



RELAÇÃO ENTRE MICROESTRUTURA E RESISTÊNCIA AO DESGASTE EM FERROS FUNDIDOS BRANCOS COM 12% DE CROMO

Amilton Sinatoro Dep. Eng. Mecânica E P U S P.  
Paulo R. Mel Dep. Mat. Eng. Mecânica - UNICAMP  
André Paulo Tschipischin Dep. Eng. Metalúrgica  
Escola Politécnica da USP.



cibecimat



Estudou-se a relação entre taxa de desgaste, no ensaio de pino microestrutura da matriz em ferros fundidos brancos com 12% de cr e 2% de carbono, empregando-se os abrasivos avxex e carboneto de silício. Verificou-se que a resistência ao desgaste se elevava co aumento da temperatura de revenido e dependia da dureza do materi podendo aumentar ou diminuir dependendo da presença ou não de austenita retida. A porcentagem de austenita retida é a princi variável da microestrutura que afeta a taxa de desgaste.

#### Introdução

De modo geral, a literatura tem como um fato bem estabelecido que nas aplicações usuais dos ferros fundidos brancos de alto cromo deve-se evitar a qualquer custo a formação de perlita ou carbonetos esferoidizados (1,2). pois estas microconstituintes não propiciam uma resistência ao desgaste comparável com as matrizes austeníticas ou martensíticas. Entretanto o desempenho relativo entre matrizes austeníticas e martensíticas não está bem estabelecido.

#### Materiais e Métodos

Foi preparada uma liga de composição 2,09%C, 13,13Cr, 0,64Mn, 0,52Si, 0,025AP, 0,011S.

Fundiram-se corpos de prova cilíndricos com 120 mm de altura e 25mm de diâmetro, convenientemente assaolados de modo a se prevenir defeitos de fundição.

As amostras foram austenitizadas a 950, 950, 1050 e 1150°C por 3 horas e temperadas em óleo. A seguir foram revenidas a 450/ 550 ou 650°C.

As amostras foram atacadas com reativo de Villal (sal HCl, 1g ácido picrico em 100ml de álcool etílico). Efetuaram-se exames de metalografia ótica e banco metalográfico Zeiss-Jena modelo Mesphot 35 e os exames de microscopia eletrônica de varredura e microscopia Zeol modelo JSM-840.

Foram efetuadas determinações das frações volumétricas de microconstituintes através da contagem em grão de 25 pontos efetuando-se 15 contagens por amostra, segundo a norma ASTM E-562-76 (3).

Efetou-se difração de raios X com objetivo de se determinar as fases presentes bem como a fração volumétrica de austenita retida, foram efetuadas três determinações de austenita retida em cada amostra. O equipamento empregado foi de marca Siemens.

Efetuaram-se medidas de macrodureza Vickers com carga de 50kg, bem como microdureza da matriz com 100g de carga. Os valores de macrodureza apresentados são média de cinco determinações enquanto que os de microdureza são média de 12 determinações. Em ambos os casos empregou-se o procedimento indicado na norma NBR 6672 (4).

O ensaio de desgaste efetuado foi o ensaio do pino ("pin test"). A versão do ensaio empregada foi a devida a Barro, e ser ensaio é simultaneamente rotundo e transladado contra uma lixa de determinado material abrasivo.

Os resultados são apresentados na forma de taxa de desgaste calculada segundo a equação (1) e são média de três determinações.

$$W = w/[(A)l] \quad (1)$$

Onde W = taxa de desgaste  
l = distância percorrida do pino contra o abrasivo

T = densidade do material ensaiado  
A = área de contato aparente  
w = perda de massa

#### Resultados e Discussão

A figura 1 mostra a variação da dureza para as amostras austenitizadas a 950°C. Ocorre um decréscimo progressivo da macrodureza com a elevação da temperatura de revenido, bem como eliminação da austenita retida a partir de 450°C. O exame metalográfico revelou apenas martemita revenida em todas as amostras, com os carbonetos secundários cada vez mais coalescidos à medida em que se elevava a temperatura de revenido.

Para as amostras austenitizadas a 1050°C a macrodureza atingiu um máximo em torno de 500°C e a porcentagem de austenita retida decresceu continuamente com a elevação da temperatura de revenido como mostra a

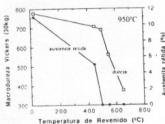


Figura 1. Porcentagem de austenita retida e da microdureza em função da temperatura de revenido. Amostras austenitizadas a 950°C.

Figura 2. O tratamento a 450°C levou ao revenido da martensita formada na témpera. Já na amostra revenida a 500°C constatou-se a presença de martensita fresca e martensita revenida. A 550°C a microestrutura é complexa sendo formada provavelmente por martensita fortemente revenida, perlita e martensita fresca. Esta última amostra não identificada deve estar presente devido a elevada microdureza (577 Vickers) da matriz. Na amostra revenida a 650°C constatou-se a presença de perlita e ferrita mais carbonetos sferulizados, fruto do revenimento da martensita formada na témpera.

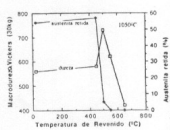


Figura 2. Porcentagem de austenita retida e da microdureza em função da temperatura de revenido. Amostras austenitizadas a 1050°C.

As amostras austenitizadas a 1150°C tiveram uma evolução da macro e microdureza qualitativamente semelhante a da liga austenitizada a 1050°C, como se vê na figura 3.

A microestrutura das amostras não se alterou significativamente a 450 e 500°C em relação à amostra temperada. Na temperatura de 550°C a austenita retida se transformou em martensita e perlita. A amostra atingiu a dureza mais elevada dentro a presença de perlita, tendo indicado que a amostras austenitizadas a 1150°C, embora a máxima dureza no revenido deva estar entre 500 e 550°C. A 650°C ocorreu a transformação da austenita em perlita.

