

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BROCAS DE AÇO RÁPIDO SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS SUPERFICIAIS A PLASMA

Bruno Felipe Batista Dantas, bfmec2016@gmail.com¹
Fernanda de Melo Fernandes, nanda.melo_f@hotmail.com¹
Igor Oliveira Nascimento, igorlambert@gmail.com¹
Rômulo Ribeiro Magalhães de Sousa, romulorms@gmail.com²
Petteson Linniker Carvalho Serra, pettesonlinniker@hotmail.com²
Igor Lopes de Andrade, igor.andrade@ct.ufrn.br³
Thércio Henrique de Carvalho Costa, thercioc@hotmail.com¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Laboratório de Processamento de Materiais por Plasma – Labplasma, Departamento de Engenharia Mecânica, CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil.

² Universidade Federal do Piauí – UFPI, Departamento de Engenharia Mecânica, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Laboratório de Metrologia, Departamento de Engenharia Mecânica, CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil.

Resumo: A nitretação a plasma é realizada em ferramentas de aços rápidos para aumentar a resistência ao desgaste da aresta de corte e reduzir a tendência do material usinado em aderir na ferramenta. Este trabalho tem como objetivo analisar o desgaste de brocas de aço rápido M2 submetidas a diferentes parâmetros de nitretação a plasma e deposição de filme de nitreto de titânio (TiN). As brocas passaram primeiro pelo tratamento de nitretação com duração de 3 horas, variando-se a temperatura em 350°C, 400°C e 450°C. As brocas nitretadas a 400°C ainda foram submetidas ao processo de deposição de um filme de TiN. Todas as brocas foram caracterizadas por microdureza Vickers e foram ensaiadas em centro de usinagem CNC, onde o corpo de prova era de aço AISI 4340. Foi realizada uma análise de desempenho entre os diferentes tratamentos, onde chegou à conclusão que o tratamento que resultou melhor desempenho na usinagem foi o tratamento de nitretação a 450°C. A camada nitretada das brocas foi analisada por perfil de microdureza, porém observou-se que o valor de microdureza aumenta com o tempo de tratamento, e que a deposição do filme de TiN teve baixa relevância no desempenho da broca.

Palavras-chave: SAE M2, Nitretação Iônica, Broca, vida útil, Revestimento de TiN

1. INTRODUÇÃO

A competição econômica tem imposto demandas de extrema severidade em ferramentas e, desta forma, para melhorar seu desempenho em serviço, tratamentos superficiais apresentam-se como uma excelente alternativa. A nitretação a plasma é realizada em ferramentas de aços rápidos para aumentar a resistência ao desgaste da aresta de corte e reduzir a tendência do material usinado em aderir a superfície de saída. Dessa forma é conseguido aumento da vida útil da ferramenta, usinar em velocidades de cortes mais elevadas e redução de custos de usinagem (Tier, 1998).

Os problemas de desgaste em ferramentas de corte sempre foram motivo de preocupação, devido ao controle dimensional, e à necessidade de parada no processo para troca de ferramenta, significando custos adicionais e perda de produtividade (CALZA, M., 2007). O desgaste é definido como a destruição de uma ou de ambas as superfícies que compõe um sistema tribológico, geralmente envolvendo perda progressiva de material (Zeilmann et al., 2006).

Apesar de existir materiais de melhor desempenho, as brocas de aço rápido ainda são utilizadas em boa parte das empresas na furação de materiais de difícil usinabilidade (MACHADO, Á. R., 2009; STEMMER, C. E., 2005). Mas o aço rápido, por ser um material relativamente com alta tenacidade e apresentar maior desgaste na usinagem comparado aos materiais de melhor desempenho, faz-se necessário o uso de tratamentos para aumento de dureza superficial, diminuindo consequentemente o desgaste da aresta de corte (MARQUES, F. M., 2015). A alta compressão na aresta de corte que juntamente com o cisalhamento a altas temperaturas promove uma deformação plástica na aresta de corte caracterizando o desgaste de flanco que é atenuado com tratamentos superficiais como nitretação ou revestimentos (FERRARESI, D., 1970).

