



ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO DESGASTE DE FLANCO E DA VIDA DA FERRAMENTA NO FRESAMENTO DE TOPO DE AÇO COM FRESAS INTEIRIÇAS DE METAL DURO E CORONITE

Alessandra Bernardis Rosa, Anselmo Eduardo Diniz
Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Fabricação
Caixa Postal: 6122 – 13083-970 – Campinas, SP, Brasil

Resumo. *Dentre os diferentes processos de usinagem dos metais utilizados pela indústria mecânica na fabricação de peças, destaca-se a operação de fresamento, por ser uma das mais versáteis, além de proporcionar altas taxas de remoção de cavaco. Porém trata-se também de uma das mais complexas, pois existem diversos fatores que podem influenciar seus resultados. O desenvolvimento tecnológico na área de usinagem dos metais e as diferentes necessidades advindas dos diversos tipos de material a usinar, fizeram com que surgisse no mercado uma grande variedade de ferramentas de corte e também alguns novos materiais para ferramentas. Dentre esses novos materiais, surgiu o Coronite, que é um material que possui propriedades intermediárias entre o metal duro e o aço rápido e, portanto, possibilita a utilização de velocidades de corte intermediárias. Além disso também, fresas inteiriças de metal duro com diâmetros pequenos (menores que 20 mm) começam a ser utilizadas em altas rotações, possibilitando dessa forma, obter-se um bom acabamento superficial nas peças. O objetivo deste trabalho é estudar comparativamente a performance das fresas de topo de metal duro e Coronite no fresamento de aço, no que diz respeito à vida da ferramenta. Para o cumprimento deste objetivo, diversos canais foram fresados em uma única peça de aço-carbono ABNT 1045, sob três condições de usinagem distintas para ambas as fresas, de modo a analisar a influência de parâmetros tais como velocidade de corte, velocidade de avanço e avanço por dente no desgaste e na vida das ferramentas. As conclusões mais significativas deste trabalho foram que: para a fresa de Coronite, tanto a variação da velocidade de corte quanto a variação da velocidade de avanço tem uma forte influência no desgaste e vida da ferramenta. Já para a fresa de metal duro pode-se dizer que nenhum dos parâmetros anteriores influenciou fortemente o desgaste da ferramenta, pelo menos nos níveis destes parâmetros aqui utilizados. Além disso, fresas de Coronite trabalhando com velocidades de corte em torno de 172 m/min e fresas de metal duro trabalhando em torno de 300 m/min, apresentaram níveis de desgaste de flanco muito baixos, com conseqüente alta vida da ferramenta, chegando ambas as fresas a usinar quase 10 m de comprimento.*

Palavras-chave: *Fresamento de Topo, Coronite, Desgaste de Flanco, Vida da Ferramenta.*

1. INTRODUÇÃO

“A usinagem é um dos mais importantes processos de fabricação da indústria. Embora pareça simples, devido às suas elevadas taxas de produção, na verdade ela é uma operação muito complexa, que envolve muitas variáveis.” (MACHADO et al., 1991).

Dentre as várias operações de usinagem, pode-se citar a operação de fresamento, que é um dos métodos de usinagem de maior versatilidade e o segundo processo mais usado no meio industrial. Porém ela é também uma das operações mais complexas, pois existem muitos fatores que podem influenciar o seu resultado.

Hoje em dia, com a produção seriada e com o uso de modernos centros de usinagem, faz-se necessário a utilização de ferramentas que possam trabalhar em várias direções de usinagem. Não é surpresa saber que a metade das ferramentas utilizadas nestes modernos centros de usinagem são fresas de topo. Existe uma enorme demanda para fresas de topo - aproximadamente 40 milhões são usadas a cada ano, segundo ESP... (1991).

Dentro desse contexto, o setor de usinagem dos metais também não poderia deixar de se adequar a essas novas tecnologias, desenvolvendo para isso, novos métodos de trabalho através de uma pesquisa constante dentro do setor. O estudo e a obtenção de dados referentes às variáveis que realmente influem em um processo são muito importantes para que o mesmo possa ser otimizado.

Esse desenvolvimento tecnológico e as diferentes necessidades advindas dos diversos tipos de material a usinar, fizeram com que surgisse no mercado uma grande variedade de ferramentas de corte e também alguns novos materiais para ferramentas.

2. FRESAMENTO DE TOPO COM CORONITE E METAL DURO

“Ao longo dos últimos 15 anos a usinagem recebeu grandes aperfeiçoamentos com a introdução no mercado, da nova geração de materiais para ferramentas” (MACHADO et al., 1991). Porém qualquer que seja o material para ferramenta em consideração, é necessário que o mesmo apresente algumas características importantes que dependem de uma série de fatores, tais como: material a ser usinado, condições de usinagem, forma e dimensões da ferramenta, condições da operação, entre outros.

