

UM ESTUDO SOBRE POROSIDADES DE NITROGÊNIO EM FERROS FUNDIDOS BRANCOS

Wilson Luiz Guessser ¹
Isaias Masiero ²

Resumo

Apresenta-se um estudo sobre porosidades de nitrogênio em ferros fundidos brancos. Foram estudadas variáveis relacionadas à elaboração e composição do metal líquido, bem como à areia de moldagem. Mostra-se que o nitrogênio originário de ambas as fontes contribui para o defeito. O teor de nitrogênio no metal líquido depende do equipamento de fusão empregado, bem como do tipo de carburante. Para o nitrogênio presente na areia de moldagem, apresenta-se um mecanismo de retenção e de eliminação do defeito; segundo este mecanismo, o nitrogênio proveniente de resinas ou do pó-de-carvão seria retido na areia de moldagem na forma de amônia, como cátion trocável da bentonita. Sua eliminação poderia então ser promovida por uma reação de troca de cátions, por exemplo, com carbonato de sódio. Os resultados obtidos comprovam este mecanismo.

Palavras-chave: Nitrogênio; Porosidade; Ferro fundido maleável; Bentonita.

A STUDY ON NITROGEN POROSITIES IN WHITE CAST IRONS

Abstract

It is presented a study about nitrogen porosities in malleable irons. Melting and moulding factors are discussed. The nitrogen content from both sources, melting and mould, can be responsible for the defect. The nitrogen content of the liquid metal depends on the melting equipment and the type of carburizer. In the moulding sand, the nitrogen release by resins or seacoal is collected by the bentonite, as exchangeable cation (NH_4^+). It is possible to remove the nitrogen in the bentonite, promoting a cation exchanging reaction with sodium carbonate. The results show very good agreement with the proposed mechanism.

Key words: Nitrogen; Porosity; Malleable iron; Bentonite.

1 INTRODUÇÃO

Porosidades em peças fundidas, causadas por gases, constituem um problema comum nas fundições e sua causa nem sempre é facilmente identificável. Em ferros fundidos, as porosidades podem ser classificadas segundo a sua origem em 3 grandes grupos:⁽¹⁾

- originárias de sopro de gases (umidade, gases de resinas, gases de colas);
- porosidades de reação, de óxido de baixa estabilidade (FeO , MnO) com o carbono do metal e
- oriundas da diminuição de solubilidade durante a solidificação (H, N).

Este último grupo nem sempre é de fácil identificação quando a fonte de H ou N é o molde ou macho, enriquecendo a porção de metal junto ao molde e favorecendo assim o aparecimento da porosidade junto ao molde, geralmente

sub-superficialmente.⁽¹⁻³⁾ Isto torna o problema ainda mais crítico, pois a visualização da porosidade acontece então apenas na usinagem da peça.^(2,3) As porosidades de hidrogênio assim formadas geralmente possuem um filme interno de grafita, o que facilita o seu reconhecimento.⁽¹⁾

No presente trabalho apresenta-se um estudo sobre porosidades de nitrogênio em ferros fundidos brancos. São analisadas variáveis da elaboração do metal e da areia.

2 CARACTERIZAÇÃO DO DEFEITO

Foram inicialmente efetuadas análises de identificação do defeito. A Figura 1 mostra exames metalográficos do defeito, verificando-se que a porosidade está muitas vezes ligada à superfície, tendendo a apresentar-se de forma alongada, perpendicular à superfície, muitas vezes interdendrítica. Este aspecto revela que a porosidade é formada principalmente durante a solidificação, resultante da diminuição de solubilidade do gás no metal líquido.

¹ Tupy Fundições e UDESC - wguessser@tupy.com.br

² Tupy Fundições e UDESC - imasiero@tupy.com.br

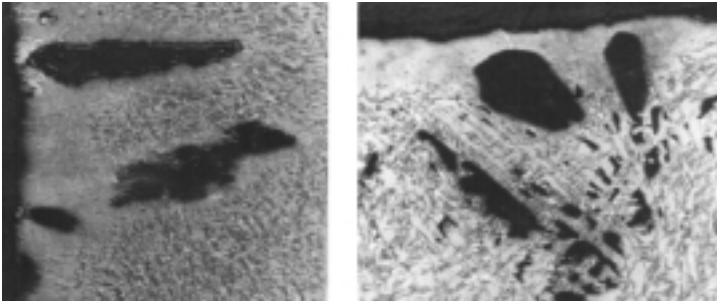


Figura 1. Exames metalográficos em porosidades superficiais.

