

Apresentado no I Encontro de Gases em Metais e Ligas realizado em São Carlos, de 24 a 27 de Setembro de 1986, na forma de Poster.

## EFEITOS DO HIDROGÊNIO NO ATRITO INTERNO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO

L.F.C.P. DE LIMA - IPEN/CNEN, CAIXA POSTAL 11049, SAO PAULO, SP  
P.E.V. DE MIRANDA - COPPE/UFRJ, CAIXA POSTAL 68505, 21945, RIO  
DE JANEIRO, RJ

### INTRODUÇÃO

É DE CONHECIMENTO GERAL QUE O HIDROGÊNIO CAUSA FRAGILIZAÇÃO EM DIVERSOS METAIS E LIGAS, ENTRE OS QUAIS ESTÃO OS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS. ASSUME-SE, PARA ALGUMAS SITUAÇÕES, ENTRE AS QUAIS A OCORRÊNCIA DE ENVELHECIMENTO POR DEFORMAÇÃO E AS ALTERAÇÕES NA CINÉTICA DE ENCRUAMENTO, QUE A INTERAÇÃO HIDROGÊNIO-DISCORDÂNCIAS PODE REPRESENTAR UM PAPEL IMPORTANTE. POR ISTO, TORNA-SE IMPORTANTE CONHECER COMO O HIDROGÊNIO E AS DISCORDÂNCIAS INTERAGEM COM A REDE CRISTALINA PARA POSSIBILITAR A COMPREENÇÃO DA EVENTUAL INTERAÇÃO ENTRE ELAS PRÓPRIAS.

O PRESENTE TRABALHO OBJETIVA ESTUDAR ESTAS INTERAÇÕES E DETERMINAR OS PARÂMETROS DE RELAXAÇÃO RELATIVOS A ESTES PROCESSOS. ESCOLHEU-SE PARA ISTO A TÉCNICA DE ATRITO INTERNO, ATRAVÉS DA QUAL PODEM-SE OBTER PICOS DE RELAXAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA. ESTES PICOS PODEM SER CORRELACIONADOS SEPARADAMENTE A CADA PROCESSO DE RELAXAÇÃO. A OBSERVAÇÃO DE UM PICO DEVIDO AO HIDROGÊNIO PELA TÉCNICA DE ATRITO INTERNO SÓ É POSSÍVEL CASO A SUA CONTRAÇÃO SEJA SUFICIENTE PARA TAL E TAMBÉM CASO A DISTORÇÃO CRIADA PELO HIDROGÊNIO NA REDE CRISTALINA NÃO TENHA A SIMETRIA LOCAL DA REDE.



## TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

O AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO TIPO AISI 304 INVESTIGADO FOI ADQUIRIDO NA FORMA DE ARAME TREFILADO COM 1,2 MM DE DIÂMETRO E APRESENTOU A SEGUINTE COMPOSIÇÃO QUÍMICA EM PERCENTAGEM EM PESO: C: 0,059; Cr: 17,8; Ni: 7,5; Si: 0,50; Mn: 2,0; Mo: 0,38; P: 0,022; Fe: RESTANTE. OS CORPOS DE PROVA FORAM TRATADOS TERMICAMENTE A 1173 K DURANTE 600 SEGUNDOS (ENCAPSULADOS EM TUBOS DE QUARTZO SOB PRESSÃO DE 0,13 Pa) E TEMPERADOS EM ÁGUA, O QUE RESULTOU EM UM TAMANHO DE GRÃO MÉDIO DE 30  $\mu$ m.

A HIDROGENAÇÃO FOI REALIZADA ELETROLITICAMENTE, A TEMPERATURA AMBIENTE, EM SOLUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO 1 N, CONTENDO 100MG/L DE  $As_2O_3$ . UTILIZOU-SE UMA DENSIDADE DE CORRENTE IGUAL A 500A/ $m^2$ , COM TEMPO DE HIDROGENAÇÃO DE 1 H.

AS MEDIDAS DE AI FORAM EFETUADAS EM UM PÊNDULO DE TORÇÃO INVERTIDO A UMA FREQUÊNCIA DE APROXIMADAMENTE 1 Hz, EM UM INTERVALO DE TEMPERATURA DE 120 A 520 K E A UMA TAXA DE AQUECIMENTO IGUAL A 0,02 K/s. UTILIZOU-SE O MÉTODO DE DECAIMENTO LIVRE PARA EFETUAREM-SE AS MEDIDAS DE AI E A MÁXIMA AMPLITUDE DE DEFORMAÇÃO SUPERFICIAL POR TORÇÃO FOI DE  $1,3 \times 10^{-5}$ .

