

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE DISCORDÂNCIAS EM MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ METÁLICA

JESUALDO LUIZ ROSSI

IPEN-CNEN/SP, Caixa Postal 11049, CEP 05422-970, São Paulo

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma correlação entre densidade de discordâncias da matriz e danos por fadiga em uma liga Al-7% Si reforçada com fibras contínuas de boro recobertas com SiC. O material compósito usado neste trabalho foi fabricado pela técnica de infiltração metálica líquida.

METODOLOGIA

Medidas da densidade de discordâncias

As medidas da densidade de discordâncias foram feitas em folhas finas de amostras selecionadas. Cada área foi observada em campo claro sob condições de multi-feixe, na orientação de eixo de zona [110], de modo a estarem em contraste todas as discordâncias na área iluminada. Para a determinação da densidade de discordâncias, o método do intercepto linear foi usado. Uma grade de referência foi posicionada sob negativos em uma tela translúcida, então, as interseções das discordâncias com as linhas da grade foram contadas.

A densidade de discordâncias, ρ , é dada por,

$$\rho = \frac{2NM}{Lt} \quad (1)$$

onde, N é o número de interseções das discordâncias com a grade, M é o aumento no negativo, e t é a espessura da amostra.

Medidas da espessura de folhas finas

Um número de técnicas foram desenvolvidas para a determinação da espessura de folhas finas. Estas técnicas incluem o uso de padrões de difração obtidos por feixe convergente, medidas de paralaxe e o uso da análise de traços.

A técnica mais acurada para a medida de espessura em folhas finas de amostras, é por padrões de difração obtidos por feixe convergente^[1]. Esta técnica foi primeiramente descrita por Kelly, Jostons, Blake e Napier^[2]. A aplicação e limitações da técnica foram discutidas por Allen^[3]. A técnica pode produzir resultados com precisão de $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$ dependendo de cuidados tomados durante as medidas.

Sob condições de difração de dois feixes, franjas de Kossel-Möllenstedt são observadas nos discos difratado e transmitido, Fig.1. O espaçamento entre estas franjas pode ser utilizado na medida da espessura de folhas finas, Fig.2. Sob condições cinemáticas de difração de dois feixes uma série complementar de franjas é apresentada no centro do disco $\langle 000 \rangle$. Em ordem de determinar a espessura da folha, a reflexão $\langle hkl \rangle$ é identificada e os valores de $2\theta_B$ e $\Delta\theta_i$ são

medidos como na Fig.1. Então, o desvio da condição exata de Bragg, s_g , para cada franja é calculada a partir de:

$$s_g^i = \frac{\lambda}{d_{hkl}^2} \frac{\Delta\theta_i}{2\theta_B}, \quad (2)$$

e a espessura da folha pode ser determinada pelo gráfico de,

$$\left[\frac{s_g^i}{n_i} \right]^2 \times \left[\frac{1}{n_i^2} \right], \quad (3)$$

onde ξ_g é a distância de extinção, t é a espessura da folha, n um número inteiro e $i = 1, 2, 3, \dots$, veja Fig.3. Na prática, existe uma certa ambigüidade em atribuir um valor correto de n para a primeira franja. Quando o valor correto é achado, os dados plotam uma reta, com uma inclinação negativa igual a $1/\xi_g^2$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a densidade de discordâncias na liga de alumínio, longe de qualquer partícula de segunda fase ou de fibras, foi alta, $\sim 3.5 \times 10^{13} \text{ m}^{-2}$. Esta alta densidade de discordâncias pode ser atribuída à deformação causada pelas diferenças nos coeficientes de expansão térmica entre a matriz e as fibras, ($\sim 5:1$).

Medidas de densidade de discordâncias, em corpos de prova de material compósito de matriz metálica submetidos à fadiga, revelaram que não houve mudanças gerais quando comparado ao material recebido, Fig. 4. Deve ser mencionado que o material no estado como recebido apresentou uma alta densidade de discordâncias podendo ser considerado estar no estado deformado a frio.

CONCLUSÕES

A determinação da espessura de folhas finas por padrões de difração obtidos por feixe convergente mostrou-se apropriada para medidas de densidade de discordâncias em materiais compósitos. A não variação da densidade de discordâncias com o número de ciclos de fadiga significa que a deformação plástica na matriz de alumínio não foi homogênea, devendo estar altamente concentrada ao redor das regiões de fratura.

REFERÊNCIAS

- [1] LORIMER, G.W. & CLIFF, G. Quantitative X-ray microanalyses of thin foils. In: CHAPMAN, J.N. & CRAVEN, A.J. eds. *Quantitative Electron Microscopy*. Proc. of the 25th Scottish Summer School in Physics, Edinburgh, 1984. p 305.
- [2] KELLY, P.M.; JOSTSONS, A.; BLAKE, R.G.; NAPIER, J.G. The determination of foil thickness by scanning transmission electron microscopy. *Phys. Stat. Sol.*, 1975, 31(a): p. 771.
- [3] ALLEN, S.L. Foil thickness measurements from convergent-beam diffraction patterns. *Phil. Mag. A*, 1981, 43 (2): 325-35.

