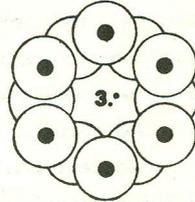


ANAIS

do

**3º Congresso Brasileiro
de Engenharia e
Ciência dos Materiais****CBECIMAT****COPPE / UFRJ****Dezembro de 1978****CNPq****CONSELHO NACIONAL
DE DESENVOLVIMENTO
CIENTIFICO E TECNOLÓGICO****PREMESU****ABM**

ESTUDO DA MICRODUREZA EM NiCr (80-20% EM PESO).

VICENTE LUIZ GALLI*

GEORGI LUCKI*

RESUMO

O teste de microdureza tem sido extensivamente usado para dar a dureza relativa de fase em materiais multifásicos.

A finalidade deste trabalho é estudar a variação da microdureza - Vickers na liga NiCr (80-20% em peso) com diferentes tratamentos térmicos e irradiada.

Para uma indicação apropriada de microdureza, a indentação não deve ser próxima a imperfeições de volume ou superfície como contorno de grão. É também levado em conta que regiões próximas aos contornos de grão dão valores de dureza consideravelmente diferentes das regiões distantes da fronteira.

* Área de Danos de Radiação - CARREI-IEA-São Paulo

1. Introdução

Frequentemente são usados nos testes de microdureza pequenos pesos (da ordem de 25g) e são obtidas indentações muito pequenas, que são comparáveis ao tamanho do grão do material.

Para uma indicação válida de microdureza, a maioria dos fabricantes de equipamentos de microdureza indicam que a indentação não deve ser próxima a uma imperfeição de superfície ou de volume tais como contorno de grão ou uma segunda fase de material.

No presente trabalho, estudou-se a variação da microdureza na liga NiCr (80-20% em peso), com diferentes tratamentos térmicos, fazendo as impressões no interior dos grãos.

2. Materiais e Métodos

A liga NiCr (80-20% em pesos) foi fornecida pela Villares cuja composição química é:

elemento	Ni	Cr	C	Si	Mn	P	S	Ti	Al
% em peso	79,5	18,8	0,14	1,02	0,03	0,012	0,005	0,26	0,060

e 156 p.p.m. de N.

A liga sofreu uma redução de 85% na área de secção transversal.

Preparou-se cinco tipos de amostras:

Amostra 1 - estado inicial em que foi fornecida pela Villares.

Amostra 2 - após o trefilamento da liga do estado inicial - sem tratamento térmico (encruada).

Amostra 3 - recozida a 900 graus centígrados durante 2 horas a vácuo e resfriada lentamente durante 6 horas (revenida).

Amostra 4 - recozida a 900 graus centígrados durante 2 horas a vácuo e temperada.

Amostra 5 - recozida a 900 graus durante 2 horas a vácuo e temperada. Recozida durante irradiação a 566 graus centígrados durante 4 hs. Novo recozimento a 520 graus centígrados durante irradiação por 3 horas. Após irradiação foi feita subida e descida da temperatura até aproximadamente 550 graus centígrados. Tempo total de irradiação = 7 horas. Fluxo de neutrons = $5 \times 10^{12} \text{ n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

As amostras foram embutidas, polidas, atacadas quando então efetuou-se as medidas de microdureza nos grãos delineados.

O aparelho utilizado para tal foi um Fotomicroscópio III com equipamento de microdureza de marca Carl Zeiss.

A técnica utilizada para delimitamento do contorno do grão foi o ataque eletrolítico cuja composição de eletrólito é:

112 ml de ácido acético glacial

28 ml de ácido perclórico

80 ml de água destilada

As condições de ataque foram 5 Volts durante 5 a 10 segundos.

Para o ataque eletrolítico foi utilizado um equipamento de marca

JENA.

A microdureza Vickers é definida como:

$$HV = 1854,4 \frac{P}{(d + D)^2} \quad (1)$$

onde: HV - microdureza (kg/mm^2)

P - carga aplicada em gramas

d - diâmetro da base da pirâmide (μm) medido no microscópio.

$$D = d_0 + \Delta d$$

d_0 - recuperação elástica do material

Δd - erro na medida da diagonal

Traçando-se um gráfico de $P^{1/2}$ em função de d obtém-se uma reta. Definindo-se os parâmetros a (intersecção da reta com o eixo das ordenadas) e $\text{tg } \alpha$ (inclinação da reta), temos de (1)

$$HV = 1854,4 \times \text{tg}^2 \alpha \quad (\text{Kg}/\text{mm}^2) \quad (2)$$

$$D = a/\text{tg} \alpha \quad (\mu\text{m}) \quad (3)$$

quando $\Delta d \ll d_0$ então $D \approx d_0$.

3. Resultados Experimentais

Após a aplicação da carga mediu-se a diagonal da base da pirâmide imprimida na amostra.

Na tabela 1 estão os dados coletados para cada amostra onde d_i é a diagonal para a amostra i.

A partir da tabela 1 foi feito o gráfico de $P^{1/2}$ (raiz quadrada da carga aplicada) em função da diagonal d, de onde se calculou a microdu-

reza (HV) e a recuperação elástica mais o erro na medida da diagonal (D).