**Ensaio de desgaste das amostras temperadas e revenidas**

Foram medidas as taxas de desgaste bem como a relação entre a dureza do material e a dureza do material, em função das temperaturas de revenido para as ligas austenitizadas a 950, 1050 e 1150°C. Revenidas a 450, 550 e 650°C para os abrasivos, carboneto de silício e sílex.

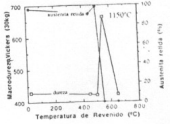


Figura 3. Porcentagem de austenita retida e da microdureza em função da temperatura de revenido. Amostras austenitizadas a 1150°C.

Verifica-se que a taxa de desgaste aumenta com o decréscimo da microdureza para as amostras austenitizadas a 950°C e revenidas. Esta variação é igual a geralmente citada na literatura e se deve ao revenimento da martensita.

A taxa de desgaste apresentou um ponto de mínimo quando cotada com a microdureza para as amostras temperadas e revenidas após austenitização a 1050 e 1150°C. Esta relação ficou mais evidente quando se empregou a microdureza da matriz. O ponto de mínimo correspondeu as microestruturas com maior porcentagem de austenita retida.

Para verificar a relação entre microestrutura e taxa de desgaste cotou-se contra a porcentagem de austenita retida. Nas figuras 4A e 4B foram representadas as variáveis taxa de desgaste e dureza para as amostras com e sem austenita retida, respectivamente. Todavia verificou-se na figura 4A, que nas amostras sem austenita retida a taxa de desgaste cai com a elevação da dureza enquanto que para as amostras com austenita retida ocorre o inverso. Na figura 5 apresenta-se a variação da taxa de desgaste com a porcentagem de austenita retida nos ensaios com SiC e sílex. Verificou-se que a principal variável que determina a taxa de desgaste é a porcentagem de austenita retida.

Em todas as amostras o desgaste foi mais intenso para o abrasivo SiC de que para o sílex.

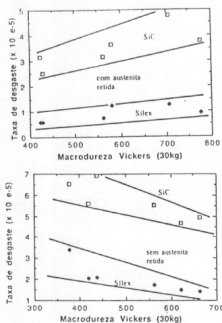


Figura 4. Taxa de desgaste em função da dureza. A - Amostras sem austenita retida. B - Amostras com austenita retida.

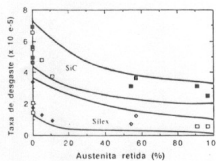


Figura 5. Taxa de desgaste em função da porcentagem de austenita retida.

Os resultados da variação da taxa de desgaste em função da relação entre dureza do abrasivo e dureza do material são apresentados na figura 6A. Desdobrando-se os resultados referentes a amostras com austenita retida e sem esta fase obtêm-se as figuras 6B e 6C. Verifica-se que a variação da taxa de desgaste em função da relação dureza do abrasivo e dureza do material depende fortemente da presença de austenita. A transição de desgaste brando para desgaste severo situa-se próximo da unidade nas amostras sem austenita retida e é cerca de 2,5 quando esta fase está presente.

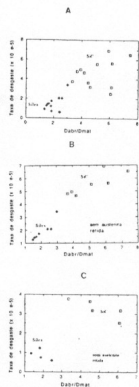


Figura 6. Taxa de desgaste em função da relação entre dureza do abrasivo e dureza do material. A - Para todas as amostras. B - Para as amostras sem austenita retida. C - Para as amostras com austenita retida.

#### Conclusões

O estudo do desgaste nas amostras austenitizadas a 950, 1050 e 1150°C e revenidas a 450, 550 e 650°C da liga Fe-12Cr-24C-0,48 Mn permitiu concluir que:

1. A elevação da temperatura de revenido causou elevação da taxa de desgaste para as três temperaturas de austenitização.
2. A transição de desgaste severo/desgaste brando se deu quando a relação  $D_{90}/D_{50}$  era aproximadamente 2,5 nas amostras com austenita retida.
3. A transição de desgaste severo/desgaste brando se deu quando a relação  $D_{90}/D_{50}$  é aproximadamente 1,0 nas amostras sem austenita retida.
4. A porcentagem de austenita retida foi a variável de microestrutura mais importante na determinação da taxa de desgaste.

#### Referências Bibliográficas

1. DIESBURGH, D.E. & BORIK, F. - "Optimizing Abrasion Resistance and Toughness in Steels and Irons for the Mining Industry". In: Material for the Mining Industry. Climax Mollidenu Co. 1974, pp. 15-41
  2. GUNDLACH, R.B. & PARKS J.L. "Influence of Abrasive Hardness on the Wear Resistance of High Chromium Irons". WEAR, v. 43, N° 2, 1978, pp. 97-108.
  3. ASTM Standards. "Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count". v.11, 1982, pp. 534-562
  4. NBR 6672, Determinação da dureza Vickers, ABNT, Jul. 1981, 17 p.
  5. BLICKENSCHERFER E. & LAIRD II, G. "A Pin-on-Drum Abrasive Wear Test and Comparison with Other Pin Test". Journal of Ensaying and Evaluation, v. 16, N° 4, 1988, pp. 216-226.
- Agradecimentos.

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Michael Pohl pela utilização dos equipamentos e pela hospitalidade na Universidade de Fuhr, Bochum, Alemanha. Agradecemos ainda ao Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico (DAAD) pelo financiamento do Projeto (Micromecanismos de Desgaste) dentro do Programa Brasil do Stifterverband fuer die Deutsche Wissenschaft (APT). Ao CNPQ pelo custeio, processo n° 412270/88 (APT). Ao CAPES pela bolsa concedida, processo n° 412271/88.5 (AG).