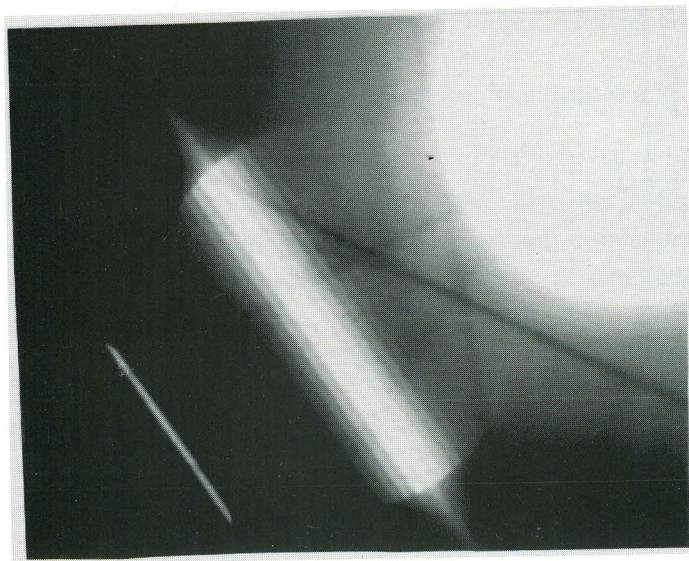


Fig.1 Padrão de difração por feixe convergente mostrando franjas em um disco com a reflexão 220_{Al} fortemente excitada. O padrão de difração foi obtido da matriz de alumínio do compósito.

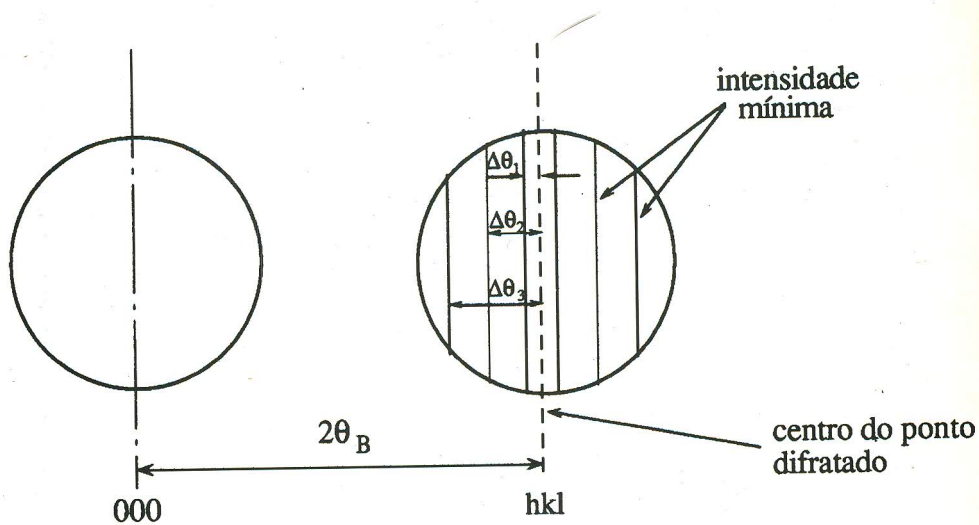


Fig.2 Representação esquemática de um padrão de difração por feixe convergente mostrando os espaçamentos a serem medidos para a determinação da espessura.

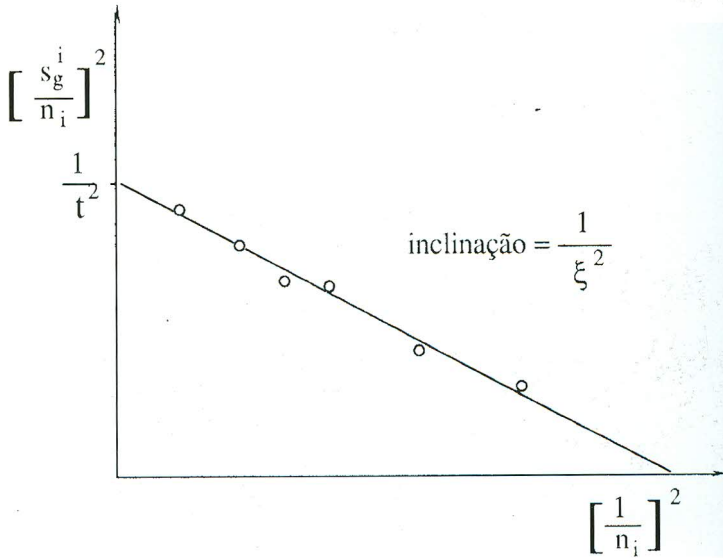


Fig.3 Determinação gráfica da espessura de folhas finas a partir da medida do espaçamento entre franjas.

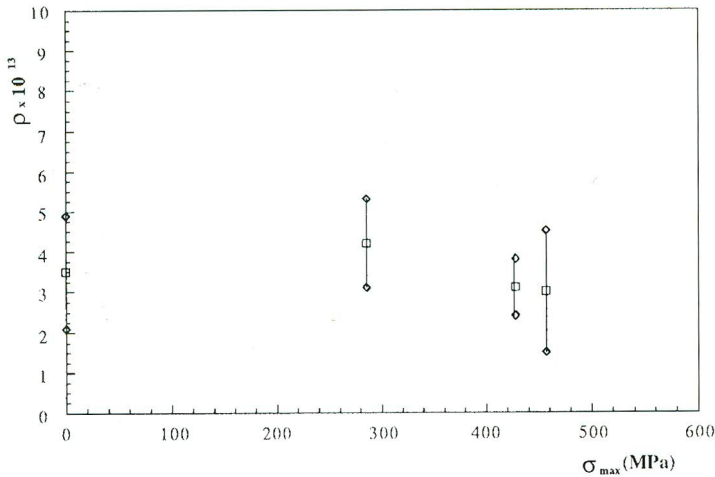


Fig. 4 Variações na densidade de discordâncias na matriz de alumínio com a tensão máxima aplicada. O material foi testado na orientação de 0° entre a tensão e o eixo das fibras.