro, sendo possível validar o sistema experimental montado.

Mas como pode ser visto em todos os gráficos de deslocamento do sistema, um degrau inesperado aparece durante o resfriamento do fio, o qual foi atribuído a um atrito entre a guia linear e a bucha do suporte móvel cuja possível causa pode ser o desalinhamento de umas das guias, para resolver esse problema, sugere-se que faça uma nova impressão do carrinho que serve de suporte para o fio e par aos pesos com alinhamento correto ou utilizar de lubrificantes que diminuam ainda mais o atrito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa disponibilizada para realização desse trabalho, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ceder a estrutura para desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ELAHINIA, M. H. **Effect of system dynamics on shape memory alloy behavior and control. Dissertation** (Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering). Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, Virginia 2004.

JANZEN F. C. **Positioning and vibration control of a flexible structure in slewing motion by applying Shape Memory Alloys.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, 2016.

JANZEN, F. C.; TUSSET, A. M.; BALHAZAR, J. M. 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, Charlotte, North Carolina, 2016. **Anais...** American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2016.