

# INFLUÊNCIA DO TEMPO DE NITRETAÇÃO POR PLASMA NO PERFIL DE MICRODUREZA DO AÇO AISI M2<sup>(1)</sup>

*Moisés Luiz Parucker<sup>(2)</sup>  
Adriano Moreno<sup>(3)</sup>  
Cesar Henrique Wanke<sup>(4)</sup>  
Gustavo Maiochi Mendonça<sup>(5)</sup>*

## Resumo

A nitretação por plasma é uma solução para o aumento da vida útil de peças e componentes e tem sido gradualmente incorporada em muitas aplicações industriais a fim de obter-se um aumento da dureza superficial e resistência ao desgaste de muitos materiais. No caso de ferramentas de corte, o aumento da vida útil tem impacto econômico importante, pois representa menos refiações, menos ferramentas em uso e menor tempo dispendido na troca de ferramentas. Neste trabalho, foi realizado a nitretação de aço AISI M2 onde foi avaliado a influência dos parâmetros de processo (temperatura: 380°C; tempo: 15, 30, 45 e 60 minutos; atmosfera: 5 a 6% N<sub>2</sub>) na microestrutura, profundidade e dureza das camadas obtidas. Os resultados mostram que a composição da mistura gasosa evita a formação da camada branca e resulta no aumento da microdureza superficial do aço rápido, em função do tempo de tratamento.

**Palavras-chave:** Nitretação por plasma; Aço AISI M2; Microdureza.

<sup>(1)</sup>Artigo apresentado no 60º CONGRESSO ANUAL DA ABM, 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte – MG.

<sup>(2), (4)</sup> *Mestre em Engenharia de Materiais,  
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
R. Arno Waldemar Döhler 957  
89219-030 Joinville - Santa Catarina*

<sup>(3)</sup> *Engenheiro Mecânico, NITREAÇÃO – Tratamentos Térmicos Superficiais  
R. Arno Wademar Döhler, 957  
89219-030 Joinville – Santa Catarina*

<sup>(5)</sup> *Bolsista PIBIC,  
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE  
Campus Universitário, s/n Bom Retiro  
89201-972 Joinville - Santa Catarina*

## INTRODUÇÃO

A grande utilização de aços ferramenta nas indústrias, principalmente para ferramentas de corte, levou o meio industrial a buscar alternativas de otimização do uso da ferramenta e diminuição do seu desgaste. Sendo assim, muitas tecnologias surgiram para melhorar as propriedades superficiais dos aços; uma destas técnicas inovadoras é a nitretação por plasma.

Os processos convencionais de nitretação (a gás e líquida) vêm sendo utilizados a várias décadas nas indústrias, entretanto, estes tratamentos possuem inúmeras desvantagens que o processo de nitretação por plasma não possui. Na nitretação a gás e líquida são utilizados gases e sais que agredem o ser humano e o meio ambiente, além de causarem distorções dimensionais e empenamentos nas peças em função da elevada temperatura do processo. A nitretação por plasma, portanto, substitui os processos convencionais de nitretação por apresentar inúmeras vantagens que a nitretação líquida e à gás não possuem, tais como: estabilidade dimensional, reprodutibilidade do processo, uniformidade e controle do tipo e espessura da camada nitretada, melhor acabamento da peça nitretada, redução da rugosidade do aço, considerável aumento da dureza superficial, melhores propriedades metalúrgicas, possibilita à superfície da peça baixo coeficiente de atrito, menor custo de operação, não agride o ser humano e está adequada a nova política internacional de meio ambiente, ditada pela ISO 14.000. (ALVES JUNIOR, 2001).