Na nitretação a plasma, que também é chamada alternativamente, de nitretação iônica (*Ion nitriding*), ou nitretação por descarga incandescente (*Glow Discharge*). Acontece em uma atmosfera contendo nitrogênio a baixa pressão. O gás é ionizado e excitado através da aplicação de um campo elétrico adequado formando um estado plasmático consistindo de íons, elétrons e átomos neutros. Durante o processo, os íons positivos no plasma são acelerados em direção ao cátodo (amostra) pelo campo elétrico (ALVES, C.A.F.C., 2002). Os íons se chocam com a superfície com uma energia cinética muito elevada. A liberação dessa energia durante o choque proporciona o aquecimento do componente e, desse modo, não é necessário aquecimento externo (Tier, 1998).

Outro método bastante usado para redução de desgaste em ferramentas de corte é o revestimento com TiN. A

facilidade do titânio em reagir com o nitrogênio formando o nitreto de titânio (TiN), confere uma série de propriedades interessante para revestimentos de ferramentas de corte como aumento de dureza e resistência ao desgaste, baixo coeficiente de atrito, alta resistência térmica e boa estabilidade química, além da habilidade de melhorar as condições de contato na região da aresta de corte (Neves et al.).

Nesse trabalho avaliou-se o desgaste de brocas de aço rápido sem nenhum tratamento superficial, submetidas a nitretação a plasma e com deposição de nitreto de titânio pelo magnetron sputtering. Com isso os principais objetivos do trabalho é investigar a performance do aço rápido avaliando seu desgaste e desempenho para diferentes tratamentos superficiais, buscando a melhor superfície no que se refere ao desempenho na usinagem além estudar a microdureza superficial das ferramentas tratadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi feito com brocas de aço rápido de diâmetro 10 milímetros, submetidas a tratamentos superficiais para melhoria de desempenho na usinagem do aço AISI 4340. As brocas foram caracterizadas por Fluorescência de raios-X (FRX) para obtenção da composição química, como mostra a tab (1).

Tabela 1. Composição química do aço rápido utilizado.

Fe	Cr	Mo	W	Si	V	Mn
86,489%	3,866%	2,895%	2,620%	2,567%	1,277%	0,286%

Foram realizados tratamentos termoquímicos de nitretação com duração de três horas a diferentes temperaturas para estudo da influência das mesmas em relação a microdureza superficial das ferramentas e seu desempenho na usinagem. Com esse objetivo foi realizado um revestimento com filme de TiN na ferramenta nitretada a 400°C, como a temperatura de nitretação nessa ferramenta foi intermediária às outras, será possível fazer uma análise da influência do filme de TiN em relação as outras ferramentas que só foram nitretadas.

