

# RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE MICROESTRUTURAL DO TITÂNIO PROCESSADO POR EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR.

Jean L. Bronzel<sup>1</sup>, Anibal A. Mendes<sup>2</sup>, Vitor L. Sordi<sup>3</sup>

1. Estudante de IC/PUIC da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar; [jeanbronzel.ufscar@gmail.com](mailto:jeanbronzel.ufscar@gmail.com)

2. Doutorando do PPG-CEM - Co-orientador

3. Professor orientador do Departamento de engenharia de materiais, UFSCar, São Carlos/SP

Palavras Chave: Estabilidade térmica, Titânio, Deformação Severa.

## Introdução

Frequentemente tem sido reportada na literatura a possibilidade da substituição da liga Ti-6Al-4V, intensivamente utilizada em implantes cirúrgicos, pelo Ti comercialmente puro com tamanho de grão submicrométrico obtido por técnicas de Deformação Plástica Severa – DPS. Esta substituição é motivada principalmente pelos possíveis efeitos negativos na saúde humana do Al e V presentes na liga. Através de técnicas de DPS é possível atingir elevados graus de deformação plástica e produzir um material com tamanho de grão significativamente menor do que o obtido em processos tradicionais e, dessa forma, aumentar a resistência mecânica pelo efeito Hall-Petch. [1] Uma vez que a fabricação dos produtos-fim destes materiais geralmente envolve algum tipo de aquecimento, seja na usinagem, conformação mecânica ou tratamento superficial, o presente trabalho tem como objetivo estudar a estabilidade térmica do Ti após diferentes rotas de processamento DPS. Neste trabalho foram utilizados amostras de Ti puro grau 2, processadas por até 4 passes (nX, n = número de passes) de Extrusão em Canal Angular (ECA), seguidos de laminação a -100°C (LTC) ou laminação em temperatura ambiente (LTA). Com isso, a deformação equivalente total variou entre 0,7 e 3,9. Sobre o material deformado foram realizados tratamentos térmicos de recozimento nas temperaturas de 200, 300, 400, 500 e 600°C por 30 min. e foi avaliada a variação da microdureza Vickers e a evolução microestrutural por microscopia ótica (MO). Conclui-se que o Ti grau 2, nas condições em que foi processado por DPS, permaneceu termicamente estável até temperaturas em torno de 400°C, não apresentando significativa perda de dureza nem alterações micro-estruturais observáveis por MO até esta temperatura. A estabilidade térmica nos materiais severamente deformados é um requisito para conservar a granulação ultrafina e as propriedades dela decorrentes.

## Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra o efeito da temperatura de recozimento na microdureza do material submetido a diversas rotas de processamento. Observa-se que todas as amostras são estáveis até 400°C e a partir daí apresentam queda na dureza devido aos efeitos de recuperação. Para os tratamentos a 600°C as durezas se aproximam da condição inicial (amostra 0x, não deformada), provavelmente devido à recristalização. Durante o processamento em temperatura criogênica os mecanismos de recuperação dinâmica são dificultados pela baixa mobilidade das discordâncias, o que explica as durezas mais altas obtidas para as amostras LTC.

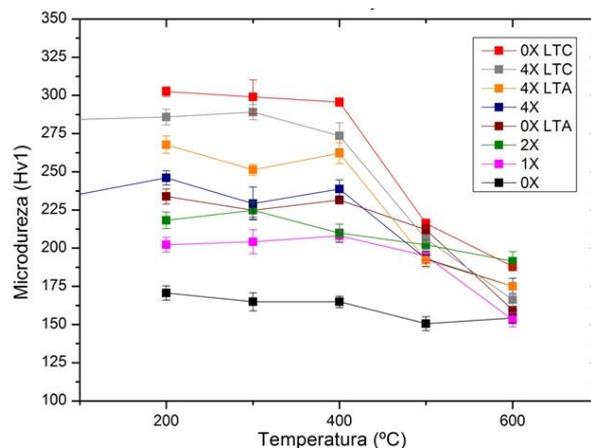


Figura 1. Análise da estabilidade térmica em função da temperatura de recozimento com duração de 30 minutos.

Comparando a ECA com a laminação convencional, verifica-se que, para um mesmo nível de deformação equivalente aplicada, a laminação provoca maiores aumentos na dureza. Entretanto, sabe-se que a ECA leva a uma microestrutura mais fina e mais homogênea, o que tem efeitos positivos na ductilidade e em outras propriedades, como resistência à tração e à fadiga [2].

## Conclusões

A rotas de processamento DPS combinando ECA e laminação em temperatura criogênica podem ser uma estratégia eficiente para obter Ti puro de alta resistência com microestrutura fina e homogênea.

Do ponto de vista da estabilidade da microestrutura, conclui-se que é viável a utilização o Ti puro processado por DPS em aplicações que envolvam temperaturas máximas torno de 400°C.

## Agradecimentos

À FAPESP e ao CNPq pelo suporte financeiro ao Grupo de Pesquisa.

## Referências

- [1] V. V. Stolyarov, Y. T. Zhu, I. V Alexandrov, T. C. Lowe, R. Z. Valiev. *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 343, no. 1–2, pp. 43–50, 2003
- [2] V. L. Sordi, M. Ferrante, M. Kawasaki, T. G. Langdon. *Journal of Materials Science*, p. 7870–7876, 2012.