TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA INDUZIDA POR COMPRESSÃO EM UM AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX 2507

Jadiel Matias de Almeida (BIC/Fundação Araucária/UEPG), Osvaldo Mitsuyuki Cintho (Orientador), e-mail: omcintho@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais.

3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica e 3.03.04.03-2 Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas.

Palavras-chave: Aços inoxidáveis duplex, Compressão, Transformação martensítica.

Resumo

Os estudos no âmbito de engenharia de materiais buscam obter melhores propriedades aliadas a um baixo custo de produção. Os aços inoxidáveis que possuem alta conformabilidade são de grande interesse em aplicações que exigem resistências a corrosão e mecânica. Com isso o estudo das transformações de fase por deformação se tornam interessantes. O presente trabalho traz como proposta, estudar os fenômenos de transformação martensítica induzida por deformação com a aplicação de compressão, observando as melhorias que este processamento pode gerar em propriedades mecânicas no material. Para isso submeteu-se uma placa de aço inoxidável duplex 2507, que passou por um processo de laminação, a um grau de deformação de 40% e posteriormente analisou-se a microestrutura a partir de microscopia ótica e analise de EBSD (Eléctron Backscatter Diffraction) e também realizando o ensaio de dureza do mesmo. A variação de dureza do material pode ser gerada não só da formação de fase martensítica, mas também pelo encruamento que o material sofre quando deformado.

Introdução

Como os aços inoxidáveis possuem considerável quantidade de cromo, pode-se gerar resistência a corrosão a partir de uma película protetora de óxido de cromo, que se forma na superfície do material, gerando uma barreira para a oxidação dos átomos de ferro [1].

Os aços inoxidáveis duplex geralmente contêm 50% de austenita e 50% de ferrita e a distribuição destas duas fases gera um refinamento dos grãos. Com isso o material adquire elevada resistência mecânica, sendo que quando comparado aos aços austeníticos, podem alcançar valores de dureza duas vezes maiores [1].

A formação martensítica induzida por deformação é um fenômeno não difusional de transformação de fases que ocorre a partir da distorção da rede cristalina, com o esforço mecânico servindo de força motriz. A martensíta formada é uma fase de maior resistência em relação a austenita e também tem a capacidade de promover o refino do tamanho de grão, resultando em novas interfaces no interior dos grãos [2].

Em fenômenos de transformações de fase por deformação é possível a obtenção de martensíta ε ou martensíta α'. Esses dois tipos de martensíta apresentam estruturas e propriedades diferentes onde a martensíta ε tem estrutura hexagonal compacta

(HC) e é paramagnética enquanto a martensíta α' tem estrutura cúbica de corpo centrado (CCC) e é ferromagnética [3].
Na transformação de austenita para martensíta ε ocorre uma retração no volume de aproximadamente 1,12% enquanto na transformação da austenita em martensíta α' é seguida de uma expansão de volume em torno de 2,57% [4].
Devido aos processos que esse tipo de material é submetido como estampagens e outras conformações mecânicas, os fenômenos de transformação martensítica induzida por deformação e todas as outras modificações microestruturais que geram alterações nas propriedades desses aços, são de fundamental importância para o controle desses processamentos e deve-se destacar os parâmetros que afetam na trabalhabilidade dos aços inoxidáveis duplex [4].
O presente trabalho tem por objetivo principal estudar o fenômeno de transformação martensítica induzida por compressão em um aço duplex inoxidável 2507.

Materiais e Métodos

Materiais

O material analisado no presente trabalho foi uma placa laminada de aço inoxidável duplex 2507.

Insumos

Para a realização deste trabalho fez-se necessário a utilização de uma compressora para o ensaio mecânico de deformação e para a caracterização das amostras utilizou-se o microscópio ótico e o FEG (Field Emission Guns).

Metodologia

Inicialmente identificou-se a peça a ser estudada, onde definiu-se uma superfície A (superfície de laminação), superfície B (superfície longitudinal a laminação) e superfície C (superfície transversal a laminação). Após identificados, foram usinadas amostras em um formato cilíndrico com dimensões de 6,7 mm de diâmetro e 8,5 mm de altura onde as bases do cilindro consistiram da superfície A.
Realizou-se a caracterização do material como recebido a partir de microscopia ótica, analise de EBSD e ensaio de dureza Vickers.
Após a amostra inicial ser caracterizada, aplicou-se o ensaio de compressão onde o corpo de prova cilíndrico foi submetido a um grau de deformação de 40% em sua altura com uma taxa de deformação de 6mm por minuto em temperatura ambiente.
Realizado o processo de deformação, repetiu-se o mesmo procedimento de caracterização da amostra inicial.

Resultados e Discussão

Com a caracterização do material antes do ensaio de compressão por análise de EBSD, obteve-se o mapa de fases com os contornos de baixo angulo apresentado pela figura 1.

