



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

IV EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

24 e 25 de outubro de 2019



COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DOS FERROS FUNDIDOS NODULARES COM E SEM NITRETAÇÃO.

PEDRO LUIZ DA COSTA DE MORAES¹, MARCOS ALVES FONTES¹

¹Instituto Federal de São Paulo, Sertãozinho, SP, Brasil, e-mail: plc.moraes@gmail.com.

Área de conhecimento – 3.03.03.06-0

RESUMO: Dentre os diversos tipos existentes de ferros fundidos, a liga de ferro fundido nodular se destaca por apresentar boa resistência mecânica além de excelentes propriedades de ductibilidade e tenacidade, sendo utilizada em inúmeras aplicações como eixos, cabeçotes, êmbolos e válvulas hidráulicas. Entretanto, a necessidade de materiais cada vez mais resistentes e processos de fabricação cada vez menos custosos levam ao uso de tratamentos térmicos e/ou termoquímicos, como é o caso do processo de nitretação. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é comparar as propriedades mecânica e microestrutural de ligas de ferro fundido nodular e ferro fundido nodular nitretado, com o intuito de indicar as melhorias nas propriedades quando na aplicação do tratamento termoquímico, ainda pouco explorado neste tipo de material. Através da análise metalográfica e ensaio de microdureza Vickers observou-se que, apesar da pequena camada formada na superfície do material, houve um grande incremento da dureza superficial, evidenciando-se assim a vantagem do processo de nitretação.

PALAVRAS-CHAVE: ensaio de dureza; ferro fundido nodular; metalografia; nitretação.

INTRODUÇÃO

Os ferros fundidos são fundamentais para a indústria, e em conjunto com os aços, abrangem uma grande parcela dos materiais utilizados em diversas áreas da engenharia, sendo assim de extrema importância seu estudo. Com a inserção de elementos de liga e com a aplicação de tratamentos térmicos e termoquímicos adequados, é possível alcançar excelentes propriedades como altos valores de resistência ao desgaste e fadiga.

Com o mercado cada vez mais competitivo, tem sido fundamental a busca de materiais que demonstrem melhores desempenhos, mesmo com as reduções nos custos de produção. Isso é possível através dos processos de tratamentos térmicos e termoquímicos, com os quais é possível a manipulação estrutural e da composição química do material. Dentre os inúmeros processos, a nitretação possui grande destaque por atribuir ao material alta dureza, resistência ao desgaste e a corrosão. Porém, quanto a aplicabilidade desse processo nos ferros fundidos nodulares, pouco é explorado. Assim, o presente trabalho tem como objetivo comparar as propriedades mecânica e microestrutural de ligas de ferro fundido nodular e ferro fundido nodular nitretado, evidenciando os resultados e possíveis melhorias para o uso desse tratamento de modo que possa ser útil ao interesse industrial.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ferros Fundidos

Os ferros fundidos são ligas de Fe-C denominados assim quando possuem em sua composição uma concentração de carbono superior a 2%, diferenciando-se desta forma dos aços. Comumente, por possuírem em sua composição quantidades significativas de silício e por esta interagir e influenciar os

microconstituintes da liga, são consideradas ligas ternárias Fe-C-Si (CHIAVERINI, 2008). Essas ligas apresentam uma matriz similar ao dos aços, possuindo ferrita, austenita, martensita, etc. (GUESSER, 2009), porém diferenciam pela presença do carbono em sua forma livre denominada de grafita, que surge da decomposição da cementita (Fe_3C) (CHIAVERINI, 2008).

A grafita possui resistência mecânica muito baixa e exerce um efeito de concentrador de tensões (GUESSER apud GOODRICH, 2003). Dependendo de como a forma se apresenta na matriz, a grafita pode exercer diferentes tipos de influências nas propriedades da liga. Quando em forma esferoidal, as tensões internas serão menores e apresentarão melhor ductibilidade e tenacidade, enquanto que na forma de veios, proporcionam melhor condutividade térmica, usinagem e amortecimento de vibrações (GUESSER, 2009).

Tanto a composição química quanto a velocidade de resfriamento possuem um papel de extrema importância na estrutura dos ferros fundidos. O desprendimento do carbono e o aparecimento da grafita pode ser acelerado ou inibido com outros elementos presentes na liga durante o resfriamento. O silício por exemplo é um elemento grafitizante, ou seja, estimula o surgimento de grafita. Há também elementos que são estabilizadores da cementita, como o manganês (CHIAVERINI, 2008). Assim como nos aços, o processo de difusão na matriz do carbono ocorre de maneira lenta, de modo que estruturas mais grosseiras precisam de maiores tempos de resfriamento para que ocorram, e o mesmo vale para o surgimento da grafita.

Assim como os aços, os ferros fundidos possuem sub-classificações, que podem ser atribuídas pelo tipo de fratura, forma da grafita e propriedade mecânica, sendo eles: ferro fundido cinzento, nodular, maleável, vermicular e branco (GUESSER, 2009).

