

Efeito da variação da concentração de nitrogênio da atmosfera do plasma na camada nitretada formada em aços AISI 1045 e 4140

Effect of the variation of the nitrogen concentration of the plasma atmosphere on the nitrided layer formed in steels AISI 1045 and 4140

Kássia Kafer Escher

kassiakescher@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil

Maria Eduarda Gomes Pinheiro

meduardapinheiro@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil

Paulo César Borges

pborges@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Curitiba, Paraná, Brasil

RESUMO

O efeito da variação da concentração de nitrogênio na atmosfera de gases na nitretação por plasma dos aços AISI 1045 e 4140, foi avaliado a partir de cinco diferentes condições de nitretação com duração de 2 horas e temperatura de 500°C. Foram realizadas três nitretações nas quais a concentração de nitrogênio permaneceu constante (20%Ar+5%N₂+75%H₂, 20%Ar+20%N₂+60%H₂ e 20%Ar+75%N₂+5%H₂) e outras duas em que a concentração de nitrogênio flutuou, variando na primeira de 5%N₂, para 20% N₂ e depois para 75% N₂ e variando na segunda de 5%N₂, para 20% N₂, finalizando com 5%N₂. Verificou-se que nas amostras nitretadas sob atmosfera constante, que quanto maior a porcentagem de nitrogênio, maior a dureza, a espessura da camada de compostos e a formação da fase ϵ (Fe₂-3N). Já nas amostras nitretadas sob atmosfera não constante, verificaram-se camadas de compostos com espessuras mais desuniformes e formação da fase ϵ (Fe₂-3N) para maiores teores de nitrogênio. Observou-se ainda que houve uma melhora na profundidade de endurecimento com a variação da atmosfera da nitretação do aço 1045, enquanto para o aço 4140, o perfil de dureza apresentou-se melhor com a menor quantidade de nitrogênio em condição constante.

PALAVRAS-CHAVE: Aço Carbono. Nitretação. Processamento de Superfícies.

ABSTRACT

The effect of the variation of the nitrogen concentration in the atmosphere of gases in the plasma nitriding of AISI 1045 and 4140 steels was evaluated from five different nitriding conditions with duration of 2 hours and a temperature of 500°C. Three nitrites were observed in which the nitrogen concentration remained constant (20% Ar + 5% N₂ + 75% H₂, 20% Ar + 20% N₂ + 60% H₂ and 20% Ar + 75% N₂ + 5% H₂) and N₂ to 20% N₂ and then to 75% N₂ and varying in the second from 5% N₂ to 20% N₂, ending with 5% N₂. It was verified that in the nitrided samples under constant atmosphere, that the higher the percentage of nitrogen, the greater the hardness, the thickness of the compounds layer and the formation of the ϵ (Fe₂-3N) phase. In the nitrided samples under non-constant atmosphere, layers of compounds with more uneven thicknesses and formation of the ϵ (Fe₂-3N) phase were observed for higher nitrogen contents. It was also observed that there was an improvement in the hardening depth with the variation of the atmosphere of the 1045 steel nitriding, whereas for the steel 4140, the hardness profile was better with the lowest amount of nitrogen in constant condition.

KEYWORDS: Carbon steel. Nitriding. Surface Processing.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Os processos de produção nem sempre fornecem os materiais nas condições desejadas, assim, há a necessidade de submeter as peças metálicas a tratamentos térmicos. Entre esses tratamentos, estão os tratamentos termoquímicos, que alteram as propriedades superficiais do material. Um dos mais importantes tratamentos termoquímicos é a nitretação, que consiste no enriquecimento superficial de nitrogênio, formando nitretos de alta dureza. [1]

A nitretação a plasma mostra-se vantajosa porque possui um processo difusivo mais acelerado, principalmente por causa do bombardeamento iônico na superfície nitretada e pelo pequeno tamanho de grãos da camada de compostos[2]

Além disso, esse tipo de nitretação se destaca por seu caráter ecológico, pela baixa temperatura de tratamento, por possibilitar um maior controle da camada, ter tempo de tratamento inferior, ter uniformidade na espessura da camada, possibilitar nitretação de apenas algumas partes da peça, possibilitar a desnitratação e proporcionar mais economia. [3]