O fluxograma, ilustrado na fig (1), detalha a metodologia aplicada no trabalho

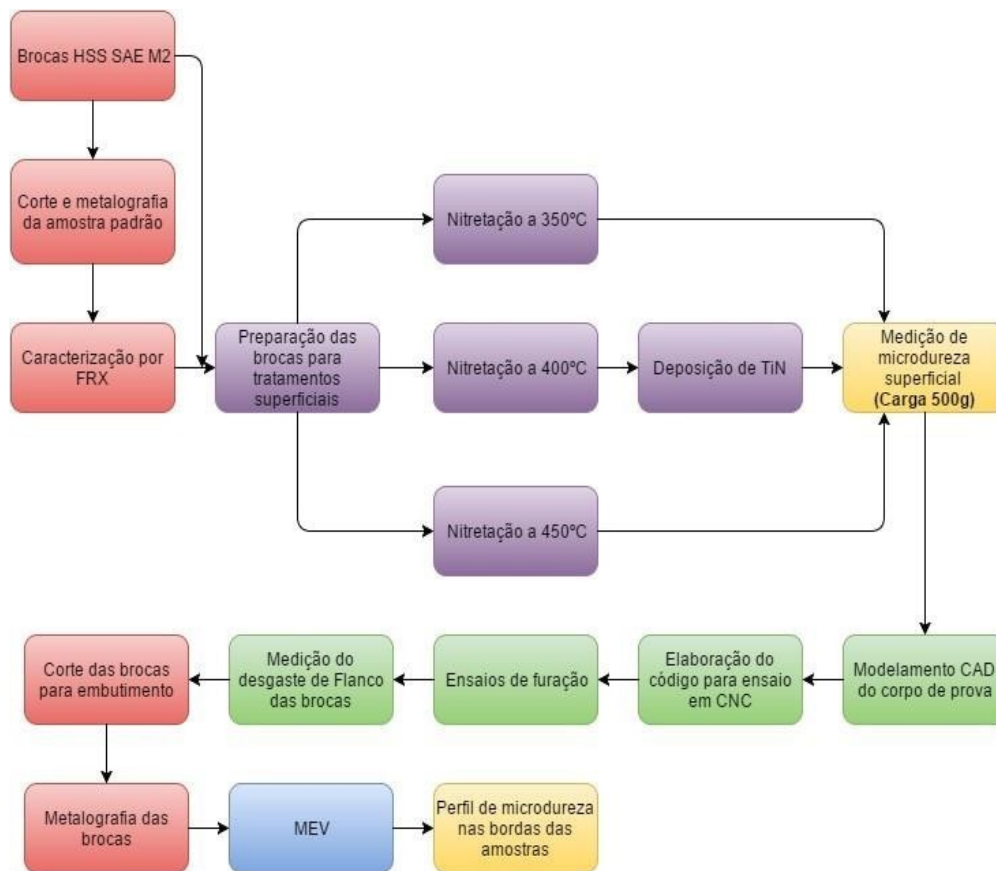


Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada

As brocas foram submetidas a ensaio de microdureza vickers em sua superfície, para verificar o aumento da dureza superficial causada por cada tratamento. Posteriormente, as ferramentas foram ensaiadas em centro de usinagem CNC da marca ROMI modelo D 600, onde foram mantidos os parâmetros de corte constantes para todas as ferramentas. Foi verificado o desgaste de flanco em cada ferramenta, utilizando-o como um dos critérios de parada do

ensaio, assim como número de furos e condições de usinagem.

Após ensaio de usinagem, as brocas foram submetidas a novo ensaio de microdureza vickers, dessa vez na seção transversal das brocas, com objetivo de verificar o aumento de dureza do centro para superfície da ferramenta em cada tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realização dos tratamentos superficiais, as ferramentas foram submetidas ao ensaio de microdureza vickers em suas superfícies, obtendo os resultados expostos na fig (2).

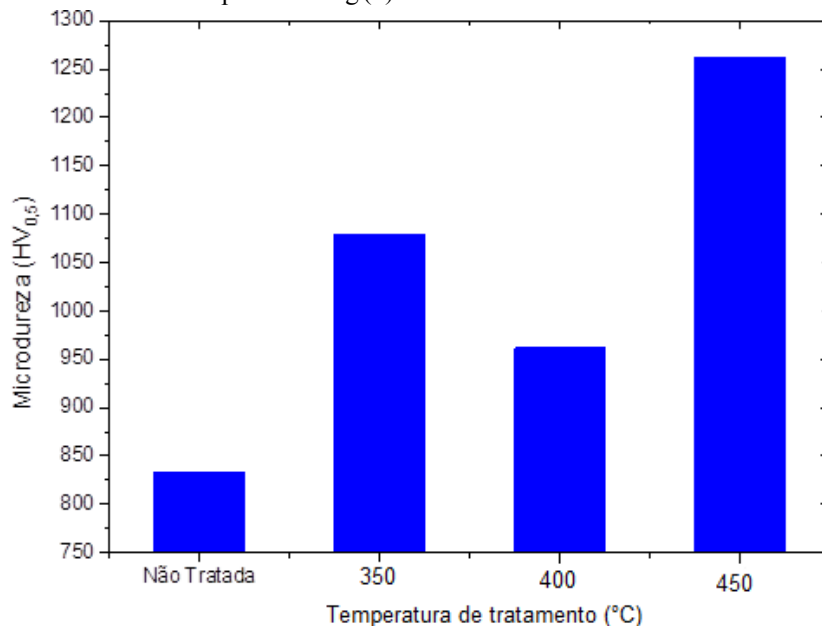


Figura 2. Gráfico da microdureza vickers superficial em relação ao tratamento de nitretação realizado

Todas as ferramentas tratadas obtiveram microdureza superficial maior que as não tratadas como era de se esperar. A broca nitretada a 400°C apresentou microdureza superficial menor dentre todas as tratadas, como pode ser observado na figura 2, essa ferramenta foi submetida ao tratamento de revestimento com filme de TiN após a nitretação, durante esse tratamento ocorreu o elevado aquecimento da ferramenta, o que não é comum, afetando a camada nitretada existente causando diminuição na dureza superficial da mesma. Sob essas condições, a broca nitretada a 400°C obteve dureza abaixo da broca nitretada a 350°C, onde o esperado seria uma dureza intermediária entre as obtidas nas outras duas nitretações.

