

11º Congresso Brasileiro de Engenharia
e Ciência dos Materiais

cbecimat

anais

Águas de São Pedro, SP
11 a 14 de dezembro de 1994

EFEITO DA ADIÇÃO DE NÍOBIO EM FERRO FUNDIDO BRANCO COM 15% DE CROMO

Luiz Carlos Casteletti - EESC-USP

Marcelo Martins - KSB - Bombas Hidráulicas

Carlos Alberto Soufen - UNESP - Bauru

Marcelo A.P. da Silva - IFSC-USP

RESUMO

Foi efetuada a adição de 1,8% de Nb em um ferro fundido branco com 15% de Cr para verificação do efeito sobre a resistência à abrasão e ao impacto. Para uma condição de tratamento térmico, a liga com Nb apresentou desempenho muito superior. O Nb abaixou a resistência ao impacto da liga.

INTRODUÇÃO

Os ferros fundidos brancos com alto cromo apresentam excelente resistência à abrasão, juntamente com um grau razoável de tenacidade, além da possibilidade de serem recozidos para facilitar operações de usinagem. Devido a isto, eles estão apresentando uso crescente em vários campos de aplicação. [1]

Na mineração e nas indústrias de processamento mineral e movimentação de terra existe uma tendência crescente de mecanização e do uso de grandes unidades de potência, enfatizando a necessidade de se melhorar a disponibilidade de peças com melhores propriedades de abrasão, uma vez que interrupções devidas a falhas de componentes são muito caras em termos de mão-de-obra e de interrupção de produção. [1]

A microestrutura desta família de ferros fundidos brancos consiste de carbonetos eutéticos de ferro-cromo descontinuos ($(Cr, Fe)_7C_3$ e carbonetos secundários ricos em cromo em uma matriz austenítica ou em seus produtos de transformação (martensita, bainita ou perlita). Ótima resistência à abrasão e a melhor combinação de resistência à abrasão, resistência à tração e tenacidade é obtida em ferros que apresentam matriz totalmente martensíticas endurecidas por carbonetos secundários dispersos. Em seguida viriam as matrizes austeníticas instáveis endurecidas por deformação, que são passíveis de lascamentos e rupturas sob condições de impactos repetidos. [1 - 3]

A adição de elementos fortemente formadores de carbonetos tal como o W, V, Nb e Ti podem melhorar as propriedades dos ferros fundidos brancos com alto cromo, uma vez que as propriedades mecânicas e tribológicas dependerão fundamentalmente do tipo de carboneto presente. [4 - 6]

No presente trabalho procedeu-se à adição de Nb em um ferro fundido, produzido anteriormente, para fins de verificação de seu efeito sobre o mesmo em termos de resistência à abrasão e ao impacto.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram realizadas, em forno de indução, ao ar, duas corridas de ferros fundidos brancos, cujas composições químicas são apresentadas na tabela I.

Tabela I: Composições químicas nominais dos ferros produzidos

Ferro Fundido	1	2
C	2,4-2,8	2,9
Mn	0,5-1,5	0,8
Si	1,0 max	1,0 max
Ni	0,5 max	0,5 max
Cr	14-18	16,7
Mo	1,0-3,0	1
Cu	0,7	-
Nb	0,0	2,0

Foram obtidos lingotes, em moldes de areia, com comprimento de 270mm e 35mm de diâmetro. A partir dos mesmos foram usinados os corpos de prova para os ensaios de abrasão, de impacto e metalográficos.

Os ensaios de abrasão foram do tipo pino-sobre-disco giratório, com uma lixa de grana 120 sobre o mesmo. Após um número especificado de giros do disco, a amostra era pesada em uma balança analítica, para verificação da perda de massa. Os corpos de prova eram cilíndricos, com 10mm de comprimento e diâmetro de 10mm.

Nos ensaios de impacto, utilizou-se corpos de prova cilíndricos, sem entalhes, com 60mm de comprimento e diâmetro de 15mm.

As amostras foram preparadas manualmente para as observações metalográficas, após ataque com o reagente.

Foram também realizadas análises químicas dos carbonetos presentes, por meio de microsonda eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela II são apresentados os resultados das análises químicas dos ferros fundidos brancos produzidos:

Tabela II. Composições químicas, em porcentagem em peso, dos ferros fundidos

Ferro Fundido	1	2
C	2,64	2,83
Mn	0,68	0,74
Si	0,68	0,43
Ni	0,11	0,40
Cr	16,60	16,50
Mo	2,50	1,06
Cu	—	0,74
Nb	—	1,8

São apresentados na tabela III os tratamentos térmicos efetuados nos ferros fundidos e os resultados dos ensaios de impacto.

