

MODIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES SUPERFICIAIS DO AÇO RÁPIDO AISI M2 POR PROCESSO DE NITRETAÇÃO A PLASMA

Iverton José Farias da Silva, iverton_farias9.2@hotmail.com¹
Marcus Victor de Brito Rodrigues, marcus-victor21@hotmail.com¹
Armystron Gonçalves Ferreira de Araújo, armystron@ifpi.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Teresina Central, Praça da Liberdade, 1597, Centro, 64000-040, Teresina – PI.

Resumo: A incessante busca por melhorias, viabilidade econômica e tecnologia tem impulsionado o campo industrial a buscar diversas alternativas para melhorar ferramentas de corte para usinagem e assim aumentar o quantitativo e a qualidade de peças fabricadas em processos contínuos de produção. Uma dessas alternativas é a nitretação a plasma comumente utilizadas em componentes metálicos que deformam, perfuram, cortam e estampam a fim de aumentar a vida útil das ferramentas de corte. Dessa maneira o objetivo deste trabalho foi utilizar a nitretação a plasma que é um processo de tratamento termoquímico limpo como alternativa para elevar a dureza superficial de aços ferramentas utilizados comumente em máquinas operatrizes, aumentando assim a vida útil da ferramenta e resistências ao desgaste e fadiga. Assim foram obtidas amostras do aço AISI M2 empregadas em bits, e submetidas ao processo de nitretação a plasma, sendo utilizadas diferentes valores de temperatura (400 °C, 450 °C e 500 °C) em atmosferas com diferentes porcentagens de nitrogênio e hidrogênio por tempo definido de quatro horas. Para a caracterização e classificação dos resultados foram utilizados ensaio não destrutivos, assim as análises feitas foram através de microdureza superficial, ao qual foi verificado a dureza superficial da camada difundida de nitretos sobre as amostras e microscopia óptica onde foi realizada a medição da espessura da camada nitretada sobre as mesmas. A dureza do aço AISI M2 comercial sem tratamento é 680 HV e as durezas obtidas após o tratamento termoquímico para as temperaturas de 400, 450 e 500 °C foram 1264, 1339 e 804 HV, respectivamente. Portanto, o melhor tratamento para o aço rápido AISI M2 é a 450°C.

Palavras-chave: Nitretação a plasma, AISI M2, endurecimento superficial, ferramenta de corte.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, são inúmeros os estudos que visam o melhoramento do rendimento e a produtividade de máquinas industriais. Um desafio constante no setor industrial consiste em aumentar a vida útil de componentes mecânicos e ferramentas voltados para a usinagem, pois isso afeta diretamente na redução dos custos de produção. A indústria tem aplicado grandes esforços para atingir esse objetivo e ao mesmo tempo aumentar o quantitativo e a qualidade de peças usinadas.

Os processos utilizados dentro da usinagem industrial têm por finalidade dar formas e acabamentos em componentes metálicos, onde são empregadas ferramentas que deformam, perfuram, estampam e cortam. Os aços rápidos são muito utilizados pelas indústrias para realizar esses tipos de trabalho. As principais aplicações de ferramentas de aço rápido são para brocas, machos, fresas, broches e também bits onde a velocidade de corte econômica é baixa demais para pensar em ferramentas de metal duro (Gill, *et al.*, 2012).

Porém com a utilização contínua, esse tipo de aço sofre grande desgaste. O desgaste da ferramenta é definitivamente desagradável, porque à medida que aumenta a um determinado valor, a ferramenta tem de ser substituída. A substituição por uma nova ferramenta resulta em processo de interrupção e aumento do custo de usinagem, que é a consequência mais indesejável na área de manufatura (Sarhan, 2012).

Diante desse cenário os tratamentos de superfície têm assumido um papel de grande importância na engenharia de materiais, devido a possibilidade de alterar as propriedades do material sem a necessidade de reprocessamento. Em diversas aplicações, o ambiente de trabalho ao qual a ferramenta está exposta é extremamente agressivo, necessitando assim de uma boa resistência ao desgaste, propagação de trincas e ao impacto.

Assim uma das alternativas mais utilizadas, é a aplicação de tratamentos de modificação superficial, como a nitretação a plasma. A nitretação a plasma convencional é um processo bem aceito industrialmente devido à grande variedade de vantagens em relação a outros processos de nitretação, como a nitretação a gás e nitretação em banho de

saís, sendo uma de suas vantagens a economia de gases e uma menor duração do processo. A nitretação é um processo de endurecimento superficial que difunde nitrogênio na superfície de um metal (Naz *et al.*, 2015; Barshilia *et al.*, 2012; Akbari *et al.*, 2010) e é amplamente utilizado para melhorar as propriedades tribológicas e resistência ao desgaste dos aços e outras ligas (Karimzadeha *et al.*, 2013; Barshilia *et al.*, 2012), isso acontece devido à combinação com certos elementos dos aços formando nitretos de altas dureza e resistência ao desgaste.

