

## OBSERVAÇÃO *IN SITU* EM MET DO MECANISMO DE FRATURA EM LIGA DE ALUMÍNIO 7050-T76

O.E.Alarcon, A.M.M.Nazar, DEM/FEC/UNICAMP e W.A. Monteiro, DM/IPEN/SP.

Nos últimos anos a técnica de microscopia eletrônica de transmissão (MET) tem sido aplicada com sucesso em materiais metálicos (metais puros; mono e policristalinos), fazendo-se observações *in situ* da deformação plástica ocorrendo em regiões adjacentes à ponta da trinca (1,2).

No presente trabalho realizou-se uma investigação no sentido de verificar o mecanismo de propagação de trincas em uma liga de alumínio (Al-6Zn-2Mg-2Cu) contendo partículas de 2ª fase. Os ensaios foram realizados em MET-200kv, utilizando-se o estágio de tração *in situ*. A carga de até 2Kgf foi aplicada através de um dos eixos do goniômetro com velocidade de  $2 \times 10^{-4}$  mm/s. As amostras foram preparadas pelo processo litográfico (3) nas dimensões 7 x 2,8 x 0,2 (mm). As mesmas foram posteriormente polidas até a perfuração central com eletrólito de 30% HNO<sub>3</sub> em metanol, à -20°C e 50 volts.

Com a aplicação da carga, a trinca nucleia nas extremidades do furo central da amostra e propaga-se em direção aproximadamente paralela ao eixo de tensão. Assim a folha fina encontra-se em estado de tensão plana e deforma-se segundo os planos de máxima tensão de cisalhamento. Como resultado das forças exercidas pela superfície livre, as discordâncias colocam-se em posição normal à superfície da folha fina a fim de minimizar o seu comprimento de linha e, em consequência disto, não mais do que um ou dois planos de deslizamento tornam-se operativos. Evidentemente o processo de deformação ocorrendo em amostras compactas é mais complexo, pois envolve a geração de discordâncias de diversos vetores de Burger. Apesar disto, a deformação plástica ocorrendo na ponta da trinca em amostras finas pode ilustrar alguns aspectos microscópicos relevantes do mecanismo de fratura.

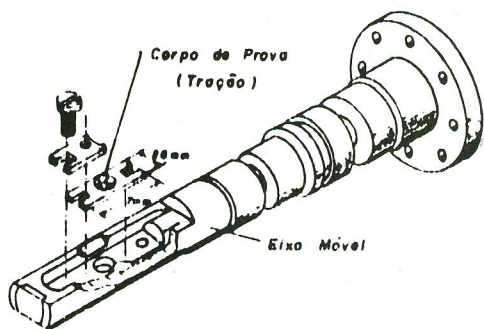
A micrografia (b) da figura 1 mostra a propagação da trinca, onde as discordâncias são forma

das em planos de deslizamento inclinados em relação à ponta da trinca, indicando que a abertura da mesma realiza-se segundo o Modo I de deformação. Esses dois sistemas de deslizamento conduzem à formação de saliências na superfície da ponta da trinca resultando na abertura das faces da mesma. Na região adjacente à ponta da trinca esses planos não se encontram em contraste, devido à forte interação do feixe eletrônico com o campo de tensões elásticas gerado pela tensão aplicada. Somente após a dissipação total de energia, dada pela fratura, é que os mesmos podem ser colocados em contraste (micrografia c). A micrografia (b) fornece um outro detalhe do processo de fratura: a zona plástica formada em torno da ponta da trinca pode ser visualizada pelas zonas de contraste que a circundam, sendo que as mesmas são formadas de pequenas células medindo em torno de  $0,2\mu\text{m}$  (micrografia d). Constata-se também que a zona plástica surge em decorrência do aparecimento instantâneo de anéis de discordâncias na superfície da folha fina, como um processo de efervecência ou borbulhamento de anéis de discordâncias, formados devido à interação de discordâncias com os precipitados endurecedores. A densidade desses anéis cresce na medida que se afasta da ponta da trinca, sugerindo que os mesmos formam um empilhamento invertido como proposto por Ohr para metais puros (1).

A propagação da trinca ocorre por um processo alternado de arredondamento da ponta da trinca, devido à emissão de discordâncias, e coalescimento com microvazios formados em partículas de 2ª fase dentro da zona plástica. A sequência de micrografias da figura 2 mostra os microvazios, os quais direcionam o caminho da trinca.

