

ANAIS

IV Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste

16 a 20 de junho de 1996 - Recife - Pe

**Departamento de Engenharia Mecânica
Centro de Tecnologia e Geociências
Universidade Federal de Pernambuco**

VOLUME 1

ABCM

Associação Brasileira de Ciências Mecânicas

Ficha Catalográfica

Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste (4. : 1996 : Recife).
Anais / IV Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste. - Recife
UFPE/CTG, Departamento de Engenharia Mecânica, 1996.
2 v. : il.

Inclui bibliografia e índice.

1. Engenharia Mecânica - Congressos.

621 CDU (2. Ed.)
621.1

CDD (20. Ed.)UFPE-BCE 96

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE AUSTENITIZAÇÃO NA VARIAÇÃO DA DUREZA E RESISTÊNCIA À ABRASÃO DE UM FERRO FUNDIDO BRANCO ALTO Cr CONTENDO Nb

F 219 v

Alessandro Fraga Farah - Mestrando em Engenharia de Materiais - Deptº de Eng. de Materiais
Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Brasil

414158 - Luralice de C. F. Canale - Profª. Dra. do Departamento de Engenharia de Materiais
Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Brasil

179876 Ovidio Richard Crnkovick - Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Materiais
Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Brasil

RESUMO

Foi investigado a influência da temperatura de austenitização na dureza e resistência à abrasão de um ferro fundido branco alto Cr contendo Nb. Foram feitas variações na temperatura de austenitização e de revenido, e também o tempo em cada temperatura foi variado. Após cada tratamento térmico de têmpera e revenido foram efetuados ensaios de dureza e abrasão (do tipo pino sobre disco), caracterizando assim cada tratamento térmico.

Palavras chaves : Ferro Fundido Branco, Tratamento Térmico, Resistência ao Desgaste, Cr, Nb.

1. INTRODUÇÃO

Devido à sua alta dureza e excelente resistência à abrasão, as ligas de ferros fundidos brancos têm sido, no campo dos materiais resistentes ao desgaste, as mais estudadas no intuito de reduzir os prejuízos causados pelo desgaste abrasivo. Dentre estas ligas destacam-se as com altos teores de Cr e teores significativos de Nb, Mo e V, entre outros [1-3].

Os ferros fundidos de alto Cr são materiais compostos por carbonetos do tipo M_7C_3 e M_3C os quais promovem a instabilidade da cementita, substituindo-a por este tipo de carboneto hexagonal, onde M é na maioria das vezes Fe e Cr [4].

A resistência ao desgaste abrasivo além de depender das características da matriz, também depende da dureza, da forma e da distribuição de carbonetos na mesma. Os elementos de liga nióbio e vanádio promovem a formação de monocarbonetos do tipo NbC e VC, respectivamente, que se solidificam primariamente a partir do metal líquido e que possuem dureza bastante elevada [2,4].

A combinação destes elementos de liga nas propriedades requeridas a estes tipos de ferros fundidos, somente serão consideradas após a realização de tratamentos térmicos de têmpera seguidos de revenido [1].

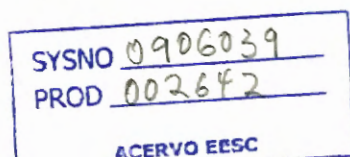
O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da temperatura de austenitização e da temperatura de revenido no comportamento ao desgaste abrasivo de uma liga de ferro fundido branco alto cromo contendo nióbio.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A liga de ferro fundido branco analisada possui a seguinte composição química : 4,0% C, 0,021% S, 1,60% Si, 0,75% Mn, 27,5% Cr, 0,83% Mo, 5,02% Nb, 0,4% V e Fe balanceado.

Após fundida, a liga foi vazada em pequenos lingotes de 12 x 12 x 175 mm dando origem às barras das quais se confeccionaram os corpos de prova que foram submetidos aos tratamentos térmicos.

As amostras foram austenitizadas às temperaturas de 950, 1000, 1050, 1100 e 1150°C e depois resfriadas em ar forçado. Após a têmpera, as amostras foram seccionadas para análise microestrutural e feitas as medidas de dureza e ensaios de abrasão. Cada amostra foi revenida a 450, 500 e 550°C e após cada revenido, foram novamente seccionadas para novas análises microestruturais e novos ensaios de dureza e abrasão. Foi também efetuado um tratamento de sub-zero em algumas amostras no intuito de diminuir a quantidade de



0906039
10/096

austenita retida [5,6]. O tempo de austenitização e revenido variou de 1 a 5 horas.

Os ensaios de abrasão foram do tipo pino sobre disco rotativo, usando uma lixa de 180 mesh de SiC [7] sobre o disco, sobre o qual um pino do material a ser ensaiado é apoiado e submetido a uma carga de 325 g. Após um certo número de voltas o pino foi retirado e pesado em uma balança analítica, para a verificação da perda de massa. A área útil de desgaste das amostras é de 121 mm². O número de voltas foi de 1600 voltas para cada amostra, correspondendo a uma distância percorrida de 720 m.

