

## VIABILIDADE DO USO DE FLUIDO DE CORTE NO FRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL 15-5 PH

### **Aldo Braghini Junior**

Departamento de Engenharia de Fabricação

Faculdade de Engenharia Mecânica

Universidade Estadual de Campinas

Caixa Postal: 6122

CEP: 13083-860

[aldobj@fem.unicamp.br](mailto:aldobj@fem.unicamp.br)

### **Fernando Teixeira Filho**

Centro Universitário do Sul de Minas – Varginha - MG

Av. Coronel José Alves, nº 256

### **Anselmo Eduardo Diniz**

Departamento de Engenharia de Fabricação

Faculdade de Engenharia Mecânica

Universidade Estadual de Campinas

Caixa Postal: 6122

CEP: 13083-860

[anselmo@fem.unicamp.br](mailto:anselmo@fem.unicamp.br)

**Resumo.** *Como a maioria das pesquisas de usinagem sobre os aços inoxidáveis são realizadas utilizando-se o tipo austenítico, pouco se sabe sobre a viabilidade do uso de fluido de corte na usinagem dos aços inoxidáveis endurecidos por precipitação. Este trabalho verifica o desempenho do fresamento de acabamento do aço inoxidável martensítico endurecido por precipitação 15-5 PH em várias condições de refrigeração/lubrificação. A ferramenta utilizada foi uma fresa de topo de insertos intercambiáveis com 3 arestas de corte e 19,05 mm de diâmetro. O fluido de corte utilizado foi uma emulsão de base vegetal com éster natural na concentração de 7%. As variáveis deste estudo foram: a forma de aplicação do fluido de corte (externamente à fresa por inundação, pelo interior da mesma e a condição sem fluido como comparação), a classe de metal duro (uma classe ISO M30-M40 e outra M20-M40) e a velocidade de corte (100 e 120 m/min). Foram mantidas constantes a profundidade de usinagem, o avanço, a penetração de trabalho e o fluido de corte. Os parâmetros de avaliação foram vida e desgaste da ferramenta, rugosidade da peça e potência elétrica consumida. Os resultados demonstram que a condição sem fluido proporcionou a maior vida, que o uso do fluido de corte acelerou o desgaste, a classe de metal duro ISO M20 – M40 sempre apresentou melhores resultados. Tanto a rugosidade quanto a potência elétrica consumida não apresentaram tendências definidas, além da dispersão ser elevada nos dois casos.*

**Palavras-chave:** *Fresamento, aço inoxidável, fluido de corte, vida da ferramenta, desgaste*

## 1. INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são materiais muito utilizados na indústria química, alimentícia e aeroespacial devido à combinação de boas propriedades mecânicas e alta resistência à corrosão. O maior teor de cromo na liga, sua grande resistência à corrosão e dureza, dificultam e aumentam o custo de usinagem, pois quanto se trata de aço inoxidável a usinabilidade é o principal fator de custo, segundo BOSSERT [1]. Estes aços apresentam tendência a aderir na ferramenta com formação de aresta postiça de corte e cavacos longos (principalmente o aço inoxidável austenítico). Isto diminui a qualidade superficial da peça e a vida da ferramenta [2].

Na indústria aeroespacial o aço inoxidável mais utilizado é o martensítico endurecido por precipitação. A escolha deste tipo de aço deve-se à característica do mesmo de alcançar altos valores de resistência mecânica (próximo aos aços martensíticos) com boa ductilidade (próximo aos aços austeníticos) [3...6]. Os aços martensíticos endurecidos por precipitação são freqüentemente usinados na condição recozida, requerendo somente um simples tratamento de envelhecimento para atingir o nível de resistência mecânica desejável. Dependendo da necessidade, pode-se usar o referido aço na condição envelhecida, pois desta maneira o tratamento térmico pode ser evitado, facilitando a obtenção de tolerâncias apertadas [6].

Para obtenção de vida econômica de ferramenta e de qualidade superficial satisfatória, a usinagem destes aços é feita com o auxílio de fluido de corte. O uso do fluido de corte pode ser analisado sob dois pontos de vista diferentes. Sabe-se que na maior parte das operações de fresamento, o uso do fluido de corte prejudica a vida da ferramenta devido à contribuição do mesmo ao aumento da amplitude do ciclo térmico, o que causa trincas na aresta de corte [7]. Por outro lado, segundo a indústria aeronáutica as peças fabricadas pela mesma em geral são usinadas com o auxílio dos fluidos de corte, buscando prevenir qualquer dano metalúrgico que o material da peça possa sofrer em devido à quantidade de calor dissipado para a peça durante a usinagem em função da ausência do fluido. Este dano metalúrgico pode comprometer o desempenho de uma peça contribuindo para mau funcionamento de um avião em vôo.

