EXTRUSÃO E CARACTERIZAÇÃO AÇO EUTETÓIDE EM CANAL ANGULAR DE UM AÇO EUTETÓIDE PATENTEADO (CONTINUAÇÃO)

Yasmim Caroline Brito (BIC/FA), Osvaldo Mitsuyuki Cintho (Orientador)
omcintho@uepg.br

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

Engenharia de Materiais e Metalúrgica/Metalurgia Física.

Palavras-chave: Extrusão de Canal Angular, Deformação plástica severa, aço eutetóide patenteado.

Resumo
O Processamento de extrusão por Canal Angular (ECA) vem sendo uma das técnicas mais estudadas para o aumento da resistência mecânica de materiais metálicos a partir da deformação plástica severa, obtendo-se assim grãos finos ou ultrafinos. É também um processo relativamente versátil, pois pode ser feito em vários tipos de metais ligas. No presente trabalho avaliou-se a evolução microestrutural de amostras de aço eutetóide após tratamento térmico de patenteamento e posterior processamento em canal angular em uma matriz de 120º. As amostras foram processadas em 1, 2 e 4 passes, assim verificando um aumento de dureza em função do número de passes. Os resultados obtidos foram comparados em relação à amostra patenteada que não passou pelo processamento ECA.

Introdução

As propriedades mecânicas e físicas dos metais são obtidas por diversos fatores, o tamanho do grão possui um papel significativo para determinação de propriedades mecânicas. A resistência mecânica aumenta com a redução do tamanho do grão, assim, muitas vezes procura-se obter grãos de granulometria fina durante o processamento.[1]

O processo de extrusão por canal angular (ECA) ou “equal channel angular pressing” (ECAP), é uma das técnicas mais viáveis para refinamento de grão em materiais policristalinos, como já visto em diversos metais e ligas.[2-3] Neste processo os materiais são submetidos a uma deformação plástica severa, onde se passa a amostra do material repetidamente por meio de uma matriz, a qual contêm dois canais de mesma seção transversal e que se interceptam formando um ângulo entre eles. A extrusão pode ser também feita à temperatura ambiente, as dimensões da seção transversal da amostra não sofrem alteração com os passes na matriz, atingindo altas deformações.[3-4]

Um dos parâmetros do processamento é a influência do número de passes que a amostra é submetida devido ao aumento na resistência do material e dureza. Quando passada mais uma vez pela matriz a deformação vai ficando mais homogênea e os grãos começam a ter um maior refinamento, contanto a ECA se torna uma rota de processamento muito interessante, pois há ganhos em resistência mecânica juntamente com ganhos na plasticidade do material.

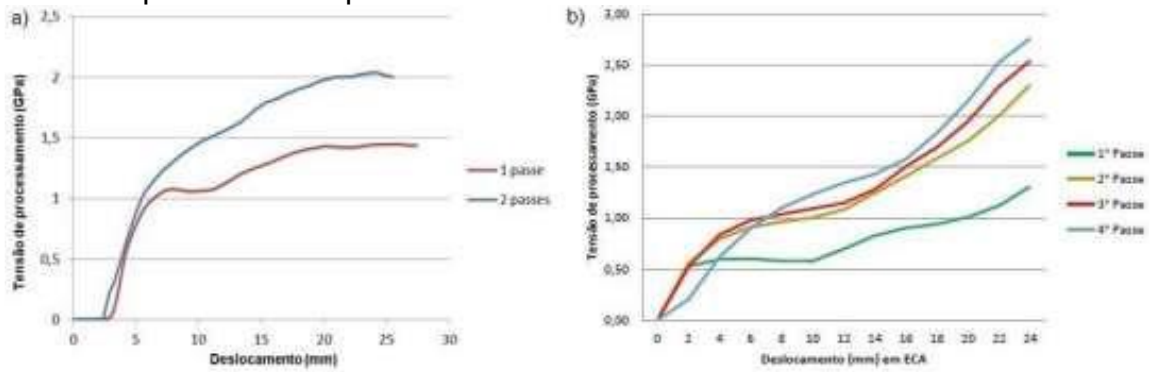
Utilizou-se o tratamento térmico de patenteamento com o objetivo de obter uma estrutura de perlita fina e, assim, um aumento da sua resistência mecânica pela

diminuição do espaçamento interlamelar, o que pode restringir parcialmente a mobilidade das discordâncias.[5]
Portanto, o processamento por extrusão em canal angular de um aço de estrutura perlitica fina mostra-se muito atrativo por somar o aumento de resistência mecânica proveniente do espaçamento interlamelar do patenteamento e do encruamento obtido em ECA.