A camada nitretada é formada, basicamente, por duas regiões distintas: a camada mais externa, formada primeiro, chamada de camada de compostos, que é constituída por nitretos, e abaixo desta camada forma-se a zona de difusão, onde o nitrogênio se encontra na forma intersticial ou na forma de nitretos de ferro ou de elemento de liga finamente dispersos. [2]

Uma das variáveis de grande importância para orientar o resultado do tratamento de nitretação é o potencial químico do nitrogênio na atmosfera do tratamento [4]. O aumento da concentração de nitrogênio na atmosfera nitretante favorece, por exemplo, o aumento de dureza da superfície, e o crescimento da camada de compostos, que dificulta a difusão de nitrogênio através da camada, prejudicando assim, a formação da camada de difusão. [5]

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq – Brasil, e teve como objetivo de avaliar o efeito da atmosfera de nitretação por plasma e da composição química na camada nitretada, na dureza e na profundidade de endurecimento das amostras nitretadas por plasma. Para isso, foram realizados ciclos com diferentes potenciais químicos: Três com potenciais de nitrogênio constante durante o ciclo de nitretação (20%Ar+5%N₂+75%H₂, 20%Ar+20%N₂+60%H₂ e 20%Ar+75%N₂+5%H₂), e dois ciclos onde o potencial químico de nitrogênio que flutuou de (5%-20%-5%) e (5%-20%-75%).

MÉTODOS

As amostras utilizadas passaram inicialmente por tratamentos térmicos de têmpera e revenido. As amostras foram retificadas e preparadas para a nitretação, passando também por uma limpeza a plasma.

Os ciclos de nitretação foram realizados sob temperatura de 500°C, tensão de 600 V e pressão de 4,5 Torr, durante 2 horas.

As condições da atmosfera de gases dos ciclos de nitretação são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1. Parâmetros da concentração de gases atmosfera de nitretação

Condição da atmosfera nitretante	Ciclos	Concentração de Gases
Constante	1	20%Ar+5%N ₂ +75%H ₂
	2	20%Ar+20%N ₂ +60%H ₂
	3	20%Ar+75%N ₂ +5%H ₂
Flutuante	1	20%Ar+5%N ₂ +75%H ₂ (40min) 20%Ar+20%N ₂ +60%H ₂ (40min) 20%Ar+5%N ₂ +75%H ₂ (40min)
	2	20%Ar+5%N ₂ +75%H ₂ (40min) 20%Ar+20%N ₂ +60%H ₂ (40min) 20%Ar+75%N ₂ +5%H ₂ (40min)

Fonte: Autoria própria (2018)

Depois das nitreções as amostras foram preparadas e enviadas para análises de dureza, difração de raios-X, Microscopia Óptica e Microscopia Eletrônica de Varredura.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das análises da Microscopia Eletrônica de Varredura, foram obtidas as medidas das espessuras de camada das amostras nitretadas, que são apresentadas no quadros 2. Pode-se observar a formação de uma camada de compostos, com um aumento da sua espessura, proporcional ao aumento da concentração de nitrogênio.

Quadro 2. Espessura da camada de compostos das amostras nitretadas

Nitretação	Espessura da camada (µm)	
	Aço AISI 1045	Aço AISI 4140
5%N ₂	1,42	1,09
20%N ₂	2,27	5,41
75%N ₂	5,98	6,2
5%N ₂ -20%N ₂ -5%N ₂	1,41	1,64
5%N ₂ -20%N ₂ -75%N ₂	2,86	3,17