Essas características são:

- * *dureza à quente*: procura-se cada vez mais materiais que consigam ultrapassar uma temperatura de 1000°C com dureza o suficiente para suportar as tensões de corte.
- * *resistência ao desgaste*: procura-se cada vez mais materiais que consigam resistir aos diversos fenômenos causadores de desgaste nas ferramentas.
- * *tenacidade*: que representa a quantidade de energia necessária para romper o material. Uma ferramenta tenaz é sinônimo de uma ferramenta que consegue resistir bem aos choques inerentes ao processo.

O fresamento é uma operação de usinagem que tem ação de corte interrompido. Sendo assim, é necessário que a fresa seja tenaz para resistir aos choques térmicos e mecânicos (tais choques podem gerar trincas levando à quebra da fresa).

Com isso as fresas são fabricadas principalmente de aço rápido, aço rápido com cobertura e metal duro. Fresas de grandes diâmetros, como as fresas frontais de facear ou fresas cilíndricas de disco são feitas de metal duro com corpo de aço carbono. Para fresas de topo, que possuem pequenos diâmetros, o material utilizado é normalmente o aço rápido ou aço rápido com cobertura, pois para se conseguir altas velocidades compatíveis com o metal duro seria necessário que a máquina utilizada fornecesse altíssimas rotações. Ainda com relação às

fresas de topo que possuam diâmetros inferiores a 20 mm, existe uma outra opção de material conhecido como *Coronite*. O *Coronite* é composto de partículas extremamente pequenas de nitreto de titânio (TiN) com cerca de 0,1 µm de diâmetro (muito menores que as partículas duras encontradas no metal duro, cujo tamanho varia de 1 a 10 µm). Essas partículas estão dispersas em uma matriz de aço temperado perfazendo um total de 35 à 60% do volume do material. Essa proporção de partículas duras é bem maior do que o volume de partículas duras possível de ser obtida no aço rápido, mas menor que o volume de partículas duras do metal duro.

Atualmente, porém, os modernos centros de usinagem tem propiciado rotações muito altas do eixo-árvore. Rotações acima de 10.000 rpm estão se tornando comuns e, em alguns casos, rotações de 25.000 rpm já podem ser alcançadas em centros de usinagem utilizados em trabalhos regulares de produção. Assim, além do *Coronite*, que possui propriedades intermediárias entre o metal duro e o aço rápido e, portanto, possibilita a utilização de velocidades de corte intermediárias, também o metal duro começa a ser utilizado em fresas de diâmetro pequeno (fresas inteiriças de metal duro), visto que velocidades de corte entre 200 e 300m/min já podem ser atingidas nesta faixa de diâmetros (menores que 20 mm) (SANDVIK COROMANT, 1997).

3. DESGASTES DA FERRAMENTA NO FRESAMENTO

Vários são os fenômenos causadores dos desgastes em uma ferramenta de usinagem. Dentre os principais citam-se: abrasão mecânica, difusão, oxidação e aderência (DINIZ et al.,1999). Cada um destes fenômenos causará algum tipo de desgaste ou avaria da ferramenta. Entretanto, a operação de fresamento possibilita algumas características peculiares que facilitam o processo de desgaste da ferramenta, por se tratar de uma operação que tem a ação de corte interrompido, onde existem variações de temperatura, dos esforços de corte e da espessura de corte (h). Segundo MACHADO et al. (1991) “muitos materiais de ferramentas usados no fresamento tem sua vida limitada pelo lascamento da aresta de corte, que provavelmente é causado por uma combinação de choques térmicos e mecânicos.” As características peculiares do fresamento são: variações de temperatura e esforços mecânicos.

“A temperatura gerada numa operação de corte interrompido flutua ciclicamente elevando-se durante o período de corte e caindo no período de pausa” (MACHADO et al.,1991), ou seja, quando uma dada aresta está em contato com a peça realizando o corte, a mesma se aquece. Como a espessura de corte (h) é variável, a geração de calor é irregular. Quando esta aresta sai do corte, (passando a girar em altas velocidades ao ar), a mesma irá entrar em contato com o fluido refrigerante (e com o ar) que a resfriará.

Com relação à variação dos esforços mecânicos, BHATIA et al. (1980) lembram que, “em certos casos somente os impactos mecânicos podem provocar também a falha de ferramentas de metal duro.” Entretanto, estes mesmos autores ressaltam que “isto normalmente ocorre quando se utilizam avanços superiores a um valor crítico, o qual depende das condições de corte empregadas.”

No momento de entrada no corte, a aresta irá sofrer um impacto, pois as forças de corte crescem rapidamente e depois variam conforme a direção e a espessura do cavaco. Isto poderá causar trincas por fadiga mecânica no material.

