

DIFUSÃO AUXILIADA POR RADIAÇÃO COMO UM MÉTODO
DE PROTEÇÃO DA SUPERFÍCIE*

I. J. R. Baumvol
Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
90000 Porto Alegre, RS

Difusão auxiliada por radiação (DAR) forma uma cobertura aderente e sem interface na superfície de substratos metálicos. Esta cobertura melhora sensivelmente o desempenho do metal frente à corrosão e desgaste. O efeito de DAR de estanho e cálcio no desempenho da superfície do ferro puro frente a estes fenômenos é descrito e analisado neste trabalho.

INTRODUÇÃO

Implantação iônica na superfície tem apresentado melhorias significativas no desempenho de metais e ligas frente a corrosão e desgaste. Redução na taxa de desgaste volumétrico e coeficiente de atrito foram observados em substratos implantados com íons leves, como N e C⁽¹⁾ e pesados como Ti, Cr, Sn e Y⁽²⁾. Por outro lado, a constante de taxa de oxidação foi reduzida em muitas ligas e metais puros implantados com íons pesados e também a aderência da camada oxidada foi bastante aumentada.

Como uma alternativa à implantação iônica direta, especialmente em aplicações que requerem altos níveis de concentração de espécies metálicas pesadas na superfície, coloca-se o processo da difusão auxiliada por radiação (DAR), capaz de formar uma cobertura fortemente aderente e livre de interface pela difusão para o interior do substrato de camadas metálicas finas evaporadas na superfície, mediante irradiação da superfície com íons leves.

Este processo é muito conveniente do ponto de vista

*Trabalho patrocinado pelo CNPq e FINEP.

prático, porque a produção e aceleração de feixes intensos de íons leves é relativamente simples e existem fontes de íons gasosos que podem ser adaptadas para fornecer feixes com até 1 m^2 de área.

No presente trabalho relatamos os princípios da DAR, bem como algumas medidas de desgaste e corrosão a alta temperatura de amostras de ferro puro tratados por este método. Os elementos escolhidos para serem difundidos foram Ca e Sn, os quais já haviam dado bons resultados quando diretamente implantados no ferro.

DIFUSÃO AUXILIADA POR RADIAÇÃO (DAR) COMO UM MÉTODO DE COBERTURA DA SUPERFÍCIE

Implantação por recuo pode ser usada para introduzir átomos dopantes num substrato. Uma camada fina do dopante desejado é depositada na superfície do substrato e bombardeada com íons acelerados. Energia cinética é transferida para os átomos na camada fina, alguns dos quais atingirão o repouso dentro do substrato.

A principal desvantagem da implantação por recuo é a pequena profundidade na qual o material é implantado. Esta desvantagem pode ser superada fazendo uma subsequente difusão térmica mas, para muitas aplicações, as altas temperaturas sugeridas são indesejáveis.

A temperatura necessária para a difusão pode ser reduzida quando se explora a difusão auxiliada por radiação (DAR), pois, a uma dada temperatura, os coeficientes de difusão podem ser amplificados por várias ordens de grandeza. Difusão para o interior do substrato ocorre porque as impurezas da camada fina tendem a mover-se contra o fluxo de defeito de ponto (vacâncias, divacâncias, intersticiais) produzidos pela intensa irradiação. Cálculos mostram que a concentração de defeitos aumenta dos seus valores pequenos de equilíbrio na superfície até um máximo a uma profundidade que depende dos parâmetros da irradiação, decaindo após para o interior do substrato⁽³⁾.

As amostras de ferro puro utilizadas aqui foram bombardeadas com íons de ^{60}Co .

ada com 1×10^{17} íons de N^+ a 400 keV e a camada de cálcio com 2×10^{17} íons de N^+ a 100 keV. Os perfis de profundidade do Sn e Ca difundidos são mostrados na Fig. 1, onde estes perfis são também comparados com os perfis de Sn e Ca implantados diretamente. Esta comparação permite fazer uma estimativa da quantidade e profundidade difundidas por DAR.