O desempenho das brocas nos ensaios de furação seguiu o padrão observado no ensaio de microdureza Vickers, como mostra a fig (3).

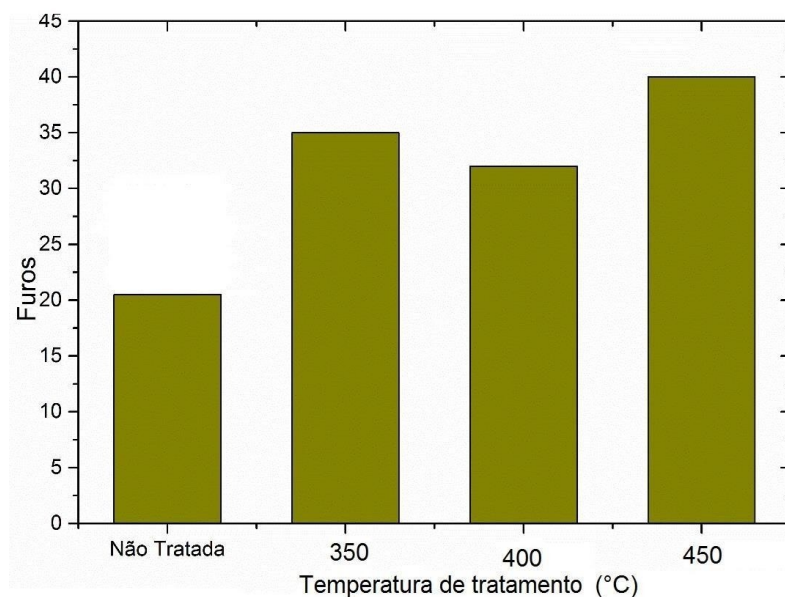


Figura 3. Gráfico de desempenho das ferramentas (nº de furos usinados x temperatura de tratamento)

Observa-se que todas as ferramentas tratadas obtiveram desempenho superior a não tratada. Nesse caso, a maior dureza superficial, medida na broca tratada a 450°C, resultou em melhor desempenho no ensaio de furação, enquanto a broca tratada a 400°C que foi submetida posteriormente ao revestimento de TiN obtendo a menor dureza superficial entre as brocas tratadas, apresentou o pior desempenho nos ensaios de furação.

O desgaste de flanco das brocas após a usinagem pode ser observado na fig (4).