As trincas de origem térmica irão resultar num tipo de formação na cunha cortante da ferramenta conhecida como *sulco em forma de pente*. Segundo FERRARESI (1977), tais sulcos são observados com frequência em operações de fresamento com pastilhas de metal duro.

As avarias (lascamento, trincas), bem como todos os desgastes das ferramentas, podem gerar a quebra da ferramenta. Algumas vezes, porém, a quebra pode acontecer de maneira

inesperada devido a alguns fatores como ferramenta muito dura, carga excessiva sobre a ferramenta, raio de ponta, ângulo de ponta ou ângulo de cunha muito pequenos, corte interrompido, parada instantânea de movimento de corte, etc... A quebra da ferramenta ocasiona não só estrago na ferramenta, mas também no porta-ferramenta (se o corte não for interrompido imediatamente após a quebra) e na própria peça.

4. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para o fresamento dos canais foi utilizado um centro de usinagem vertical MORI-SEIKI modelo SV- 40, comando FANUC, com rotação máxima da árvore de 12.000 rpm, com variação contínua de velocidade e com motores independentes para o acionamento da mesa e rotação da ferramenta, os quais eram acionados por corrente alternada. A potência do motor principal da máquina-ferramenta era de 30 HP (~ 22 kW). As fresas utilizadas eram fabricadas pela SANDVIK COROMANT, modelos R216.33-10045-AC 19P MC 45 (metal duro) e R216.33-10040-AA 13P NI45 (*Coronite*) ambas com três arestas de corte, diâmetro igual a 10 mm e com geometria quase idênticas, as quais foram acopladas em um mandril de alta precisão Hydro-Grip modelo C5-391.CGA-20 074, também fabricado pela SANDVIK COROMANT. A usinagem dos canais foi feita à seco.

As rugosidades das superfícies usinadas foram medidas através de um rugosímetro MITUTOYO SurfTest-211, com “cut-off” ajustado em 0,8 mm. Os canais foram fresados em um único corpo de prova confeccionado de aço ABNT 1045 com dureza de 91,5 HR_B, seção quadrada de 88 mm. Os desgastes das ferramentas foram medidos em um microscópio óptico, com auxílio de um software de processamento de imagens chamado de GLOBAL IMAGE ANALYSER. Isto foi feito em diversos momentos da vida das ferramentas. Além disso, para cada uma das três arestas da fresa, o desgaste de flanco era medido em três pontos distintos da aresta principal de corte e depois fazia-se a média aritmética para se obter um valor final para o desgaste.

O propósito destes ensaios foi analisar a influência de parâmetros como v_c , v_f e f_z (com a_p fixo) no comportamento do desgaste das ferramentas. Foram então escolhidas 3 condições de usinagem distintas para ambas as fresas. Cabe aqui ressaltar que, essas condições foram escolhidas de tal maneira que as mesmas pudessem ser comparadas entre si, ou seja, mantido um parâmetro constante, como por exemplo para a 1ª e a 2ª condições, analisou-se a influência dos outros parâmetros não constantes no comportamento da rugosidade e como os mesmos poderiam influenciar na vida da ferramenta. E assim sucessivamente as condições foram sendo comparadas entre si.

As condições de usinagem foram estimadas conforme a recomendação do fabricante da ferramenta, sendo recomendada para fresa de *Coronite*, $v_c=80$ m/min e $v_f=390$ mm/min, e para a fresa de metal duro, $v_c=150$ m/min e $v_f=640$ mm/min (SANDVIK COROMANT, 1.997). As condições de corte, bem como os critérios adotados para estabelecimento de fim de vida, são apresentadas a seguir:

- Critérios Adotados para o estabelecimento do Fim de Vida da Ferramenta:

$$\Rightarrow R_a > 1,25 \text{ um} \quad \text{e} \quad V_B \text{ máx} \geq 0,40 \text{ mm}$$

- Critério Adotado para o estabelecimento do Fim de Ensaio (no caso do fim de vida da ferramenta não ser atingido): 10 peças usinadas perfazendo um comprimento de avanço igual a 9680 mm

- Condições de Corte:

	<u>1ª Cond.</u>	<u>2ª Cond.</u>	<u>3ª Cond.</u>
Metal Duro	$v_c= 240$ m/min	$v_c= 300$ m/min	$v_c= 300$ m/min
	$v_f= 870$ mm/min	$v_f= 870$ mm/min	$v_f= 1090$ mm/min

