

## Caracterização mecânica e microestrutural de cobre submetido à conformação cíclica em matriz fechada

Allana L. Pratti<sup>1</sup>, Danielle C. Camilo<sup>2</sup>, Vitor L. Sordi<sup>3</sup>

1. Estudante de IC/PUIC da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar; \*allanapratti@gmail.com

2. Doutoranda do PPG-CEM / UFSCAR - Co-orientadora

3. Professor Orientador - Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar, São Carlos/SP

Palavras Chave: Cobre, Conformação em matriz fechada e deformação plástica severa.

### Introdução

A conformação cíclica em matriz fechada (CCMF) é uma técnica de deformação plástica severa (DPS) que consiste em ciclos de compressão na direção vertical em uma matriz sólida, na qual a amostra é confinada em um canal retangular e deformada. Este processo pode ser repetido N vezes, visto que são mantidas aproximadamente constantes as dimensões iniciais do corpo de prova e a deformação equivalente é diretamente proporcional ao número de ciclos aplicados. O objetivo dos processos de DPS é aplicar graus de deformações muito altos e obter grãos muito finos, abaixo de 1 micrão, e com isso modificar positivamente diversas propriedades. Neste trabalho pretende-se avaliar a evolução microestrutural e a homogeneidade da deformação do Cobre puro comercial submetido à CCMF.

### Resultados e Discussão

Os corpos de prova, com dimensões iniciais de 10 x 10 x 20 mm<sup>3</sup> foram recozidos a 500C° durante 1 hora e em seguida submetidos a até 6 passes de CCMF, em temperatura ambiente, com rotação 90° entre cada passe. Após o processamento, foram feitas medidas de micro dureza Vickers (HV), com carga de 300 gf, sobre toda a superfície longitudinal das amostras, com impressões a cada 1 mm de distância, com o objetivo de observar o aumento de resistência mecânica e avaliar a homogeneidade da deformação. Com esses dados, foram construídos mapas de dureza em escalas de cores que permitem visualizar as variações de dureza em cada região da superfície analisada. A Figura 1 exemplifica os mapas assim obtidos após 2 e 6 passes CCMF.

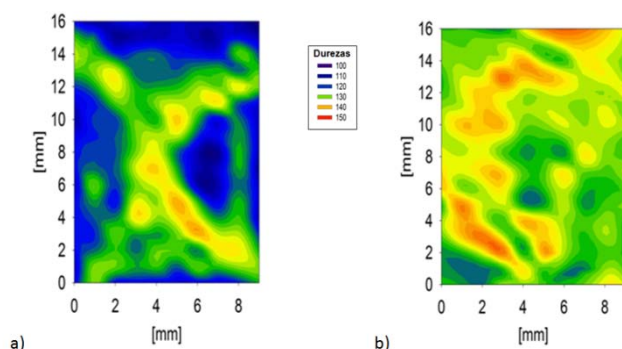


Figura 1: Mapeamento da microdureza na superfície das amostras após 2 passes (a) e 6 passes (b) de CCMF.

Os resultados mostraram que com a CCMF a dureza aumenta cerca de 160% em relação à condição inicial,

sendo que o valor máximo tende a estabilizar após o terceiro passe. Os mapeamentos da dureza indicaram que a deformação torna-se mais homogênea com o aumento do número de passes: nos dois primeiros fica evidente a menor dureza nas extremidades e maior dureza próxima ao centro, formando uma imagem em forma de X (ver Figura 1a), que coincide com os planos de máximo cisalhamento em compressão. Com o aumento do número de passes, a dureza vai se tornando mais uniforme em toda a região analisada, indicando que a deformação fica mais homogênea no volume da amostra (ver Figura 1b). Na Figura 2 essa tendência é confirmada e quantificada em termos da distribuição de resultados por intervalo de dureza HV.

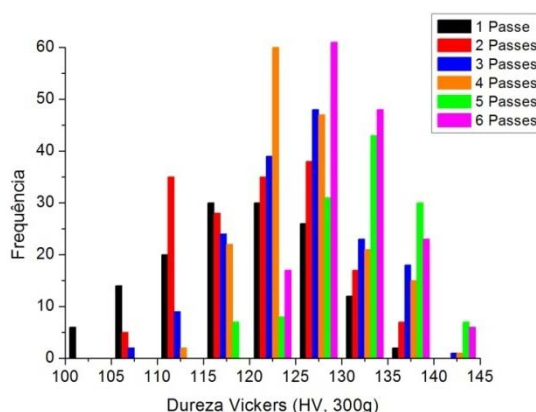


Figura 2: Distribuição da frequência de dureza em função do número de passes em CCMF

### Conclusões

Os presentes resultados confirmaram o potencial da CCMF como uma técnica de DPS capaz de obter materiais com granulação ultrafina e permitiram o domínio dos procedimentos experimentais envolvidos. Além disso, demonstrou-se que a heterogeneidade da deformação, uma das principais limitações da CCMF, pode ser controlada com uso do número de passes adequado, incentivando a continuidade do estudo na avaliação das propriedades mecânicas e na evolução microestrutural.

### Agradecimentos

À FAPESP e ao CNPq pelo suporte financeiro ao grupo.

### Referências

[1] Estrin, Y.; Vinogradov, A. . Acta Materialia, v. 51, p. 782-817, 2013.