### Nitretação de Aços Rápidos

Os aços rápidos são usados como ferramentas com altas velocidades de corte sem que o aquecimento decorrente do atrito com a peça acarrete queda de dureza, pois apresentam alta dureza a quente. O aço rápido M2 é um aço ligado com milibdênio e tungstênio, sendo um dos mais usados para ferramentas de desgaste a acabamento, especialmente quando se requer, além de boa retenção de corte, boa tenacidade. É utilizado em ferramentas de corte de todos os tipos: torno e plaina, ferramentas de mandrilhar, brocas de alargamento, fresas, machos e outras ferramentas para cobertura de roscas, brochas, mandris para trefilação de tubos, facas circulares, estampos de corte, punções, matrizes para estampagem, ferramentas para extrusão a frio, ferramenta para recalçamento a quente e a frio, ferramentas para operações diversas de conformação plástica a frio e calibradores (AÇOS VILLARES S.A., 2000).

O aumento da vida útil de ferramentas de corte tem um impacto econômico importante, pois representa menos reafiações, menos ferramentas em uso e menor tempo total dispendido na troca de ferramentas.

Os aços rápidos contém Cr, Mo, W e V, elementos formadores de nitretos e, portanto, a nitretação produz uma camada de alta dureza (de ordem de 1300 HV), alta resistência ao desgaste e baixo coeficiente de fricção, e envolve um mínimo de distorção. O ciclo de nitretação é relativamente de curta duração, raramente excedendo 1 h (ROCHA, 1996).

Dados da literatura apresentam como condição adequada para nitretação de aço rápido M2, atmosfera composta por 80%N<sub>2</sub>+20%H<sub>2</sub>, tempo de nitretação de duas horas e temperatura entre 400 e 500°C (WANKE, 2000).

Estudo realizado por Wanke (2002) através de nitretação a plasma aplicados ao aço rápido M2, demonstra que melhores resultados são obtidos utilizando

temperaturas próximas de 500°C e atmosfera gasosas (80%N<sub>2</sub> e 20%H<sub>2</sub>), alcançando-se microdureza de 1400 HV, 50 vezes superior a dureza do substrato.

Outro trabalho relata a nitretação de aço M2 utilizando ciclos curtos de nitretação (15, 30 e 60 minutos) sob 450, 500 e 550°C, sob atmosfera gasosa composta de 76%N<sub>2</sub>+24%H<sub>2</sub> e 5%N<sub>2</sub>+95%H<sub>2</sub>. Os resultados demonstram que a mistura gasosa de composição 5%N<sub>2</sub>+95%H<sub>2</sub> em tempos curtos de tratamento, é adequada para a utilização na nitretação por plasma de ferramentas de corte, pois evita a formação de camada branca e possibilita a obtenção de elevadas microdurezas superficiais (ROCHA, 1996).

Este trabalho apresenta um estudo da influência da utilização de curtos períodos de nitretação a plasma à baixa temperatura aplicado ao aço AISI M2.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foi utilizado o aço rápido AISI M2, cuja composição química é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química do aço AISI M2.

Aço	C	Cr	Mo	V	W
AISI M2 (%)	0,90	4,10	5,0	1,90	6,40

O aço AISI M2 utilizado estava em estado fornecido (5 HRC, 150 Kgf), e foi tratado termicamente sob condições de têmpera a 1030 – 1050°C e revenido a 560 – 600°C, alcançando dureza final de 60 HRC.

Para a nitretação por plasma, foi utilizado um reator de dimensões internas de 600 mm de diâmetro e 1200 mm de altura, podendo tratar peças de até 200 kg. O processo foi conduzido a vácuo, sob plasma em corrente contínua pulsada e utilizou como gases o nitrogênio (99,99%) e hidrogênio (99,99%). Os parâmetros utilizados para a nitretação são apresentados na Tabela 2.