Coronite	$f_z = 0,038 \text{ mm}$	$f_z = 0,030 \text{ mm}$	$f_z = 0,038 \text{ mm}$
	$v_c = 172 \text{ m/min}$	$v_c = 215 \text{ m/min}$	$v_c = 215 \text{ m/min}$
	$v_f = 624 \text{ mm/min}$	$v_f = 624 \text{ mm/min}$	$v_f = 780 \text{ mm/min}$
	$f_z = 0,038 \text{ mm}$	$f_z = 0,030 \text{ mm}$	$f_z = 0,038 \text{ mm}$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise da Influência da Velocidade de Corte (v_c), da Velocidade de Avanço (v_f) e do Avanço por dente (f_z) no Desgaste e na Vida da Fresa de Coronite:

Analisando-se a Tabela 1 e a Fig. 1, pode-se afirmar que a vida da ferramenta é influenciada tanto pela velocidade de corte quanto pela velocidade de avanço. A Tabela 1 mostra esta variação quantitativamente. Cabe aqui ressaltar que o término da vida da ferramenta (para a 2ª e 3ª condições) não se deu pelos critérios estabelecidos anteriormente, mas pela destruição das arestas da fresa (vide Fig. 4). Com velocidade de corte $v_c=172\text{m/min}$ (ensaio sob 1ª condição) o fim de vida da ferramenta também não ocorreu. O ensaio precisou ser interrompido ao final de 10 peças usinadas (o equivalente a 9680 mm de comprimento usinado), pois os critérios adotados para estabelecimento de fim de vida da ferramenta (que eram $R_a > 1,25 \mu\text{m}$ e $V_{B\text{máx}} > 0,40\text{mm}$) até então não tinham sido atingidos.

Tabela 1 - Vida da Ferramenta (min) de Fresamento para Diferentes v_f e v_c :

Condição	f_z (mm):	v_f (mm/min)	v_c (m/min):	L_f (mm):	T (min):
1ª	0,038	624	172	9680	-----
2ª	0,030	624	215	5060	24,6
2ª	0,030	624	215	5060	24,6
3ª	0,038	780	215	220	0,85

O comprimento usinado diminuiu em ~ 48%

A vida caiu em ~ 96,6 %

Pode-se observar que, quando aumentou-se a velocidade de avanço (mantendo-se v_c) a vida caiu em 96,6%. Pode-se constatar então uma forte influência da velocidade de avanço na vida da fresa de Coronite e conseqüentemente no comprimento usinado.

Entretanto quando aumentou-se a velocidade de corte (v_c) na mesma proporção (mantendo-se a v_f) não foi possível precisar exatamente em quanto a vida da ferramenta diminuiu, pois em um dos ensaios não se chegou ao fim da vida. Porém, é possível afirmar que o comprimento usinado pela ferramenta diminuiu bastante com o crescimento da velocidade de corte.

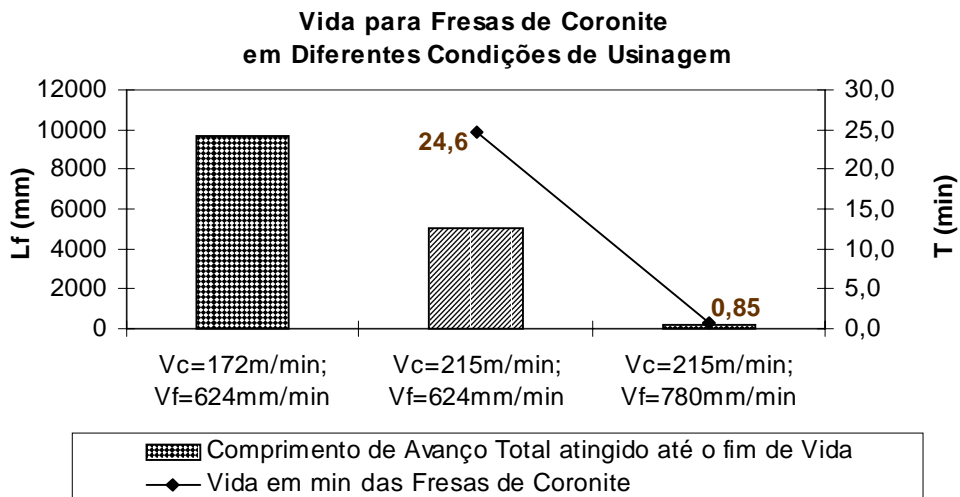


Figura 1 – Vida para Fresas de *Coronite* em Diferentes Condições de Usinagem

Analisando-se a Fig. 2, observa-se para a 1ª condição ($v_c= 172$ m/min), que mesmo com aproximadamente quase 10 m de comprimento usinado, esta fresa apresentou desgaste de flanco ($V_B \text{ máx} = 0,11$ mm) bem menor que a 2ª condição ($V_B \text{ máx} = 0,37$ mm), mostrando ser bem resistente a essa velocidade.