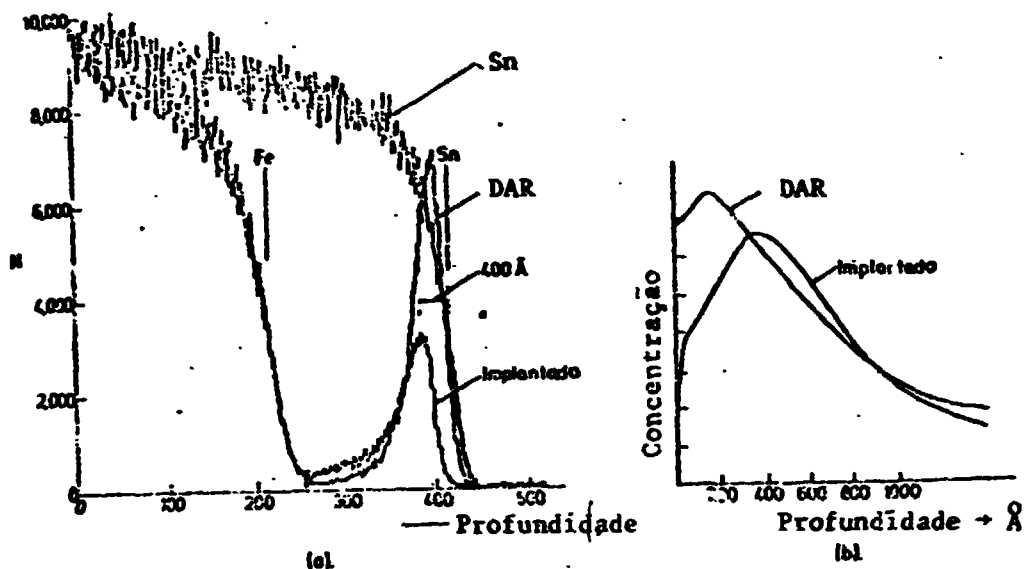


Fig. 1 - Perfis de profundidade de Sn (a) e Ca (b) difundidos por DAR, comparados com seus perfis de implantação direta.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os métodos de medida da constante de taxa de oxidação e do coeficiente de desgaste dos materiais implantados são descritos em artigo anterior apresentado neste Simpósio⁽⁴⁾.

A cinética de oxidação das amostras de ferro puro, ferro difundido com estanho e ferro difundido com Ca por DAR é mostrada na Fig. 2. A constante de taxa de oxidação, K_p , é reduzida nas amostras tratadas, para oxidação a qualquer temperatura.

As medidas de força de atrito e coeficiente de desgaste para o ferro puro e para o ferro difundido com estanho são mostradas na Fig. 3. Amostras difundidas com Ca e amostras diretamente implantadas com N^+ não tiveram o seu comportamento frente a desgaste significativamente alterados.

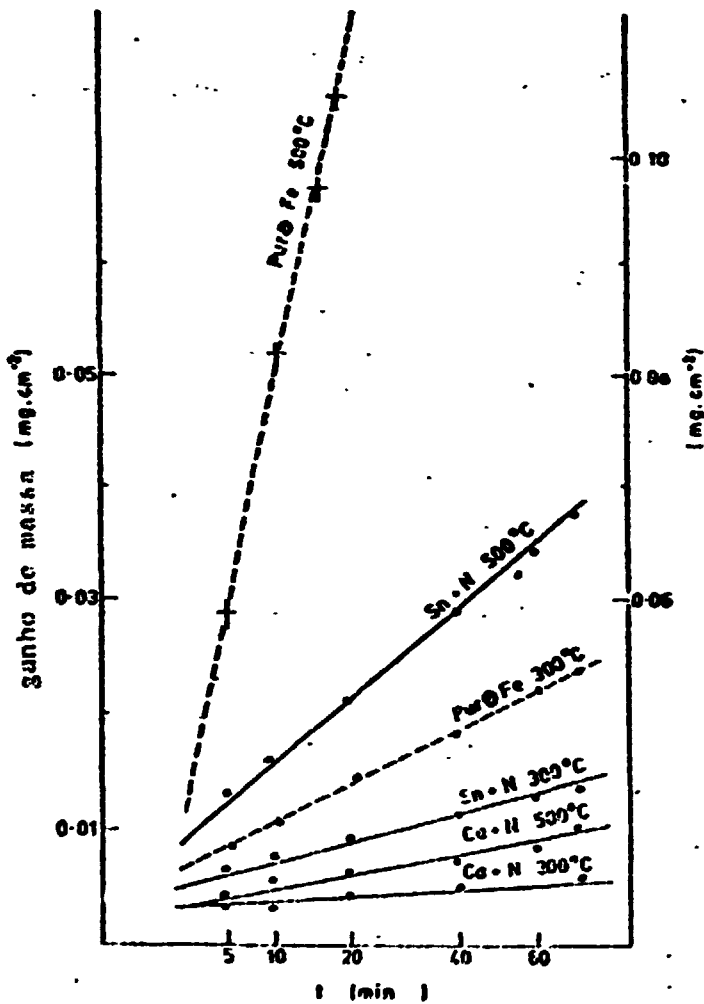


Fig. 2 - Cinética de oxidação do ferro puro e do ferro tratado com DAR de Ca e Sn.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Conforme é mostrado nos diferentes perfis de profundidade das amostras de ferro tratadas por DAR, este método forma realmente uma cobertura aderente e sua interface na superfície.