Observando-se a usinagem de forma global (os vários processos e as várias operações) pode-se verificar que muito tem sido feito para tentar minimizar ou eliminar o uso dos fluidos de corte na usinagem dos metais. Isto deve-se ao fato que aos fluidos de corte são atribuídos vários problemas de saúde nos operadores de máquina-ferramenta e a poluição do meio ambiente provocada pelo descarte inadequado dos resíduos dos mesmos. Os fluidos de corte, por sua vez, têm mudado sua formulação nos últimos anos para adequar-se à nova realidade a qual estão inseridos. Prova disso são as emulsões que substituíram os óleos de base mineral por óleos de base vegetal. Esta substituição minimizou bastante os custos com descarte dos fluidos de corte.

Este trabalho avalia o desempenho do fresamento de acabamento do aço inoxidável martensítico endurecido por precipitação 15-5 PH em várias condições de refrigeração/lubrificação.

## 2. MATERIAIS, MÉTODOS E EQUIPAMENTOS

### 2.1. Materiais e Equipamentos

O material do corpo-de-prova foi o aço inoxidável martensítico endurecido por precipitação 15-5 PH devido a seu amplo uso na indústria aeroespacial. A dureza do material variou entre 35 e 38 HRc. O material foi fornecido na dimensão de 355 mm de comprimento x 205 mm de largura x 75 mm de altura.

A ferramenta utilizada nos experimentos foi uma fresa de topo com insertos intercambiáveis com 19,05 mm (3/4 de polegada) de diâmetro com 3 arestas de corte. A fresa possui 3 canais que permitem a passagem de fluido de corte pelo interior da mesma, possibilitando a aplicação do fluido direcionado na superfície de saída de cada inserto.

Os insertos de metal duro utilizados com substrato de WC mais Co, possuem cobertura de TiAlN (depositada pelo processo PVD – Physical Vapor Deposition) e raio de ponta 0,8 mm. Foram usadas duas classes de metal duro, uma ISO M30 – M40 e outra ISO M20 – M40.

A experimentação foi realizada em um centro de usinagem vertical Mori Seiki, modelo SV-40, cuja potência disponível no motor do eixo-árvore é de 22 kW.

Para a medição da rugosidade foi utilizado um rugosímetro portátil modelo SurfTest 211 fabricado pela Mitutoyo.

O desgaste de flanco dos insertos foi medido através de um microscópio estereoscópico (com ampliação máxima de 50 vezes) interligado a um sistema de aquisição de imagens composto de uma câmera CCD e um computador com software de aquisição de imagens com recursos de medição (software Global Lab Image), (Figura 1a). Para facilitar a medição das várias arestas de corte da fresa foi incorporado ao estereoscópio um equipamento divisor que permite a fixação da ferramenta através de seu suporte de fixação. Com o giro do divisor, as várias arestas de corte da fresa podem ser posicionadas para medição do desgaste. (Figura 1b).



a – Estereoscópio e computador usados na medição

b - Fixação da ferramenta no divisor

Figura 1. Sistema de medição de desgaste

## 2.2. Planejamento Experimental

De todas as variáveis de entrada possíveis foram escolhidas três. O critério de escolha levou em consideração a capacidade de cada variável influenciar o resultado da usinagem, a literatura técnica e a experiência dos pesquisadores envolvidos. As variáveis de entrada escolhidas estão relacionadas abaixo:

Velocidade de corte – Dentre os parâmetros de corte, este tem grande influência sobre o mecanismo de desgaste e conseqüentemente sobre a vida da ferramenta. Além disso, também influencia a produtividade da usinagem. Deste modo as velocidades de corte escolhidas (100 e 120 m/min) foram determinadas com base em ensaios preliminares.

Classe de Metal Duro – O desempenho da ferramenta é muito dependente da classe escolhida (mais resistente ao desgaste ou mais tenaz). Dependendo das características do aço inoxidável uma classe aparentemente recomendada pode não apresentar o resultado esperado. Foram escolhidas duas classes de metal duro: uma classe mais tenaz (ISO M30 – M40) e uma classe intermediária (ISO M20 – M40). Para facilitar a identificação das classes de metal duro utilizadas será usada a nomenclatura do fabricante. Deste modo, a classe ISO M30-M40 corresponde à classe 2030 e a classe ISO M20-M40 à classe 2005.

