

Questões

1. A Figura 1 apresenta resultados para a taxa de propagação de trincas em Zircaloy sujeito a um meio contendo iodo, como determinado por Park *et al.* (**Corr. Sci. Tech.** 6, 2007, 170–176). Zircaloy é uma liga de zircônio usada no revestimento de combustíveis nucleares e, como a figura demonstra, sofre corrosão sob tensão em ambientes contendo iodo (por azar, iodo é um dos sub-produtos da fissão do urânio). A figura contém dados para a liga no estado “após alívio de tensão” (SR, como recebido), totalmente recristalizado (RX, 620°C/ 3h) e da liga com adição de nióbio (Nb) no estado “após alívio de tensão”. Com base nesses resultados, responda:
- Suponha que uma placa de Zircaloy 4, com 50 mm de espessura, possui uma trinca superficial ($Y = 1,12$) com $a = 0,5$ mm de profundidade, calcule qual é a tensão segura de trabalho em ambiente contendo iodo para as três condições indicadas na figura
 - Interprete os resultados. Qual condição apresenta a maior resistência à corrosão sob tensão em meio contendo iodo? Qual é o efeito da adição de nióbio sobre o fenômeno, e o do tratamento térmico? Como varia a taxa de crescimento da trinca quando essa é limitada pelo fornecimento de iodo?

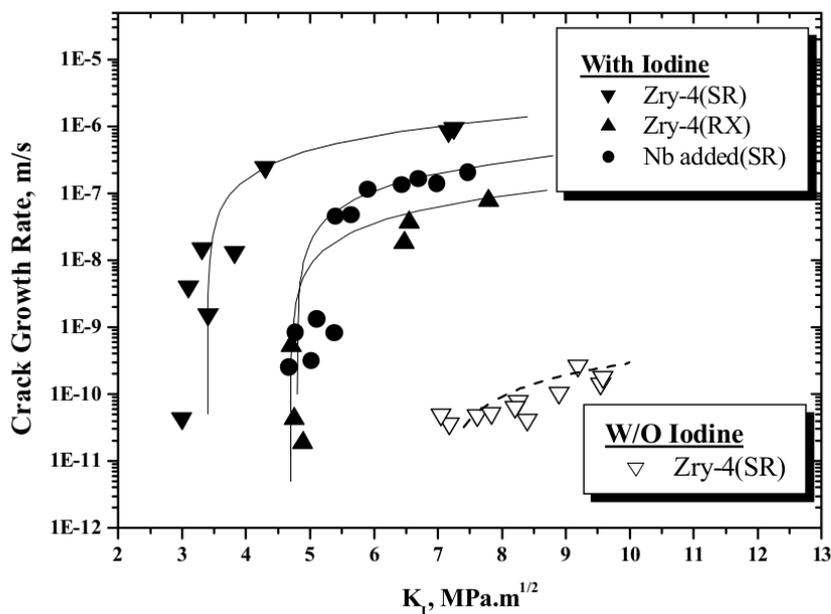


Figura 1: Resultados de Park *et al.* para a taxa de propagação de trincas em Zircaloy, sujeito a ambientes contendo iodo.

2. Hardie *et al.*¹ caracterizaram a suscetibilidade de aços API 5L das classes X65, X80 e X100 à fragilização por hidrogênio. Estes aços são empregados em tubulações petroquímicas (por exemplo, em oleodutos) e, por força da proteção catódica que se faz necessária para proteger o material contra a corrosão, podem sofrer carregamento em serviço (ou seja, absorvem hidrogênio nascente que se forma na superfície do tubo). O número que sucede o “X” na designação da classe representa a resistência do material (em ksi, ou seja 10³ libras por polegada quadrada). A Tabela 1 contém alguns dos dados publicados pelos autores, analise os dados apresentados e responda:

- a. O material é suscetível à fragilização por hidrogênio? Como você baseou sua conclusão?
- b. Há alguma correlação entre a resistência do material e sua suscetibilidade à fragilização por hidrogênio? O que isto pode implicar para o uso destes materiais em tubulações de transporte de petróleo?

Tabela 1: Extrato dos resultados de Hardie *et al.* para a fragilização por hidrogênio de aços API 5L, comparando materiais no estado como fornecido (não carregado) e carregado com uma densidade de corrente de 0,11 mA mm⁻².

Aço	Carregado?	σ_e [MPa]	σ_u [MPa]	ϵ_f
X60	Não	527	560	0,20
X60	Sim	489	545	0,08
X80	Não	614	650	0,19
X80	Sim	624	660	0,06
X100	Não	833	858	0,17
X100	Sim	830	843	0,06

3. O Prof. Luiz Cláudio Cândido, atualmente na Universidade Federal de Ouro Preto, defendeu em 1987 dissertação de mestrado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), intitulada “Comportamento do Aço Inoxidável ABNT 304 à corrosão-sob-tensão em soluções aquosas neutras de NaCl à temperatura de ebulição utilizando a técnica de carga constante”² na qual ele avaliou a taxa de crescimento de trinca de CST em um aço 304 em meio aquoso contendo 20% de NaCl a 103°C, obtendo os resultados listados na Tabela 2 para um potencial anódico de -360mV na célula. No mesmo trabalho ele fornece um valor de $K_{I_{sec}}$ para esta condição experimental correspondente a 13 MPa m^{0.5}. Com base nestas informações:

¹D. Hardie, E. A. Charles, A. H. Lopez, Hydrogen embrittlement of high strength pipeline steels, Corrosion Sci. 48 (2006) 4378 – 4385.

²Disponível em www.lume.ufrgs.br, acesso em 22/06/2011.

- a. Estime os parâmetros de uma relação do tipo lei de potência para a função $\dot{a} = A(K_I)^m$ usando os dados do autor.
- b. Esquematize a curva $\dot{a} \times K_I$ para esta condição experimental.

Tabela 2: Resultados obtidos por Luiz Cláudio Cândido para a taxa de propagação de trincas de CST em aço inoxidável ABNT 304 em um meio aquoso contendo 20% de NaCl à temperatura de 103°C com um potencial anódico de -360mV na célula eletrolítica.

K_I [MPa m ^{0.5}]	\dot{a} [m s ⁻¹]
26	3×10^{-9}
43	1×10^{-8}

- 4 . Ensaio de corrosão-sob-tensão³ em meio aquoso e em metanol efetuados em cerâmicas piezoelétricas de Zirconato - Titanato de Chumbo (PZT) resultaram respectivamente em $K_{I_{sc}}$ de 0.88 e 0.98 MPa m^{0.5}. Assumindo-se que o material apresenta tenacidade à fratura no estado plano de deformação (K_{Ic}) de 1.34 MPa m^{0.5} e supondo-se que componentes feitos desta cerâmica trabalham a uma tensão máxima constante de 48 MPa e ainda, que apresentam defeitos típicos na forma de trincas superficiais com $a = 0.10$ mm (assuma $Y = 1.12$) determine:
 - a . Se é seguro trabalhar com este material em meio contaminado com água.
 - b . Se é seguro trabalhar com este material em meio contendo Metanol.
 - c . Qual será a queda de limite de resistência a longo termo esperada quando a cerâmica trabalha em meios contendo água e em meios contendo metanol.

³Y. Wang, W. Y. Chu, Y. J. Su, L. J. Qiao, Materials Letters, vol. 57 (2003) 1156 – 1159.