

# 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,  $\rho$ , 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<sup>[1]</sup>. Esta técnica foi primeiramente descrita por Kelly, Jostsons, Blake e Napier<sup>[2]</sup>. A aplicação e limitações da técnica foram discutidas por Allen<sup>[3]</sup>. 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  $\xi_g$  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, ( $\sim 5:1$ ).

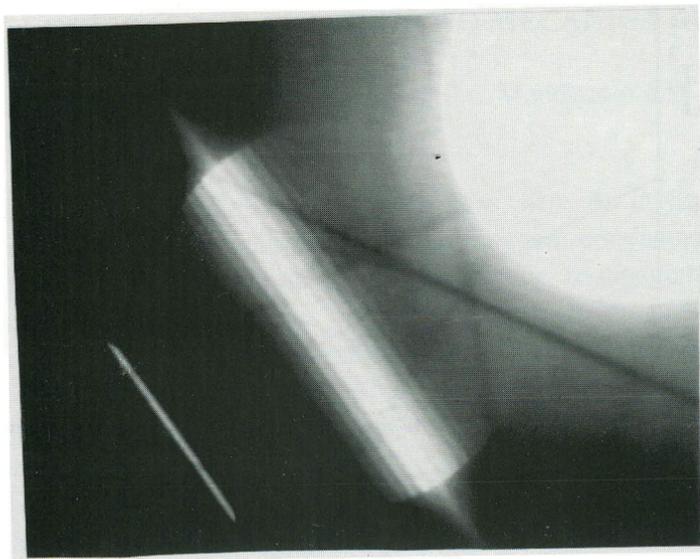
Medidas de densidade de discordâncias, em corpos de prova de material compósito de matriz metálica submetidos à fadiga, revelaram que não houve mudanças gerais quando comparado ao material recebido, Fig. 4. Deve ser mencionado que o material no estado como recebido apresentou uma alta densidade de discordâncias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

### CONCLUSÕES

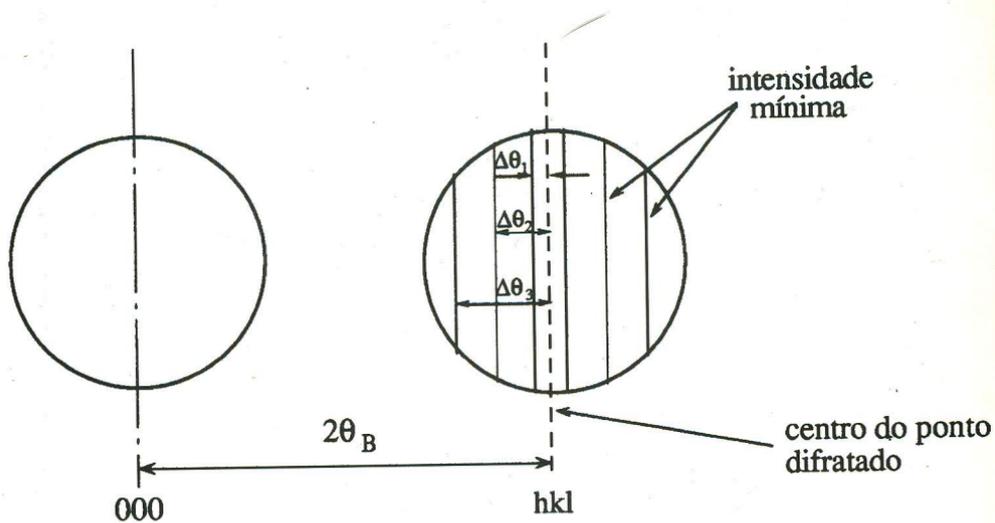
A determinação da espessura de folhas finas por padrões de difração obtidos por feixe convergente mostrou-se apropriada para medidas de densidade de discordâncias em materiais compósitos. A não variação da densidade de discordâncias com o número de ciclos de fadiga significa que a deformação plástica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

### REFERÊNCIAS

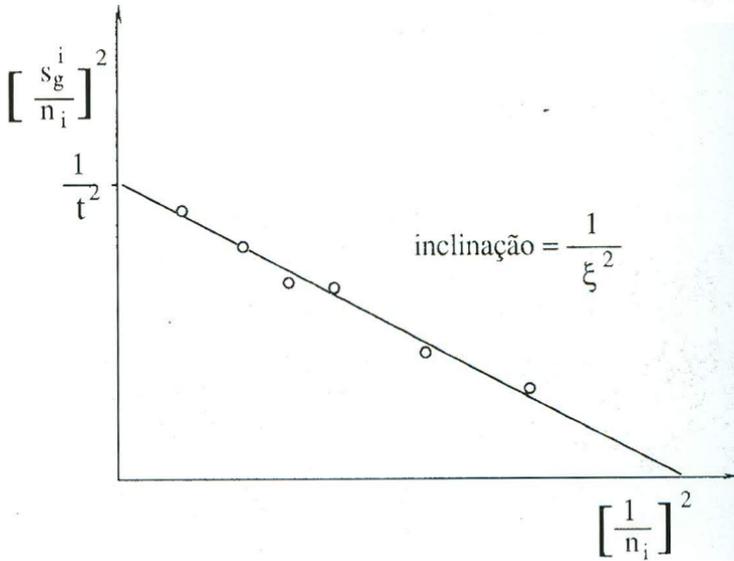
- [1] LORIMER, G.W. & CLIFF, G. Quantitative X-ray microanalyses of thin foils. In: CHAPMAN, J.N. & CRAVEN, A.J. eds. *Quantitative Electron Microscopy*. Proc. of the 25th Scottish Summer School in Physics, Edinburgh, 1984. p 305.
- [2] KELLY, P.M.; JOSTSONS, A.; BLAKE, R.G.; NAPIER, J.G. The determination 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.



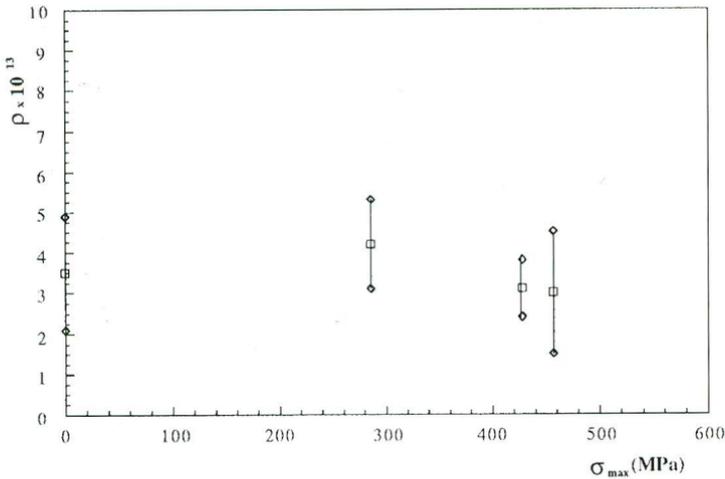
**Fig.1** Padrão de difração por feixe convergente mostrando franjas em um disco com a reflexão  $220\text{Al}$  fortemente excitada. O padrão de difração foi obtido da matriz de alumínio do compósito.



**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  $0^\circ$  entre a tensão e o eixo das fibras.