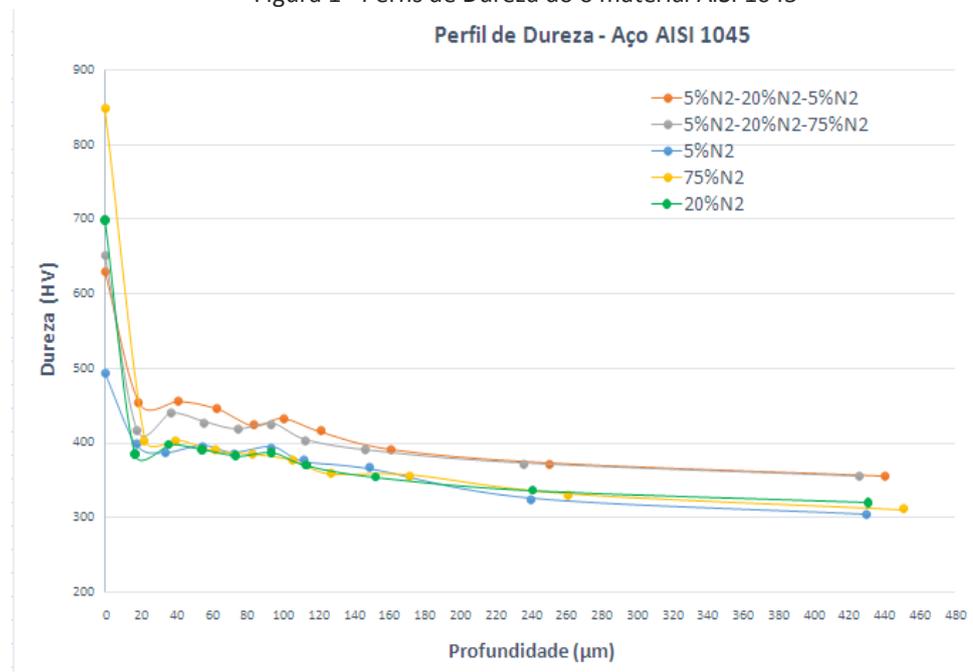
Fonte: Autoria própria (2018)

Nas análises dos difratogramas das amostras nitretadas sob atmosfera constante de gases pode-se observar que em todas as amostras há martensita. Além disso, para as amostras nitretadas com 5% de nitrogênio, formou-se apenas o nitreto γ' , enquanto nas amostras nitretadas com 20% e 75% de nitrogênio houve a formação dos nitretos γ' e ϵ .

Nas amostras nitretadas sob atmosfera flutuante de gases, pode-se observar que nas amostras nitretadas com 5%N₂-20%N₂-5%N₂, formou-se apenas o nitreto γ', enquanto nas amostras nitretadas com e 5%N₂-20%N₂-75%N₂ de nitrogênio houve a formação dos nitretos γ' e ε.

A figura 1 apresenta os perfis de dureza das amostras nitretadas do aço AISI 1045. Observa-se que as durezas de topo são proporcionais a quantidade de nitrogênio na atmosfera, de forma que, quanto maior a porcentagem de nitrogênio aplicada, mais fases duras são formadas. Os valores de dureza das dessas amostras, decaem significativamente nos primeiros 20 μm de profundidade, de forma que, a partir daí, os perfis de dureza das amostras nitretadas em condições constantes apresentam-se bem próximos, e os perfis de dureza das amostras nitretadas em condições flutuantes, apresentam maior profundidade de endurecimento.

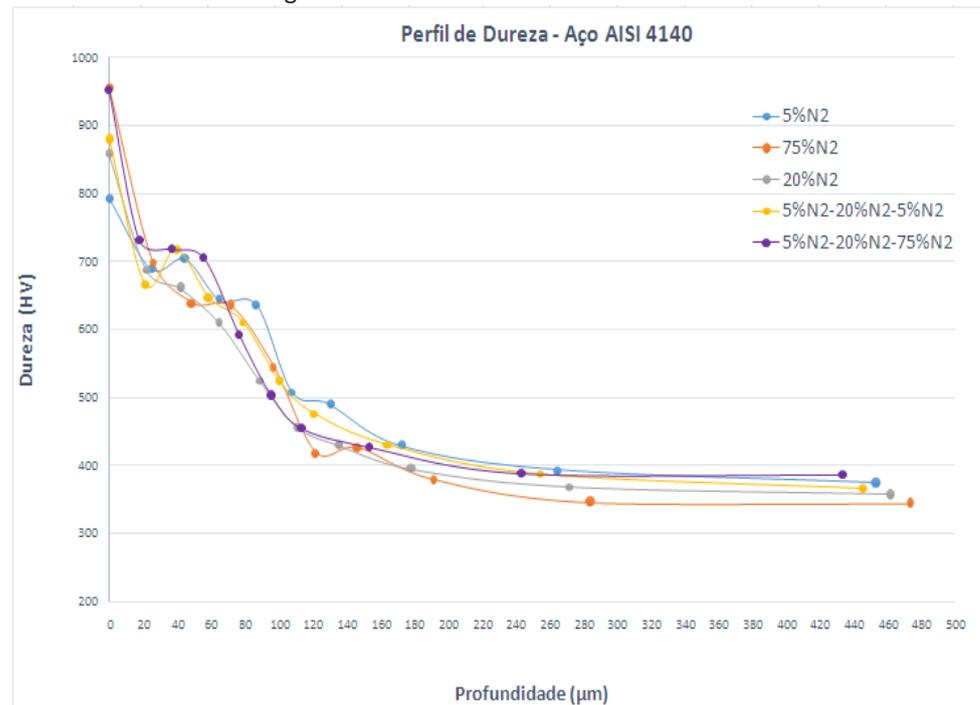
Figura 1 - Perfis de Dureza do o material AISI 1045



