

ESTUDO DA FADIGA MECÂNICA E DOS FENÔMENOS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA EM LIGAS DE TI-NI

Fernando Henrique Souza Silva¹; Cezar Henrique Gonzalez²

¹Estudante do Curso de Engenharia Mecânica- CTG – UFPE; E-mail: fernandoohenrique20@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Mecânica – CTG – UFPE. E-mail: cezarchg@yahoo.com

Sumário: O trabalho desenvolvido tem como objetivo a proposta de utilizar um dispositivo capaz de estudar a fadiga funcional e mecânica em atuadores de Ti-Ni com efeito memória de forma. Sendo de início os fios de Ti-Ni submetidos a um tratamento térmico de homogeneização seguido por uma tempera em água. Para obtenção das temperaturas de transformação de fase os fios foram submetidos a calorimetria diferencial de varredura. Com todas essas informações disponível, foram criadas molas helicoidais com os fios para atuar como atuadores e com o dispositivo proposto iniciou-se ciclos de tração e compressão do atuador em banho térmico programável. Para observar o efeito do ciclo rápido nos atuadores com relação, as temperaturas de transformação de fase, deu-se início a outra etapa denominada ciclo lento. Nessa etapa os atuadores foram submetidos a tração e consequentemente a uma tensão cisalhante no fio, enquanto eram submetidos a uma variação de temperatura.

Palavras-chave: dispositivo de fadiga; efeito memória de forma; ligas de Ti-Ni; transformação de fase;

INTRODUÇÃO

Os materiais com Efeito Memória de Forma (EMF) e superelasticidade possuem a característica de voltar a sua forma inicial após sofrer grandes deformações devidas suas propriedades termoelásticas. Tal efeito ocorre através de transformações de fases macroscópicas reversíveis induzidas por tensão ou temperatura em alguns casos por ambos.

Esses materiais estão inseridos no grupo de materiais funcionais, muitos estudos envolvendo essa classe tem possibilitado o surgimento de diversos atuadores e sensores que são aplicados em grandes áreas do conhecimento deste o desenvolvimento de válvulas de segurança para tubulações industriais até aplicações na área de ortodontia. Os atuadores e sensores de Ti-Ni atuam sobre o efeito de memória de forma reversível e sobre o efeito da superelasticidade provenientes das propriedades de transformação de fase termoelásticas da martensita.

A pesquisa aqui apresentada faz o estudo da fadiga estrutural e funcional das ligas de Ti-Ni em forma de molas helicoidais que serão usadas como atuadores. As respostas desses atuadores a estímulos externos foram observadas através da análise diferencial de calorimetria por varredura, ensaio mecânico e ensaios termomecânicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram realizadas leituras de artigos científicos a fim de adquirir maiores conhecimentos em relação às Ligas de Materiais Inteligentes com efeito memória de forma, suas propriedades, aplicações e desenvolvimento no mundo atual. Tendo além da leitura, a complemento do conhecimento através da orientação em laboratório.

Na parte pratica foram apresentados os fenômenos de fadiga e os procedimentos de tratamento do material para obtenção de propriedades. Nessa etapa teve início as atividades

de auxílio no monitoramento de tratamentos térmicos de homogeneização de 24 horas a temperatura de 500 °C em fornos de alta temperatura e tempera em água de 25 °C a fim de eliminar concentrações químicas das ligas. Posteriormente as observações das microestruturas através da microscopia ótica e de varredura além da análise diferencial por calorimetria para obter propriedades termodinâmicas das ligas. Uma etapa bem frequente foi o auxílio na montagem e desmontagem de sistemas que tinham como função estudar a vida em fadiga da superelasticidade, o qual possuía um movimento alternativo do tipo biela-manivela para poder exercer na mola um ciclo rápido característico de um ensaio de fadiga o era ensaio feito a temperatura constante. Um segundo sistema era utilizado para o ciclo lento esse com variação de temperatura submetido ao banho de silicone assim como o ciclo rápido. Durante a execução dos ensaios de fadiga, uma das etapas de grande importância era a observar se o sistema estava funcionando corretamente, verificar se os sensores de temperatura e posição estavam transmitindo valores corretos ao computador, e se a temperatura do ar ambiente da sala estava no ideal.