Análises de teor de nitrogênio numa peça cilíndrica revelaram alta concentração de nitrogênio junto ao defeito (310 ppm N), comparativamente ao interior da peça (56 ppm N).

Deste modo, o nitrogênio deve ter importante participação na formação da porosidade, e isto foi considerado no planejamento experimental que se segue.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em todas as experiências empregou-se carga composta de 15% gusa, 60% retornos e 25% sucata de aço. A carga era fundida em forno de indução a cadinho, realizando-se adições na panela de 0,005% Al, 0,010% Bi e 0,010% FeB17. O metal base continha 2,6% C - 1,5% Si - 0,39% Mn - 0,09% S - 0,030% P. O banho era superaquecido a 1530°C e a temperatura de vazamento situou-se entre 1440 a 1450°C. Aumentos do teor de nitrogênio foram conseguidos com adições de cianamida cálcica (CaCN - 21% N), na panela. Análises de nitrogênio foram efetuadas pelo método Kjeldahl.

Diversas areias de moldagem foram testadas, conforme indicado na Tabela 1

Foi empregado como peça-teste um cilindro de diâmetro interno igual a 250 mm, altura de 110 mm e espessura de 25 mm, totalmente confeccionado em areia a verde. Esta peça-teste era fraturada em 4 planos verticais, avaliando-se a presença, quantidade e tamanho das porosidades nas superfícies de fratura.

Definiu-se o "índice do defeito" como:

Índice do defeito = (% fraturas com o defeito) x (frequência do defeito) x (tamanho do defeito).

Às frequências "baixa", "média", "alta" atribuíram-se os números 3-5-9, e aos tamanhos "pequeno", "médio", "grande" atribuíram-se os números 1-2-3, respectivamente. Com este parâmetro (índice do defeito) procurou-se então levar em conta o efeito conjunto da presença, frequência e tamanho do defeito.

Tabela 1. Areias de moldagem testadas.

Areia	Teor de argila ativa (%)	Aditivos
Sistema BI	7-8	Pó-de-carvão - 0,11% por ciclo
Sistema BIII	7-8	Pó-de-madeira - 0,04% por ciclo
Faceamentos	7-8	1,15% pó-de-madeira
		1,5% pó-de-coque
		3,0% pó-de-carvão

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira variável examinada foi a umidade do molde, objetivando-se verificar se o hidrogênio ou oxigênio participariam da porosidade. Na Figura 2 estão apresentados os resultados comparando-se molde de areia a verde com molde estufado. Não se verificou efeito sensível da umidade do molde.

Na Figura 3 é apresentado o resultado de pintura de molde com tinta de zirconita à base de água, seguindo-se a secagem. Nota-se que diminui a incidência de porosidades, provavelmente devido à barreira formada pela tinta entre o molde e a peça. Isto revela a importância do molde na formação do defeito.

Foram então efetuadas experiências de modo a estudar o efeito do teor de nitrogênio no metal líquido. Foram feitas adições crescentes de cianamida cálcica na panela de vazamento, registrando-se uma incorporação de cerca de 10% de seu nitrogênio ao metal líquido. Na

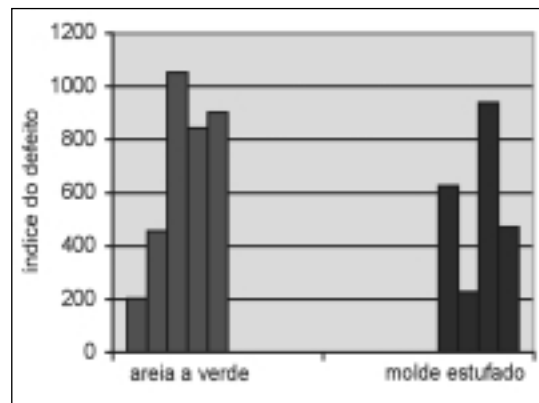


Figura 2. O teor de umidade da areia de sistema não apresentou efeito sensível sobre a incidência do defeito. Cada barra representa o resultado de um corpo de prova.