Material e Métodos
Utilizaram-se amostras de aço eutetóide, cedida em forma de chapa pela indústria de equipamentos automobilísticos de São Bernardo do Campo (SP), Mangels S.A. O material base apresenta dureza de 217 HV.
O tratamento térmico foi realizado anteriormente obtendo-se amostras de estrutura perlitica fina. Primeiramente, estas amostras foram preparadas para a caracterização seguida de analise microestrutural por meio do microscópio Olympus BX-51 com câmera digital Q-Color 3, as imagens das microestruturas foram obtidas pelo programa Imagem Pro-Plus 5.1 e, também fez-se fotomicrografias utilizando o MEV/FEG marca Tescan, modelo mira 3.
Em relação ao processo por ECA utilizou-se uma matriz com um ângulo de 120º e amostras com dimensão de 5x8x36mm. Realizaram 1, 2 e 4 passes nas amostras as quais foram pressionadas por um punção de aço ferramenta para sua passagem pela matriz, a compressão foi feita pela máquina de ensaios mecânicos Shimadzu Autograph-II com capacidade de 300 KN.
Por fim utilizou-se um durômetro Leica VMHT MOT para a realização do ensaio de dureza Vickers por microimpressão.

Resultados e Discussão
No processo de extrusão por canal angular as tensões de processamento atingidas foram calculadas em função da força aplicada sobre a área da seção transversal do corpo de prova, as curvas de tensões obtidas por ECA estão representas na Figura 1.

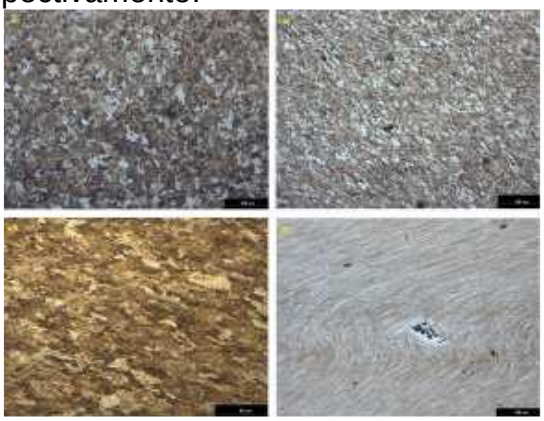
Figura 1 – Tensão de processamento em função do deslocamento em ECA, a) representa a curva obtida apenas para 2 passes e b) representa a curva para todos os passes obtidos em trabalhos anteriores.



Durante o procedimento experimental, as curvas de 3 e 4 passes não foram representadas devido a problemas técnicos durante o procedimento, logo, para uma melhor comparação a Figura 3-b) representa todas as curvas obtidas em trabalhos anteriores.
A amostra submetida a quatro passes atingiu uma tensão de processamento de aproximadamente 2,6 GPa, ou seja, 13% maior que a tensão atingida para um

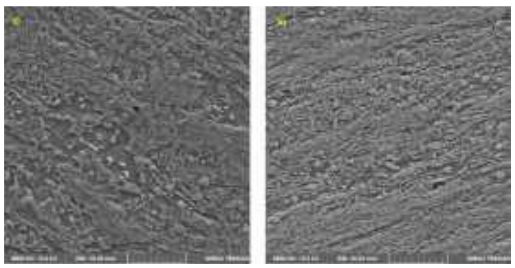
passe, pois além de possuir uma estrutura de perlitas finas a força de aplicação cresce em função do encruamento relacionado ao número de passes. As análises metalográfica das amostras processadas por ECA apresentaram variação morfológica devido à deformação e estão representadas nas Figura 2

Figura 2 – Microscopia óptica da seção superficial das amostras, sendo a) amostras patentadas e as amostras b), c) e d) processas por ECA com 1, 2 e 4 passes, respectivamente.