Tabela III. Tratamentos térmicos a que os materiais foram submetidos e resultados de impacto

Material	TRATAMENTOS TÉRMICOS		energia Absorvida (J)
	Nº	Tipo	
F.F.1	1	4h a 1020°C-Resf.ao ar +2h a 200°C	75
F.F.2 (Nb)	2	45min. a 970°C-Resf.ao ar	46
F.F.2 (Nb)	3	Como fundido	60
F.F.2 (Nb)	4	3h a 1020°C-Resf.ao ar +3h a 500°C	28
F.F.2 (Nb)	5	3h a 1020°C-Resf.ao ar +2h a 200°C	14

A adição de Nb abaixou a resistência ao impacto das ligas estudadas.

As características de impacto foram bastante afetadas pelos tratamentos efetuados.

Na figura 1 são apresentados os resultados relativos aos ensaios de abrasão realizados.

No eixo das ordenadas constam os valores referentes à seguinte operação:

$$\frac{M_i - M}{M_i} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} M_i = \text{massa inicial} \\ M = \text{massa após desgaste} \end{array}$$

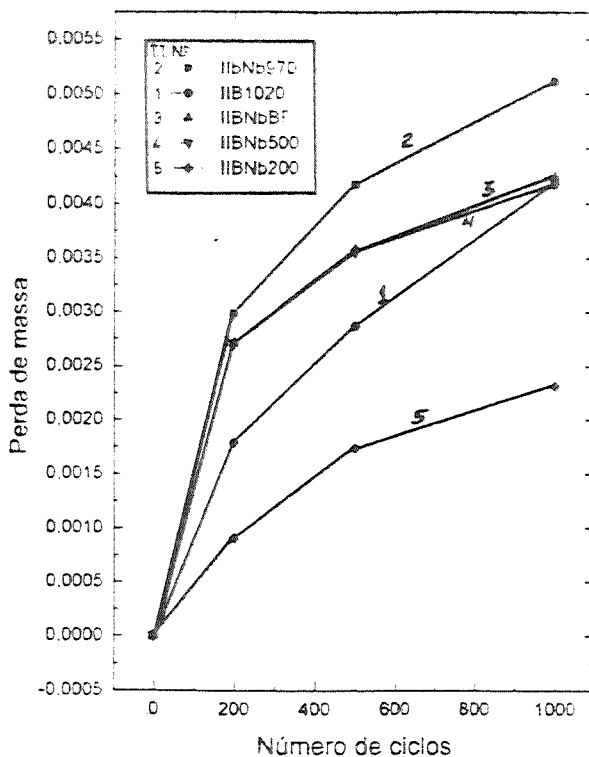


Figura 1. Resultados dos ensaios de abrasão dos ferros fundidos

A liga que apresentou o melhor desempenho foi a que continha Nb e submetida ao tratamento térmico nº 5. A liga sem Nb mostrou melhor comportamento que as ligas com Nb submetidas ao tratamento nº 3 e 4 até 1000 ciclos, havendo provavelmente a partir daí uma inversão desse comportamento. A liga tratada com o procedimento nº 2 apresentou o pior desempenho.

Na tabela IV são apresentados os resultados de análises químicas por meio de microsonda eletrônica.

Tabela IV. Resultados dos ensaios com microsonda eletrônica

Fase	Elementos (% em peso)			
	Fe	Cr	Mo	Nb
Carboneto Esqueletal	4,9	4,8	1,6	88,6
Carboneto Eutético	43,2	54,8	1	0,2
Matriz	89	10,5	0,4	0,1

Foram realizadas as análises com respeito aos elementos metálicos, não sendo possível a análise do carbono.

Os carbonetos eutéticos dos ferros fundidos estudados, de acordo com a literatura, são do tipo M_7C_3 . Baseado nisto, e na estequiometria, o tipo de carboneto eutético presente nestes ferros fundidos é o

$$(Cr_4Fe_3) \rightarrow \% Cr = \frac{(52 \times 4) \times 100}{(52 \times 4) + (56 \times 3)} = 55,3 \%$$

$$\% Fe = 44,7$$

O carboneto esquelético presente na liga Nb é provavelmente o NbC [4], como pode ser verificado:

$$NbC \rightarrow \% Nb = \frac{92,91}{92,91 + 12} = 88,56 \%,$$

o que concorda com os resultados da análise de microsonda.

Verifica-se também que a totalidade do Nb adicionado foi utilizada na formação dos carbonetos de Nb, restando apenas traços na matriz.