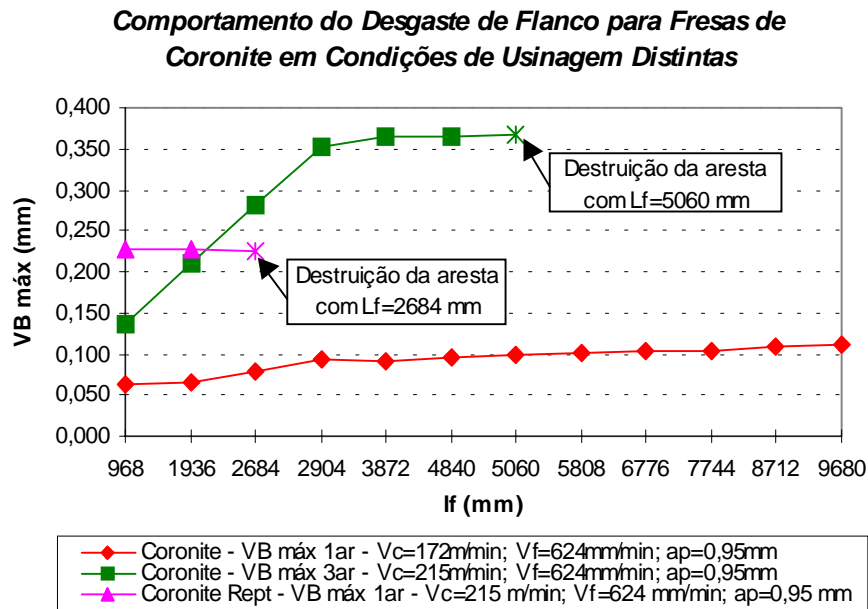


Figura 2 – Comportamento do Desgaste de Flanco para Fresas de Coronite em Diferentes Condições de Usinagem

Analisando-se ainda a Fig. 2, para a 2ª condição e para a sua repetição, constata-se que há entre esses mesmos ensaios uma grande variação do desgaste de flanco (V_B), assim como também há uma grande diferença entre a vida da ferramenta. Quando feito pela 1ª vez a vida da ferramenta foi de 24,6 min (o que corresponde a um comprimento de avanço igual a 5060 mm). Quando feita a sua repetição, o desgaste se apresentou maior inicialmente ($V_B= 0,23$ mm contra $V_B= 0,14$ mm) e a vida foi de 13,1 min ($L_f= 2684$ mm). Percebe-se então que, os resultados apresentam uma grande dispersão e por isso devem ser considerados com reservas. Além disso, constata-se também que o desgaste de flanco não precisa ser alto para que a ferramenta possa se deteriorar. Quando feito pela 1ª vez o desgaste de flanco antes da destruição da aresta foi de $\sim 0,37$ mm e quando feito na repetição o desgaste antes da queima foi de $\sim 0,23$ mm.

Outro fato interessante que foi observado durante esses ensaios, foi o de que a rugosidade não tem o seu valor aumentado minutos antes da fresa se fundir junto ao material da peça. Para ambos os ensaios, os valores de R_a medidos no rasgo pouco antes da fresa se destruir completamente, foram de $R_a= 0,79 \mu\text{m}$ (quando da 1ª vez) e $R_a= 0,58 \mu\text{m}$ (quando da repetição), que eram valores que já vinham ocorrendo anteriormente nestes ensaios.

Para a 3ª condição de ensaio ($v_c= 215$ m/min; $v_f= 780$ mm/min; $a_p=0,95$ mm ; $f_z= 0,038$ mm) não foi possível plotar a curva do desgaste de flanco em função do comprimento de avanço, pois a fresa teve suas arestas deterioradas quando a mesma usinava o 3º rasgo ($L_f= 220$ mm) e o desgaste era sempre medido no final de 11 canais usinados ($L_f= 968$ mm).

A Fig. 3 mostra a fotografia da superfície de folga da fresa de Coronite quando utilizada sob a 2ª condição. Nesta figura é possível observar que o desgaste se apresenta visivelmente grande. Ao completar 57 canais a temperatura na interface peça-ferramenta se elevou de tal

maneira que fez com que o material da fresa se deformasse plasticamente, fundindo-se ao material da peça, deixando dessa forma a aresta de corte totalmente inutilizada (Fig. 4).