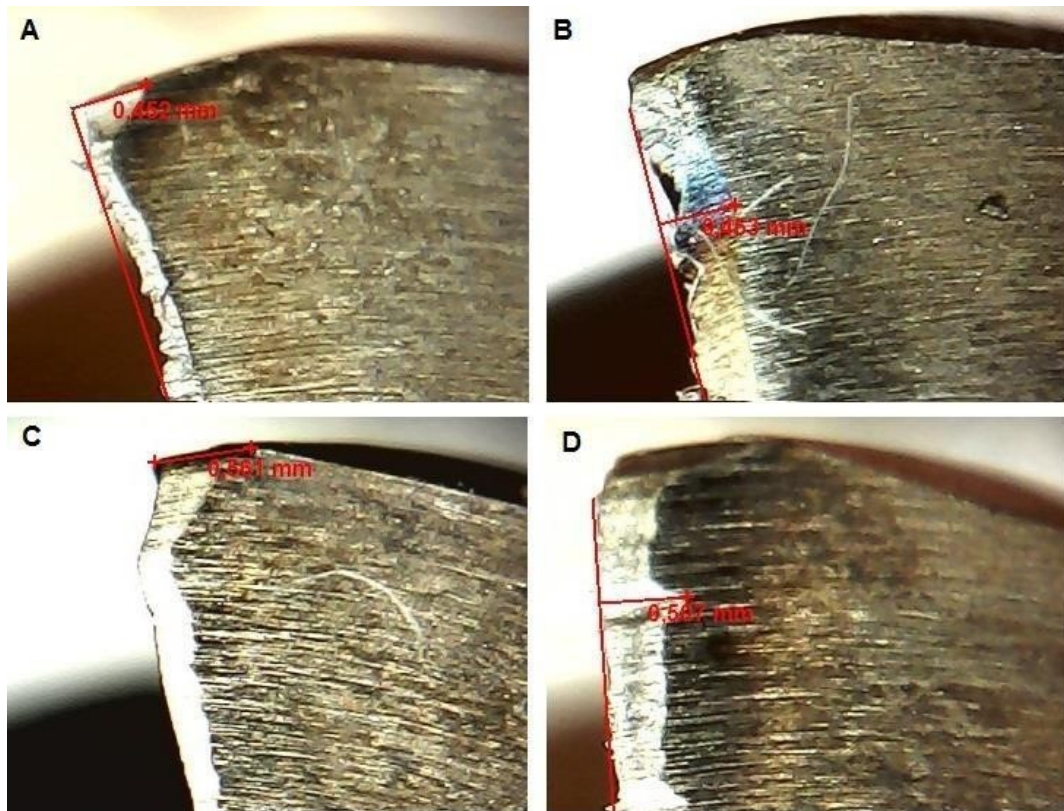


Figura 4. Desgaste de flanco máximo - A) Amostra sem tratamento $V_{bmáx} = 0,452$ mm. B) Amostra tratada a 350°C $V_{bmáx} = 0,453$ mm. C) Amostra tratada a 400°C com revestimento de TiN $V_{bmáx} = 0,561$ mm. D) Amostra tratada a 450°C $V_{bmáx} = 0,507$ mm

O critério de parada usado para as brocas mostradas nas figuras 4 A, B e C foram as condições de usinagem, visto que as ferramentas apresentavam elevado ruído durante a furação e estavam na eminência da quebra. O critério utilizado para o ensaio da broca mostrada na figura 4 D foi o número máximo de furos, apesar de apresentar desgaste relativamente elevado, esta ferramenta apresentava ruído estável até o fim do ensaio (no furo de número 40), possibilitando a usinagem de mais furos.

A furação proporciona desgaste na superfície da ferramenta, visto que há atrito entre as paredes do furo e a superfície da broca causando aumento de temperatura, podendo alterar suas propriedades mecânicas como a dureza, portanto foi realizado um perfil de microdureza nas brocas após o ensaio de furação, para analisar a perda de dureza da superfície das ferramentas nos diferentes tratamentos, o comportamento da microdureza na seção transversal das brocas são expostos na fig (5).