São apresentadas nas figuras seguintes as fotomicrografias correspondentes à liga com Nb.

Os carbonetos de Nb permaneceram inalterados em todos os T.T. realizados.

As variações de propriedades de impacto e de abrasão são decorrentes portanto de modificações na matriz.



Figura 2. F.F. submetido ao T.T. nº 5. Presença de carbonetos de Nb com morfologia esquelética (escuras), carbonetos eutéticos (mais claros) e matriz martensítica com precipitação de carbonetos secundários. Ataque: 5% HNO_3 em metanol. Aumento Total = 330X

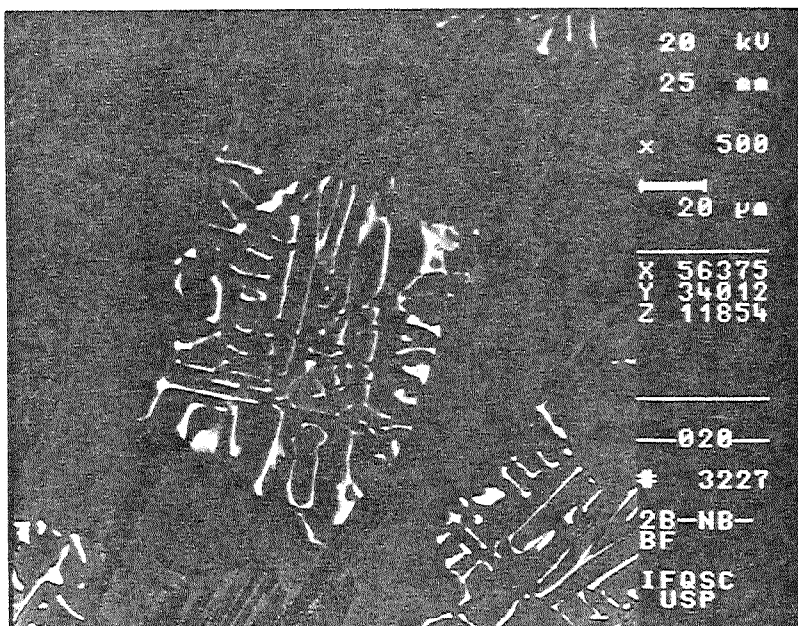


Figura 3. Micrografia eletrônica. Material no estado bruto de fusão.
Carbonetos de Nb (claros), carbonetos de cromo (escuros) em matriz austenítica

CONCLUSÕES

- A adição de Nb ao fuso do tipo IIB provocou um aumento acentuado na resistência à abrasão do mesmo, para uma condição específica de tratamento térmico. Tal tratamento possibilitou a retenção pela matriz dos carbonetos de Nb, de elevada dureza (2400 HV).
- A resistência ao impacto decresceu com essa adição de Nb devido provavelmente à presença desses carbonetos, uma vez que o Nb concentrou-se totalmente nos mesmos, estando praticamente ausente na matriz.

Tal observação está de acordo com o trabalho de BAIK [7].

- 4- FISET, M. et. al. "The influence of niobium on fracture toughness and abrasion resistance in high-chromium white cast irons", v.12, n.9, p.615, 1993.
- 5- CHEN, H.X. et al. "Effect of niobium on wear resistance of 15% Cr white cast iron" Wear, 166, p.197, 1993.
- 6- LAIRD II, G. et al. "On the nature of eutectic carbides in Cr-Ni white cast irons" Metal Transactions A, v.22a, p.1709, August, 1991.
- 7- BAIK, H.K. et al. "The influence of niobium on the solidification structure of Fe-C-Cr alloys" AFS Transactions, v.96, p.405, 1988.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- FALRHURST, W. et al. "Abrasion-resistant high-chromium white cast irons" Foundry Trade Journal, v.136, n.2999, p.685, May 30, 1974.
- 2- COX, G.J. et al. "15% Cr/Ni/Mo martensitic white cast irons for abrasion-resistant applications" Foundry Trade Journal, v.136, n.2979, p.31, January 10, 1974.
- 3- PEARCE, J.T.H. "Structure and wear performance of abrasion resistant chromium white cast irons" Trans. of A.F.S., v.92, p.599, 1984.

SUMMARY

Effect of Nb addition to white cast iron with 15% chromium

The addition of 1.8% Nb to white cast iron with 15% Cr was performed to verify its effect on the abrasion and impact resistance.

For one specific heat treatment condition, the alloy showed a superior resistance to abrasion but with lower impact properties.