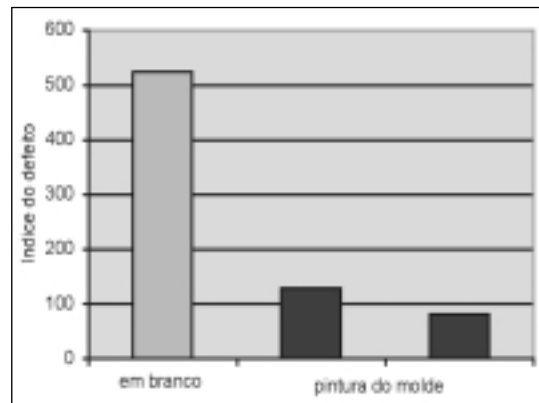


Figura 3. Pintura do molde com zirconita (e secagem com chama) reduz a incidência do defeito. Molde com areia de sistema BI.

Figura 4 estão registrados os resultados de índice do defeito em função do teor de nitrogênio no metal líquido. Verifica-se que adições crescentes de cianamida cálcica, aumentando o teor de nitrogênio no metal líquido, resultaram em tendência crescente a porosidades superficiais de nitrogênio.

Resultados de análises de nitrogênio em diferentes ferros fundidos podem ser vistos na Figura 5. Verifica-se que para o ferro maleável

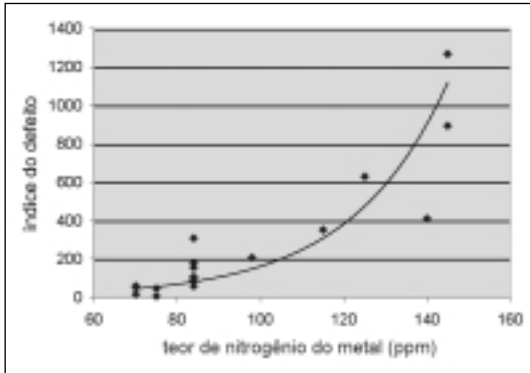


Figura 4. Aumento da incidência de porosidades com o aumento do teor de nitrogênio no banho. Areias de sistema com 150-163 ppm nitrogênio.

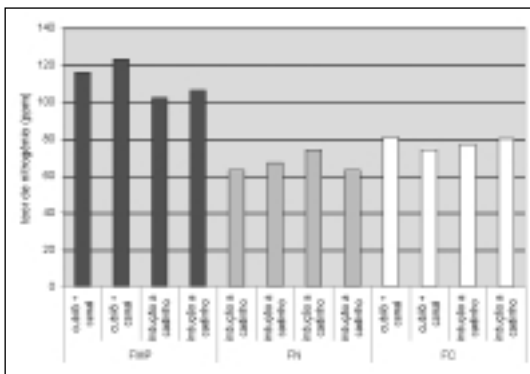


Figura 5. Teor de nitrogênio em função do tipo de ferro fundido e do equipamento de fusão.

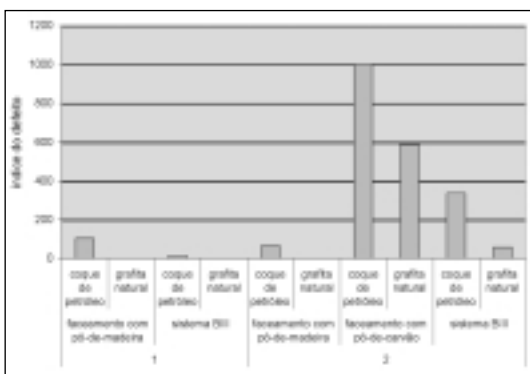


Figura 6. Efeito do tipo de carburante e da areia de moldagem sobre a incidência de porosidades de nitrogênio, em duas séries experimentais.

preto o teor de nitrogênio situa-se entre 100 a 120 ppm, enquanto para o ferro nodular e para o ferro cinzento o teor de nitrogênio situou-se entre 80 a 100 ppm. Provavelmente isto é consequência das diferenças de solubilidade do nitrogênio em cada liga, decrescendo com o aumento dos teores de C e Si (4-5). Em todos os casos as amostras foram retiradas nas temperaturas de superaquecimento (1500-1520°C). Para o ferro maleável preto, fusão em forno cubilô + indução a canal resultou em teor de nitrogênio um pouco superior a fusão em forno de indução a cadinho.

