

## **ANÁLISE DO DESGASTE EM FERRAMENTAS DE AÇO-RÁPIDO NO FRESAMENTO DE TOPO COM APLICAÇÃO DE MÍNIMAS QUANTIDADES DE FLUIDO**

**Rodrigo Panosso Zeilmann, rpzeilma@ucs.br<sup>1</sup>**

**Alfredo Tomé, atome1@ucs.br<sup>2</sup>**

**Diego Carlos Calza, dccalza@ucs.br<sup>2</sup>**

**Anderson Antonioli, aantonioli@bol.com.br<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul (UCS) Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco D, Caxias do Sul RS, CEP 95070-560, Brasil.

<sup>2</sup> Bolsista do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul (UCS) . Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco D, Caxias do Sul RS, CEP 95070-560, Brasil.

**Resumo:** O fresamento de topo reto é um dos mais utilizados nas indústrias manufatureiras, que sempre buscam melhorias no processo de suas peças e também a redução dos custos de fabricação. Ensaios experimentais foram realizados com fresas de aço-rápido HSS M2 revestidas com nitreto de titânio (TiN), empregando-se parâmetros de corte elevados, na intenção de diminuir o tempo de usinagem e, conseqüentemente, os custos. As temperaturas geradas no processo auxiliam no cisalhamento do material, porém podem contribuir também para o aparecimento de uma série de mecanismos de desgaste, que levam a ferramenta ao seu fim de vida. A aplicação de mínimas quantidades de fluido de corte (MQF) vem aumentando cada vez mais nas indústrias, com a intenção de melhorar a lubrificação, diminuindo o desgaste das ferramentas. Neste trabalho foi aplicada a condição de MQF, utilizando um fluido sintético, na usinagem do aço endurecido AISI P20. O parâmetro de corte variado foi a profundidade axial ( $a_p$ ), onde se utilizou valores de 0,4 e 0,8 mm. A velocidade de corte foi mantida constante em 30 m/min. Assim, o objetivo deste trabalho foi monitorar o desgaste das ferramentas ao longo do tempo de usinagem, visando o volume máximo de material removido pelas ferramentas. As melhores vidas foram obtidas para a condição com  $a_p = 0,8$  mm, sendo que os principais mecanismos de desgaste encontrados foram abrasão e adesão. O desgaste de flanco máximo foi predominante, sendo também identificada a formação de micro-lascamentos.

**Palavras-chave:** Usinagem, MQF, Vida da Ferramenta.

### **1. INTRODUÇÃO**

O processo de fresamento apresenta uma descontinuidade no corte, permitindo que ocorra uma reposição cíclica de uma quantidade de lubrificante sobre a face e o flanco da ferramenta. Este regime de trabalho exige características adequadas nas ferramentas, tanto no material como na geometria, para viabilizar o conveniente trabalho de remoção (Teixeira, 2001).

O tempo de vida da ferramenta é um importante fator no processo de acabamento dos moldes e matrizes. A determinação de parâmetros de usinagem adequados para que não ocorra troca de ferramenta durante a operação de acabamento deve ser realizada. Caso isto não seja possível, pequenas diferenças na nova montagem, normalmente, promovem marcas na superfície usinada. Assim, o melhor procedimento diante desta situação é repassar, com a nova ferramenta, toda a superfície usinada com a ferramenta anterior. Outro ponto a ser destacado é que o desgaste e as avarias nas ferramentas não tornem a geometria menos precisa e/ou aumentem a rugosidade (Lacalle et al., 2002).

Devido ao aumento na temperatura de corte e na frequência do processo, causadas pelas maiores velocidades de corte, os mecanismos de desgaste das ferramentas podem mudar em decorrência dos elevados carregamentos térmicos e mecânicos nos materiais de corte. Parâmetros de usinagem para cada situação não são encontrados com facilidade na literatura, causando em muitas situações, a utilização de parâmetros baseados na prática da usinagem convencional. Portanto, um acréscimo na vida da ferramenta pode ser alcançado pela determinação dos fenômenos de desgaste e posterior escolha apropriada dos materiais da ferramenta, parâmetros tecnológicos e estratégias de usinagem.

As ferramentas de usinagem são componentes submetidos a elevadas tensões e temperaturas, a esforços cíclicos e, principalmente, a altas taxas de abrasão. Uma solução para esta demanda é a utilização da composição de diferentes materiais. Assim, a utilização de coberturas sobre as ferramentas aumenta a dureza e diminui o coeficiente de atrito, o que reduz a taxa de desgaste abrasivo (Oliveira, 2007).