Tabela I

P (g)	d_1 (μm)	d_2 (μm)	d_3 (μm)	d_4 (μm)	d_5 (μm)
10	9,8	7,4	9,7	10,2	10,5
20	12,5	10,5	15,2	14,4	15,0
30	14,8	13,0	19,0	18,0	17,1
40	18,2	14,8	21,0	21,2	20,2
50	21,4	16,9	24,5	23,5	22,8
60	21,6	18,2	27,4	26,0	24,4
70	23,6	19,0	28,2	28,8	26,9
80	24,8	20,6	30,9	31,0	28,0
90	27,5	22,2	31,3	32,4	31,2
100	—	23,2	33,6	34,0	32,5

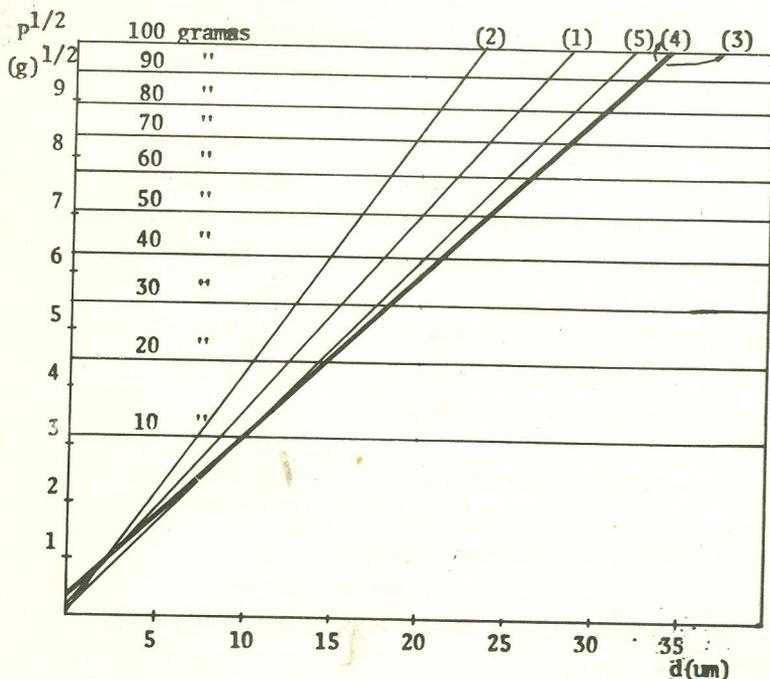


Gráfico de $P^{1/2}$ (P = carga aplicada) em função de d (diagonal da base da pirâmide).

- Curva (1) - amostra no estado inicial
 Curva (2) - amostra encruada
 Curva (3) - amostra revenida
 Curva (4) - amostra temperada
 Curva (5) - amostra irradiada.

A tabela 2 mostra os valores de a e t_{90} obtidos do gráfico e os valores de "HV" e "D" calculados a partir das relações (2) e (1) respectivamente.

Tabela 2

Amostra	1	2	3	4	5
a ($g^{1/2}$)	0,17	0,05	0,36	0,38	0,10
t_{90}	0,344	0,428	0,282	0,284	0,308
HV (Kg/mm^2)	219,44	339,06	147,22	149,62	176,03
D (μm)	0,49	0,12	1,28	1,34	0,32

4. Discussão dos Resultados

Da tabela 2 notamos que $HV_2 > HV_1 > HV_5 > HV_4 > HV_3$ (HV_i é a microdureza da amostra i) e que $D_2 < D_5 < D_1 < D_3 < D_4$ (D_i é a recuperação elástica somada ao erro na medida da diagonal para a amostra i).

Verificamos que o trefilamento na liga (85% em área), provocou um aumento na dureza e quando essa liga foi submetida a um recozimento a 900°C e resfriada tanto lentamente (revenida) como bruscamente (temperada) (pois a diferença entre HV e D foram muito pequenas), houve uma diminuição na microdureza e um aumento no fator D, isto é, a amostra tornou-se mais elástica.

Quando a amostra temperada foi submetida a irradiação, notou-se que HV aumentou e D diminuiu, isto é, a liga tornou-se mais dura.

5. Conclusão

Em liga de NiCr (80-20% em peso) com diferentes tratamentos térmicos verificou-se que:

- o encruamento provoca um aumento na microdureza do material;
- após um recozimento da liga encruada a 900°C seguido de um

resfriamento tanto lento como brusco, o material torna-se mais elástico , isto é, sua microdureza diminui e o fator $D = d_o + \Delta d$ aumenta;

- a liga temperada submetida a irradiação torna-se mais dura, isto é, a radiação provoca um endurecimento do material.

Os estudos de danos de radiação em liga NiCr (80-20% em peso) bem como diversos aços inoxidáveis, terão prosseguimento, por meio das medidas de microdureza, bem como, outros métodos.

6. Bibliografia

- (1) BUTLER, T. W. - "Interpretation of microhardness of phases in multiphase materials using continuum plasticity analysis" - 5. annual technical conference of the IMS Analysis Society. Chicago, Microstructural science. Vol. I. N. York. American Elsevier Publishing Company, Inc. (1974) p.15-24.
- (2) PACHUR, D. - "Quantitative description of the changes of hardness during neutron irradiation and annealing for weldable quenched and tempered steels for reactor pressure vessels" - Arch. Eisenhuettenwes. (Aug.1976) V.47(8) - p.501-506.
- (3) SUSZCZYNSKI, E.F.; Cabral, U.Q. - "Danos por irradiação provocados por protons de 5MeV em aço inoxidável austenítico AISI 316". Contribuição técnica nº 1.155. Apresentada no XXVIII - Congresso Anual da ABM; Salvador BA; junho de 1973.
- (4) ISORE, A. - "Etude de la recristallisation primaire de l'argent par mesures de frottement interieur et de defaut de module" - These Presentee Au Departement de Physique de L'Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.These nº 159 - Lausanne EPFL 1973.
- (5) POKROVSKIJ, A.S.; MALKOV, V.V. - "Neutron Irradiation Effects on the Microhardness and Electrical Resistance Changes in Molybdenum and TSM-6 Alloy" - NHAR-P--10 (276). 1976. 21p.