## RESULTADOS

A FIGURA 1 MOSTRA O ATRITO INTERNO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA UMA AMOSTRA PRÉ-HIDROGENADA. OBSERVA-SE UM PICO A 228 K QUE É SENSÍVEL A RECUPERAÇÃO CAUSADA POR RECOZIMENTOS LINEARES. O RECOZIMENTO LINEAR A 373 K DIMINUI A INTENSIDADE DO PICO EM CERCA DE 60%, ENQUANTO AQUELE A 473 K TEM POUCO EFEITO ADICIONAL.

A FIGURA 2 APRESENTA OS DADOS OBTIDOS DO ATRITO INTERNO E DE ESPECTROS DA FREQUÊNCIA DE TESTE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA. A ENERGIA DE ATIVAÇÃO FOI DETERMINADA COMO SENDO APROXIMADAMENTE 0,52eV.

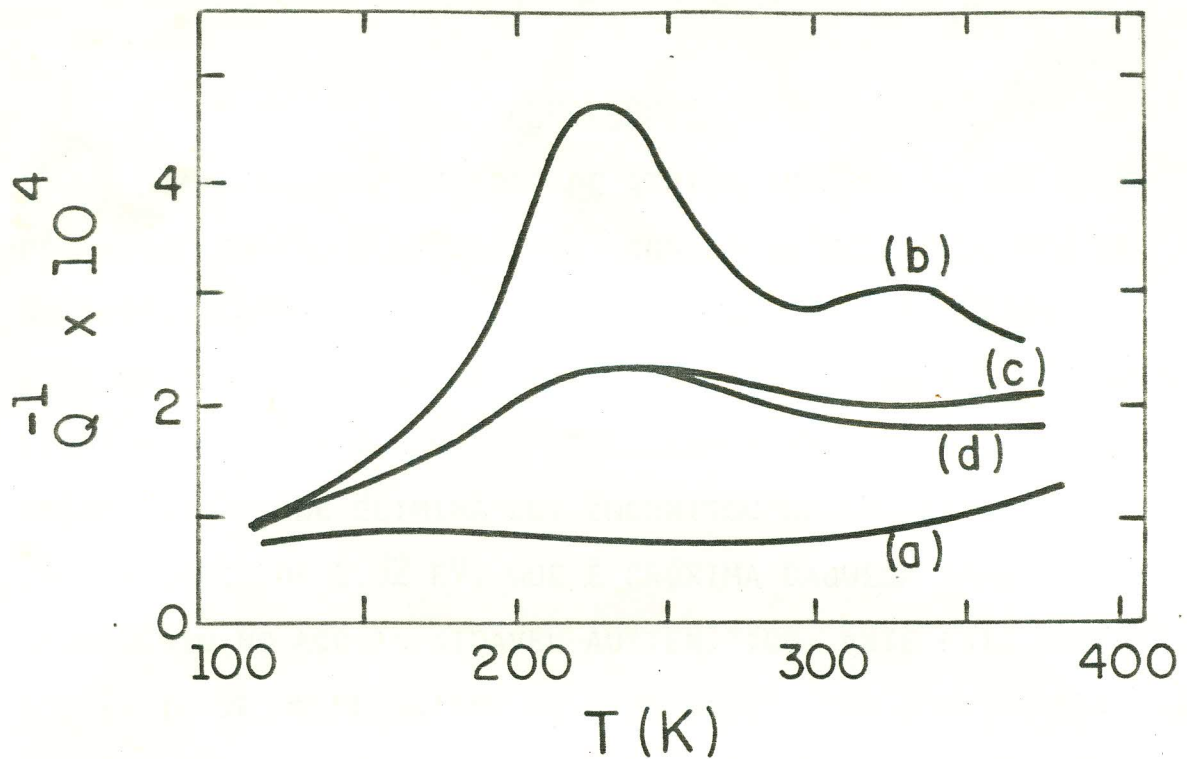


FIGURA 1 - ESPECTROS DE ATRITO INTERNO PARA O AÇO AISI 304 A) RECOZIDO; B) A PÓS HIDROGENAÇÃO; E COM RECOZIMENTO LINEAR C) A 373 K; D) A 473K. PICO DEVIDO AO HIDROGÊNIO A 228 K.