Para que a utilização do fluido de corte seja minimizada, o corte com mínima quantidade de fluido de corte (MQF), pelo qual uma quantidade mínima de óleo é atomizada em um fluxo de ar comprimido, tem sido experimentado. Em contrapartida, o vapor, a névoa e a fumaça de óleo, gerados durante o uso da MQF na usinagem, podem ser considerados subprodutos indesejáveis, pois contribuem para aumentar o índice de poluentes em suspensão no ar e tornaram-se fator de preocupação. A concentração máxima de poluente no ar sob a forma de névoa é limitada em 5 mg/m<sup>3</sup>. Então, quando se utiliza a MQF intensamente em uma fábrica, não existe a preocupação com o descarte e reciclagem do óleo e do cavaco, mas é necessário que se tenha um bom sistema de exaustão na máquina (Diniz e Machado, 2000).

Fluidos sintéticos são soluções químicas consistindo de materiais inorgânicos e orgânicos dissolvidos em água e não contendo nenhum óleo mineral em sua composição. São compostos de sais orgânicos e inorgânicos, aditivos de lubricidade, biocidas, inibidores de corrosão entre outros, adicionados à água. Apresentam vida maior que as emulsões, uma vez que são menos atacáveis por bactérias e reduzem o número de trocas na máquina-ferramenta. Formam soluções transparentes, resultando em boa visibilidade do processo de corte. Possuem agentes umectantes que melhoram bastante as propriedades refrigerantes da solução. Os óleos sintéticos mais comuns oferecem boa proteção anticorrosiva e refrigeração. Os mais complexos são de uso geral, com boas propriedades lubrificantes e refrigerantes (Teixeira Filho, 2006).

Este trabalho apresenta o estudo do desgaste em fresas de aço-rápido HSS M2 revestidas com TiN, com diâmetro de 10 mm, sob aplicação de mínimas quantidades de fluido de corte (MQF).

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho seguinte terá como metodologia a realização de operação de fresamento de topo. A Fig. (1) mostra o processo de fresamento com MQF. Os ensaios de usinagem foram realizados em um Centro de Usinagem Dyna Myte, modelo DM 4500, com rotação máxima no eixo-árvore de 6000 rpm e potência de 7,5 kW. Foram realizadas operações de fresamento de topo, com corte concordante e linear, e aplicação de mínimas quantidades de fluido (MQF), com pressão de 4 bar e vazão aproximada de 40 ml/h.



Figura 1. Imagem do ensaio de fresamento com aplicação de MQF.

O material (corpo-de-prova) utilizado foi o aço AISI P20 com dureza entre 31 e 33 HRc, fixado a zero grau (0°) em relação ao centro de usinagem, e com dimensões de 80 x 60 x 240 mm. As ferramentas utilizadas foram fresas de aço-rápido de topo reto HSS M2, conforme norma DIN 844, com quatro gumes, e revestimento de nitreto de titânio (TiN).

Os parâmetros de corte utilizados no ensaio são apresentados na Tab. (1).

Tabela 1. Parâmetros de corte utilizados no ensaio.

Velocidade de corte $v_c$ [m/min]	Profundidade de corte $a_p$ [mm]	Incremento lateral $a_e$ [mm]	Avanço por gume $f_z$ [mm]
30	0,4 ; 0,8	1/3 d	0,1

Para o comportamento de desgaste, realizou-se a avaliação das fresas de acordo com o critério de vida da ferramenta, definido previamente, com base no comportamento do desgaste observado. Os critérios de fim de vida adotados foram  $VB_{m\acute{a}x} = 0,60$  mm ou lascamentos, sendo o que ocorresse primeiro. Para a análise dos resultados de desgaste foi utilizado um Estereoscópio Trinocular de Medição Universal, modelo TNE-10B, da marca Entex.

## 2.1. RESULTADO E DISCUSSÕES

A Fig. (2) mostra o volume usinado pelas ferramentas, com aplicação de MQF, para os dois valores de profundidade de corte  $a_p$  utilizados (0,4 e 0,8 mm). As barras representam o valor médio de três experimentos e a linha de dispersão representa o valor da incerteza estabelecida pelo desvio padrão dos três ensaios realizados.