Condição de refrigeração/lubrificação – Normalmente não se usa fluido de corte no fresamento. No entanto, a usinagem sem fluido poderia modificar a sua microestrutura logo abaixo da superfície. Vale a pena lembrar que o aço estudado é utilizado na indústria aeroespacial, onde se tem um controle de qualidade muito exigente. Assim testou-se três formas de refrigeração/lubrificação: sem fluido (SF); com fluido por inundação externamente a fresa (FE), com vazão de 45 l/min; com fluido injetado internamente à fresa (FI), com vazão de 25 l/min. O fluido de corte utilizado foi uma emulsão de base vegetal com éster natural na concentração de 7% brix.

Fazendo-se a combinação entre as variáveis de entrada (velocidade de corte 2 níveis, classe de metal duro 2 níveis e condição refrigeração/lubrificação 3 níveis, totalizando 12 condições de ensaio) obteve-se a matriz de experimentos apresentada na Tabela 1. Cada condição de ensaio foi feita duas vezes.

Tabela1. Matriz de experimentos utilizada nos ensaios de acabamento

Velocidade [m/min]	Classe de metal duro	Condição de refrigeração/lubrificação		
		Sem Fluido (SF)	Fluido Externo (FE)	Fluido Interno (FI)
100	2030	100_2030_SF	100_2030_FE	100_2030_FI
	2005	100_2005_SF	100_2005_FE	100_2005_FI
120	2030	120_2030_SF	120_2030_FE	120_2030_FI
	2005	120_2005_SF	120_2005_FE	120_2005_FI

Foram escolhidas como variáveis de saída, aquelas que pudessem medir o desempenho da usinagem de forma objetiva e que o meio industrial fosse capaz de utilizar em seu dia a dia. Abaixo estão relacionadas as variáveis de saída:

**Vida da Ferramenta** – Mede o tempo médio de duração da ferramenta sob diversas condições de usinagem. Deste modo, é possível encontrar a condição de usinagem em que a vida é máxima e o custo da ferramenta é mínimo. O critério que mede a vida é o desgaste de flanco máximo da ferramenta (0,2 mm). A escolha deste valor de desgaste deve-se ao fato do mesmo ser um valor típico de acabamento.

**Desgaste da Ferramenta** – Tem influência direta na vida da ferramenta. Procura-se identificar o comportamento do desgaste bem como a taxa na qual o mesmo se desenvolve.

**Rugosidade** – Permite identificar qual é a faixa de rugosidade que é possível ser obtida dentro do universo de condições de usinagem testadas.

**Potência Elétrica Consumida** – Identifica as condições de usinagem que mais exige da máquina-ferramenta.

Os parâmetros que foram mantidos constantes são: penetração de trabalho – foi mantida em 13,33 mm (70% do diâmetro da fresa); profundidade de usinagem – foi escolhido 1 mm; avanço por aresta – escolheu-se 0,08 mm/aresta.

### 2.3. Metodologia para Execução de Experimentos

O fresamento foi feito no sentido concordante com passes executados no sentido longitudinal do corpo-de-prova. Eram fresados 5 passes consecutivos e, ao final do quinto, a usinagem era interrompida para a medição de desgaste da ferramenta. A medição do desgaste de flanco foi feita em cada uma das arestas de corte, juntamente com a aquisição das imagens do desgaste de cada aresta. Uma vez o desgaste medido, a ferramenta era montada novamente na máquina-ferramenta para o fresamento de um novo conjunto de 5 passes, ao fim dos quais o procedimento de medição do desgaste repetia-se, até atingir o critério de parada (desgaste de flanco máximo de 0,2 mm).

A cada passe de usinagem foi feita a aquisição do sinal de potência elétrica consumida. O sinal de potência foi retirado do comando numérico da máquina-ferramenta com uma taxa de amostragem de 100 pontos por segundo. A aquisição foi feita com o auxílio de uma placa de aquisição analógico/digital e de um software feito em LabView ambos fabricados pela National Instruments. Este sinal armazenado foi posteriormente tratado. Como o objetivo foi comparar a potência consumida entre as diversas condições de usinagem, foi utilizado o sinal de potência fornecida pela máquina-ferramenta, o qual fornece um valor de tensão proporcional à potência consumida pela máquina.

As medições de rugosidade foram feitas quando toda a superfície do corpo-de-prova era usinada. As medidas foram feitas na região do corpo-de-prova usinada pelo primeiro passe (aresta de corte nova), pelo quinto e, na seqüência, de 5 em 5 passes até o fim do ensaio. Foram tomadas 3 medidas de rugosidade em cada região de medição.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Vida da Ferramenta

A vida da ferramenta mostrou-se sensível a todas as variáveis de entrada. A Figura 2 apresenta um gráfico de tempo de vida de ferramenta versus condição de refrigeração/lubrificação combinada com classe de metal duro para a velocidade de 100 m/min e a Figura 3 trás um gráfico semelhante para a velocidade de 120 m/min. A vida de cada condição é o resultado da média da vida de 2 ensaios na mesma condição. Nas figuras também estão apresentadas as dispersões dos resultados na forma da linha no topo das barras de vida média. Cada linha representa  $\pm 1$  desvio padrão dos valores obtidos (em algumas condições não houve dispersão, pois a vida para os dois ensaios da mesma condição coincidiu).