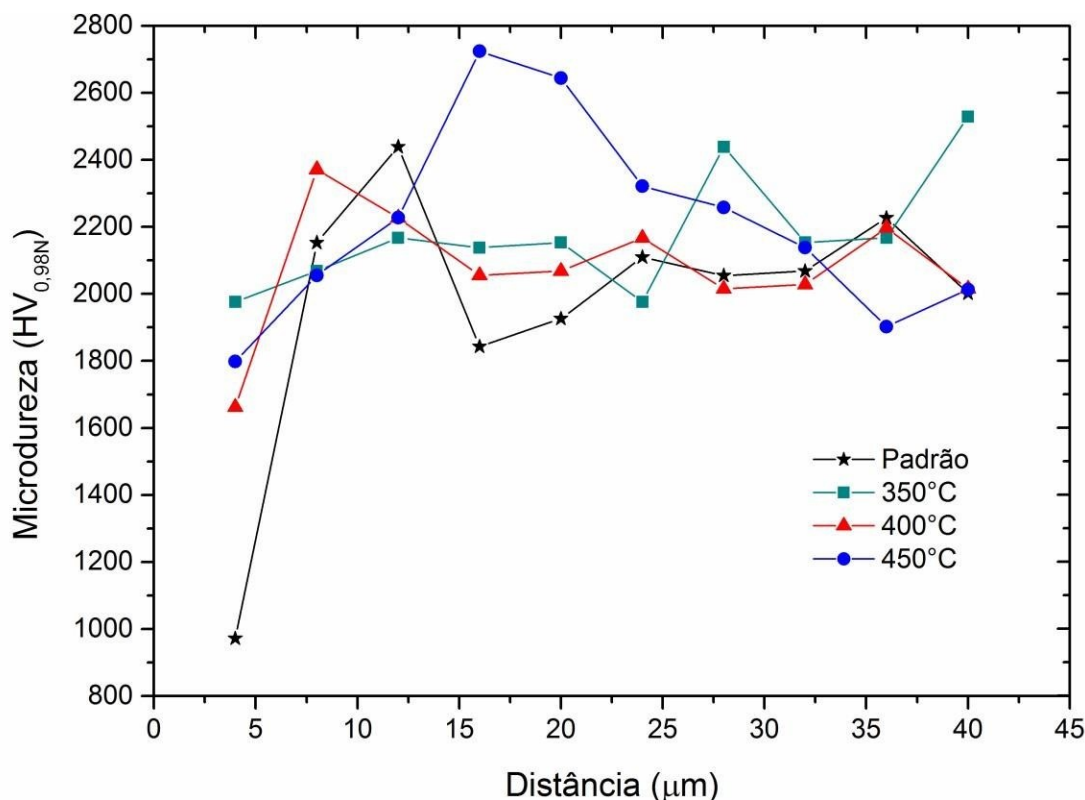


Figura 5. Perfil de microdureza Vickers das brocas após usinagem (carga de 0,98 N), zero é a superfície

A microdureza da ferramenta padrão, que não foi tratada, teve grande perda de dureza em sua superfície (a 4 μm da superfície). O desgaste foi atenuado com o aumento de dureza na superfície das ferramentas tratadas, dessa forma, as ferramentas tratadas apresentaram maior resistência ao desgaste mesmo após usinar uma quantidade de furos bem superior a ferramenta não tratada. É observado também no gráfico que ao se afastar da borda, todas as amostras tendem a dureza da amostra padrão (não tratada), esse comportamento é comum devido aos tratamentos serem apenas superficiais.

4. CONCLUSÃO

Foi concluído que o tratamento de nitretação que confere maior dureza superficial as brocas, foi o tratamento de maior temperatura, realizado a 450°C. Quanto maior a temperatura da nitretação, maior a dureza superficial das brocas, como vimos no trabalho, isso resultou em melhor desempenho nos ensaios de furação. Porém, o aumento da dureza na superfície da ferramenta aumenta também o risco de ocorrer lascamentos na aresta de corte, diminuindo drasticamente a vida útil das ferramentas.

A maior espessura da camada nitretada foi observada nas brocas que foram tratadas com a menor temperatura, realizada a 350°C. Isso ocorreu devido ao aumento da temperatura ocasionar maior zona difusão, dessa forma, o nitrogênio ao reagir com os componentes de liga, difunde mais facilmente para o interior da broca, gerando uma menor camada nitretada em sua superfície com o aumento da temperatura de tratamento. Como a camada nitretada tem dureza muito superior ao núcleo da ferramenta, uma camada nitretada mais espessa gera menos tenacidade a ferramenta, aumentando a possibilidade de ocorrer lascamento da aresta de corte, visto que a dureza elevada da superfície aliada a baixa tenacidade, aumenta o risco de ocorrer esse tipo de desgaste.

Ao fazer análise do perfil de microdureza nas brocas após ensaios de usinagem, constatamos um comportamento peculiar nas brocas. Ocorre aumento de dureza do centro para a borda, porém, a microdureza medida no ponto mais perto da borda (4 μm da borda) foi bem menor que a média obtida. Esse comportamento foi observado em todas as brocas. Provavelmente, isso ocorreu devido a uma variação de temperatura no processo de furação que modificou a superfície mais externa da amostra, porém foi verificado em MEV que ainda tinha camada nitretada na superfície da ferramenta, caracterizando sua resistência mesmo submetidas as severas condições na usinagem.

Para o objetivo principal da broca (fazer furos), o tratamento mais adequado é a nitretação a 450°C. Esse tratamento resultou na menor camada nitretada observada. Dessa forma, tem um núcleo maior, isso gera melhor absorção dos impactos da usinagem, devido maior tenacidade do núcleo em relação a superfície. Além de ter superfície mais dura, gerando menor desgaste da aresta de corte. Essa junção de fatores resultou no melhor desempenho desse tratamento.

O desempenho das brocas que foram previamente nitretadas a 400°C e depois submetidas a deposição de TiN foi menor que o esperado, visto que a nitretação a uma temperatura intermediária em relação aos outros tratamentos, deveria proporcionar um desempenho no ensaio de furação também intermediário entre os tratamentos realizados a 350 e 450°C.

Foi observado desempenho próximo, porém inferior ao tratamento realizado a 350°C, caracterizando que o tratamento de deposição do filme de TiN não melhorou o desempenho da ferramenta, ou até mesmo diminuiu a vida útil da broca. Isso pode ter ocorrido possivelmente graças a uma má adesão do filme de TiN.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, C. A. F. C. Estudo da nitretação a plasma aplicada em ferramentas para fresamento. 2002
- CALZA, M. et al. Desgaste de brocas de aço-rápido na furação sob diferentes condições de aplicação de fluidos lubrificantes. 2007.
- FERRARESI, D. Usinagem dos metais: Fundamentos da usinagem dos metais. Edgard Blucher, 1970
- MACHADO, Á. R. et al. Teoria da usinagem dos materiais. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, p. 384, 2009.
- MARQUES, F. M. et al. Caracterização de desgaste de brocas de hss revestidas com alcrn e não revestidas, em ensaios de furação, na usinagem de ferro fundi do nodular DIN GGG 50. Revista iberoamericana de ingeniería mecánica, v. 19, n. 1, p. 87-104, 2015. ISSN 1137-2729.
- NEVES, D.; DINIZ, A. E.; DE LIMA, M. S. F. Eficiência da texturização laser na aderência de revestimentos de brocas. STEMMER, C. E. Ferramentas de corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos e abrasivos. Ed. da UFSC, 2005. ISBN 8532800467.
- TIER, M. A. D. Avaliação da resistência ao desgaste do aço AISI M2 nitretado a plasma. 1998.
- ZEILMANN, R. P.; SANTIN, R.; FINIMUNDI, A. V. Efeito de diferentes condições de aplicação de fluidos lubrificantes no desgaste de brocas de aço-rápido. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 2, n. 1, p. 26-33, 2006. ISSN 1808-7310.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

PERFORMANCE ANALYSIS OF FAST STEEL DRILLS SUBMITTED TO DIFFERENT PLASMA SURFACE TREATMENTS

Bruno Felipe Batista Dantas, bfmec2016@gmail.com¹

Fernanda de Melo Fernandes, nanda.melo_f@hotmail.com¹

Igor Oliveira Nascimento, igorlambert@gmail.com¹

Rômulo Ribeiro Magalhães de Sousa, romulorms@gmail.com²

Petteson Linniker Carvalho Serra, pettesonlinniker@hotmail.com²

Igor Lopes de Andrade, igor.andrade@ct.ufrn.br³

Thércio Henrique de Carvalho Costa, thercioc@hotmail.com¹

¹ Federal University of Rio Grande do Norte – UFRN, Plasma Materials Processing Laboratory – Labplasma, Mechanical Engineering Department, CEP 59072-970, Natal, RN, Brazil.

² Federal University of Piauí – UFPI, Mechanical Engineering Department, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brazil.

³ Federal University of Rio Grande do Norte – UFRN, Metrology Laboratory, Mechanical Engineering Department, CEP 59072-970, Natal, RN, Brazil.

Abstract: Plasma nitriding is performed on fast steel tools to increase the wear resistance of the cutting edge and reduce the tendency of the machined material to adhere to the tool. This work aims to analyze the wear of M2 fast steel drills subjected to different parameters of plasma nitriding and deposition of titanium nitride film (TiN). The drills first passed through the 3-hour nitriding treatment, varying the temperature to 350 °C, 400 °C and 450 °C. The nitrided drills at 400 °C were still subjected to the deposition process of a TiN film. All drills were characterized by Vickers microhardness and were tested in a CNC machining center, where the test body was AISI 4340 steel. A performance analysis was performed between the different treatments, where it was concluded that the treatment that resulted in the best machining performance was the treatment of nitriding at 450 °C. The nitrided layer of the drill bits was analyzed by microhardness profile, however, it was observed that the microhardness value increases with the treatment time, and that the deposition of the TiN film had low relevance in the drill performance.

Keywords: SAE M2, Ion Nitration, Drills, Lifespan, Tire Coating of TiN.