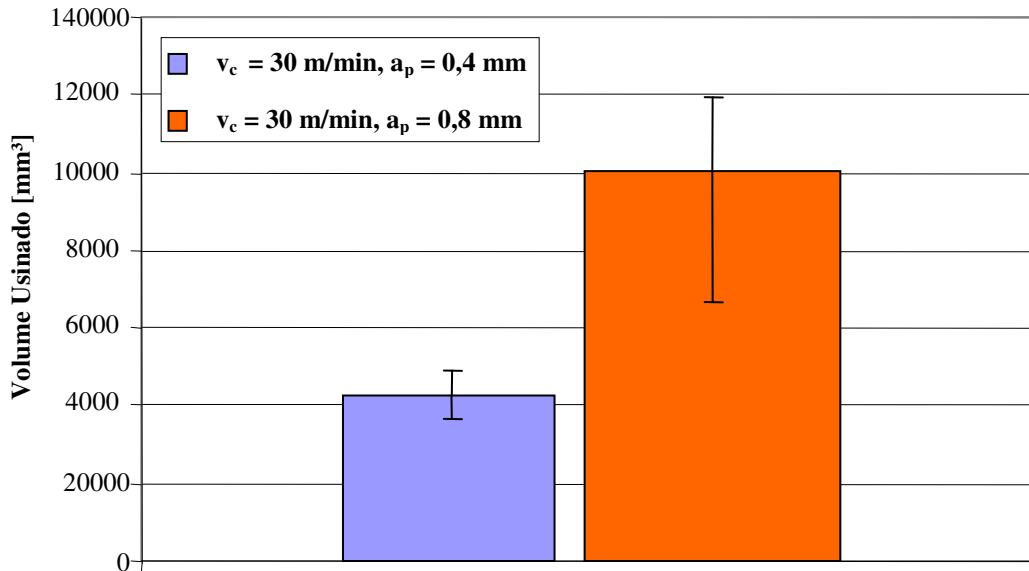


Figura 2. Gráfico do volume usinado com a variação da profundidade de corte.

Observa-se que, na condição em que foi utilizada a profundidade de corte de 0,8 mm, foi obtido um volume usinado aproximadamente 2,5 vezes maior ao obtido na condição em que foi utilizada a profundidade de corte de 0,4 mm. Apesar da maior profundidade de corte submeter a ferramenta a maiores solicitações mecânicas, a maior seção de material removido resulta em maior plano de cisalhamento e, conseqüentemente, maiores temperaturas na região de corte. Assim, nesta condição de maior profundidade, foi constatada a melhor taxa de remoção de material para um mesmo critério de fim de vida de ferramenta.

A Fig. (3) mostra o gráfico do comportamento do desgaste de flanco máximo ( $VB_{m\acute{a}x}$ ) em relação ao tempo de usinagem, para a profundidade de corte de 0,4 mm.

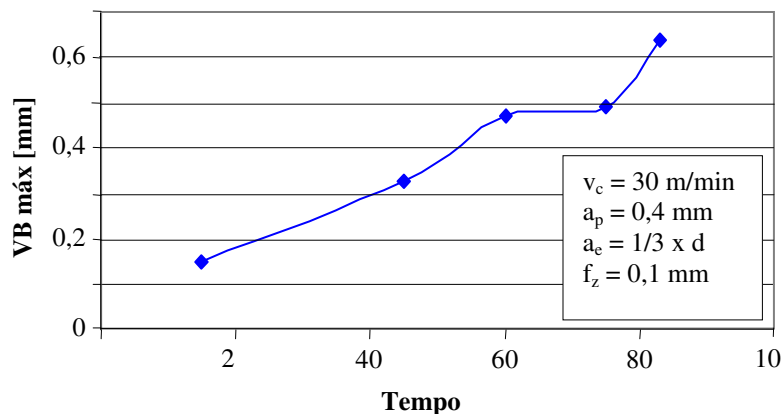
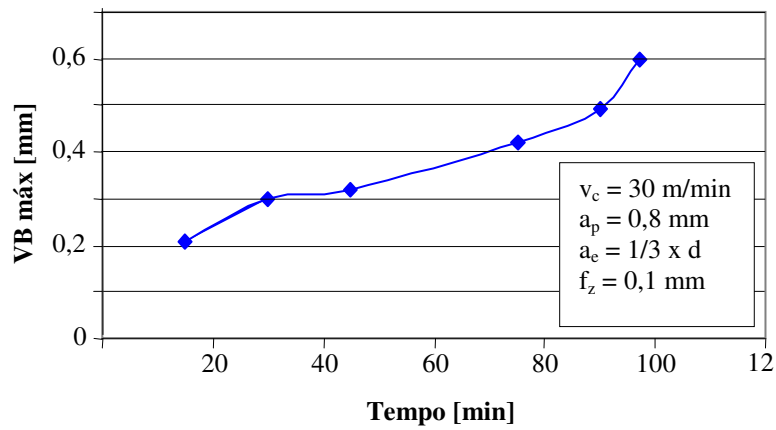


Figura 3. Comportamento de desgaste tipicamente apresentado para  $a_p = 0,4$  mm.