As amostras seccionadas para análise metalográfica, foram polidas e atacadas com os seguintes reagentes: Nital 5%, Vilela, Murakami, 5% HNO₃ em metanol e Metabissulfito de Na [8], para identificação da matriz e dos carbonetos. Após as análises metalográficas foram efetuadas medidas de microdureza para identificação dos constituintes presentes na liga.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este trabalho foram selecionados as amostras cujos tratamentos térmicos (Tabela 1) apresentaram melhor desempenho após realização dos ensaios de desgaste abrasivo.

Tabela 1 : Tratamentos térmicos realizados, durezas médias e o desvio padrão das durezas obtidas.

Amostra	Tratamento Térmico	Dureza (HRC)	Desvio Padrão
T1	950°C por 3h - Ar forçado - Rev. a 450°C por 3h	58	0,38
T2	1000°C por 3h - Ar forçado - Rev. a 450°C por 3h	59	0,51
T3	1050°C por 3h - Ar forçado - Rev. a 450°C por 3h	60	0,20
T4	1050°C por 3h - Ar forçado - Sub zero - Rev. 450°C por 3h	61	0,35

Para temperaturas de austenitização mais baixas que 950°C as durezas obtidas não foram experimentalmente significativas, ficando próximas à dureza da liga no estado bruto de fusão, que é em torno de 50 HRC, devido ao fato da liga apresentar uma matriz predominantemente austenítica. À medida que se aumentou a temperatura de austenitização foi confirmado um aumento crescente na dureza da liga, devido a dissolução de carbonetos na matriz. Esta conclusão corrobora o trabalho de Saverna [9], no qual afirma que depois de 1 hora a 955°C, o carbono e os elementos da austenita, permitem uma tempera martensítica. Entretanto, após 1050°C, a dureza da liga voltou a cair indicando um aumento na porcentagem de austenita retida durante a tempera, mostrando que nestas condições a matriz é praticamente austenítica.

As temperaturas de austenitização entre 950 e 1050°C, apresentaram matrizes martensíticas, sugerindo que o aumento da temperatura de austenitização pode levar a um aumento do teor de carbono na austenita e com isso uma martensita mais rica em carbono.

De acordo com os resultados, confirmamos que houve um endurecimento secundário por precipitação de carbonetos confirmado pelos valores de dureza obtidos.

Dentre as propriedades relativas ao desgaste, as ligas revenidas a 450°C, apresentaram maior dureza e melhores desempenhos nos ensaios de abrasão.

A Figura 1 mostra a relação entre a perda de massa e a dureza da liga, para diferentes temperaturas de revenido, R1, R2 e R3 (450, 500 e 550°C respectivamente), a partir de uma amostra temperada a 1000°C. A melhor temperatura para se obter o endurecimento secundário foi para o revenido a 450°C (tratamento R1), no qual foi conseguido a maior dureza, nestas condições.

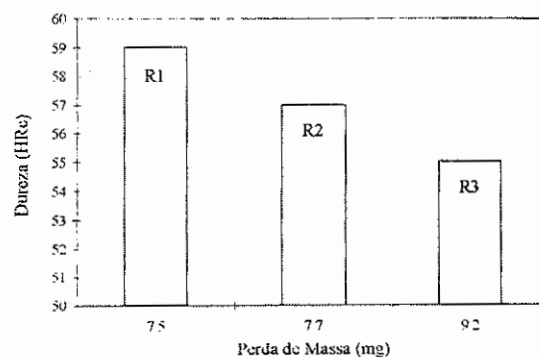


Figura 1 : Dureza x Perda de Massa, em função da temperatura de revenido.

Verifica-se na Figura 2, que quanto maior a temperatura de austenitização (tratamentos térmicos T1, T2, T3 e T4 - Tabela 1), maior é a dureza obtida, até 1050°C, confirmando Sinâtoro [1], e com isso uma menor perda de massa, observada no ensaio de abrasão.

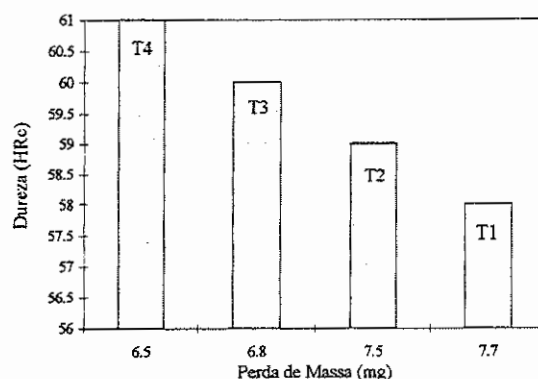


Figura 2 : Dureza x Perda de Massa, em função da temperatura de austenitização.