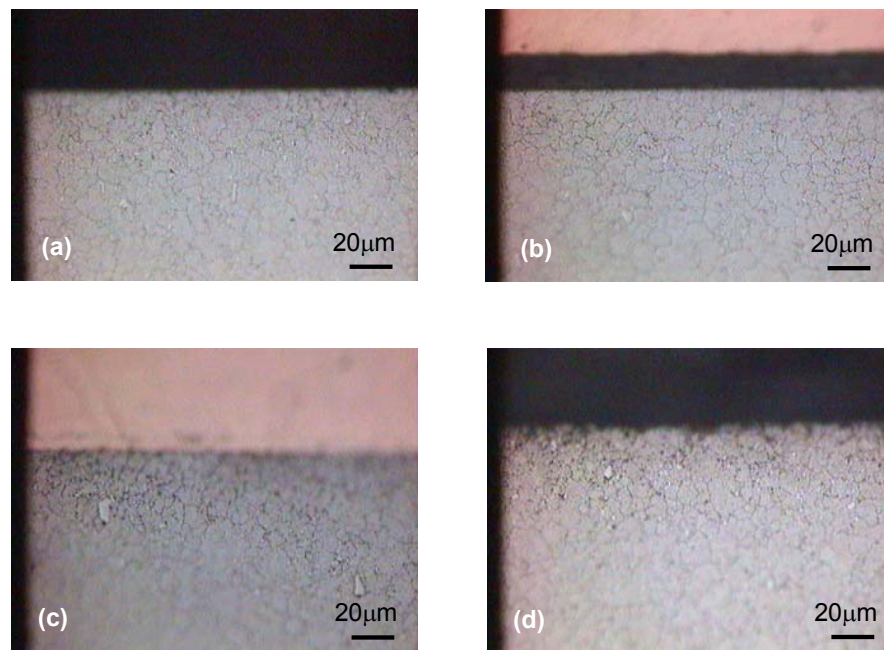
**Tabela 2.** Parâmetros de nitretação por plasma.

Aço	Temperatura (°C)	Tempo (minutos)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)
AISI M2	380	15, 30, 45 e 60	95	5

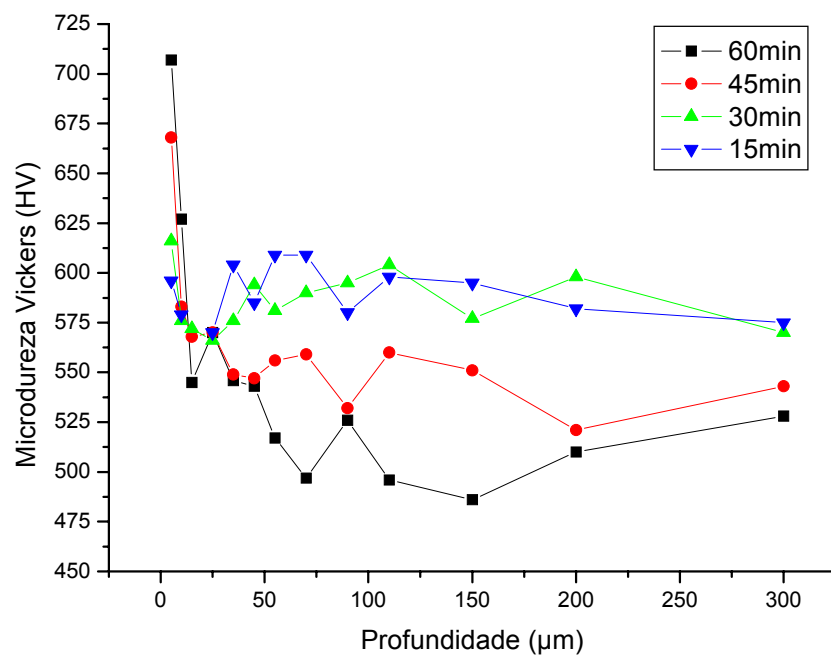
Após os tratamentos superficiais de nitretação, as amostras foram seccionadas e preparadas metalograficamente na seção transversal. A microestrutura foi avaliada por microscopia óptica. A dureza do substrato antes e depois da nitretação foi avaliada através de dureza Rockwell C. O perfil de microdureza da superfície nitretada foi realizado através de medidas de microdureza Vickers, HV 0,025. Foi realizada a avaliação dos resultados obtidos quanto aos parâmetros de processamento utilizados.

## RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados obtidos neste trabalho.



**Figura 1.** Micrografias da seção transversal apresentando a superfície nitretada das amostras de aço AISI M2: (a) 15 minutos, (b) 30 minutos, (c) 45 minutos e (d) 60 minutos.



**Figura 2.** Perfis de microdureza das amostras de aço M2 nitretadas a 380°C.

## DISCUSSÃO

As amostras antes da nitretação (aço AISI M2), apresentaram uma microestrutura composta de martensita revenida e carbonetos dispersos. Após tratamento de nitretação por plasma, a microestrutura das amostras permaneceu praticamente inalterada e não foi possível revelar a camada nitretada pelo ataque metalográfico, não sendo possível identificar claramente a zona de difusão para todas as condições de tratamento utilizadas. Na Figura 1 são apresentadas as micrografias da região das camadas.

A Figura 2 apresenta os perfis de microdureza das amostras nitretadas em diferentes tempos. As dificuldades práticas na determinação da profundidade de nitretação a partir dos perfis de microdureza estão associadas às pequenas profundidades das camadas formadas e a dispersão de carbonetos do aço AISI M2. Devido as pequenas camadas, utilizou-se carga menor para medição das durezas, o que pode provocar maiores erros de medida, além das oscilações dos valores obtidos devido a influência dos carbonetos dispersos (picos de dureza).

Na figura é apresentada a comparação entre a profundidade de camada obtida em relação ao tempo de tratamento. Na temperatura e tempos envolvidos para a nitretação por plasma deste trabalho, a utilização de mistura gasosa de 5%N<sub>2</sub>+95%H<sub>2</sub> garante a não formação de zona de compostos, devido ao efeito do hidrogênio agir como agente redutor e pulverizador da camada branca. Pode-se verificar uma maior microdureza superficial associada ao maior tempo de nitretação, porém, a microdureza superficial obtida para todos os tempos de tratamento foi muito baixa.

Nas condições de tratamento, o perfil apresenta uma queda acentuada de dureza da superfície para o interior do substrato até a profundidade de 15 μm (aproximadamente) em relação ao valor inicial (5 μm) para as amostras nitretadas durante 30, 45 e 60 minutos. Este fenômeno pode estar associado ao teor de elementos de liga presente no aço AISI M2. Conforme Silva (1996), os elementos de liga diminuem a velocidade de crescimento da camada e levam a obtenção de durezas mais elevadas, causando uma maior variação de dureza em uma pequena camada. Outro fator característico por esta queda de dureza, está relacionado a fina zona de difusão. Como a quantidade de nitrogênio no gás de trabalho (atmosfera de nitretação) é pequena, comparada a do hidrogênio, há pouco nitrogênio nascente próximo à superfície do substrato, fazendo com que haja apenas a formação de uma zona de difusão. Além disso, como a temperatura de nitretação é baixa, e o tempo de nitretação é curto, a zona de difusão, quando formada, é muito fina (HOFMANN, 1992; O'BRIEN, 1991). Para a amostra nitretada durante 15 minutos, observou-se que não houve formação da zona de difusão, pois o perfil de microdureza para esta amostra apresenta valores próximos do valor do substrato quando não nitretado, ou seja, 600 HV aproximadamente.

Observa-se também, uma queda no valor da microdureza em relação ao substrato, nas amostras nitretadas durante 45 e 60 minutos, abaixo dos 35 μm de profundidade. Este fato pode indicar uma descarbonetação nestas duas amostras na região entre 35 e 300 μm de profundidade, mesmo para os valores de tempo e temperatura escolhidos. Segundo Rocha (1999) quando a quantidade de nitrogênio no gás é igual a 5%, além de não haver a formação de camada de nitretos, há uma diminuição da quantidade de carbono na superfície. A presença de H<sub>2</sub> no plasma facilita a descarbonetação, uma vez que os átomos de carbono nas superfícies mais

externas e os átomos de carbono já pulverizados podem reagir com o hidrogênio no plasma para formar compostos do tipo  $CH_x$  (com  $x \leq 3$ ).