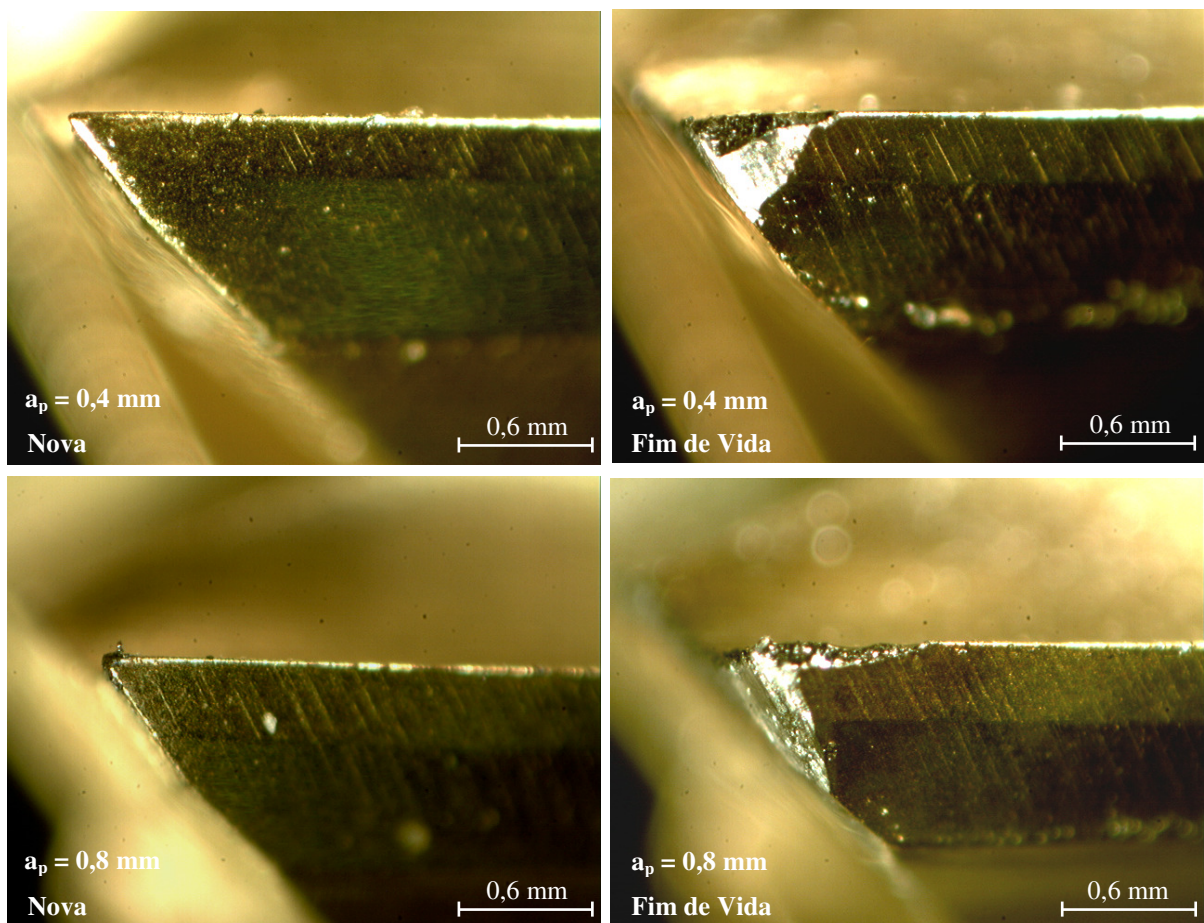
A Fig. (4) mostra o gráfico do comportamento do desgaste de flanco máximo ( $VB_{m\acute{a}x}$ ) em relação ao tempo de usinagem, para a profundidade de corte de 0,8 mm.



**Figura 4. Comportamento de desgaste tipicamente apresentado para  $a_p = 0,8$  mm.**

Analisando as figuras 3 e 4 observa-se que não houve diferença significativa no comportamento de desgaste para a usinagem com diferentes profundidades de corte. As curvas de comportamento de desgaste apresentadas são típicas e mostram o desgaste progressivo até atingir o critério de fim de vida pré-estabelecido  $VB_{máx} = 0,60$  mm. A única diferença foi que a curva para a condição de  $a_p = 0,8$  mm apresenta um maior tempo de corte, até chegar ao critério de fim de vida.

A Fig. (5) mostra fotografias do flanco principal das ferramentas, nas condições nova e em fim de vida, para as diferentes profundidades de corte utilizadas nos ensaios.