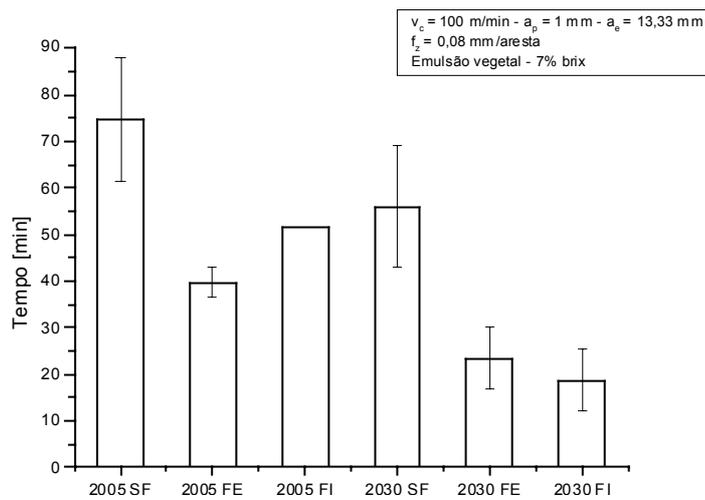


Figura 2. Vida da ferramenta para a velocidade de 100 m/min sob diversas condições de refrigeração/lubrificação e duas classes de metal duro

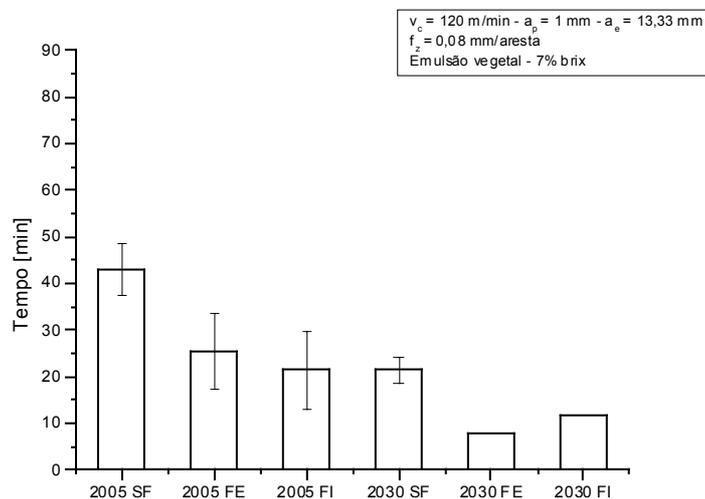


Figura 3. Vida da ferramenta para a velocidade de 120 m/min sob diversas condições de refrigeração/lubrificação e duas classes de metal duro

Observando-se o desempenho das diversas condições refrigeração/lubrificação nas Figuras 2 e 3 nota-se que aplicação do fluido de corte, tanto externamente a fresa quanto internamente, diminui a vida da ferramenta quando comparado com a condição sem fluido para uma mesma classe de metal duro e mesma velocidade de corte. Fica claro que o uso deste tipo de fluido de corte nesta concentração acelera o desgaste da ferramenta através do mecanismo clássico de desgaste para fresamento, que é o aparecimento de trincas de origem térmica na aresta de corte.

Quando se comparam as classes de metal duro ensaiadas, nota-se que a classe 2005 sempre apresentou vida superior à classe 2030 quando comparadas sob as mesmas condições de refrigeração/lubrificação e velocidades de corte. Isso ocorreu devido às condições gerais de usinagem favoráveis (rigidez da máquina-ferramenta, boa fixação do corpo-de-prova, sistema de fixação da ferramenta suficientemente rígido e ausência de superfície interrompida no corpo-de-prova). Sob estas condições espera-se que uma ferramenta mais resistente ao desgaste tenha vida superior. Mesmo ocorrendo trincas na aresta de corte, o que, em princípio, faria com que uma ferramenta mais tenaz fosse mais adequada ao processo, às trincas foi somada uma forte adesão de material da peça à região da aresta na superfície de folga, o que ocasionava uma forte remoção de partículas da aresta por “attrition”, principalmente quando o valor do desgaste de flanco máximo já era próximo a 0,2 mm. Isto fazia com que o valor do desgaste crescesse abruptamente, como será visto no item 3.2. Portanto, a ferramenta 2005, sendo mais resistente ao desgaste, resistia também a este mecanismo de “attrition”.