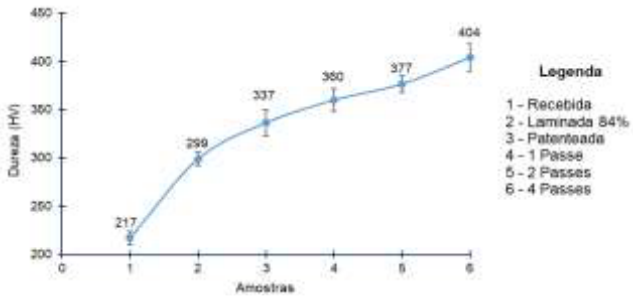
Nota-se que conforme aumenta o número de passes nas amostras (Figuras b,c e d), aumenta o grau de deformação devido ao cisalhamento durante a ECA e com isso a microestrutura vai ficando mais refinada.
Análises com FEG dessas microestruturas estão representadas na Figura 3 e, pode-se observar que na Figura 3b) há um maior refinamento apresentando uma maior deformação e fragmentação lamelar em comparação a Figura 3a).

Figura 3 – Microscopia por FEG da seção superficial das amostras processadas em ECA, sendo a) e b) representam as amostras com 1 e 4 passes, respectivamente.



Com relação ao aumento da dureza, Figura 4, estes valores podem ser associados ao encruamento sofrido pelo material, pois ao passar repetidamente a amostra pela matriz há um refinamento de grão, assim gerando um aumento da resistência mecânica do material

Figura 4 – Valores de Dureza para diferentes condições.



Comparando os valores, a amostra eutética laminada 84% apresentou um valor inferior com relação as amostras patenteadas e processadas por ECA e, conforme aumentou-se os passes os valores de durezas eram crescentes atingindo um valor de 404 HV para quatro passes. Com esses resultados, pode-se dizer que tudo indica que o processo ECA resultou em melhoras nas propriedades mecânicas por meio dos valores de dureza do material

Conclusões

Para o processamento em ECA, verificou-se elevados valores de tensão de processamento atingindo valores da ordem de 2,6 GPa para 4 passes. Em relação aos valores de dureza, o aço eutetóide tratado termicamente atingiu valores mais elevados devido ao refinamento das lamelas em comparação a amostra laminada 84%. Com relação ao número de passes, houve um aumento de dureza o relacionado ao encruamento do material atingindo um valor de 404 HV. Notaram-se grandes alterações na morfologia das microestruturas.

Conclui-se então que por meio do tratamento térmico de patenteamento e processamento por ECA, obteve-se um material com elevados níveis de dureza indicando então um aumento na resistência mecânica sem alteração dimensional.

Agradecimentos

Fundação araucária, UEPG, CLABMu, DEMA e ao Orientador.

Referências

1. VALIEV, R. Z., LANGDON, T.G. Principles of Equal-Channel Angular Pressing as a Porcessing Toll for Grain Refinement. **Progress in Materials Science**, v. 51, n. 7, p. 881-981, 2006.

2. SHIN, D. H.; PAK, J. J.; KIM, Y. K.; PARK, K. T.; KIM, Y.S. Effect of pressing temperature on microstructure and tensile behavior of low carbono steels processed bye qual channel angular pressing. **Materials Science and Engineering** V. 323, n. 5 p. 409–415, 2005.

3. FUKUDA, Y., OH-ISHI, K., HORITA, Z., LANGDON, T. G. Processing of a lowcarbon steel by equal channel angular pressing. Acta Materiallia v. 50, n. 3, p. 1359-1368, 2002.

4. LANGDON, T.G., FURUKAWA, M., NEMOTO, M., HORITA, Z. Using equalchannel angular pressing for refining grain size. **Journal of the Minerals, Metals and Materials Society**, v. 52, n. 4, p. 30-33, 2006.
5. HYZAK, J.M.; BERNSTEIN, I.M. The Role of Microstructure on the Strength and Toughness of Fully Pearlitic Steels. **Metallurgical Transactions A**, v. 7, n. 2, p. 1217-1224, 1976.

6. NAM, W.; BAE C.;OH S.; KWON S. Effect of interlamellar spacing on cementite dissolution during wire drawing of pearlitic steel wires, **Scripta materialia**, v. 42, n. 5, p. 457-463, 2000.