O aço AISI M2, tornou-se o aço corrente para ferramentas de desbaste e acabamento especialmente quando se requer, além de boa retenção de corte, boa tenacidade, sendo muito utilizado pelas indústrias. Como não isentos dos processos de oxidação e desgastes mecânicos, a nitretação a plasma é uma alternativa particularmente adequada e econômica para a obtenção das características desejadas em aços HSS (high speed steel), quando comparada com outros processos de modificação superficial.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A metodologia aplicada durante os procedimentos realizados, consistiu na obtenção e preparo das amostras de aço AISI M2, realização do processo de nitretação com variação de temperaturas, no caso 400 °C, 450 °C e 500 °C, mantendo constante a vazão de gás, a pressão e a duração, e análise superficial através de Microdureza e Microscopia Ótica confrontando com o material sem tratamento.

2.1. Amostras

As amostras utilizadas foram confeccionadas utilizando o aço de trabalho AISI M2 convencional sem tratamento foram obtidas a partir de um bit utilizado em processo de usinagem com torno mecânico, este é um aço ligado com molibdênio e tungstênio, tendo sua aplicabilidade em ferramentas de desgastes e acabamento, principalmente quando se deseja além de boa retenção de corte uma boa tenacidade (Chiaverini, 1986). Sua composição nominal (Naz *et al.*, 2015; Di *et al.*, 2005) está descrita na Tab. 1.

Tabela 1. Composição Nominal do aço AISI M2.

Elemento	C	V	Cr	W	Mo
Composição Química (%)	0,85	2,00	4,00	6,00	5,00

Fonte: Naz *et al.*, 2015; Di *et al.*, 2005

A preparação das amostras para nitretação passou por embutimento em resina acrílica, lixamento em politriz com lixas de granulometria de 220, 360, 400, 600 e 1200 *mesh*. Depois, foram polidas em feltro com alumina até a rugosidade de 1 μm e lavadas com água e álcool, secadas e armazenadas. A Fig. 1 mostra as amostras embutidas e lixadas.

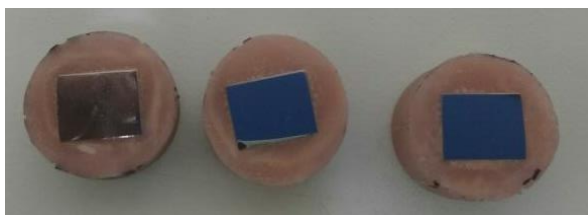


Figura 1. Amostras de Aço AISI M2 embutidas e lixadas.

Foi verificada previamente a microdureza das amostras em microdurômetro, as quais apresentaram valores de 680 HV.

2.2. Nitretação das amostras

O dispositivo utilizado para a nitretação a plasma está representado através de esquema na Fig 2. Podendo ser observadas quatro partes principais: Sistema de vácuo com capacidade de atingir em torno de 10^{-2} Torr de pressão, Sistema de alimentação gasosa, uma fonte de alta tensão com voltagem máxima de aproximadamente 1500 V e uma corrente capaz de atingir temperaturas no intervalo de 300 e 600 °C e um reator onde se localiza dois eletrodos onde o catodo é também o porta amostra, dentro do reator ainda existem saídas para medidas de temperaturas, pressão e outras variáveis desejadas. Este dispositivo está montado no laboratório de plasma (LABPLASMA) no Departamento de

Indústria, Segurança e Produção Cultural do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Teresina Central.

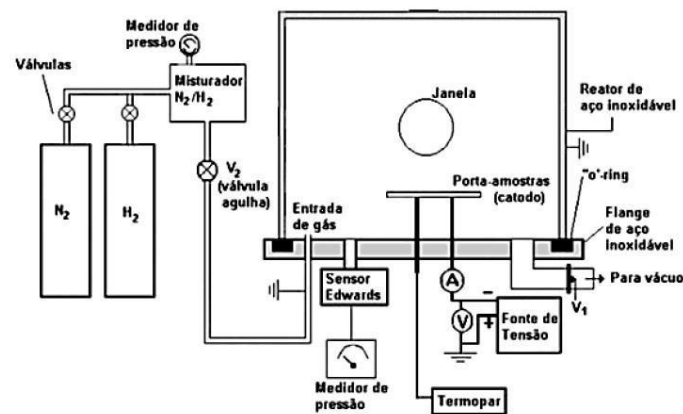


Figura 2. Esquema representativo do dispositivo de nitretação a plasma.