Depois de extraído os dados no ensaio, surgiu a necessidade de organiza-los em planilhas do Excel e depois transmitir ao software citado acima, Origin Pro, para obtenção de gráficos que demonstrassem o comportamento da mola em relação a suas transformações de fase com a variação de temperatura no ciclo lento de 15°C a 80°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo feito a análise de calorimetria no DSC, foram obtidas as temperaturas de transformação de fase, no gráfico de fluxo de calor em função da temperatura, figura 1, são mostrados dois picos de transformação, um durante o aquecimento o outro durante o resfriamento, não sendo observado, portanto, a presença da transformação romboédrica. Para a identificação dos pontos de transformação de fase foi utilizado o método das tangentes, obtendo dessa forma as temperaturas, $A_s = 57^\circ\text{C}$, $A_F = 74^\circ\text{C}$, $M_s = 39^\circ\text{C}$ e $M_F = 26^\circ\text{C}$. Podemos observar que ocorre transformação de fase a temperaturas próximas da temperatura ambiente da austenita para a martensita, e a temperaturas acima de 75°C nota-se o domínio da fase austenita.

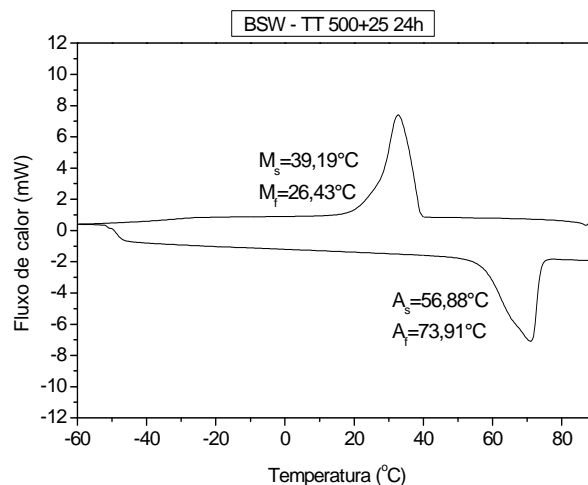


Figura 1. Curva DSC do fio BSW tratado a 500°C 24 horas.

A figura 2 exibe o comportamento das temperaturas críticas de transformação em função do número de ciclos. Os resultados são obtidos durante os ciclos lentos com a aplicação da tensão de 70MPa.

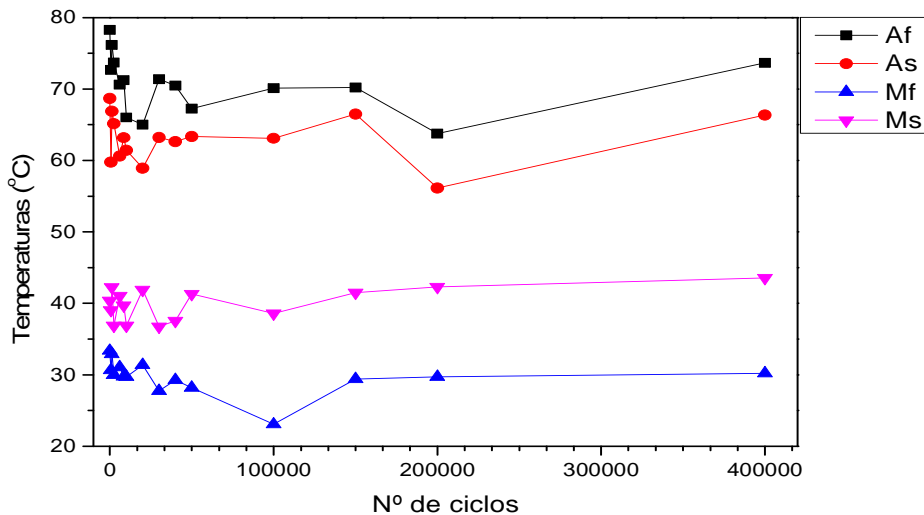


Figura 2. Temperaturas de transformação em função do Número de ciclos.