As amostras foram analisadas também com espectroscopia Mössbauer de elétrons de conversão. Esta análise revelou que na amostra de ferro difundido com Sn, forma-se na superfície o composto intermetálico FeSn_2 e Ni_3Sn . Na amostra difundida com Ca, a impureza difundida fica toda em solução sólida no Fe do substrato.

Assim sendo, no caso de difusão de Sn, a proteção contra corrosão é obtida devido à formação de FeSn_2 na superfície⁽²⁾, bem como à oxidação sacrificial do Sn. Por outro lado, na amostra tratada com Ca, o mecanismo mais provável é a oxidação interna do Ca ou a formação de óxidos duplos de ferro e cálcio na camada protetora.

O fato de que difusão de Sn reduz o coeficiente de desgaste do ferro e difusão de Ca não altera o mesmo mostra que para reduzir o desgaste é necessária a formação de fase endurecida na superfície (como, por exemplo, FeSn₂) e isto não ocorre na difusão com Ca.

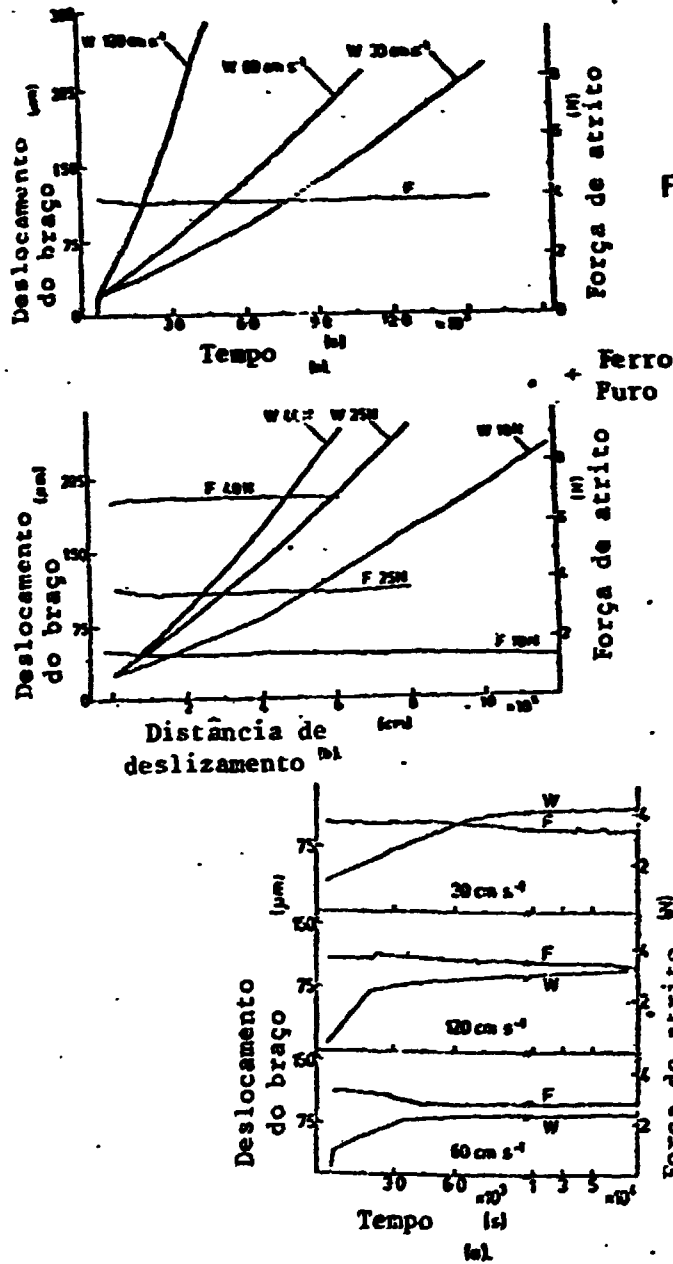


Fig. 3 - Força de atrito (F) e coeficiente de desgaste (W) para o ferro puro e ferro tratado com DAR de Sn.

DAR de Sn
+

REFERÊNCIAS

- (1) N.E.W.Hartley, Thin Solid Films 64, 177 (1979).
- (2) G.Dearnaley, Treatise in Materials Science, Vol.19 (1980).
- (3) A.D.Marwick, Nucl. Instr. and Methods, a ser publ., Dez/80.
- (4) I.J.R.Baumvol, apresentado neste Simpósio.