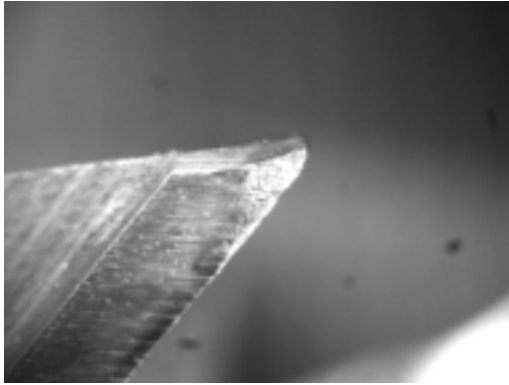
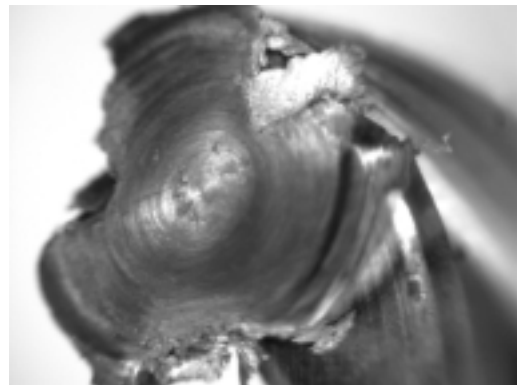


Figura 3 - Superfície de Folga de uma aresta da Fresa de *Coronite* com desgaste de Flanco após usinagem de 55 canais ($L_f=4840$ mm) - Condições: $v_c=215$ m/min; $v_f= 624$ mm/min; $a_p = ,95$ mm $f_z= 0,038$ mm – Ampliação: 16x

Figura 4 – Fresa de *Coronite* totalmente inutilizada após 57 canais usinados ($L_f= 5016$ mm)



5.2 Análise da Influência da Velocidade de Corte (v_c), da Velocidade de Avanço (v_f) e do Avanço por dente (f_z) no Desgaste e na Vida da Fresa de Metal Duro:

Analisando-se agora a Tabela 2 e a Fig. 5 é possível observar que o desgaste de flanco cresceu em aproximadamente 13,7% quando aumentou-se a velocidade de avanço em cerca de 25%. Já quando se aumentou a velocidade de corte em 25% o crescimento do desgaste foi muito pequeno. O resultado encontrado contraria a literatura (DINIZ et al., 1999) e (FERRARESI, 1977) que afirma que este tipo de desgaste é mais incentivado pelo aumento da velocidade de corte. Porém, dada a ordem de grandeza das variações de V_B e dada a imprecisão de medição do desgaste, pode-se afirmar que nem v_c , nem v_f influenciaram fortemente o desgaste da ferramenta, pelo menos nesta faixa de variação de v_c e v_f pesquisadas.

Tabela 2 - Desgaste de Flanco de Fresas de MD ao final de 110 canais usinados para Diferentes v_c e v_f :

f_z (mm):	v_f (mm/min):	v_c (m/min):	L_f (mm):	V_B ao final de 110 canais (mm):
0,038	870	240	9680	$V_{B_{máx}}$ 1ª aresta = 0,18
0,030	870	300	9680	$V_{B_{máx}}$ 1ª aresta = 0,19
0,030	870	300	9680	$V_{B_{máx}}$ 1ª aresta = 0,19
0,038	1090	300	9680	$V_{B_{máx}}$ 1ª aresta = 0,22

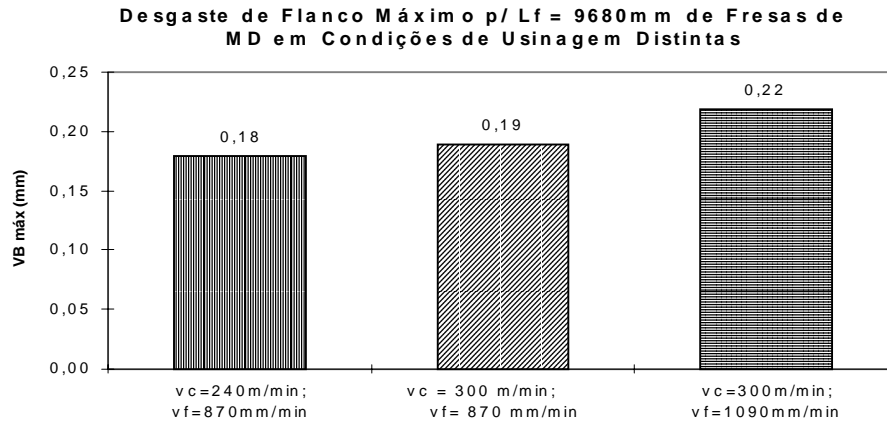


Figura 5 - Desgaste de Flanco Máximo para $L_f = 9680$ mm de Fresas de Metal Duro em Condições de Usinagem Distintas

Um fato interessante observado durante os ensaios para a 2ª condição, foi que inicialmente (na usinagem dos primeiros 44 canais – $L_f = 3872$ mm) o desgaste de flanco quase que não existe, ou seja, a fresa apresentou apenas uma mancha preta na aresta de corte, como se a ferramenta estivesse queimada. A partir de 55 canais usinados, o desgaste de flanco já começa aparecer com valores em torno de 0,100 mm e vai crescendo gradualmente (Fig. 6).