O aumento da velocidade de corte influenciou negativamente a vida da ferramenta em todas as condições comparáveis (mesma condição de refrigeração/lubrificação e classe de metal duro). Observou-se que a redução da vida não é linear (confirmando a literatura técnica), pois uma elevação de 20% na velocidade de corte representou uma redução de vida de ferramenta da ordem de 50%. No entanto, na condição: velocidade de corte de 120 m/mim, sem fluido, classe de metal duro 2005 obteve-se uma vida de cerca de 40 minutos, a qual representa uma vida econômica significativa.

### 3.2. Evolução do Desgaste de Flanco

As Figuras 4 e 5 são exemplos representativos da evolução do desgaste da maioria das condições ensaiadas. Observa-se nas referidas figuras que o desgaste evolui com uma taxa de crescimento relativamente constante até o ponto em que ocorre uma elevação abrupta, a qual é responsável, na maioria dos casos, por um desgaste que ultrapassa com folga o critério de parada (0,2 mm de desgaste de flanco máximo). Este crescimento abrupto do desgaste torna difícil uma projeção confiável da vida da ferramenta, o que é bastante indesejável.

A Figura 6 mostra uma seqüência de fotografias da mesma aresta de corte ao longo de um ensaio, na qual pode-se observar que o desgaste evolui lentamente até um determinado tempo de usinagem (23,4 min Figura 6) e, na seqüência do ensaio, o desgaste cresce repentinamente (27,3 min Figura 6) como pode ser observado nos gráficos de evolução de desgaste das Figuras 4 e 5.

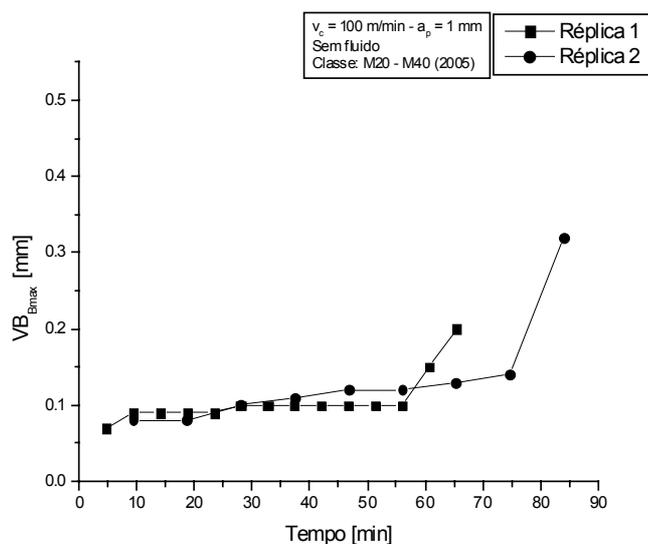


Figura 4. Evolução do desgaste de flanco da ferramenta para a velocidade de 100 m/min, sem fluido e classe de metal duro 2005

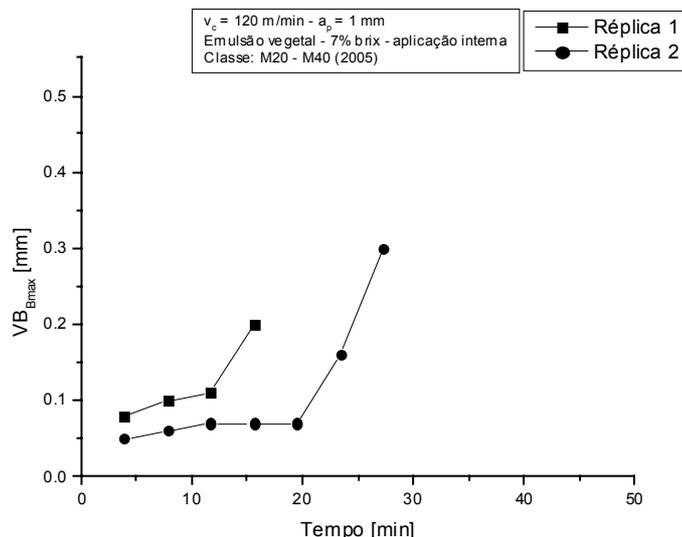


Figura 5. Evolução do desgaste de flanco da ferramenta para a velocidade de 120 m/min, aplicação de fluido interna e classe de metal duro 2005

