



F-609C - Tópicos de Ensino de Física I

Relatório Parcial

Ligas Metálicas com Memória de Forma

Aluno: Lucas Costa Soares ra:024373

Orientador: Adelino Aguiar Coelho – DFA - Grupo de preparação e caracterização de materiais.

1)Projeto

Descrição:

Será demonstrado neste experimento as duas propriedades especiais das ligas metálicas com memória de forma, em especial será utilizada a liga de Níquel-Titânio comercialmente chamada de Nitinol, que são a superelasticidade e o efeito de memória de forma, onde a liga recupera a sua forma original após uma deformação, simplesmente aumentando a temperatura.

Para isso será comprado a liga de Nitinol em forma de fios, onde poderemos molda-los em forma de figuras mais atrativas às pessoas que visitarem o evento. Para a realização do molde dos fios será utilizado os fornos de alta temperatura do DFA.

Será feita uma tentativa de produção da liga no próprio DFA, que se bem sucedida, poderemos obter o Nitinol em outros formatos como chapas e tubos para posterior molde em formas de até três dimensões.

Importância didática do trabalho:

Este trabalho permite expandir o conceito de mudança de fase. Normalmente, no ensino médio, aprendemos que mudança de fase de um composto apenas acontece quando vemos uma das transformações acontecerem: sólido-líquido-gasoso. No Nitinol podemos ver de forma bastante clara uma mudança de fase acontecer no estado sólido, chamadas austenita e martensita. Um dos problemas desta é que, a explicação precisa sobre o que acontece com os átomos, a rede cristalina e as energias envolvidas durante o fenômeno, pode se tornar muito complicada para alunos do ensino médio como também para os recém chegados no curso de física.

Originalidade:

As ligas com memória de forma são conhecidas desde a década de 60, mas ainda estão pouco difundidas no Brasil. Aqui seu maior uso é para a área médica sendo grande parte do Nitinol utilizado, importado . A demonstração das propriedades do Nitinol parece ser bastante comum no exterior podendo ser vistas várias apresentações sobre o assunto no Youtube (algumas colocadas nas referências).

Referências:

- <http://br.youtube.com/watch?v=rZpZhSdgdSI&feature=related>
(referência mais importante pois é uma vídeo-aula na Universidade de Berkeley na Califórnia do Dr. Alan Pelton sobre Nitinol, onde ele mostra a história, as propriedades, a física envolvida e os usos da liga)

Algumas outras referências e demonstrações das propriedades do Nitinol:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Shape_memory_alloy
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitinol>
- http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/atividades/TEXTOS/texto_1354.html
- <http://br.youtube.com/watch?v=Y7jjqXh7bB4>
- http://br.youtube.com/watch?v=mqBq_hQXj_o

Lista de materiais:

Será comprado Nitinol em forma de fios, neste caso me comprometo a arcar com os eventuais gastos. Utilização de níquel e titânio e fornos de alta temperatura do próprio DFA, para tentativa de fabricação e molde da liga.

2) Resultados atingidos e o que falta fazer

Neste início de experimento foi comprado em uma loja de produtos ortodônticos, arcos ortodônticos de Nitinol em forma de fios. Primeiramente testamos se eles tinham a propriedade de memória de forma e para isso colocamos um fio em nitrogênio líquido e, enquanto ele estava em baixa temperatura, foi possível moldá-lo em qualquer forma, mas a medida em que ele se aproximava da temperatura ambiente ele retornava a sua forma original de arco, até ficar exatamente como antes. Portanto o Nitinol adquirido é de boa qualidade e útil para fazer as apresentações.

Testamos também se estes arcos poderiam ser moldados em outra forma permanentemente e, para isso, fizemos um molde na forma de mola, onde colocamos o fio e o aquecemos, em um forno do Departamento de Física Aplicada, a 500°C por 5 minutos, resfriando-o rapidamente em água. O resultado foi muito bom, pois o fio em forma de arco adquiriu permanentemente a forma de uma mola e conservou suas propriedades de efeito memória apesar de uma aparente oxidação em sua superfície. Ainda será feito outros tipos de moldes para a apresentação.

Após uma pesquisa em papers e na internet sobre a fabricação do Nitinol, fizemos até agora três tentativas de produção da liga. Para fundir as amostras de níquel e de titânio foi utilizado a técnica de fundição por arco voltaico em ambiente inerte, isto é em uma câmara, onde se coloca as amostras em um cadinho de cobre refrigerado, é feito vácuo por uma bomba mecânica. Feito o vácuo, preenche-se a câmara com gás argônio e estabelece-se uma grande diferença de tensão entre um eletrodo móvel e as amostras até obtermos passagem de corrente elétrica. Assim uma alta temperatura é atingida e obtemos a liga NiTi ou nitinol.