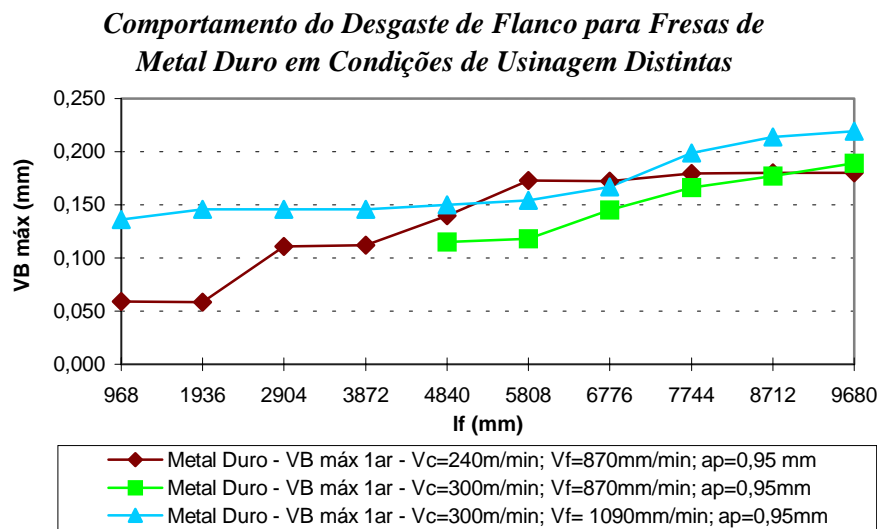


Figura 6 - Comportamento do Desgaste de Flanco para Fresas de Metal Duro em Condições de Usinagem Distintas

Entretanto, para a 3ª condição, o desgaste de flanco (com apenas 11 canais usinados – $L_f = 968$ mm) já é perceptível e um pouco maior que 0,140 mm. Seu crescimento é quase que constante, e ao final de 110 canais usinados ($L_f = 9680$ mm) seu valor é maior do que o valor obtido para o desgaste nas outras condições.

Outro fato interessante observado durante os ensaios de vida para as fresas de metal duro, é que estas são bem mais resistentes para uma velocidade de corte de 300 m/min (rotação do fuso igual a 9550 rpm). Esta velocidade rotacional pode ser considerada alta para a maioria das máquinas convencionais existentes ainda hoje em muitas indústrias brasileiras (sendo superior ao que essas máquinas conseguem suportar), e mesmo assim, tanto o desgaste de

flanco ($V_B = 0,19$ mm para $v_c = 300$ m/min com $v_f = 870$ mm/min e $V_B = 0,22$ mm para $v_c = 300$ m/min com $v_f = 1090$ mm/min) quanto a rugosidade R_a ($R_a = 0,56 \mu\text{m}$ para $v_c = 300$ m/min com $v_f = 870$ mm/min e $R_a = 0,76 \mu\text{m}$ para $v_c = 300$ m/min com $v_f = 1090$ mm/min) são baixos. Consta-se que, em ambos os casos o comprimento total usinado chega a quase 10 m e ambos os fatores (R_a e V_B) estão baixos se comparados a valores adotados por diversos autores (por exemplo: $V_B = 0,80$ mm à 1,50 mm) para estabelecer critérios de fim de vida para as ferramentas. Desta forma, estas fresas poderiam continuar a ser utilizadas.

A Fig. 7 mostra a vista lateral de uma das arestas da fresa de metal duro quando utilizada sob a 3ª condição. Nesta figura é possível observar que o desgaste se apresenta pequeno.

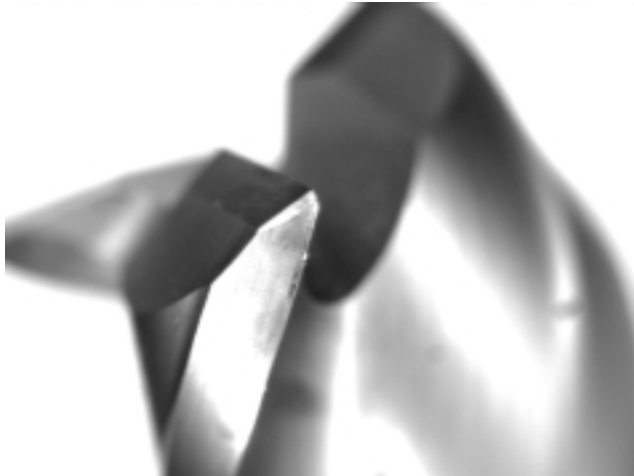


Figura 7 – Vista Lateral de uma aresta da Fresa de Metal Duro c/ Desgaste de Flanco após usinagem de 110 canais ($L_f = 9680$ mm) - Condições: $v_c = 300$ m/min; $v_f = 1090$ mm/min; $a_p = 0,95$ mm; $f_z = 0,038$ mm

6. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos algumas conclusões podem ser tiradas:

- Para a fresa de *Coronite*, tanto a variação da velocidade de corte (v_c) quanto à variação da velocidade de avanço (v_f) tem uma forte influência no desgaste e vida da ferramenta.
- Fresas de *Coronite*, também com diâmetro igual a 10 mm, devem ser usadas quando se tem máquinas com rotações mais baixas (velocidades de corte de 150 à 200 m/min) em substituição às atuais fresas de aço rápido e aço rápido com cobertura.
- Para a fresa de metal duro, pode-se concluir que nem a velocidade de corte (v_c) nem a velocidade de avanço (v_f) influenciaram fortemente o desgaste da ferramenta (pelo menos para a faixa de v_c e v_f pesquisadas), dada a ordem de grandeza das variações de desgaste de flanco (V_B) encontradas.
- Fresas de metal duro com diâmetro igual a 10 mm, devem ser usadas quando se tem máquinas com possibilidade de altas rotações (velocidades de corte em torno de 300 m/min ou maiores).
- Fresas de *Coronite* trabalhando com velocidades de corte em torno de 172 m/min e fresas de metal duro trabalhando em torno de 300 m/min, apresentaram níveis de desgaste de flanco muito baixos e mostraram ser bem resistentes trabalhando nessas respectivas velocidades, chegando ambas as fresas a usinar quase 10 m de comprimento.

Agradecimentos.

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, pela bolsa de estudos concedida ao estudante que realizou o trabalho e à FINEP, pelo suporte financeiro que possibilitou a aquisição de equipamentos, instrumentos e materiais de consumo imprescindíveis a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BHATIA, S.M., PANDEY, P.C. , SHAN, H.S. THE THERMAL CONDITION OF THE TOOL CUTTING EDGE IN INTERMITTENT CUTTING. *Wear*, v.61, p.21-30, 1980.
- DINIZ, A . E., COPPINI, N. L., MARCONDES, F. C. TECNOLOGIA DA USINAGEM DOS MATERIAIS. São Paulo: Aranda Editora, 240 p.,1999.
- ESP - a new tool material. *Metal Powder Report*, v.46, n.12, p.24 -29, 1991.
- FERRARESI, D. FUNDAMENTOS DA USINAGEM DOS METAIS. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1977, 751p.
- MACHADO, A . R. et al. USINAGEM DE AÇOS COM FRESAS DE FACEAR E INSERTOS DE CARBETO. *Máquinas & Metais*, n.301, p.94 -103, fevereiro 1991.
- SANDVIK COROMANT, São Paulo. FERRAMENTAS ROTATIVAS. AB Sandvik Coromant, São Paulo, Janeiro 1997, 504p.

An Approach of Flank Wear Behavior and Tool Life in Steel Workpieces Endmilling with Cemented Carbide and Coronite EndMills

Abstract. *Among the different machining processes used in mechanical industries for part manufacturing, the milling process is outstanding, due high flexibility and high chip removal rate. However, it is one of the most complex processes, due to several factors that influence its results. The technological development in the machining field and the different needs create by the several kinds of materials to be cut, forced the creation of a large variety of cutting tools and tool materials. Among these new tool materials is Coronite, which is a material that has intermediary properties between cemented carbide and high speed steel. Therefore, it is possible to use intermediary cutting speeds when using Coronite. Nowadays, with the high RPM of the modern machine tools it is possible to use cemented carbide milling cutters of small diameters (smaller than 20 mm) and, therefore, a good surface finish can be obtained. The main goal of this work is to compare tool life of cemented carbide and Coronite milling cutters. To reach this goal, several grooves were milled in a 1045 steel workpiece, under three different conditions for both tool materials in such a way to analyse the influence of cutting speed, feed velocity and feed per tooth on tool wear and tool life. The most important conclusions of this work are: for the Coronite endmill both, speed and feed velocity have strong influence on tool wear and tool life. For the cemented carbide cutter, it can be said that none of these parameters influenced tool wear and tool life, at least in the levels used in this work. Moreover, Coronite cutters working with cutting speed around 172 m/min and cemented carbide cutters working with cutting speeds around 300 m/min, presented very low levels of tool wear and, consequently long tool life, reaching around 10 m of cut (feed length).*

Key-words: *Endmilling, Coronite, Flank Wear, Tool Life.*