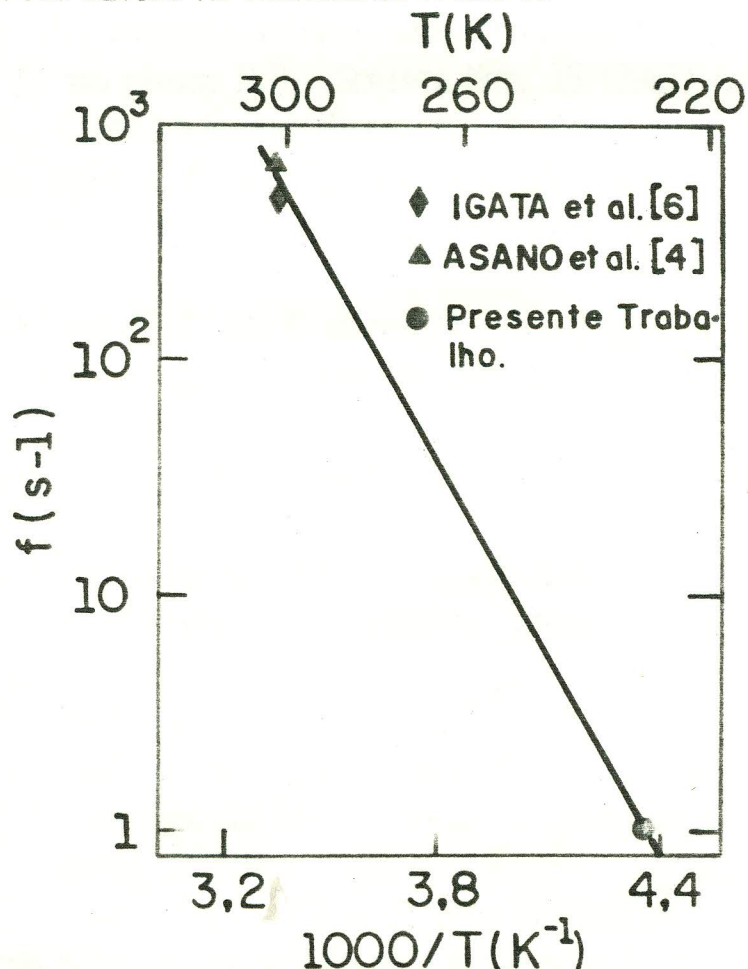


FIGURA 2 - GRÁFICO DE ARRHENIUS, PARA O PICO DEVIDO AO HIDROGÊNIO.

## CONCLUSÕES

REALIZARAM-SE MEDIDAS DE ATRITO INTERNO NO AÇO AISI 304 APÓS HIDROGENAÇÃO ELETROLÍTICA, COM FREQUÊNCIA DE CERCA DE 1 Hz, NO INTERVALO DE TEMPERATURAS ENTRE 120 E 523 K. OBSERVOU-SE UM PICO DEVIDO AO HIDROGÊNIO A TEMPERATURA DE 228 K. RECOZIMENTOS LINEARES A 373 K E A 473 K REDUZIRAM A MAGNITUDE DO PICO, MAS NÃO FORAM CAPAZES DE ELIMINÁ-LO. ENCONTROU-SE UMA ENERGIA DE ATIVAÇÃO DE CERCA DE 0,52 eV, QUE É PRÓXIMA DAQUELA PARA A DIFUSÃO DO HIDROGÊNIO NO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO. ESTE FATO SUGERE A EXISTÊNCIA DE UM MECANISMO DO TIPO SNOEK, COM O HIDROGÊNIO ASSOCIADO A OUTRAS ESPÉCIES ATÔMICAS, FORMANDO PARES OU COMPLEXOS DE DEFEITOS.

## BIBLIOGRAFIA

1. COTTERILL, P., PROGRESS IN MAT. PHYS. 9 (1961) 201.
2. FARRELL, K. AND LEWIS, M.B., SCRIPTA MET. 15 (1981) 661.
3. ATRENS, A., FIORE, N.F. AND MIURA, K., J. APPL. PHYS. 48 (1977) 4247.
4. ASANO, S., SHIBATA, M. AND TSUNODA, R., SCRIPTA MET. 14 (1980) 377.
5. ASANO, S. AND OSHIMA, K., TRANS. OF THE JAPAN INST. OF METALS 23, (1982). 530.
6. IGATA, N., CHEN, H.B. AND MIYAHARA, K., SCRIPTA MET. 16 (1982) 169.
7. IGATA, N., CHEN, H.B., MIYAHARA, K. AND UBA, T., J. DE PHYS. 42 (1981) C5-193.
8. FANTOZZI, G., BENOIT, W., ESNOUF, C. AND PEREZ, J., ANN. DE PHYS. 4 (1979) 1.
9. KĒ, T.S., KRONMÜLLER, H., SEEGER, A. AND SUN, Z.Q., IN "THIRD INT. CONF. ON EFFECTS OF HYDROGEN ON BEHAVIOUR OF MATERIALS", JACKSON LAKE LODGE, WY (USA) 1980.
10. SEEGER, A., PHYS. LETT. 58A (1976) 137.
11. LANGLEY, R.A., J. OF NUCL. MAT. 128 & 129 (1984) 622.
12. FUJITA, F.E., IN "SECOND INT. CONGRESS ON HYDROGEN IN METALS" PAPER 2B10, p. 1, PARIS (1977).
13. LIMA, F.C.P. AND MIRANDA, P.E.V. "STUDY OF HYDROGEN INFLUENCE ON DISLOCATION MOBILITY IN 304 STAINLESS STEEL", J. DE PHYSIQUE, VOL. 46, PP. C10-135-138, (1985).