Uma possível fonte de nitrogênio para o metal líquido fundido em forno elétrico é o carburante.(4-6) Foram então efetuadas corridas com carburante de alto nitrogênio (coque de petróleo – cerca de 1% N) e com carburante praticamente isento de nitrogênio (grafita natural). Na Figura 6 estão apresentados os resultados de duas corridas, empregando-se diferentes areias de moldagem, podendo-se comprovar o efeito marcante do tipo de carburante sobre a incidência de porosidades de nitrogênio.

Verifica-se ainda na Figura 6 o efeito marcante do tipo de molde sobre a incidência do defeito. Este aspecto foi então investigado em detalhes nos experimentos que se seguem.

Um dos materiais de moldagem que apresenta alto teor de nitrogênio é o pó-de-carvão (Tabela 2). Foi então investigado o efeito de adições crescentes de pó-de-carvão em areia de sistema, constando os resultados da Figura 7.

Observa-se que adições de pó-de-carvão aumentam a tendência da areia de moldagem à formação do defeito. Esta tendência é oposta à verificada quando da ocorrência de porosidades de hidrogênio, evidenciando novamente que o hidrogênio não deve ter participação importante neste defeito. A causa do aumento do defeito seria o aumento do teor de nitrogênio na areia de sistema.

Tabela 2. Teor de nitrogênio de aditivos de areias de moldagem

Material	Teor de nitrogênio (%)
Pó-de-carvão I	0,86
Pó-de-carvão N	1,08
Pó-de-carvão vegetal	0,82
Pó-de-madeira	0
Mogul	0

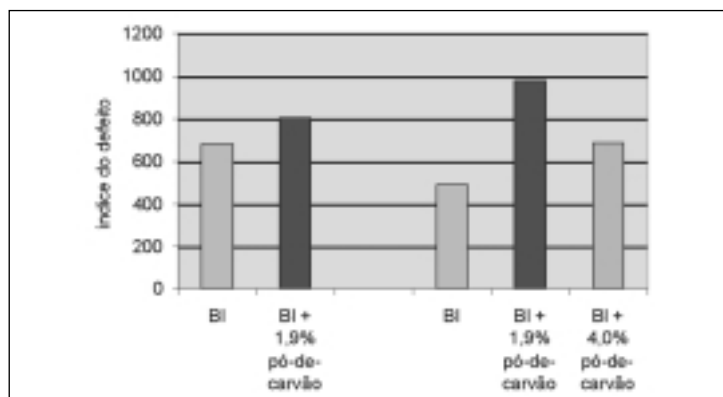


Figura 7. Adições de pó-de-carvão a uma areia de sistema aumentaram a incidência do defeito. 2 séries experimentais.

Tabela 3. Areias de faceamento e tendência a porosidades de nitrogênio.

Experiência	Areia de moldagem	Índice do defeito
1	Sistema BI	514
	faceamento sem pó-de-carvão	23
2	Sistema BI	1600
	faceamento sem pó-de-carvão	0
	faceamento com 1,5% pó de coque	23
3	faceamento com 1,15% pó-de-madeira	14
	Sistema BI	135
4	faceamento com 1,15% pó-de-madeira	13
	Sistema BI	700
	faceamento com 1,15% pó-de-madeira	6

Foram então investigadas diversas areias de faceamento, apresentando-se na Tabela 3 os resultados obtidos. Todas as areias sem pó-de-carvão, contendo ou não pó-de-madeira, revelaram baixa tendência ao defeito. Mesmo a areia com pó-de-coque apresentou baixa tendência à formação de porosidades, o que mostra que não é este resíduo do pó-de-carvão o responsável pela alta tendência ao defeito que areias contendo pó-de-carvão apresentam.

O nitrogênio, proveniente do pó-de-carvão, seria retido na areia de moldagem na forma de amônia como cátion trocável da bentonita. Deste modo, deveria ser possível deslocar a amônia com tratamento de troca por sódio. Os resultados deste tipo de tratamento podem ser vistos na Figura 8.