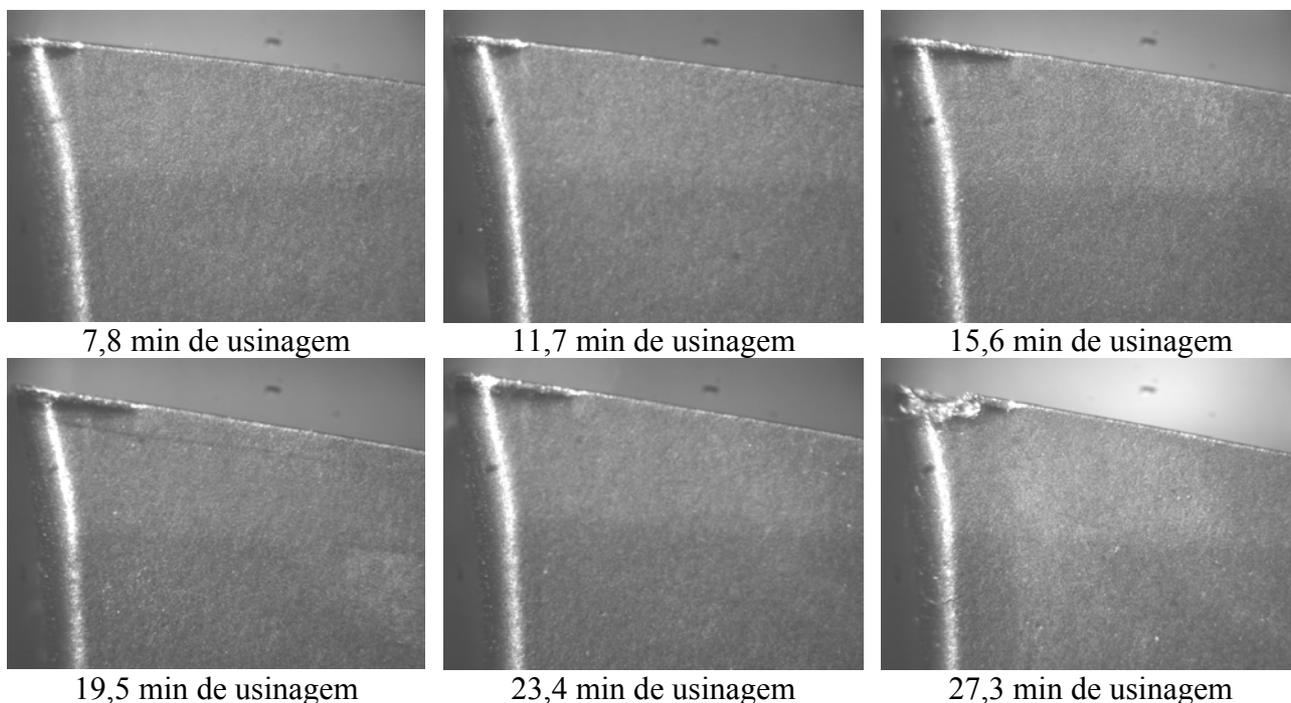


Figura 6. Fotografias da evolução do desgaste de flanco. Velocidade de corte de 120 m/min, aplicação de fluido interna e classe de metal duro 2005

### 3.3. Rugosidade

As Figuras 7, 8 e 9 são exemplos representativos da rugosidade da maioria das condições ensaiadas. Observando-se todos os gráficos de rugosidade apresentados nas figuras citadas acima, nota-se que não existe uma tendência clara de comportamento. Isto pode ser comprovado pela dispersão encontrada em todos os gráficos, com valores de rugosidade abaixo de  $0,3 \mu\text{m} R_a$  até valores acima de  $1 \mu\text{m} R_a$ . A condição sem fluido (independente da velocidade de corte e classe de metal duro) produziu as maiores dispersões. Nesta condição as temperaturas encontradas na região de corte são mais altas (quando comparadas com as condições em que é usado o fluido de corte) e, por isso, existe uma tendência do material do corpo-de-prova tornar-se mais plástico, possibilitando uma maior deformação da superfície do corpo-de-prova. Aliado a isto, ocorreu muita adesão do material do corpo-de-prova na ferramenta, fazendo com que partículas de material aderido deixassem sua impressão na superfície usinada.

Fazendo-se uma comparação dos gráficos de desgaste com os de rugosidade observa-se que não existe correlação entre desgaste de flanco e rugosidade. Isto ocorreu porque a aresta secundária de corte é que está em contato com a superfície do corpo-de-prova recém usinada. Como sua função é de apenas “alisar” a superfície sendo formada, esta aresta tem um desgaste muito reduzido. Deste modo, o fato do desgaste de flanco crescer de forma abrupta (ou seja, este crescimento propicia uma grande mudança na geometria da aresta principal de corte) não tem nenhum efeito sobre a rugosidade.