- (1) OHR, S.M., Mater.Sci.Eng., 72(1985), 1.
- (2) WILSDORF, H.G.F., Mater.Sci.Eng., 59(1983), 1.
- (3) ALARCON, O.E., Tese de Doutorado, UNICAMP, 1985.

Agradecimentos: Fapesp

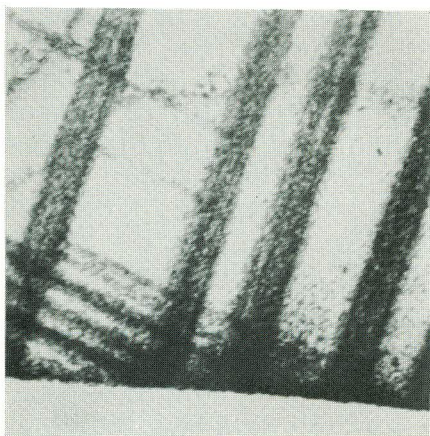


a



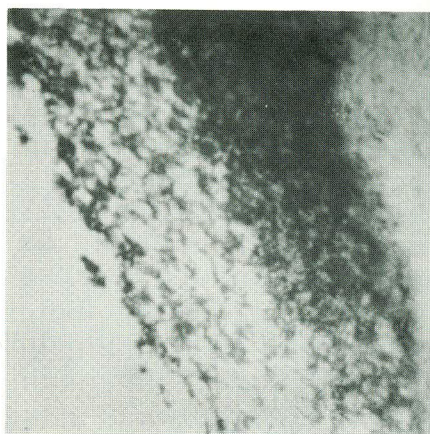
b

2 $\mu$ m



c

1 $\mu$ m



d

0.5 $\mu$ m

Figura 1. Suporte e amostra utilizados nos ensaios de tração *in situ* em MET (a) e micrografias obtidas durante os ensaios de tração *in situ*: (b) detalhe da ponta da trinca nucleada na extremidade do furo central, mostrando linhas de deslizamento inclinadas em relação à ponta da trinca e a zona plástica formada; (c) detalhe das linhas de deslizamento ao lado da trinca após a fratura; (d) detalhe da subestrutura de discordâncias formada dentro da zona plástica.

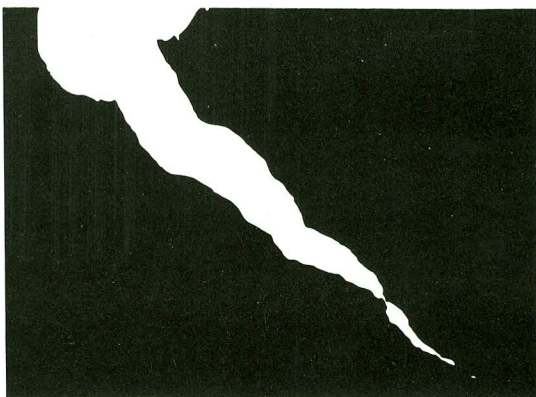
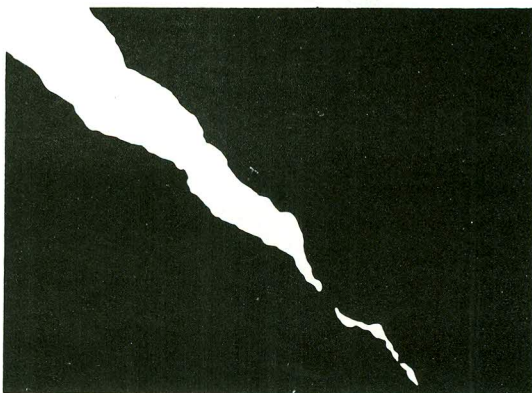
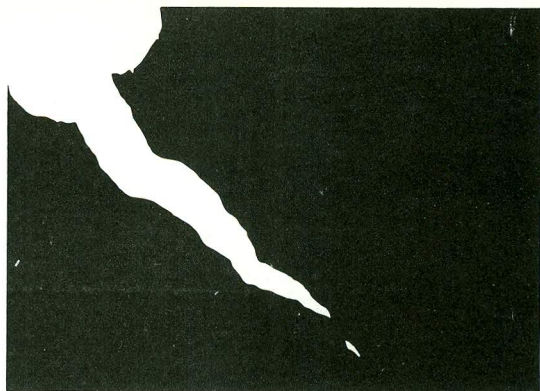


Figura 2. Micrografias mostrando a seqüência de propagação da trinca em regiões espessas da amostra, durante o ensaio de tração *in situ* em MET. Aumento de 170X.