

# AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA EM FERRO FUNDIDO CINZENTO COQUILHADO E CARBONITRETADO



Diferentes procedimentos experimentais buscam auferir qual a maneira mais eficiente para garantir resistência à corrosão e ao desgaste no uso de ferro fundido cinzento

**KELI VANESSA SALVADOR DAMIN**

Professora Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Chapecó

**CRISTINA PERUCHI DÁRIO**

Analista no Grupo Copobras e mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade do Extremo Sul Catarinense

**GABRIELI BORGES UGIONI FELIPE**

Professora na Escola Superior de Criciúma e doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade do Extremo Sul Catarinense

[kelifsd@gmail.com](mailto:kelifsd@gmail.com)

## RESUMO

Neste trabalho foram avaliados os efeitos dos parâmetros de carbonitreção gasosa na microdureza e no desgaste de ferro fundido cinzento coquilhado. Os diversos procedimentos experimentais foram definidos, onde foram determinados fatores de interesse como tempo, temperatura de carbonitreção e percentual de metano na atmosfera de amônia. Como resposta foram obtidos os valores de perda de massa em percentual e microdureza, além da análise da camada formada.

## ABSTRACT

*In this work, the effects of gaseous carbonitriding parameters on microhardness and wear of chilled gray cast iron were evaluated. The different experimental procedures were defined where factors of interest were defined as time, carbonitriding temperature and percentage of methane in the ammonia atmosphere. As answers, the values of mass loss in percentage and microhardness were obtained, in addition to the analysis of the layer formed.*

## INTRODUÇÃO

Ferro fundido cinzento é um dos materiais mais utilizados nas indústrias em geral. A morfologia da grafita encontrada nesse ferro fundido apresenta-se na forma lamelar e pode ser classificada segundo a norma ASTM A247. As suas propriedades são interessantes quanto à resistência mecânica, baixo coeficiente de atrito, boa capacidade de amortecimento e baixo custo. É amplamente utilizado na fabricação de peças para máquinas operatrizes, bombas e motores de combustão interna, virabrequins, eixos de comando de válvulas, base de máquinas e engrenagens.

Embora a utilização dos ferros fundidos apresente uma série de vantagens, os mesmos apresentam baixa resistência ao desgaste e à corrosão. Pode-se citar como exemplo o tucho mecânico, fabricado com esse material e que tem sua vida útil reduzida devido ao desgaste.

A carbonitreção gasosa é um tratamento termoquímico que objetiva a formação de componentes microestruturais, chamados carbonitretos, que contribuem para o aumento da resistência ao desgaste, à corrosão e à fadiga. Nesse sentido, o presente trabalho estuda a carbonitreção gasosa de ferro fundido cinzento coquilhado, visando aumentar a resistência ao desgaste do material.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas nesse trabalho foram tuchos mecânicos de ferros fundidos cinzentos coquilhados, cuja análise química pode ser analisada na Tabela 1. Os tuchos foram tratados termicamente e posteriormente analisados. Os testes foram feitos alterando-se a composição química do material com a introdução de pequeno percentual de elementos formadores de carbonetos mais estáveis que o carboneto de ferro.

Os tratamentos de carbonitreção gasosa nos tuchos mecânicos ocorreram em um reator cilíndrico com atmosfera controlada. Os parâmetros de tratamento são mostrados na Tabela 2 e variam em função da temperatura (480 e 580 °C), do tempo de patamar (2 e 8 horas) e da concentração de metano na atmosfera gasosa (1 e 5%), sendo o restante da atmosfera composta por amônia.

Com o término do tratamento, realizaram-se caracterizações microestruturais, via microscopia óptica; mecânica, via verificação de microdureza Vickers (carga 1kg); e ensaio de desgaste pino sobre disco, de acordo com a norma ASTM G65-94.

**Tabela 1 – Análise química**

Amostra	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Cu (%)	Fe (%)
Não Carbonitretada	3,9	0,796	2,06	0,104	0,071	0,264	0,108	0,665	91,9

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção de carbonetos nas amostras é conseguida com a utilização de uma coquilha que provoca um superesfriamento suficientemente alto, a ponto de se obter ferro fundido branco na amostra com uma pequena espessura. O coquilhamento tem por objetivo melhorar a resistência ao desgaste do material, para que os carbonetos formados tenham maior resistência ao desgaste do que fases formadas sem o coquilhamento.

Durante o tratamento termoquímico houve a dissolução de carbonetos, ocorrida devido à instabilidade da cementita no material, pois ele não havia sido resfriado em condições de equilíbrio, mas sim coquilhado.

A micrografia (a), indicada na Figura 1, mostra a camada carbonitretada obtida na amostra C, tratada a 480°C por 8h, com 1% de metano. Já a Figura 1 (b), revela imagem de um corpo de prova não carbonitretado. As setas indicam a região carbonitretada.