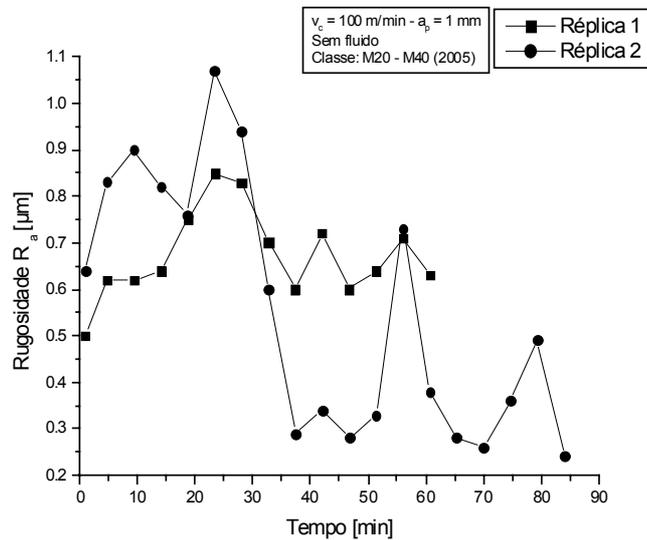


Figura 7. Evolução da rugosidade da peça para a velocidade de 100 m/min, sem fluido e classe de metal duro 2005

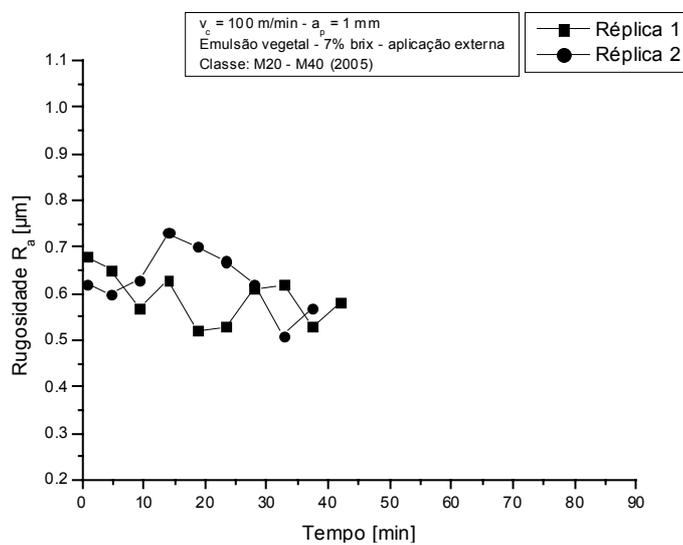


Figura 8. Evolução da rugosidade da peça para a velocidade de 100 m/min, aplicação de fluido externa e classe de metal duro 2005

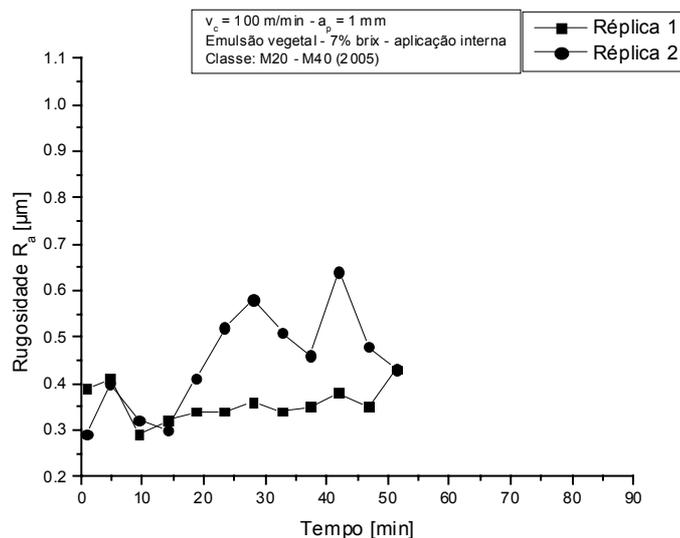


Figura 9. Evolução da rugosidade da peça para a velocidade de 100 m/min, aplicação de fluido interna e classe de metal duro 2005

### 3.4. Potência Elétrica Consumida

Os resultados de potência não demonstram nenhuma tendência de comportamento ao longo da usinagem em cada condição ensaiada. Existe muita dispersão nos resultados, uma vez que a variação da potência está na casa do centésimo de Volt. Na verdade, a potência foi medida em Volts, pois o CNC da máquina fornecia um sinal de saída proporcional à potência consumida. A tensão deste sinal é que foi medida via placa analógica/digital em um computador conectado ao CNC. Destes dados pode-se concluir que as variáveis de entrada não tiveram influência significativa na potência elétrica consumida para o tipo e a concentração de fluido de corte testado.