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos, pôde-se concluir:

- A mistura gasosa utilizada evita a formação de camada branca, favorecendo formação de zona de difusão, desejável para aplicações em ferramentas de corte;
- Houve a formação de fina zona de difusão nas amostras tratadas em período de tempo maior, alcançando microdureza máxima de 700 HV;
- Nas condições de tratamento utilizadas, em função do tempo e temperatura, não foram alcançadas as altas microdurezas da superfície do material. Uma solução seria utilizar baixa temperatura sob maior tempo de nitretação ou uma temperatura maior para os mesmos tempos utilizados neste trabalho.
- A nitretação por plasma tem um grande potencial de aplicação em ferramentas de corte de aço rápido, devido às características que fazem do aço rápido adequado para a nitretação (teor de elementos de liga, temperatura de revenimento) aliado a principal característica do processo de nitretação por plasma (controle das camadas formadas), podendo-se determinar a melhor camada para uma determinada ferramenta e tipo de operação.

## Agradecimentos

A EMBRACO – Empresa Brasileira de Compressores

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALVES JÚNIOR, C. **Nitretação a Plasma: fundamentos e aplicações**. Natal: UFRN, 2001.
- 2 AÇOS VILLARES S.A.. **Aços para Ferramentas: Aços para Trabalho a Quente**. Curitiba: Imprensa Paranaense, 2000.
- 3 ROCHA, A.S. **Estudo da nitretação iônica aplicada aos aços rápidos**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- 4 WANKE, César Henrique. Estudo comparativo da nitretação iônica de aços ferramenta M2 convencional e sinterizado. In: SULMAT 2000 – Congresso em Ciência de Materiais do Mercosul, 2000, Joinville: UDESC, 2000.
- 5 WANKE, C.H. **Nitretação iônica de aços ferramenta M2 convencional e sinterizado: estudo da atmosfera e temperatura de nitretação**. In: SULMAT 2002 – Congresso em Ciências de Materiais do Mercosul, 2002, Joinville: UDESC, 2002.
- 6 HOFFMANN, F.T. **Nitriding and nitrocarburizing**. ASM HANDBOOK, [New York], ASM International, v. 18, 1992, p. 878-882.
- 7 O'BRIEN, J. M. **Plasma (ion) nitriding**. ASM HANDBOOK, [New York], ASM International, v. 4, 1991, p. 420-424.
- 8 ROCHA, A.S. **Microstructure and residual stresses of a plasma-nitriding M2 tool steel**. Surface and Coatings Technology, v. 115, 1999, p. 24-31.

# INFLUENCE OF THE TIME IN PLASMA NITRIDING ON MICROHARDNESS OF STEEL AISI M2

*Moisés Luiz Parucker  
Adriano Moreno  
Cesar Henrique Wanke  
Gustavo Maiochi Mendonça*

## **Abstract**

The plasma nitriding is a solution and it has been gradually incorporated in several industrial processes aiming to obtain an increasing of its surface hardness and a higher deterioration resistance of some materials. In case of tools, cutting tools, the increasing of useful life has an important economic reason. It represents fewer new sharpen, fewer tools in use and less wasting time to move the devices. This research shows the plasma nitriding of the steel AISI M2 and the evaluation of its process parameters influence (temperature: 380°C; time: 15, 30, 45 and 60 minutes; atmosphere: 5 to 6 % N<sub>2</sub>) in its microstructure, depth and hardness of obtained surfaces. The results show that the gas mixture composition avoids a white surface formation and it results in a real increasing of steel's surface microhardness, according to the treatment time variation.

**Key-words:** Plasma nitriding; Steel AISI M2; Microhardness.