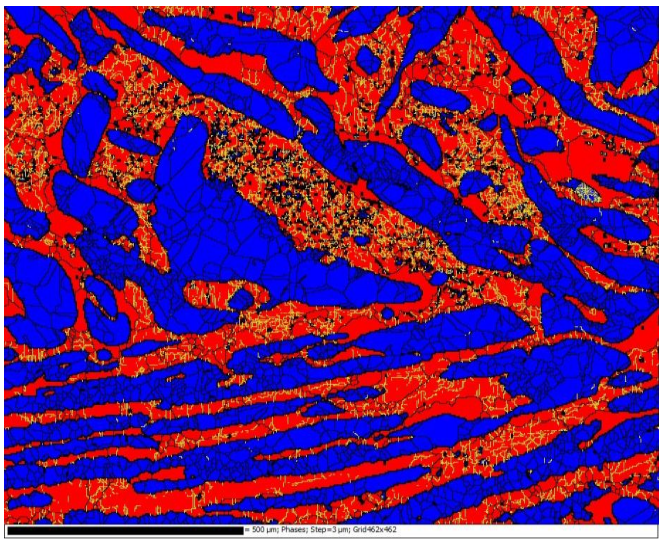


Figura 1 – Mapa de fases com contornos de baixo ângulo do material como recebido.

Com esta técnica foi possível observar os contornos de grãos dentro de cada fase, onde as regiões vermelhas representam as fases ferríticas e as regiões azuis representam as fases austeniticas. Nas regiões ferríticas observou-se formação de contornos de baixo ângulo, representados pelas linhas amarelas, devido ao fato desta fase apresentar alta EDE (energia de defeito de empilhamento) [5].
A caracterização do material deformado também se deu por mapeamento de EBSD. A figura 2 apresenta o mapa de fases com os contornos de baixo angulo para o material com 40% de deformação.

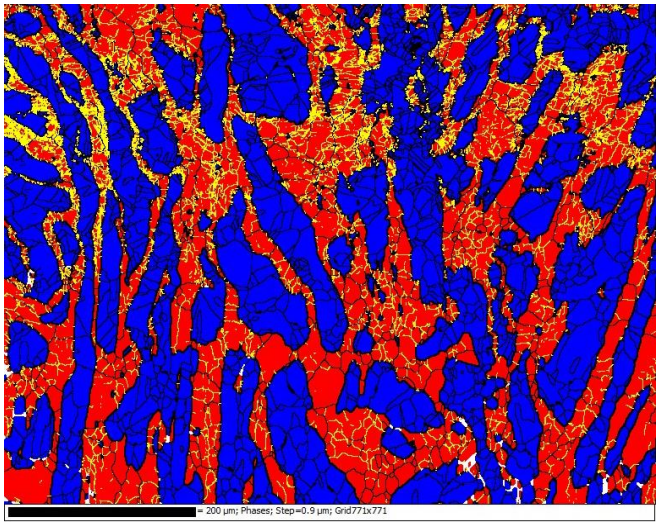


Figura 2 – Mapa de fases com contornos de baixo ângulo do material deformado.

Pode-se observar uma microestrutura com maior homogeneidade na distribuição das fases e maior direcionamento da estrutura no material deformado ao comparar com o mapeamento de fases do material como recebido.
Após a análise do material nas diferentes condições, realizou-se o ensaio de dureza Vickers com uma carga de 500gf durante um tempo de 15 segundos. A tabela 1 apresenta os valores obtidos em HV (Hard Vickers).

Tabela 1 – Dureza Vickers para o material como recebido e após deformação.

Aço inoxidável duplex 2507	Dureza (HV)
Como recebido	349,5 +/- 5,9
40% de deformação	383,5 +/- 3,3

Não foram detectadas fases martensíticas após a compressão, pois essa transformação ocorre a partir da austenita e o mapa de fases não detectou coloração diferente dentro dessa região. O que pode explicar o aumento de dureza do material é o encruamento gerado pela movimentação das discordâncias.

Conclusões

Não foram detectadas transformações martensíticas nas condições avaliadas.
Não foi possível realizar a deformação do material em temperatura criogênica pela falta de nitrogênio líquido devido à quebra do equipamento que o produz no CLABMu/UEPG.
Em trabalhos futuros, serão realizadas deformações em diferentes grais de deformação tanto em temperatura ambiente quanto criogênica.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Estadual de Ponta Grossa pela estrutura de laboratórios, a Fundação Araucária pela bolsa de iniciação cientifica, ao meu orientador Prof. Dr. Osvaldo Mitsuyuki Cintho e ao meu coorientador Prof. Dr. Marcio Ferreira Hupalo.

Referências

[1] BHADESHIA, H. K. D. H. S., T.;. **Stainless Steels**. Março de 2016
Disponível em:
< http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/Stainless_steels/stainless.html >.

[2] SANTOS, T. F. A.; ANDRADE, M. S.; CASTRO, A. L. R. **Efeito da taxa de aquecimento na reversão da martensíta induzida por deformação em um aço inoxidável austenítico 304**. Rem: Rev. Esc. Minas. v. 62, n. 1, p. 53-58, 2009.

[3] LIMA, L. O. R.; GOES, M. A. **Transformação martensítica induzida por deformação nos aços inoxidáveis CF8M (AISI 316) e AISI 304L**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.

[4] ANGEL, T. **Formation of martensite in austenitic stainless steel. Effects of deformation, temperature and composition**. Journal of the Iron and Steel Institute, p. 165-174, 1954.

[5] RENARD, K.; JACQUES, P. J. On the relationship between work hardening and twinning rate in TWIP steels. **Materials Science and Engineering: A,** v. 542, p. 8-14, 4/30/ 2012. ISSN 0921-5093. Disponível em:
< http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921509312001839 >.