## 4. CONCLUSÕES

Baseado na experimentação realizada pode-se chegar as seguintes conclusões:

- ↪ O corte sem fluido sempre gerou as maiores vidas de ferramenta quando comparado com o corte com fluido em abundância, independentemente da direção de aplicação do fluido.
- ↪ A classe de metal duro 2005 (ISO M20 – M40) sempre apresentou os melhores resultados em relação a classe 2030 (ISO M30 – M40) quanto à vida da ferramenta.
- ↪ O comportamento da rugosidade ao longo da vida da ferramenta não mostrou relação com o desgaste de flanco da ferramenta.
- ↪ Tanto a rugosidade quanto a potência elétrica consumida não apresentaram tendências definidas, além de a dispersão ser elevada nos dois casos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Às empresas Blaser Swissslube, Embraer, Ingersoll Cutting Tools e Iscar pela colaboração durante a execução deste trabalho.

À FAPESP pela bolsa concedida.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] BOSSERT, M.. Machining Stainless alloys. **Advanced Materials & Processes**, n<sup>o</sup>. 7, p. 43-44. 1995.
- [2] DINIZ, Anselmo E. et al. **Tecnologia da Usinagem do Metais**. 3. ed. São Paulo: Artliber, 2001. 248 p.
- [3] ARISOY, F. C. et al. Failure of a 17-4 PH stainless steel sailboat propeller shaft. **Engineering Failure Analysis**, v. 10, p. 711-717. 2003.

- [4] BRUCKER, R. Precipitation-hardening alloys. **Advanced Materials & Processes**. v.12, p.25-27. 1995.
- [5] MEYRICK, G. Physical Metallurgy of Steel – Section 6 – **Special Steels**. 2002. Disponível em: <[www.engr.sjsu.edu/cme/cmcourses/MatE152/Others/nucleationandgrowth2.pdf](http://www.engr.sjsu.edu/cme/cmcourses/MatE152/Others/nucleationandgrowth2.pdf)>. Acesso em: 05 junho 2003.
- [6] ASM Handbook. **Machining**. Vol. 16, p. 681-707. 1997.
- [7] De MELO, A.C.A. et al., Estudo da Formação de Trincas de Origem Térmica no Fresamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA 2000, Natal. **Anais ... Natal: ,2000.**

## FEASIBILITY OF USING CUTTING FLUID IN MILLING OF THE 15-5 PH STAINLESS STEEL

**Aldo Braghini Junior**

Fabrication Engineering Department  
Faculty of Mechanical Engineering  
State University of Campinas  
Post Office Box: 6122  
Zip Code: 13083-860  
[aldobj@fem.unicamp.br](mailto:aldobj@fem.unicamp.br)

**Fernando Teixeira Filho**

University Center of the South Minas – Varginha - MG  
Avenue Coronel José Alves, nº 256

**Anselmo Eduardo Diniz**

Fabrication Engineering Department  
Faculty of Mechanical Engineering  
State University of Campinas  
Post Office Box: 6122  
Zip Code: 13083-860  
[anselmo@fem.unicamp.br](mailto:anselmo@fem.unicamp.br)

**Abstract.** *As the majority of the machining researches about stainless steels are accomplished using the austenitic type, little is known about the feasibility of using cutting fluid in the machining of the precipitation hardened stainless steels. This work verifies the performance of the finish milling in the machining of 15-5 PH precipitation hardened martensitic stainless steel in several cooling/lubrication conditions. The tool was an interchangeable inserts end mill with 3 cutting edges and 19,05 mm of diameter. The cutting fluid used was an emulsion of vegetable base with natural ester with concentration of 7%. The variables of this study were: the form of application of the cutting fluid (a flood of fluid external to the mill, a flood of fluid internal to the mill and the condition without fluid as comparison), the grade of cemented carbide (a grade ISO M30-M40 and other M20-M40) and the cutting speed (100 and 120 m/min). The constants were: the depth of cutting, the feed, the radial depth of cut and the cutting fluid. The evaluated parameters were life and wear of the tool, roughness of the piece and consumed electric power. The results demonstrated that the condition without fluid provided the largest life, that the use of cutting fluid accelerated the wear, the cemented carbide grade ISO M20 - M40 always presented better results, both roughness and the consumed electric power did not present defined tendencies and the dispersion of their values were elevated in the two cases.*

**Key Words:** *milling, stainless steel, cutting fluid, tool life, wear*