A primeira e a segunda tentativa foi feita na câmara do Laboratório de Baixas Temperaturas. Foi produzido nestes casos um lingote de 5 gramas da liga de porcentagem atômica 50-50%. No primeiro lingote foi tentado uma laminação a temperatura ambiente, mas a amostra se mostrou muito dura e acabou se fragmentando em pedaços. O segundo lingote saiu da câmara com uma camada superficial bastante oxidada e por isso foi descartado pois a contaminação com oxigênio destrói a propriedade de memória de forma.

O terceiro lingote foi produzido da mesma maneira dos anteriores mas em uma câmara do Instituto de Engenharia Mecânica que é mais moderna e o risco de contaminação por oxigênio é menor. Neste caso produzimos um lingote de 30 gramas de NiTi de porcentagem atômica 50-50%. Antes de tentar fazer a laminação fizemos alguns testes na amostra para confirmar que realmente produzimos nitinol. Primeiramente cortamos 2 pequenos pedaços da amostra utilizando uma serra de diamante. Um dos pedaços foi lixado até ter o formato de uma pequena lâmina onde foi feito uma difração de raios-x para determinação das fases da amostra. O outro pedaço foi lixado e polido nas máquinas do Laboratório de Baixas Temperaturas para ser feita uma metalografia e determinar se a amostra é monofásica ou não.

A metalografia inicialmente mostrou uma amostra bem uniforme, portanto monofásica, mas após um ataque químico em sua superfície, foi observado claramente a presença de uma ou mais fases.

A difração de raios-x mostrou que a amostra não é monofásica. Uma segunda fase identificada como sendo Ti_2Ni foi observada. Consultando o diagrama de fases do composto de níquel e titânio será tentado um tratamento térmico na amostra a 1300°C para tentarmos eliminar essa fase. Os dados sobre a difração ainda não foram feitos de forma a serem colocados neste relatório e serão melhores mostrados no relatório final.

Caso não conseguirmos eliminar esta segunda fase formada na 3ª amostra iremos

tentar produzir outras amostras utilizando outras fontes de níquel e titânio para tentar uma maior pureza na liga.

3) Fotos e vídeos da experiência



Fig.1: Arco de nitinol comprado



Fig.2: Arco após ser colocado no nitrogênio líquido



Fig.3: Molde de mola e arco transformado em mola permanentemente



Fig.4: Forno de alta temperatura do DFA



Fig.5: Amostra dentro do forno do DFA a 500°C

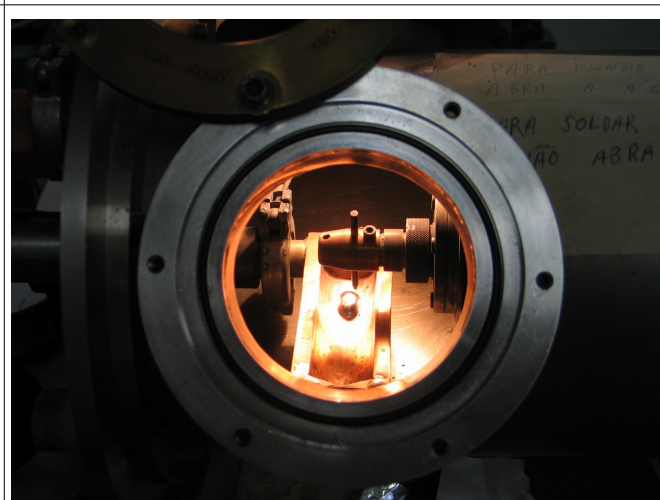


Fig.6: Câmara de fusão do Lab. De Baixas Temperaturas



Fig.7: Amostra sendo fundida dentro da câmara



Fig.8: Amostras 1 e 2 produzidas

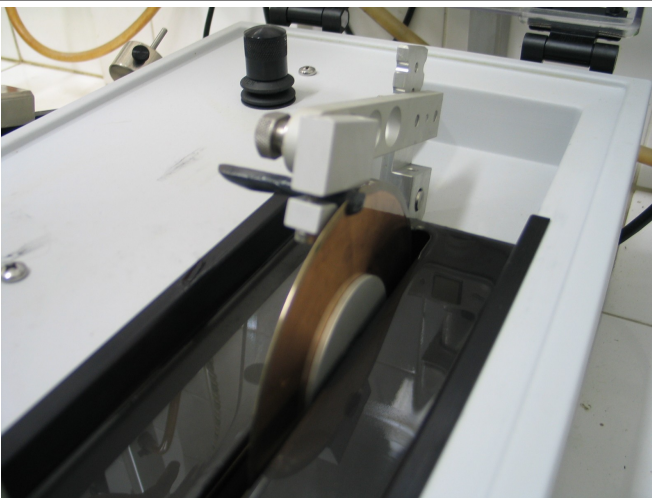


Fig.9: Amostra 3 sendo cortada para análise de metalografia



Fig.10 : Metalografia da amostra 3 antes do ataque químico, onde vemos uma grande uniformidade e assim, apenas uma fase