Como mostra a figura 3 os valores de As e Ms sofreram flutuações durante o aumento do número de ciclos sendo que desde o início das medições até o valor de 400k ciclos observou-se uma variação de 10°C para As e 7°C para Ms. Os valores esperados seriam uma redução da temperatura de chegada a austenita e um aumento da chegada a fase martensita, reduzindo assim a histerese.

A pesquisa mostrou que os ciclos rápidos permitiram a indução da martensita por tensão ao longo dos milhares de ciclo. Os ciclos lentos, foram usados para monitorar o comportamento dos parâmetros da transformação de fase entre cada segmento de ciclos rápidos, a figura 3 mostra o comportamento das deformações termoelásticas durante os 400k ciclos, as deformações termoelásticas são as recuperações de forma do atuador representada durante os ciclos lentos.

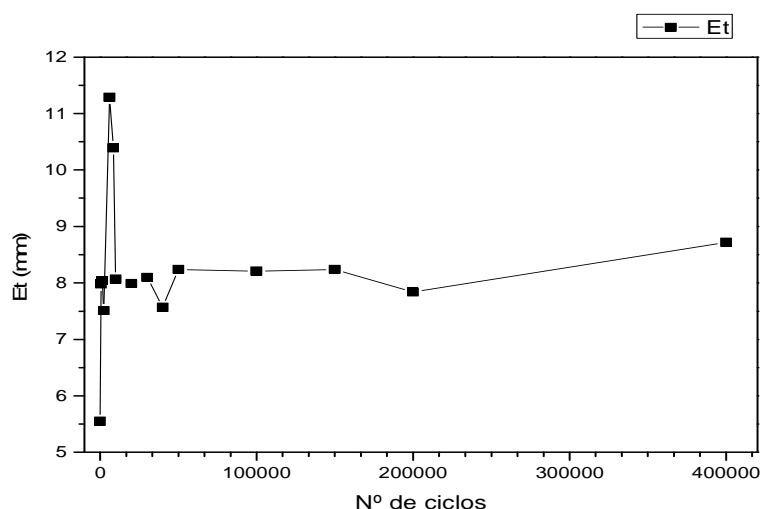


Figura 3. Comportamento da termoelasticidade em função do número de ciclos para a tensão de 270 MPa.

O gráfico mostra uma evolução na termoelasticidade nos primeiros ciclos, isso se deve ao início da orientação das variantes martensitas no sentido preferencial das cargas sendo aplicadas, após a reorientação das variantes no sentido da carga observou-se que a termoelasticidade manteve-se constante tendo sua recuperação de forma ocorrendo normalmente.

CONCLUSÕES

O dispositivo proposto para a realização dos testes de fadiga funcional e mecânica mostrou-se satisfatório com relação aos resultados das temperaturas de deformação, superelasticidade e histerese, que apresentaram evolução de acordo com o aumento dos números de ciclos de deformação. Um fator que precisa ser mais avaliado é o fato do atuador não ter sofrido grandes variações de deformações termoelastica tendo de considerar a hipótese de que é necessário aumentar o número de ciclos para poder observar se a fadiga funcional ou mecânica irá ocorrer.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

REFERÊNCIAS

- GRASSI, Estephanie Nobre Dantas. **COMPORTAMENTO TERMOMECÂNICO DE MINIMOLAS SUPERELÁSTICAS DE NiTi: INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS**. 2014. 115 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014
- SILVA, Karla Carolina Alves da et al. **DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA AVALIAR A FADIGA FUNCIONAL DE LIGAS DE TI-NI COM MEMÓRIA DE FORMA**. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 70., 2015, Recife. **Artigo**. Recife: 2015. p. 1 - 11.
- OLIVEIRA, C. A. N.; GONZALEZ, C. H.; PINA, E. A. C.; URTIGA FILHO, S. L.; Filho, O. O. A. e DE ARAÚJO, C. J. Heat Treatments and Thermomechanical Cycling Influences on the R-Phase in Ti-Ni Shape Memory Alloys. *Materials Research*. São Carlos, 13(3):2010.



XXIII CONIC

VII CONITI

IV ENIC