Ferros Fundidos Nodulares

Com a adição de determinados elementos de liga, como o magnésio, durante o processo de fundição, consegue-se obter a grafita em formatos esferoidais, dando-se assim o título de ferros fundidos nodulares. A grafita nessa geometria não interrompe a continuidade da matriz, atribuindo ao material boa tenacidade e ductibilidade, podendo possuir níveis de limite de escoamento superiores a aços carbonos comuns, sendo assim também chamados de ferros fundidos dúcteis (CHIAVERINI, 2008).

A micrografia desse tipo de ferro fundido é mostrada na Figura 1.

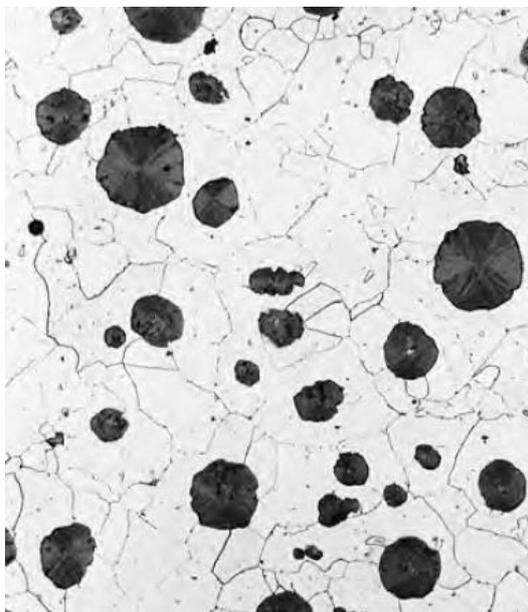


Figura 1 – Micrografia óptica do ferro fundido nodular. Os nódulos escuros de grafita estão envolvidos por uma matriz de ferrita- α . Ampliação de 200X.

Fonte: (CALLISTER, 2012).

Ferros Fundidos Nodulares Nitretados

Os processos de tratamentos termoquímicos visam melhorar características mecânicas dos materiais através da alteração de sua composição química superficial com a adição de elementos, que em sua maioria, são o carbono e nitrogênio. Ainda, para que isso ocorra, tais processos devem ser realizados em ambientes e temperaturas controladas.

A nitretação consiste na exposição do material em uma atmosfera nitrogenada, com temperaturas entre 500° a 575°C, sendo assim menos propício o empenamento ou distorções da peça (CHIAVERINI, 2008). Com a adição do nitrogênio, nota-se o aparecimento de duas camadas, sendo a mais externa formado por nitretos de fase ϵ ($\text{Fe}_{2,3}\text{N}$) e γ' (Fe_4N), conhecida também por camada branca devido a coloração. A camada adjacente possui nitrogênio dissolvido na solução sólida intersticial e precipitados de nitretos, sendo conhecida como zona de difusão (OLIVEIRA e ROCHA, 2017).

Segundo Guesser (2009), os ferros fundidos nodulares podem ser submetidos aos mesmos processos de nitretação como os aços usualmente são, sendo eles por atmosfera gasosa, líquida ou ainda iônica.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados nos ensaios foram fornecidos, segundo especificação do fabricante, com composição química conforme Tabela 1 e nitretados por meio de banho de sais.

Tabela 1. Composição química das amostras em ferro fundido nodular especificada pelo fabricante.

Fonte: Elaborada pelo autor.

ELEMENTO	% EM PESO
CARBONO	2,50% – 4,00%
SILÍCIO	1,00% – 3,00%
MANGANÊS	0,20% – 1,00%
FÓSFORO	0,02% – 1,00%
ENXOFRE	0,02% – 0,25%

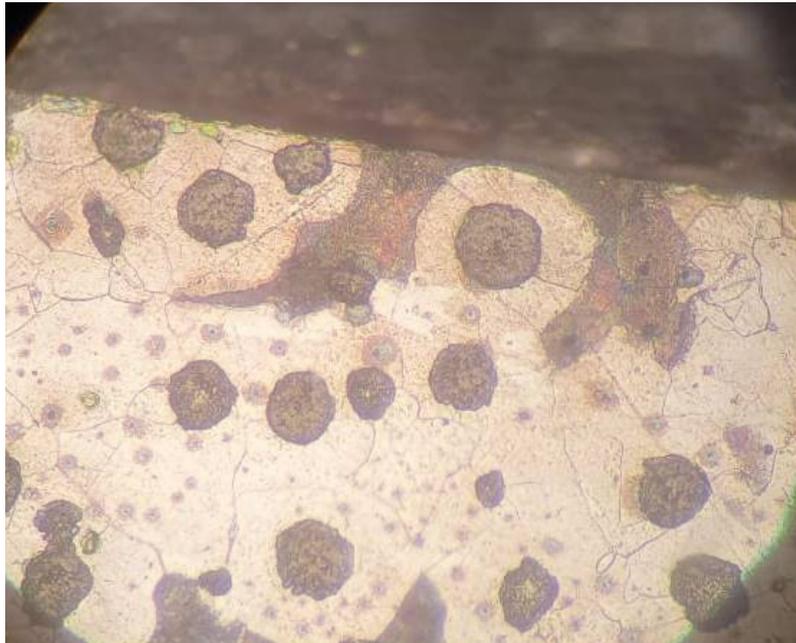
Para a análise metalográfica, as amostras foram retiradas do material base através de corte por eletroerosão, com dimensões de 1x1x1cm. A preparação da superfície foi feita através de lixas com granulometria progressiva de 220, 320, 400, 500, 600, 800 e 1200, com um polimento posterior utilizando pasta de alumina em suspensão, com granulometria de 0,3 μm . O ataque químico das amostras foi realizado utilizando nital 3%.