Nesta Figura registra-se a variação do teor de nitrogênio com adições crescentes de carbonato de sódio, bem como a variação da resistência a úmido.

Verifica-se a diminuição do teor de nitrogênio com adições crescentes de carbonato de sódio e isto seria devido ao deslocamento da amônia como cátion trocável pelo sódio, segundo a reação: $\text{Bent-NH}_4^+ + 1/2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \text{Bent-Na}^+ + 1/2((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$

O carbonato de amônio é instável, decompondo-se e assim eliminando-se a amônia da areia de moldagem.

A resistência a úmido aumenta com pequenas adições de sódio (Figura 8), decrescendo a partir de um máximo, comportamento típico em reações de troca de cátions por sódio (como por exemplo na "ativação" de bentonitas cálcicas).

Estes resultados comprovam o mecanismo proposto de absorção da amônia como cátion trocável da bentonita.

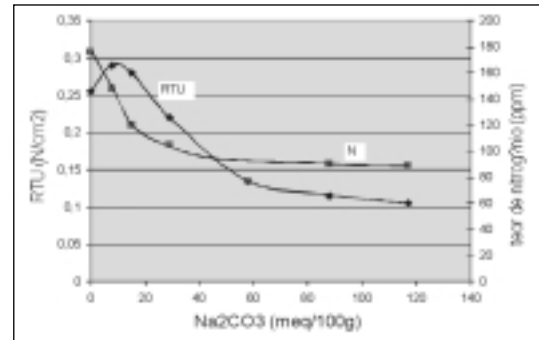


Figura 8. Tratamentos de troca de cátions por sódio alteram a resistência à tração a úmido de areia de sistema e reduzem o seu teor de nitrogênio por remoção de amônia.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a tendência à formação de porosidades de nitrogênio em ferros fundidos brancos pode ser influenciada tanto pelo teor de nitrogênio do metal líquido como da areia de moldagem. Com teores crescentes de nitrogênio no metal líquido aumenta a tendência à formação do defeito. Uma fonte de nitrogênio pode ser o carburante de coque de petróleo. Também o tipo de equipamento de fusão apresenta efeito sobre o teor de nitrogênio.

Com relação à areia de moldagem, uma fonte importante de nitrogênio é o pó-de-carvão. A decomposição do pó-de-carvão gera águas amoniacais, sendo a amônia então retida na areia de moldagem como cátion trocável da bentonita, podendo gerar nitrogênio nascente quando exposta a um novo ciclo de fundição.

Adições posteriores de carbonato de sódio deslocam novamente a amônia da bentonita, reduzindo-se o teor de nitrogênio da areia de moldagem.

REFERÊNCIAS

- 1 DAWSON, J.V.; KILSHAW, J.A.; MORGAN, A.D. The nature and origin of gas holes in iron castings. **BCIRA Journal**, v. 13, n 4, p. 445-468, July 1963.
- 2 BATES, C.E.; SCOTT, W.D. Decomposition of resin binders and the relationship between the gases formed and the casting surface quality. **AFS Transactions**, v.84, n.26-30, p. 793-804, Apr. 1976.
- 3 SIMMONS, W. Experiments into the complementary effects of hydrogen and nitrogen in the formation of gas holes in iron castings. **BCIRA Journal**, 21, p. 432-440, Sept 1973.
- 4 SELBY, M.J. Effects of melting and holding in a coreless induction furnace on the nitrogen content of cast iron. **BCIRA Journal**, v.23, p. 462-468, Sept. 1975.
- 5 PEHLKE, R.D.; WADA, G.; STRONG, G.R. Nitrogen in malleable iron production. **AFS Transactions**, v.86, p. 125-134, 1978.
- 6 CASPERS, K.H. Zum Einfluss von Stahlschrott und Gattierung zusätzen im Induktionsofen auf die Fehlerreingung von Gusseisen. **Giesserei**, v. 62, n 8, p. 186-189, 1975.

Recebido em: 15/05/2006

Aceito em: 11/10/2006

Proveniente de: CONAF – CONGRESSO DE FUNDIÇÃO, 12., 2005, São Paulo, SP. São Paulo: ABM, 2005.