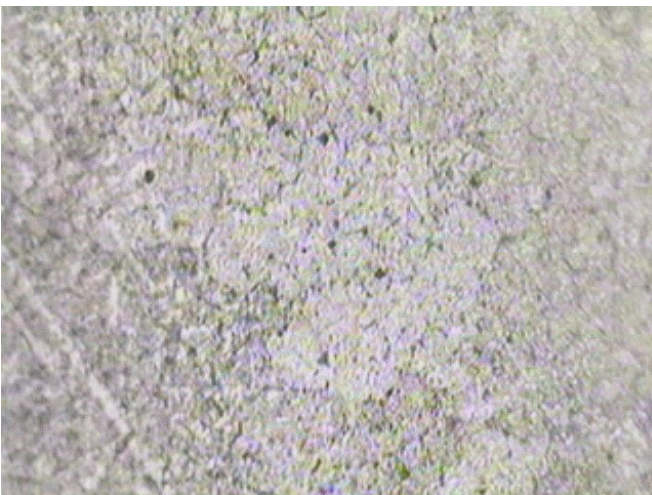


Fig.11: Metalografia após ataque químico onde se observa grãos, que mostram duas fases distintas na amostra

Vídeos

Os vídeos serão colocados em arquivos separados no meu portfólio do TelEduc. Eles ainda não foram editados e portanto colocarei a descrição deles abaixo:

Vídeo 1: Arco de nitinol é mostrado. Coloca-se o arco em nitrogênio líquido por alguns segundos. A amostra deformada vai retornando a sua forma original a medida em que se aproxima da temperatura ambiente.

Vídeo 2: Mola de nitinol é mostrada. Coloca-se a mola em nitrogênio líquido por alguns segundos. Deforma-se a amostra enquanto está em baixa temperaturas. Ela retorna a sua forma original a medida em que aproxima da temperatura ambiente.

4) Dificuldades encontradas

A fabricação da liga envolveu fatores desconhecidos e não citados nas referências pesquisadas. O método de fabricação está correto, o problema é a fase intermediária formada durante o processo de fusão que impossibilita o aparecimento do efeito de memória de forma. A solução encontrada foi fazer alguns tratamentos térmicos com a amostra onde ainda não sabemos o resultado obtido.

O processo de laminação também é muito difícil pois ele não pode ser feito a temperatura ambiente, e sim a pelo menos 800°C e ainda não foi tentado.

5) Pesquisa realizada

As palavras chaves utilizadas para a pesquisa foram : **nitinol, nitinol melting e shape memory alloy, metais com memória de forma.**

Referências bibliográficas:

- NITINOL MELTING AND FABRICATION; Russell, S.M.
 - Fabrication of Nitinol Materials and Components; Ming H. Wu, Proceedings of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, Kunming, China, P.285-292 (2001)
- (estas duas primeiras referências são muito importantes pois falam sobre os métodos de fabricação da liga)
- MATERIAIS INTELIGENTES (SMART MATERIALS); Atualpa Albert Carmo Braga e Silvio Luis Toledo de Lima, Revista Científica do IMAPES, ANO 1, N. 1, ABRIL DE 2003
 - Seminário: Metais com memória de forma, Rui F. Silva, Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro , Portugal

- <http://br.youtube.com/watch?v=rZpZhSdgdSI&feature=related>

(vídeo-aula de um professor Universidade de Berkeley onde se explica tudo sobre as propriedades do nitinol)

- http://en.wikipedia.org/wiki/Shape_memory_alloy

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitinol>

Resumo: Neste experimento será demonstrado o efeito de memória de forma na liga de níquel-titânio chamada Nitinol, onde uma amostra de forma definida em temperatura ambiente se torna completamente maleável em temperaturas baixas e retorna ao seu formato original com o aumento da temperatura.

Descrição: Será demonstrado o efeito de memória de forma em ligas de níquel-titânio e com isso poderemos explicar uma transformação de fase que acontece exclusivamente no estado sólido. A fabricação de uma liga que se funde a altas temperaturas será explicada e mostrada em fotos, tal como processos de laminação.

Meu orientador, **Adelino de Aguiar Coelho** concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

O aluno Lucas Costa Soares está demonstrando grande empenho e interesse na realização deste trabalho. As dificuldades encontradas para a produção da liga NiTi (Nitinol) estão relacionadas ao aparecimento de uma fase indesejada (Ti_2Ni), através de tratamentos térmicos esperamos obter a liga homogênea, para então laminá-la. O aluno tem demonstrado capacidade de cumprir todas as tarefas que tem sido propostas.

Apêndice:

Diagrama de fases do níquel-titânio:

