

# AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE BROCAS DE AÇO RÁPIDO SUBMETIDAS SO TRATAMENTO DE ENDURECIMENTO DA SUPERFÍCIE POR NITRETAÇÃO A PLASMA: DESGASTE DE BROCAS HSS<sup>1</sup>

Emerson Miranda dos Santos<sup>2</sup>

Flávio Kieckow<sup>3</sup>

Joviano Janjar Casarin<sup>4</sup>

## Resumo

O presente trabalho apresenta um estudo de avaliação do desgaste de brocas de aço rápido (HSS) submetidas ao tratamento termoquímico de endurecimento da superfície de Nitretação a Plasma. A Nitretação a Plasma é um processo de tratamento da superfície e termoquímico que eleva a dureza da superfície e a resistência à fadiga, ao desgaste e à corrosão dos aços, com a vantagem de manter a ductilidade do material tratado. A furação é uma operação de usinagem que envolve elevado tempo de usinagem e número de furos na indústria, os materiais para ferramentas evoluíram, mas sua aplicação evoluiu mesmo apenas em determinados processos de usinagem, como no torneamento, já no processo de furação, a maioria das máquinas não comportam a velocidade de corte que as ferramentas de metal duro exigem, principalmente quando se trata de brocas de diâmetros pequenos, ou seja, a rotação das máquinas em determinados casos é fator limitante em muitos processos. Analisando as características de usinagem dos ferros fundidos, supõe-se que a utilização de ferramentas de aço rápido é a mais apropriada. Entretanto, o desgaste e as falhas prematuras das brocas de aço rápido reduzem a disponibilidade das máquinas, comprometendo a produtividade e elevando os custos de produção. Os problemas de desgaste em ferramentas de corte sempre foram motivos de preocupação, devido à necessidade de garantir o controle dimensional dos componentes e constantes paradas para troca de ferramenta.

**Palavras-chave:** Broca de aço rápido; Nitretação; Furação; Plasma.

## EVALUATION OF THE WEAR HIGH SPEED STEEL TWIST-DRILL SUBMITTED AT A SURFACE HARDENING PROCESS BY PLASMA NITRIDING: WEAR DRILLS HSS

### Abstract

This work presents a study of evaluation of the wear high speed steel twist-drill (HSS) submitted at a thermochemical surface hardening processing by Plasma Nitriding. The Plasma Nitriding is a surface treatment process and thermochemical that increases the surface hardness and resistance to fatigue, wear and corrosion of steels, with the advantage of maintaining the ductility of the treated material. Drilling is a machining operation which involves high machining time and number of holes in the industry, tool materials evolved, but its application evolved even just in certain machining processes, as the turning, as regards in the drilling process, most of the machines do not involve cutting speed than the carbide tools require, especially when it comes to small diameter drills, in other words, the rotation of the machines in certain cases is a limiting factor in many cases. Analyzing the features of machining of cast iron, it is supposed that the use of high speed steel tools is more suitable. However, wear and premature failure of the high speed steel drills reduce the availability of the machines, impairing productivity and increasing production costs. The problems of wear on cutting tools have always been causes of concern due to the need to ensure the dimensional control of components and constant stops for tool change.

**Key words:** High speed steel drill; Nitriding; Drilling; Plasma.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 68<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Estudante, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), RS, Brasil.

<sup>3</sup> Prof. Dr., Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), RS, Brasil.

<sup>4</sup> Prof. Msc., Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), RS, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Dos processos de fabricação por usinagem, uma das primeiras operações executadas na história e até hoje a mais usada na manufatura de componentes mecânicos se destaca o processo de furação. Segundo Miranda:<sup>(1)</sup> “A furação, de acordo com levantamentos realizados, representa aproximadamente 33% do número e aproximadamente 25% do tempo de todas as operações de usinagem”. “A grande maioria das peças da indústria metal mecânica tem pelo menos um furo, e somente uma parte muito pequena dessas peças já vem com este furo pronto oriundo do processo de obtenção da peça bruta”.<sup>(2)</sup> Isso mostra a importância do processo de furação no contexto da indústria de fabricação por remoção de cavaco. Sendo as brocas helicoidais as que se destacam no processo de furação além de ser uma das ferramentas mais fabricadas e difundidas na usinagem.

Ao longo dos anos são inúmeros os estudos no sentido de melhorar o rendimento desta operação, mas mesmo assim, a furação ainda constitui o principal gargalo das operações de usinagem, isso, devido à complexidade de tal processo, envolvendo variações de velocidades de corte ao longo dos gumes de corte principais, as quais variam de zero no centro da broca até a velocidade máxima na periferia. Além disso, a própria formação de cavaco ocorre em uma região de difícil acesso no interior do material da peça, prejudicando a expulsão e a dissipação de calor é bastante comprometida quando da ausência de fluido lubri-refrigerante.

Evoluções ao longo dos anos nos processos de usinagem aconteceram, se destacando a descoberta de novos materiais para ferramentas, como as ferramentas de metal duro. Estas possibilitam o uso de parâmetros de corte cada vez mais elevados, sendo assim, garantem um menor tempo no processo de manufatura, além disso, são mais resistentes termicamente, mas têm seu desempenho comprometido por serem frágeis. Os materiais para ferramentas evoluíram, mas sua aplicação evoluiu mesmo apenas em determinados processos de usinagem, como no torneamento, já no processo de furação, a maioria das máquinas não comportam a velocidade de corte que as ferramentas de metal duro exigem, principalmente quando se trata de brocas de diâmetros pequenos, ou seja, a rotação das máquinas em determinados casos é fator limitante em muitos processos. Outros aspectos a serem observados, são que para ferramentas de metal duro, a máquina necessita de rigidez maior, pois o processo de furação é classificado como processo relativamente complexo, porém em determinadas condições de usinagem, onde se empregam materiais de difícil usinabilidade e furação profunda, as brocas de metal duro podem não ser as mais adequadas devido a sua baixa tenacidade e resistência a flexão. Sendo assim, na furação a ferramenta ainda mais utilizada é a broca helicoidal de aço-rápido (*HSS – High Speed Steel*). As mesmas apresentam maior tenacidade, possuindo, porém a peculiaridade de serem suscetíveis a temperaturas mais elevadas, mas em contrapartida apresentam um custo relativamente baixo em comparação a outras tecnologias. Por isso, são ainda hoje bastante empregadas na indústria.

Analisando as características de usinagem dos ferros fundidos, supõe-se que a utilização de ferramentas de aço rápido é a mais apropriada. Entretanto, o desgaste e as falhas prematuras das brocas de aço rápido reduzem a disponibilidade das máquinas, comprometendo a produtividade e elevando os custos de produção.<sup>(3)</sup> Os problemas de desgaste em ferramentas de corte sempre foram motivos de preocupação, devido à necessidade de garantir o controle dimensional dos componentes e constantes paradas para troca de ferramenta.

Com o crescente aumento da produtividade e a necessidade de diminuição nos tempos de fabricação dos componentes, a vida da ferramenta é de vital importância e se faz necessário melhorar a resistência ao desgaste, à corrosão e à fadiga das brocas, visando uma eficiência maior nos processos produtivos. A tecnologia destinada à melhoria das propriedades mecânicas dos materiais, exigida pela inovação industrial, estão cada vez mais abrangentes. O objetivo é proporcionar uma vida útil da ferramenta mais prolongada. Em busca de uma melhoria no desempenho de ferramentas. O processo de nitretação por plasma é muito empregado na modificação da superfície de ferramentas, e o uso desse tratamento surge como um método alternativo.<sup>(4-8)</sup>

Conforme Tier,<sup>(9)</sup> a nitretação é um processo de tratamento superficial e termoquímico que eleva a dureza da superfície e a resistência à fadiga, ao desgaste e à corrosão dos aços, com a vantagem de manter a ductilidade do material tratado, além do mais, é um tratamento que ocorre em baixa temperatura, inferior a 500°C, sendo assim, não provoca alterações na microestrutura do aço a ser tratado.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre o desgaste de brocas de aço-rápido com e sem revestimento superficial, afim de, avaliar o desempenho de tais ferramentas de corte submetidas ao tratamento termoquímico de nitretação.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As ferramentas utilizadas nos ensaios foram brocas helicoidais de aço-rápido M2, de diâmetro 8 mm. O diâmetro pequeno é em função das baixas velocidades de corte, já citadas, sendo que, para diâmetros maiores as tecnologias de ferramentas de metal duro são as mais apropriadas.

A máquina-ferramenta utilizada nos ensaios foi um centro de usinagem vertical CNC, modelo XV 560A, fabricado pela YCM, cuja rotação máxima do eixo-arvore é de 10.000 rpm, potência de 15 HP. O curso da máquina é 560 mm na direção x, 410 na direção y, e 450 mm na direção z. Na Figura 1 segue uma imagem da máquina-ferramenta.



Figura 1. Centro de usinagem XV 560 A.<sup>(10)</sup>

O material de trabalho foi o ferro fundido nodular na forma de chapas, a dimensão no sentido z deve ser de 45 mm, essa espessura deve ser criteriosamente

respeitada, pois os furos terão profundidades de 40 mm, sendo um processo de furação profunda, ou seja, 5 vezes o diâmetro da broca. Já as demais dimensões para a chapa, o fator limitante é o curso da máquina-ferramenta.

A Tabela 1 apresenta as características do material do corpo de prova.

**Tabela 1.** Composição química e características do ferro fundido nodular<sup>(11)</sup>

Composição química (%)					Dureza (HB)
C	Si	Mn	S	P	
3 - 4	1,8 - 2,8	0,1 - 1,0	0,01 - 0,03	0,01 - 0,10	161

As operações de furação foram em cheio, ou seja, sem pré-furos ou furos de centro, como o processo consiste em furação considerada profunda, foi utilizado avanço intermitente (ciclo pica-pau), com incremento de 10 mm. O avanço intermitente auxilia na saída do cavaco, acontece uma penetração maior do fluido na região de corte auxiliando na refrigeração.

Segundo Stemmer,<sup>(12)</sup> o comportamento de desgaste da ferramenta de corte é diretamente proporcional às solicitações mecânicas e térmicas às quais o gume encontra-se submetido. Para o processo de furação, estas condições se intensificam com a redução da quantidade de fluido lubri-refrigerante empregado no processo.

Para os ensaios com brocas de aço rápido se torna inevitável o uso de fluido lubri-refrigerante, assim, o fluido será sob condições de aplicação em abundância, pressão de 8 bar e vazão de 2.500 l/h.

Os testes foram divididos em duas etapas, cada etapa com uma variação nos parâmetros do processo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Parâmetros de corte dos ensaios

	Velocidade de corte (m/min)	Avanço (mm/volta)
Condição 1	30	0,15
Condição 2	50	0,25

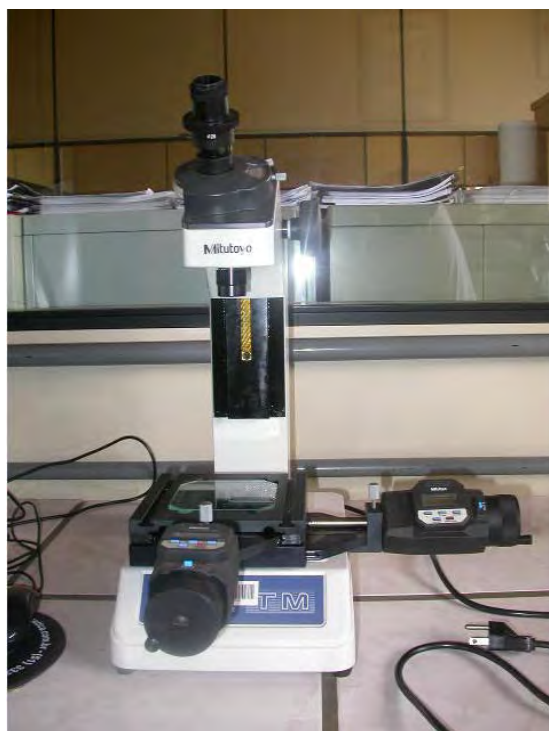
Em cada condição foram ensaiadas brocas de aço rápido comuns e brocas de aço rápido submetidas ao processo de tratamento superficial por nitretação a plasma, conforme os parâmetros da Tabela 3. E o ensaio foi repetido duas vezes, ou seja, um ensaio e duas réplicas. A média do comprimento furado será o valor considerado para o fim da vida das brocas.

Para o fim da vida da ferramenta, foram estabelecidos alguns critérios: falha completa da ferramenta, largura da marca de desgaste no flanco  $V_{Bmáx} = 0,15$  mm, ocorrência de ruído, ou ainda micro-lascamento no gume, sendo determinante o que se apresentar primeiro. Como principal critério de fim da vida da ferramenta o desgaste de flanco  $V_{Bmáx}$ . Sendo assim, as brocas foram observadas e medidas a cada dois furos realizados.

As medições da marca de desgaste foram realizadas em um microscópio de medição, modelo Toolmaker's Microscope, fabricado pela Mitutoyo. A câmera Moticam 2300 acoplada ao microscópio fez fotografias ao longo dos ensaios. Tais fotografias foram monitoradas pelo software MoticImages Plus 2.0, que realizou as medições do desgaste.

**Tabela 3.** Parâmetros do processo de nitretação a plasma

Parâmetro	
Tempo	30 minutos
Temperatura	400°C
Pressão	700 Pa
Equipamento	Corrente alternada



**Figura 2.** Microscópio de medição.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 demonstra o gráfico dos resultados do desgaste de flanco em relação ao comprimento usinado, nas condições 1 e 2 da Tabela 2 juntamente com a condição da superfície da broca.

Como o ruído é um critério de falha da ferramenta, procurou-se observar minuciosamente sua variação, observando assim que o ruído começa a elevar-se para todas as condições quando o desgaste de flanco supera os 0,11 mm.

O resultado do monitoramento contido no gráfico nos permite observar que, para a condição 1 sem tratamento térmico a ferramenta usinou 1,6 m equivalente a 40 furos, atingindo fim de vida devido ao desgaste de flanco de  $VB=0,15$  mm. Na condição 2 sem tratamento térmico a ferramenta alcançou um comprimento usinado de 4,16 m tendo feito 104 furos, o fim da vida desta broca ocorreu devido ao ruído excessivo, a qual chegou ao desgaste de flanco  $VB=0,1455$ . A ferramenta na condição 1 com tratamento térmico de endurecimento da superfície por Nitretação a Plasma, obteve 3,84 m de comprimento usinado, chegando a um desgaste de flanco  $VB=0,15$  mm, usinando 96 furos, determinante para o fim de vida da mesma. Na condição 2 com a ferramenta tratada termicamente por Nitretação a Plasma, obteve-se o comprimento usinado de 6,96 m, equivalendo a 174 furos, o critério determinante para o fim de sua vida foi o de ruído excessivo, alcançando desgaste de flanco nesta condição de  $VB=0,14$  mm.

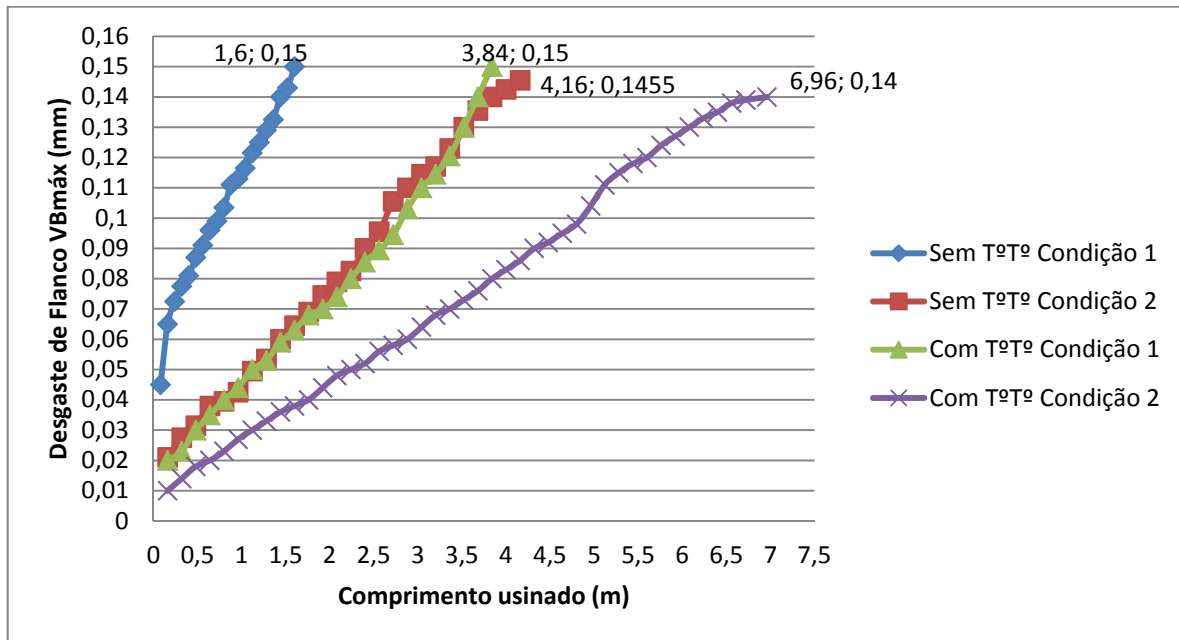


Figura 3. Medida do desgaste de flanco VBmáx em relação ao comprimento usinado.

Com base nas análises por meio de microscópio, observa-se que o principal mecanismo de desgaste ocorrido nas brocas submetidas e não ao tratamento termoquímico de endurecimento da superfície, foi o de adesão (Figuras 4 a 7).

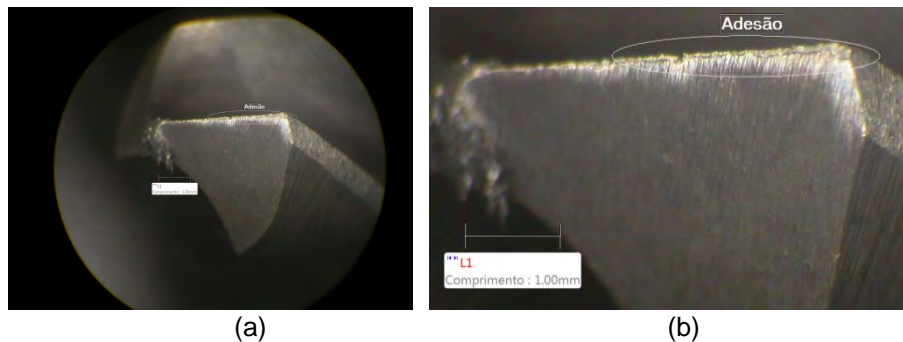


Figura 4. Imagem na condição de corte 1 sem T°T°: (a) Gume principal ampliada 20x, (b) Gume principal ampliada no software Moticlimages Plus 2.0.

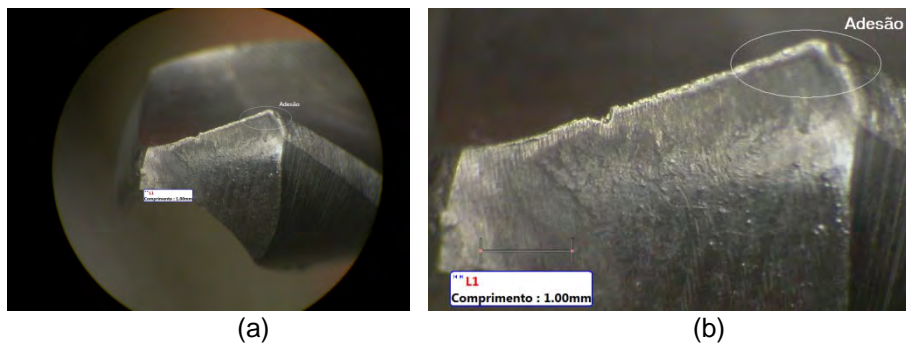
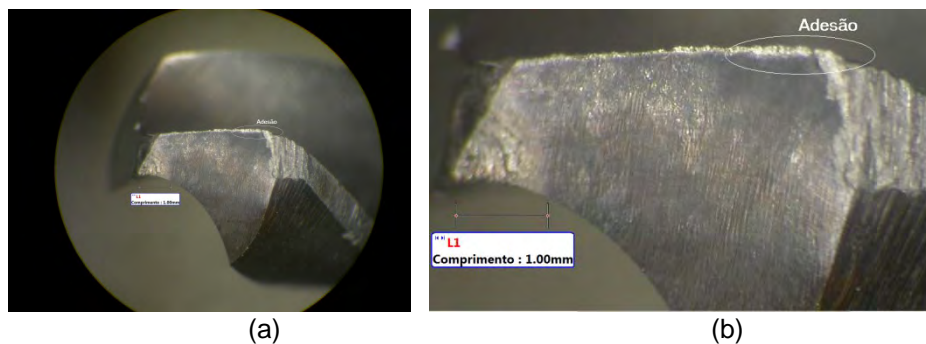
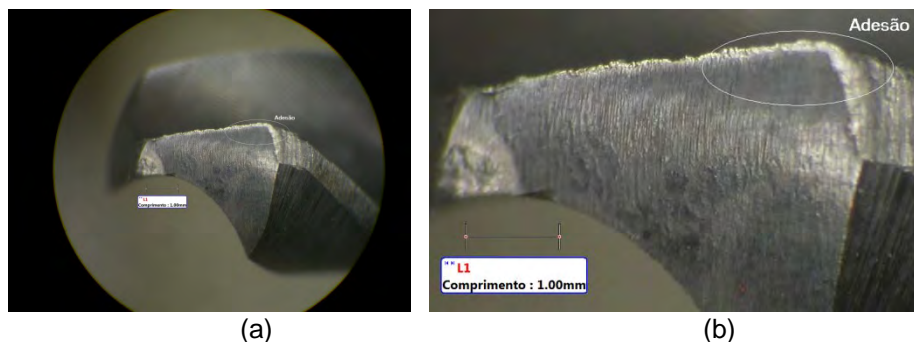


Figura 5. Imagem na condição 1 com T°T°: (a) Gume principal ampliada 20x, (b) Gume principal ampliada no software Moticlimages Plus 2.0.



**Figura 6.** Imagem na condição 2 sem T<sup>o</sup>T<sup>o</sup>: (a) Gume principal ampliada 20x, (b) Gume principal ampliada no software Moticlimages Plus 2.0.



**Figura 7.** Imagem na condição 2 com T<sup>o</sup>T<sup>o</sup>: (a) Gume principal ampliada 20x, (b) Gume principal ampliada no software Moticlimages Plus 2.0.

#### 4 CONCLUSÃO

Analisando a condição 1, percebe-se que a broca submetida ao tratamento termoquímico usinou 96 furos, a não submetida chegou a 40 furos, assim a ferramenta com tratamento térmico de Nitretação a Plasma na condição 1 usinou 140% a mais do que a não nitretada, na condição 2 a broca nitretada usinou 174 furos e a não nitretada fez 104 furos, portanto a broca submetida ao tratamento térmico usinou 68% a mais do que a não tratada termicamente.

Um estudo englobando as condições de corte e da estrutura da superfície da broca revela que, a condição 2 com tratamento térmico de Nitretação a Plasma usinou em média 68% a mais do que a condição 2 sem o tratamento térmico, 82% a mais do que a condição 1 com o tratamento térmico e 335% a mais do que a condição 1 sem o tratamento térmico.

Os resultados mostram que a Nitretação a Plasma é um processo muito eficiente na obtenção de dureza na superfície de brocas de aço rápido mantendo boa resistência mecânica, que consequentemente aumenta a resistência ao desgaste. A Nitretação a Plasma também confere propriedades de redução do atrito, o que pode reduzir o ruído ocorrido na usinagem, mas neste estudo observa-se que em ambas as condições de corte e da superfície, o ruído começa a se intensificar quando o desgaste de flanco atinge aproximadamente 0.11 mm, decorrente de a ferramenta estar usinando com o gume posição de corte, que por sua vez ocorre devido à adesão.

#### Agradecimentos

Aos financiadores PIIC/URI pelo oferecimento da bolsa e sua estrutura, ao prof. Msc. Joviano Janjar Casarin, pela oportunidade da bolsa e orientação, ao prof. Dr. Flávio

Kieckow pela orientação e ao graduando Samuel Katz pelo apoio nos ensaios em laboratório.

## REFERÊNCIAS

- 1 MIRANDA, G.W.A., 2003, “Uma contribuição ao processo de furação sem fluido de corte com broca de metal duro revestida com TiAlN”, Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 160 p.
- 2 DINIZ, A. E., MERCONDES, F. C., COPPINI, N. L., 2006, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, 5a Ed., São Paulo, Editora Artliber.
- 3 NICKEL, J.; SHUAIB, A. N.; YILBAS, B. S.; NIZAM, S. M., 2000, “Evaluation of the wear of plasma-nitrided and TiN-coated HSS drills using conventional and Micro-PIXE techniques”. *Wear*, vol 239, pp. 155 – 167.
- 4 HABERLING, E.; RASCHE, K., 1992, “New materials, processes, experiences for tooling”. Interlaken, Suíça, Anais do congresso, p. 369-392, 7 a 9 de setembro.
- 5 PINEDO, C. E., 1995, Anais do I Seminário Internacional de Engenharia de Superfície. Ed. Núcleo de Pesquisas Tecnológicas da UMC, p. 13-26.
- 6 PINEDO, C. E. et al: 1996, Anais do 51º Congresso Anual da ABM. Porto Alegre, RS.
- 7 STRÄMKE, S.; DRESSLER, S., 1985, “Industrial heating”. P. 18-20, setembro.
- 8 WENDEL, F., 1990, “Thyssen Edelst. Techn. Ber., Edição Especial”, p. 82-99, maio.
- 9 TIER, M.A., 1998, “Avaliação da resistência ao desgaste do Aço AISI M2 Nitretado a Plasma”, Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia de Materiais e Metalurgia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 138 p.
- 10 YCM. XV560 A. Disponível em:  
<[http://www.ycmcnc.com/english/01\\_products/03\\_detail.php?cid=1&id=18&ycm=35](http://www.ycmcnc.com/english/01_products/03_detail.php?cid=1&id=18&ycm=35)>.  
Acesso em: 02 fev. 2013.
- 11 FERRARESI, D. “Fundamentos da Usinagem dos Metais”. São Paulo, SP, Brasil: Edgard Blücher, 1977, 751 p.
- 12 STEMMER, C. E., 1995, “Ferramentas de corte I”. 4ª ed. Ed. UFSC, Florianópolis, RS, Brasil.