A nitretação das amostras passou, previamente, por uma limpeza em ultrassom em meio líquido de acetona durante um intervalo de 10 minutos. Sendo posteriormente secas e alocadas no reator de plasma onde foi feito vácuo a uma pressão de 0,8 mbar aproximadamente e realizado *Pré-sputtering* a 300° C, em vazão de 24 sccm de hidrogênio durante 30 minutos.

Após o tratamento de *pré-sputtering*, aumentou-se a tensão no cátodo para atingir a temperatura de tratamento e pressão escolhida. Passado o tempo de nitretação de quatro horas, foi cessada a tensão e a amostra permaneceu dentro do reator em baixa pressão até atingir a temperatura ambiente, para se evitar oxidação. Os parâmetros utilizados estão dispostos na Tab. 2.

Tabela 2. Parâmetros de Nitretação.

CONDIÇÕES	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Tempo (h)	4	4	4
Temperatura (°C)	400	450	500
Pressão (mbar)	2,5	2,5	2,5
Gás de Trabalho	20%N ₂ + 80%H ₂	20%N ₂ + 80%H ₂	20%N ₂ + 80%H ₂

Após o processo de nitretação, as amostras foram cortadas, em constante refrigeração, transversalmente à superfície nitretada, em duas partes, uma foi embutida novamente em resina acrílica de forma a mostrar a superfície cortada e a outra foi armazenada.

2.3. Análise das amostras

Foi utilizado o microdurômetro da marca Shimadzu modelo HMV-2000 para aferição das microdureza com padrão Vickers, no qual é realizado pela penetração de um indentador de diamante de base piramidal. Por a camada de nitreto na superfície da amostra apresentar uma espessura muito fina, na ordem de microns, foi utilizada uma carga de 25 gf em todas as amostras deste as bordas até o centro. Neste equipamento é possível programar o valor da carga, assim como o tempo de impressão (que para essa análise foi na ordem de 20 segundos) e a lente (10 ou 40 vezes). Por apresentar uma base piramidal, é necessário medir apenas o tamanhos de suas diagonais, pois o próprio equipamento calcula os valores médios de microdureza.

E para a análise microestrutura foi utilizado o Microscópio Óptico TOPCON. A microscopia foi utilizada com a finalidade de observar e medir a microestrutura da camada de nitreto formada na superfície do substrato, com isso as amostra cortadas e embutidas foram novamente lixadas e polidas conforme apresenta a seção 2.1.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise de microdureza do aço AISI M2 sem tratamento aferida foi de 680 HV e após a nitretação, as amostras apresentaram valores de dureza conforme mostra a Tab. 3. Com o tratamento a 450 °C na amostra 2, obteve-se o melhor

resultado de microdureza com aumento de 96,9% na dureza inicial. Acima dessa temperatura os valores caem devido à temperatura de revenimento do aço, que é em torno de 460°C, a amostra 1 também teve relativo aumento, em torno de 85,9% seguida pela amostra 3 com 18,2% de aumento.

A microscopia foi utilizada para medir a espessura da camada de nitretos difundida na superfície das amostras. Para tanto, as amostras foram atacadas com Nital a 3% para dar contraste e revelar as fases da microestrutura tanto do núcleo do material quanto da camada. As camadas de difusão sobre a superfície das amostras podem ser observadas na Figura 3.

Tabela 3. Dureza após nitretação.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Temperatura (°C)	400	450	500
Dureza (HV)	1264	1339	804
Aumento de dureza (%)	85,9	96,9	18,2

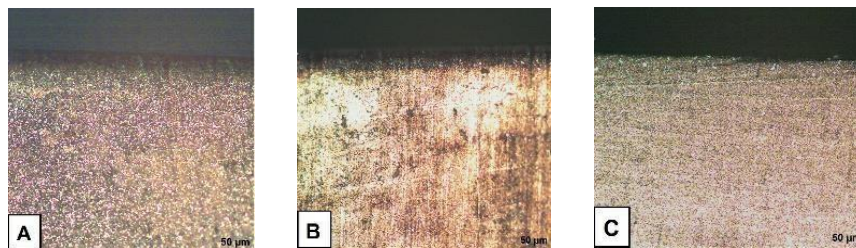


Figura 3. Microscopia óptica das amostras nitretadas a 400°C (A), 450°C (B) e 500°C (c).

As análises da profundidade da camada nitretada das amostras mostradas na Tabela 4, definem a efetividade do tratamento, uma vez que a obtenção de camadas muito pequenas não é interessante para o propósito dessa pesquisa.