Fonte: Autoria própria (2018)

A figura 2 apresenta os perfis de dureza das amostras nitretadas do aço AISI 4140. Observa-se que, assim como nos aços AISI 1045, quanto maior a porcentagem de nitrogênio aplicada no tratamento, maior foi a dureza de topo apresentada. Verifica-se que na amostra tratada com maior teor de nitrogênio constante, os valores de dureza decaem de forma que chegam a ser menores que os valores de dureza das outras condições constantes de nitretação ao longo do perfil. Já os valores de dureza da amostra tratada em condição constante com menor teor de nitrogênio decaem menos, apresentando os maiores valores de dureza a partir de 40 μm de profundidade, indicando assim, melhor profundidade de endurecimento. Isso porque quanto maior a camada de compostos, menor é o fluxo dos átomos para a matriz do aço, o que representa uma menor camada de difusão, e assim, menor profundidade de endurecimento.

Figura 2 - Perfis de Dureza do o material AISI 4140



Fonte: Autoria própria (2018)

E ao comparar os perfis de dureza dos diferentes materiais, pode-se observar que o aço com elementos de liga, tem maior profundidade de endurecimento. Além disso, o aço 4140 apresenta os maiores valores de dureza de topo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das condições de nitretações realizadas para avaliar o efeito da variação da concentração de nitrogênio na atmosfera de gases na nitretação por plasma conclui-se que nas amostras nitretadas sob atmosfera constante, quanto maior a porcentagem de nitrogênio na atmosfera, maior a dureza e espessura da camada de compostos e a partir de 20% de N₂ ocorreu a formação da fase ε (Fe₂-3N).

Já nas amostras nitretadas sob atmosfera não constante, verificou-se a formação da fase ε (Fe₂-3N) apenas para a condição 5%N₂-20%N₂-75%N₂.

Observou-se ainda que houve uma melhora na profundidade de endurecimento com a variação da atmosfera da nitretação do aço AISI 1045, enquanto para o aço AISI 4140, o perfil de dureza apresentou-se melhor com a menor quantidade de nitrogênio em condição constante.



REFERÊNCIAS

- [1]CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica. 3ª edição. São Paulo: Makron Books, 1986.
- [2]MALISKA, A. M. Influência de Elementos de Liga e do Oxigênio no Processo de Nitretação por Plasma em Aços Sinterizados. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.
- [3]ALVES JR., C. Nitretação a Plasma: Fundamentos e Aplicações. Ed. UFRN, Natal, 2001.
- [4]Mittemeijer, E.J. Fundamentals of Nitriding and Nitrocarburizing. In: Dosset, J.; Totten, G.E. ASM Handbook,. Stuttgart: ASM International, v. 4, 2013.
- [5] GARCIA , L. F. ; SANTOS, C. C. ; BRUNETTI, C. ; MAFRA, M. ; BERNARDELLI, E. A. ; BORGES, P. C. Nitretação por plasma dos aços ABNT 1020, 1045, 4140 e 4340: Efeito da Flutuação da Concentração de Nitrogênio na Atmosfera.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq – Brasil, e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta com o presente trabalho.