

Estudo e Caracterização Estrutural de Aços Maraging

Kaique Gabriel Boldrin (PIC/UEM), Flávio Francisco Ivashita (Orientador). E-mail: fivashita@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas - Departamento de Física, Maringá, PR.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica / Estrutura dos Metais e Ligas.

Palavras-chave: tratamento térmico; difração de raio-x; campo magnético.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo verificar o comportamento das fases dos aços maraging devido ao tratamento térmico na presença de um campo magnético de 0,4 T aplicado às amostras durante todo o aquecimento e resfriamento. O tratamento térmico é realizado com uma taxa de aquecimento de 15°C/min até 550°C, onde permanece por 1 hora, e é resfriado em temperatura ambiente. Uma vez realizado o tratamento com as amostras em diferentes posições em relação às linhas de campo, sendo elas: paralela, perpendicular e com um ângulo aproximado de 45°. Posteriormente, faz-se uma difração de raio-x para analisar as estruturas presentes através da comparação com uma base de dados e, na sequência, realiza-se o refinamento utilizando o Método Rietveld. Observa-se que as amostras, segundo a literatura, deveriam apresentar a fase austenita devido às condições de tratamento térmico, mas isso não ocorre na amostra paralela às linhas de campo, o que indica que a orientação do campo magnético causou o impedimento da formação da fase austenita. Desse modo, a orientação do campo magnético na amostra pode controlar a formação da austenita, diminuindo a formação conforme a amostra passa de perpendicular para paralela às linhas de campo.

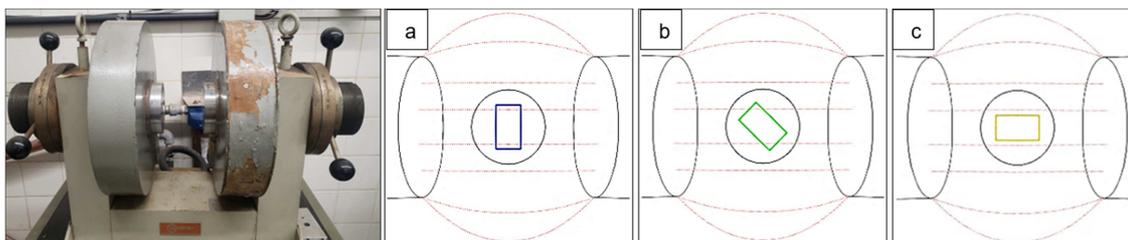
INTRODUÇÃO

Os aços maraging possuem composições variadas, contendo essencialmente Fe, Ni e Mo [1], e vem sendo usados com diversas finalidades variadas desde seu desenvolvimento em 1959 [2] devido à baixa presença de carbono. Assim, trabalhar com o aço maraging é importante para trazer novas compreensões. Os diferentes tipos de aços resultantes dependem das condições do tratamento térmico, como temperatura máxima, tempo de resfriamento, entre outros. Logo, o tratamento térmico é de extrema importância para que se possa explorar variações das características desses aços [3], que são a alta resistência mecânica, soldabilidade, entre outros. Nesta pesquisa, pretende-se submeter o aço maraging em meio a um campo magnético durante o tratamento térmico, e assim estudar a interferência do campo na formação da estrutura do aço.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os aços maraging são fornecidos pela Marinha do Brasil, e cortados em pequenas lâminas para realizar o tratamento térmico. Para isso utiliza-se um forno adaptado para que possa ser aplicado o campo magnético nas amostras durante o tratamento térmico. O sistema do forno para o aquecimento da amostra consiste em uma resistência elétrica adaptada em um porta amostra (cilindro de cobre com uma fenda em uma das extremidades para colocar as amostras), um termopar, um controlador de temperatura e um sistema para vácuo composto de: bomba à vácuo mecânica, uma difusora e um tubo de quartzo. A porta amostra fica dentro do tubo de quartzo e então isolado do ambiente externo em vácuo de 10^{-4} torr e submetido a um campo magnético constante. O controlador define as configurações de aquecimento com uma taxa de $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, até a temperatura de 550°C , onde permanecerá por 1h, e depois será resfriado em temperatura ambiente, na qual só pode ser retirada do vácuo e do campo magnético em uma temperatura abaixo de 100°C . Para evitar a dispersão de calor do porta amostra para o eletroímã utiliza-se uma manta de lã de vidro em volta do tubo de quartzo.