Nota-se também que a maior resistência ao desgaste foi obtida com o tratamento sub-zero (T4) em virtude do aumento da porcentagem de martensita formada, decorrente da austenita retida transformada, onde se obteve a menor perda de massa e também a maior dureza.

Um outro mecanismo atuante foi o endurecimento secundário, obtido através do revenido, no qual a melhor temperatura foi a de 450°C.

Na microestrutura da liga, mostrada na Figura 3, notamos a presença de carbonetos do tipo M_7C_3 e M_3C em uma matriz predominantemente martensítica, obtida após tratamento térmico, e também monocarbonetos do tipo NbC e VC, não visíveis na fotomicrografia.

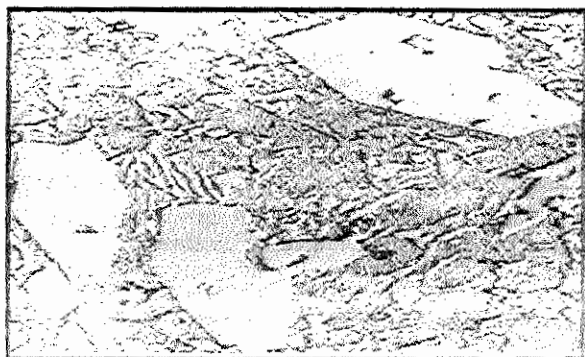


Figura 3 : Estrutura: carbonetos de M_7C_3 e M_3C , em uma matriz predominantemente martensítica. Ataque: Vilela. Aumento: 500 X.

A Figura 4, mostra em destaque áreas de carbonetos de Nb primários dispersas em toda a liga após tratamento térmico.



Figura 4 : Estrutura: carbonetos de NbC primários. Ataque: 5% HNO_3 em metanol. Aumento: 500 X.

4. CONCLUSÕES

Os resultados experimentais obtidos revelaram que:

- o aumento da temperatura de austenitização levou a um aumento progressivo da dureza, até 1050°C;

- o aumento da dureza resultou em uma diminuição do desgaste por abrasão, nas condições de ensaio estudadas;

- o revenimento após têmpera melhorou as propriedades de desgaste da liga, sendo a melhor temperatura a 450°C;

- o tratamento de sub-zero, após a têmpera, seguido de revenido elevou a dureza do material devido à maior transformação da austenita retida.

As propriedades obtidas pela liga, após os tratamentos térmicos e ensaios de abrasão realizados, caracterizam esta liga como altamente resistente ao desgaste abrasivo.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Sinátora, A. et al, "Estudo do Revenido de Ferros Fundidos Brancos de Alto Cromo", Fundição e Matérias Primas, pp. 33-37.
- [2] Chen, H. X. et al, "Effect of Niobium on Wear Resistance of 15% Cr white Cast Iron", Wear, 166, pp.197-201, 1993.
- [3] Casteletti, L. C. et al, "Efeito da Adição de Nióbio em Ferro Fundido Branco com 15% de Cromo", Anais do 11º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais - Cbecimat, pp. 07-10, Águas de São Pedro, SP, Brasil, 1994.
- [4] Franco, S. D. e Sinátora, A., "Determinação da Tenacidade à Fratura de Carbonetos M_7C_3 usando o Método da Identação", Anais do 11º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais - Cbecimat, pp. 247-250, Águas de São Pedro, SP, Brasil, 1994.
- [5] Zum Gahr, K. H. e Doane, D. V., "Optimizing Fracture Toughness and Abrasion Resistance in White Cast Irons", Metallurgical Transactions A, Vol 11A, pp. 613-620, April 1980.
- [6] Liu, Y. et al, "A Study on the Dynamic Characteristics of Abrasion for High-Chromium Alloys", Wear, 169, p.p 1-7, 1993.
- [7] Zum Gahr, K.H., "Abrasive Wear of white Cast Irons", Wear, 64, p.p. 175-194, 1980.
- [8] Collins, W. K. e Watson, J. C., "Short Communication - Metallographic Etching for carbide Volume Fraction of High-Chromium white Cast Irons", Materials Characterization, Vol. 24, p.p. 379-386, 1990.
- [9] Saverna, J. et al, "Influence du Traitement Thermique sur la Microstructure et la Résistance à l'Abrasion d'une Fonte Eutectique de Type 15 Cr - 2 Mo", Mémoires et Études Scientifiques Revue de Métallurgie, Vol. 4, p.p. 205-216, Avril, 1992.

ABSTRACT

The hardness and abrasion resistance of high chromium white cast iron with niobium were investigated through of change in a austenitizing temperature and tempering and time in each temperature. After heat treatment of hardening and tempering were effectuated tests of hardness and abrasion test (pin abrasion test) decribing each heat treatment.