Tabela 4. Profundidade da camada nitretada.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Profundidade (μm)	0,10	0,12	0,04

Pode-se concluir que o processo de nitretação se torna eficiente quando realizado em temperatura de 400°C e 450°C. A 500°C o processo não é tão vantajoso devido ao revenimento do aço. Esse resultado é importante, pois o processo em menores temperaturas, representa um menor custo em produção de energia para ganhos semelhantes em termo de dureza e resistência na vida da ferramenta.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Teresina Central, ao Laboratório de Nitretação Plasma (LABPLASMA) em nome do Professor M. Sc. Etevaldo Macedo Valadão e todo o corpo técnico do Laboratório de Materiais (LABMAT).

5. REFERÊNCIAS

- Chiaverini, V. (1996). “Aços e Ferros Fundidos”, (8a ed)., São Paulo: McGraw-Hill.
- Callister Jr., W.D. (2008). “Ciência e Engenharia dos Materiais, uma Introdução”. (7ª Edição). São Paulo: Ed. Guanabara.
- Alves Junior, Clodomiro. “Nitretação a plasma: fundamentos e aplicações”. Natal: Edufrn, 2001.
- Gill, S.S., Singh, R., Singh, J., Singh, H. (2012). “Adaptive neuro-fuzzy inference system modeling of cryogenically treated AISI M2 HSS turning tool for estimation of flank wear”. Expert Systems with Applications, 39, 4171–4180.

- Sarhan, A. A. D. (2015). "Adaptive neuro-fuzzy approach to predict tool wear accurately in turning operations for maximum cutting tool utilization". IFAC PapersOnLine, 48-1, 093–098.
- Naz, N.Y., Shukrullah, S., Ghaffar, A., Shakir, I., Ullah, S., Sagir, M., Pervaiz, M. (2015). "Surface Morphology and Mechanical Strength of AISI M2 Tool Steel Treated in Abnormal Glow Region of Plasma". Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 15, 58–64.
- Barshilia, H. C., Deepthi, B., Srinivas, G., Rajam, K.S. (2012). "Sputter deposited low-friction and tough CrSi₃N₄ nanocomposite coatings on plasma nitrided M2 steel". Vacuum, 86, 1118-1125.
- Akbari, A., Mohammadzadeh, R., Templier, C., Riviere, J.P. (2010). "Effect of the initial microstructure on the plasma nitriding behavior of AISI M2 high". Surface & Coatings Technology, 204, 4114–4120.
- Karimzadeha, N., Moghaddamb, E.G., Mirjania, M., Raeissi, K. (2013). "The effect of gas mixture of post-oxidation on structure and corrosionbehavior of plasma nitrided AISI 316 stainless steel". Applied Surface Science, 283, 584–589.
- Di, H., Zhang, X., Wang, G., Liu, X. (2005). "Spheroidizing kinetics of eutectic carbide in the twin roll-casting of M2 high-speed steel". *Journal of Materials Processing Technology*.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MODIFICATION OF SURFACE PROPERTIES OF AISI M2 RAPID STEEL BY PLASMA NITRETATION PROCESS

Iverton José Farias da Silva, iverton_farias9.2@hotmail.com¹
Marcus Victor de Brito Rodrigues, marcus-victor21@hotmail.com¹
Armystron Gonçalves Ferreira de Araújo, armystron@ifpi.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Teresina Central, Praça da Liberdade, 1597, Centro, 64000-040, Teresina – PI.

Abstract. *The incessant search for improvements, economic feasibility and technology has driven the industrial field to look for several alternatives to improve cutting tools for machining and thus to increase the quantity and quality of parts manufactured in continuous production processes. One such alternative is plasma nitriding commonly used in deforming, drilling, cutting and stamping metal components in order to increase the life of cutting tools. In this way the objective of this work was to use plasma nitriding which is a clean thermal treatment process as an alternative to raise the surface hardness of tool steels commonly used in machine tools, thus increasing tool useful life and resistance to wear and fatigue. AISI M2 steel samples were used in bits and submitted to the plasma nitriding process, using different temperature values (400 °C, 450 °C and 500 °C) in atmospheres with different percentages of nitrogen and hydrogen for a defined time of four o'clock. For the characterization and qualification of the results were used non destructive tests, so the analyzes were made through a superficial microhardness, to which it was verified the surface hardness of the diffused layer of nitrites on the samples and optical microscopy where the measurement of the thickness of the layer nitrated on them. The hardness of commercial untreated AISI M2 steel is 680 HV and the hardnesses obtained after thermochemical treatment at temperatures of 400, 450 and 500°C were 1264, 1339 and 804 HV, respectively. Therefore, the best treatment for AISI M2 fast steel is 450 °C.*

Keywords: *Plasma nitriding, AISI M2, surface hardening, cutting tool.*