A posição da amostra em relação às linhas de campo magnético é relevante e permanece inalterada durante todo o tratamento, e para esse trabalho, foi colocado em três posições diferentes (face da amostra perpendicular ao campo, paralelo ao campo, e com um ângulo aproximado de 45°), conforme a figura 1.



Figural 1: Imagem do equipamento de eletroímã utilizado e as representações das linhas de campo magnético em relação à orientação das faces das amostras. a) Perpendicular (PRP); b) Ângulo 45° (ANG); c) Paralelo (PAR).

O equipamento que produz campo magnético consiste em um eletroímã da marca Varian configurado para produzir um campo magnético de 0,4 T. Este campo foi medido com um gaussímetro da GlobalMag modelo TMAG-v2 que utiliza um multímetro (Hikari - HM-2030).

As amostras foram caracterizadas por difração de Raio-X. O equipamento utilizado é da marca SHIMADZU (modelo XRD-6000) e possui um tubo de cobalto ($K\alpha$ $1,78901 \text{ \AA}$). O sistema opera na geometria $\theta - 2\theta$ (configuração de Bragg-Brentano). A medida foi realizada com ângulo de 30° e final de 110° , passo de $0,02^{\circ}$, e tempo de contagem de 0,6 segundos.

Os resultados foram comparados com bancos de dados cristalográficos para identificação das fases e na sequência, os difratogramas foram refinados utilizando-se o método Rietveld [4] do programa FullProf.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase martensita, cuja estrutura cristalina é cúbica de corpo centrado, pertencente ao grupo espacial $Im-3m$. Esta fase está presente em todas as amostras, e será usada a ficha 03-065-7753 do banco de dados cristalográficos.

Além da fase martensita, também se verifica a presença da fase austenita (ficha 00-047-1405) cuja estrutura cristalina é cúbica de face centrada do grupo espacial $Fm-3m$ e também foi verificado uma fase hexagonal (ficha 96-153-2634) cujo grupo espacial é $P63/mmc$ nas medidas das amostras “PRP” a “ANG”.

Existem estudos que mostram que o tratamento térmico, em determinadas condições, resulta na aparição da fase austenita [5]. Dessa forma, segundo a literatura, as condições dos tratamentos térmicos realizados nas nossas amostras deveriam ocasionar a aparição da austenita, como se verifica nas amostras “PRP” e “ANG”. Porém, isso não ocorre quando a face da amostra é orientada paralela as linhas de campo magnético, ou seja, na amostra “PAR”. Portanto, verifica-se que o campo magnético influencia na diminuição da fase austenita, podendo chegar até ao impedimento total da formação dessa fase, conforme observado na figura 2.