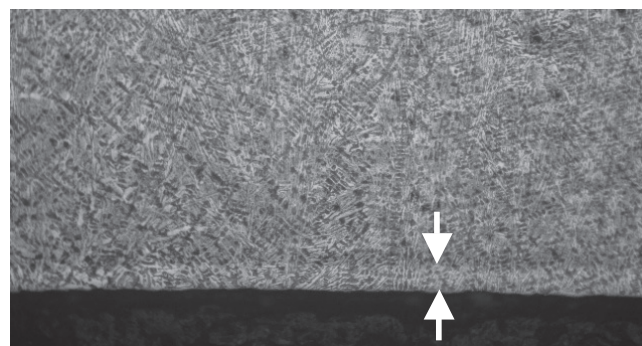


Figura 1 (a)

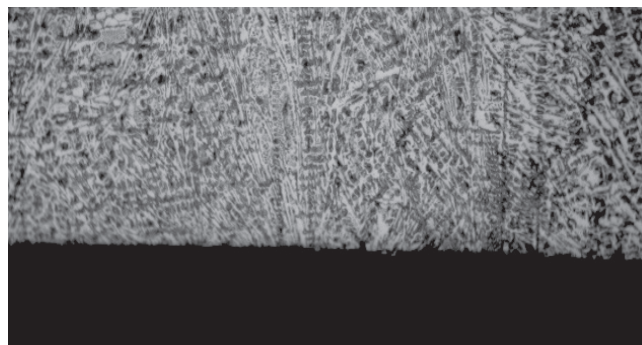


Figura 1 (b)

Figura 1 – Micrografias ópticas das amostras: a) submetidas ao tratamento de carbonitreção em 480°C/8h/1%; b) coquilhada não carbonitretada. Ataque: Picral. As setas indicam as camadas ricas em carbonitretos de ferro.

A Tabela 2 apresenta o planejamento experimental, bem como os resultados de perda de massa em percentual. Para cada condição de ensaio foram realizadas ao menos três medidas de desgaste.

**Tabela 2 – Resultados de perda de massa em percentual com os respectivos desvios padrão ( $\sigma$ )**

Corpos de prova	T (°C)	Conc. (%)	t. (h)	Perda de Massa (%)	! ( $\times 10^{-3}$ )
A	480	1	2	0,003	0,735
B	480	1	8	0,006	2,045
C	580	1	2	0,001	1,168
D	580	1	8	0,002	0,658
E	480	5	2	0,005	3,398
F	480	5	8	0,002	0,964
G	580	5	2	0,006	4,893
H	580	5	8	0,003	2,045
Não carbonitretada	-	-	-	0,002	0,796

T – Temperatura de nitretação; Conc. – Concentração de metano; t. – Tempo de exposição dos tuchos

Observa-se que o melhor resultado foi obtido para a amostra C, tratada a 580 °C por 2 horas, com baixa concentração de metano, que apresentou uma perda de massa, em percentual, de 0,001.

As amostras D e F apresentaram perda de massa igual da amostra não carbonitretada, 0,002%. Já as demais amostras obtiveram valores de perda de massa superiores, indicando que os parâmetros usados para essas amostras prejudicaram a sua resistência ao desgaste, interação entre o fator temperatura e concentração de metano, e entre a concentração de metano e o tempo de carbonitretação.

Ao analisar a microdureza a 2mm de profundidade da superfície dos tuchos carbonitretados observou-se que os valores de microdurezas das amostras variaram entre 660HV e 720HV.

Já as amostras não tratadas apresentaram microdureza de 702HV. Essa diferença de valores é pequena e pode explicar por que não houve uma redução significativa da perda de massa, em percentual, das amostras carbonitretadas.

## CONCLUSÕES

Observou-se que os valores de dureza variaram próximo a 700HV, tanto para amostras não carbonitretadas quanto para amostras carbonitretadas. O melhor desempenho foi observado para a amostra C, onde houve uma redução de 50% na perda de massa em relação a amostra não carbonitretada.

## REFERÊNCIAS

ANGIOLETTO, E. Nitretação Gasosa Potencialmente Auxiliada. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 1998.

ASTM Standard G133, 2005e1, “Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Sliding Wear”. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, DOI: 10.1520/G0133-05E01, [www.astm.org](http://www.astm.org).

Ojima, M., Ohnuma, M., Suzuki, J., Ueta, S., Narita, S., Shimizud, T., Tomota, Y. Origin of the Enhanced Hardness of a Tempered High-Nitrogen Martensitic Steel. *Scripta Materialia* 59 (2008) 313–316.

Yang, K., Yu, S., Li Y., Li, C. Effect of Carbonitride Precipitates on the Abrasive Wear Behaviour OF Hardfacing Alloy. *Applied Surface Science* 254 (2008) 5023–5027.

SMITH, William F. *Principles of Materials Science and Engineering*, 3rd Ed., McGraw-Hill, 1996.

ASTM G65, 1994. Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus. *Annual Book of ASTM Standards Volume 03.02*, ASTM, Philadelphia, PA.

ASTM A247 – 10. Standard Test Method for evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings – 2010.

DAMIN, Keli Vanessa Salvador et al. AISI 1005 Steel Plasma Treated by Different Thermochemical Surface Treatments. *Mat. Res.*, São Carlos, v. 19, n. 5, p. 1049-1056, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0594>. 