Já para a análise de microdureza superficial, foram realizadas 25 medições para o material nitretado e 25 medições para o material sem o tratamento. Foi utilizado para o ensaio o microdurômetro Buehler modelo 1600-6300, na escala de microdureza Vickers, com uma carga de 100 gf aplicada por 10 segundos.

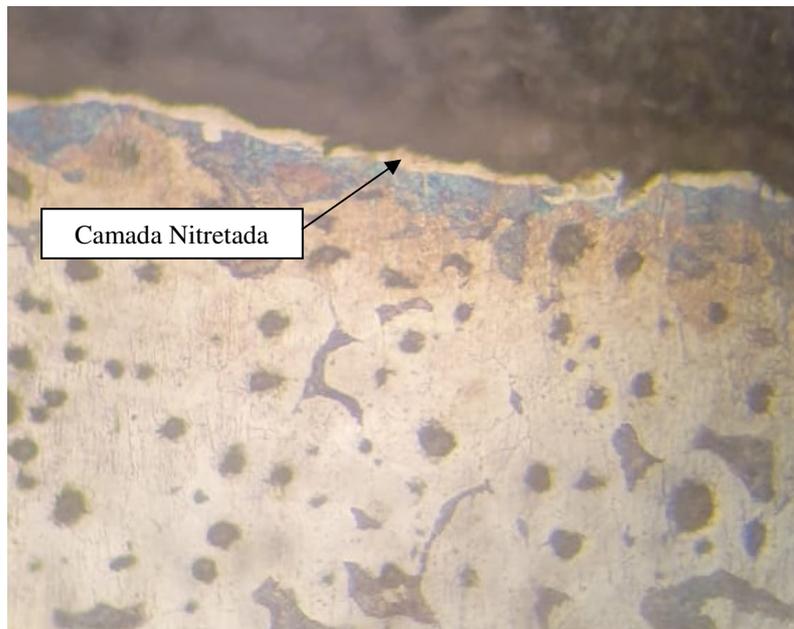
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se as duas micrografias dos corpos de prova, com e sem o tratamento superficial de nitretação, nota-se que as estruturas internas do substrato são semelhantes. Baseado nas pesquisas bibliográficas, o tratamento termoquímico de nitretação ocorre abaixo da zona crítica de transformação do material, não ocasionando nenhuma modificação nos microconstituintes existentes.

As Figuras 2 e 3 mostram as imagens obtidas do material de estudo, para amostras de ferro fundido nodular sem nitretação e de ferro fundido nodular com nitretação, respectivamente.



**Figura 2. Micrografia óptica do ferro fundido nodular. Ampliação 400X.
Fonte: Elaborada pelo autor.**



**Figura 3. Micrografia óptica do ferro fundido nodular nitretado. Ampliação 400X.
Fonte: Elaborada pelo autor.**

Após a realização do ensaio de microdureza, os valores obtidos foram registrados e os valores médios, bem como os valores de desvio padrão das amostras, estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Comparativo das durezas superficiais na escala Vickers, obtidas para os ferros fundidos nodulares com e sem nitretação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

	Ferro Fundido Nodular	Ferro Fundido Nodular Nitretado
Valor Médio (HV)	189	386
Desvio Padrão	13	35

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, fica evidente como a aplicação do processo de nitretação é eficiente, de modo que a dureza superficial do material submetido ao processo termoquímico apresentou valores muito superiores em relação ao ferro fundido nodular comum. Esse dado é de extrema importância no que diz respeito aos parâmetros de entrada para que empresas situadas nesse ramo possam estudar a implementação desse tipo de tratamento em seus produtos.

REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 7ª edição, Editora GEN-LTC, Rio de Janeiro, 2012.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7ª edição ampliada e revisada, Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, São Paulo, 2008.

GUESSER, W. **Propriedades Mecânicas dos Ferros Fundidos**. 1ª edição, Editora Blucher, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, L. F.; ROCHA, A. S. Uma revisão de processos de nitretação a plasma para a melhoria de vida de ferramentas. In: **37º SENAFOR**, Porto Alegre/RS, 2017.