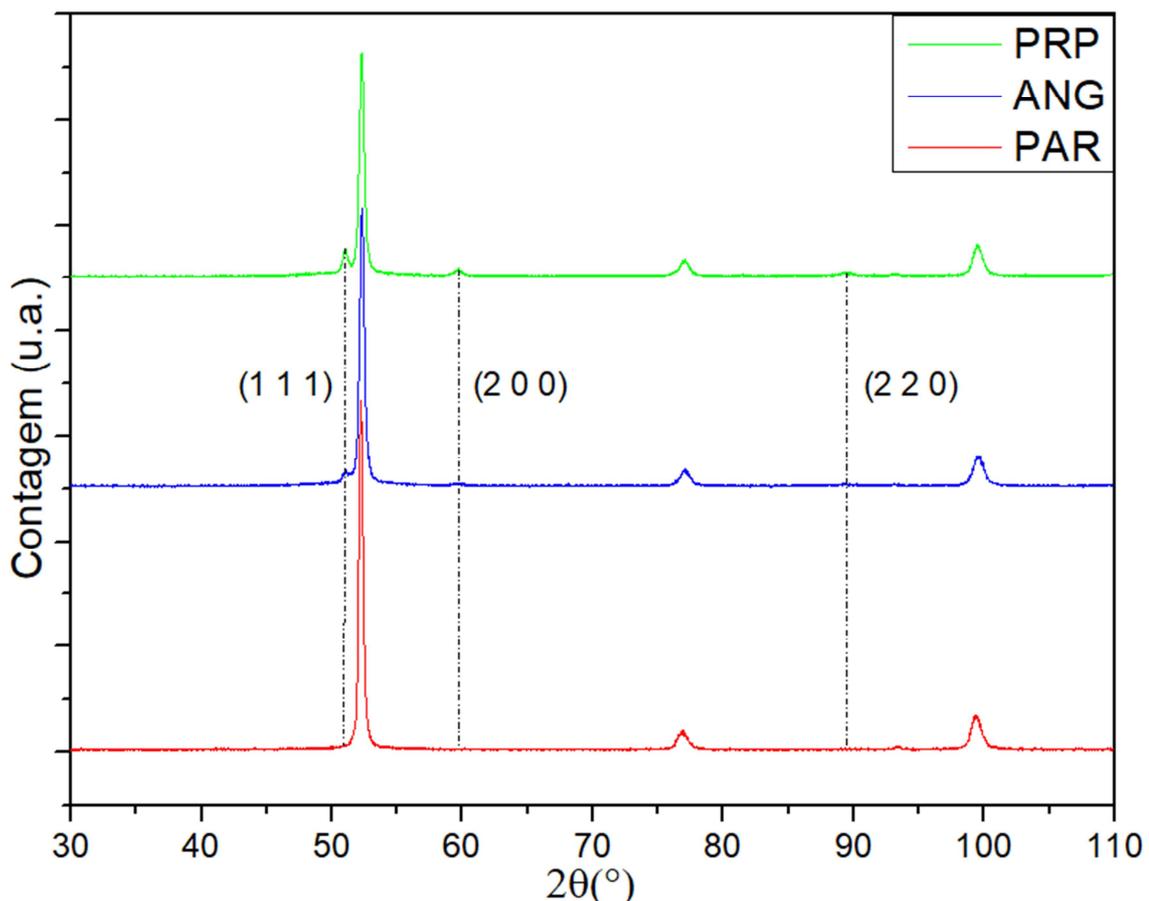


Figura 2: Difratogramas das amostras na qual é possível verificar que há uma diminuição dos picos da fase austenita dos planos cristalográficos destacados.

CONCLUSÃO

A presença de um campo magnético paralelo à amostra de aço maraging durante o tratamento térmico de 550°C durante 1 hora, impede a formação da fase austenita, e ela vai surgindo à medida que o campo fica perpendicular à amostra. Até onde se sabe, não há estudos sobre a formação destas fases devido à influência do campo magnético, logo tem-se uma área a ser explorada que pode trazer novas perspectivas.

REFERÊNCIAS

- [1] MAGNÉE A, *et al.* **Cobalt Containing High-Strength Steels**. Bruxelles: Centre D'information du Cobalt, 1974.
- [2] BIRMAN, J. **THE METALLURGY, BEHAVIOR, AND APPLICATION OF THE 18-PERCENT NICKEL MARAGING STEELS: A SURVEY**. Washington: Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories, 1968. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19690004861/downloads/19690004861.pdf>.
- [3] CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos**. 7ª. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 2002.
- [4] RIETVEL, H. M. The Rietveld method. **Physica Scripta**, v. 89, n. 9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/89/9/098002>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- [5] J. M. PARDAL et al. Study of the austenite quantification by X-ray diffraction in the 18Ni-Co-Mo-Ti maraging 300 steel. **Journal of Materials Science**, v. 41, p. 2301-2307, 1 abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10853-006-7170-y>. Acesso em: 29 ago. 2023.