**Figura 5. Imagens do flanco das ferramentas na condição nova e em fim de vida.**

As fotografias mostram detalhes do gume principal em estado novo (lado esquerdo) e após a utilização (lado direito). Nas imagens é possível ver o desgaste na ponta das ferramentas, característicos dos mecanismos de abrasão e adesão, e formação de micro-lascamentos. Estes desgastes são tipicamente encontrados nas ferramentas de aço-rápido utilizadas no processo de fresamento.

### **3. CONCLUSÕES**

A usinagem nas condições com maiores profundidades de corte de  $a_p = 0,8$  mm apresentaram um maior volume usinado para um mesmo critério de fim de vida pré-definido. A explicação para tal ocorrência pode estar na maior seção de corte, que acarretou em maiores temperaturas e com isto uma maior facilidade de cisalhamento do material usinado. Assim, conseqüentemente, a ferramenta corta sob menor sollicitação e apresenta uma maior vida e taxa de volume de material usinado.

Nos ensaios transcorridos deste trabalho foram observados principalmente mecanismos de abrasão e adesão, sendo o desgaste de flanco e micro-lascamento os tipos predominantes.

### **4. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq; às empresas colaboradoras, Irwin Industrial Tools, Arwi Representações Ltda., Blaser Swisslube e Tapmatic do Brasil; e à Universidade de Caxias do Sul (UCS), pela colaboração dada ao projeto *UsiMold II*, do Grupo de Pesquisa em Usinagem (GUS).

### **5. REFERÊNCIAS**

- Diniz, A.E. e Machado, A.R., 2000, “Vantagens e desvantagens do uso (ou não) de fluidos de corte”, Revista Máquinas e Metais, n. 419, p. 134-151.
- Lacalle, L.N.L., Lamikiz, A., Sánchez, J.A. and Arana, J.L., 2002, “Improving the surface finish in high speed milling of stamping dies”, Journal of Materials Processing Technology, v. 123, n. 2, p. 292-302.
- Oliveira, A.J., 2007, “Análise do desgaste em ferramentas no fresamento com alta velocidade de aços endurecidos”, Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.
- Teixeira, C.R., 2001, “Benefícios ecológicos da redução e eliminação de fluidos de corte nos processos de usinagem com ferramentas de geometria definida”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Teixeira Filho, F., 2006, “Utilização de fluido de corte no fresamento do aço inoxidável 15-5PH”, Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.

### **6. DIREITOS AUTORAIS**

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

## **ANALYSIS OF WEAR ON TOOLS OF HIGH-SPEED-STEEL IN TOP MILLING WITH APLICATION OF MINIMUM QUANTITIES OF FLUID**

**Rodrigo Panosso Zeilmann, rpzeilma@ucs.br<sup>1</sup>**

**Alfredo Tomé, atome1@ucs.br<sup>2</sup>**

**Diego Carlos Calza, dccalza@ucs.br<sup>2</sup>**

**Anderson Antonioli, aantonioli@bol.com.br<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Professor of the Department of Mechanical Engineering at the University of Caxias do Sul (UCS). Francisco Getúlio Vargas Street, 1130, Block D, Caxias do Sul RS, CEP 95070-560, Brazil.

<sup>2</sup> Engineering Student of the Department of Mechanical Engineering at the University of Caxias do Sul (UCS). Francisco Getúlio Vargas Street, 1130, Block D, Caxias do Sul RS, CEP 95070-560, Brazil.

**Abstract:** *The face milling is one of the most used in manufacturing industries, which always seek improvements in the process of its parts and also reduce costs of production. Experimental tests were conducted with high-speed-steel HSS M2 mills coated with titanium nitride (TiN), using several cutting parameters, in order to reduce the time for machining and therefore costs. The temperatures generated in the process help in the shear of the material, but may also contribute stimulate wear mechanisms, leading the tool and consequently their tool life. The application of minimal quantity of lubricant (MQL) is increasing more and more in the industries with the intention of improving the lubrication, reducing the wear of tools. In this work was applied the condition of MQL, using a synthetic fluid, in the machining of hardened steel AISI P20. The varied cut parameter measure was the axial depth cut ( $a_p$ ), which was used values of 0.4 and 0.8 mm. The cutting speed was kept constant at 30 m/min. Thus the objective of this work was monitoring the wear of tools over time of machining, aiming at maximum volume of material removed by the tools. The best lives were obtained for the condition with  $a_p = 0.8$  mm, where the main wear mechanisms found were abrasion and adhesion. The maximum flank wear was predominant, and also identified the formation of chipping.*

**Keywords:** *Machining, MQL, Tool Life, Wear.*