

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE INSERTO E DA VELOCIDADE DE CORTE NA VIDA DA FERRAMENTA NO PROCESSO DE FRESAMENTO DE CAVIDADES

## Alex Ribeiro Costa

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Fabricação, DEF/FEM/UNICAMP, CP 6122, CEP 13083-970, Campinas, SP, [alex-costa@bol.com.br](mailto:alex-costa@bol.com.br)

## Anselmo Eduardo Diniz

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Fabricação, DEF/FEM/UNICAMP, CP 6122, CEP 13083-970, Campinas, SP, [anselmo@fem.unicamp.br](mailto:anselmo@fem.unicamp.br)

## Amauri Hassui

Escola Politécnica da USP, Depto de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, PMR/POLI/USP, Av. Prof. Mello Moraes, 2231, CEP 05508-900, São Paulo, SP, [amauri.hassui@poli.usp.br](mailto:amauri.hassui@poli.usp.br)

**Resumo.** *Na indústria de matrizes, a produtividade aliada à qualidade sempre foi uma meta. Nos últimos anos, o desenvolvimento de equipamentos e ferramentas tem possibilitado aliar esses dois fatores a fim de reduzir os custos de produção. Os custos de usinagem representam mais da metade do custo de fabricação do ferramental, que por sua vez corresponde a aproximadamente 30% do custo do produto por ele gerado. Isso justifica estudos para otimização deste processo. Este trabalho aborda a abertura de cavidades, um aspecto da fabricação de matrizes. Foram fresados corpos de prova de aço AISI P 20, temperados e revenidos (dureza média de 30 HR<sub>C</sub>). Para isso foram utilizados 2 tipos diferentes de ferramentas (ISO P 10 e ISO P 25), 2 níveis de velocidade de corte e estratégia de mergulho. Observou-se periodicamente o desgaste da ferramenta e a potência de corte. Dos resultados obtidos pôde-se concluir que a ferramenta ISO P 10 apresentou uma vida maior, mas com dispersão também maior e que o aumento da velocidade de corte provocou uma pequena redução na vida da ferramenta. Além disso, o sinal de potência de corte foi capaz de detectar o desgaste da ferramenta.*

**Palavras-chave:** *Fresamento de cavidades, matrizes, fresas toroidais, monitoramento*

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos com mais qualidade e em espaço de tempo menor, vem desenvolvendo processos de produção mais eficientes e sofisticados, porém mais dispendiosos. Dentre os processos de fabricação, destaca-se a conformação. A confecção de seu ferramental é de alto custo e utiliza-se do fresamento. A usinagem dos estampos consome cerca de 60% do tempo total de produção<sup>(1)</sup> e representa aproximadamente 65% do custo de fabricação dos mesmos<sup>(2)</sup>. Assim, a otimização do processo de fresamento em desbaste de matrizes se torna uma ação fundamental na redução dos tempos e custos de fabricação destas ferramentas.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho aborda a operação de abertura de cavidades em matrizes. Seus principais objetivos são verificar, dentre as ferramentas recomendadas pelo fabricante, qual apresenta maior vida e estudar a influência da velocidade de corte nesta vida e na potência consumida pelo processo.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Considerações Sobre a Fabricação de Matrizes

A obtenção de ferramental dentro das especificações e em tempos menores tem sido possível graças à capacidade de se trabalhar com velocidades maiores. Isso permite às indústrias, reduzir o tempo de lançamento de seus produtos<sup>(3)</sup>. Os processos de usinagem a altas velocidades (HSM) mostram-se eficientes nas operações de acabamento, enquanto as operações de desbaste têm mostrado maior eficiência quando realizadas com usinagem convencional<sup>(2)</sup>. Recentemente, a demanda por tecnologias que possibilitem a produção de ferramental em um tempo mais curto tem aumentado<sup>(4)</sup>.

Ao mesmo tempo, os fabricantes de matrizes se deparam com a queda dos preços e da margem de lucros, que exige controle e redução de custos e com a demanda pela fabricação em tempos até 50% menores<sup>(5)</sup>. Assim, é importante a otimização da usinagem. Isso mostra-se crítico pois a fabricação de um molde representa 30% do custo do produto por ele gerado<sup>(6)</sup> e as operações de usinagem respondem por mais da metade do custo de fabricação do ferramental<sup>(2)</sup>.

### 3.2 Seleção dos Parâmetros de Corte no Fresamento em Desbaste

A eficiência de uma operação de fresamento em desbaste depende da seleção da ferramenta e dos parâmetros de corte. A seguir são feitas algumas considerações a respeito desta seleção:

- ✓ Profundidade de usinagem: exerce pouca influência no desgaste da ferramenta e tem relação diretamente proporcional à quantidade de material removido, seu valor deve ser o maior possível<sup>(7)</sup>;
- ✓ Avanço por dente: em desbaste, deve-se utilizar valores altos de  $f_z$ , porque nesta operação, a baixa velocidade de corte e o passo grande da ferramenta tornam o processo pouco produtivo. Além disso, um alto  $f_z$  gera uma espessura média de cavaco maior, reduzindo o valor da pressão específica de corte e da potência consumida na operação;
- ✓ Velocidade de corte: exerce maior influência na vida da ferramenta. Seu valor deve ser baixo, pois assim a vida da ferramenta será maior e a potência consumida não terá valores muito altos;
- ✓ Passo da ferramenta: na usinagem de materiais dúcteis deve ser grande, pois permitirá que o cavaco gerado tenha espaço para se alojar. Também torna a potência de corte menor.

### 3.3 Forças e Potências de Corte

As forças de corte no fresamento têm seu valor mudando constantemente. Essa variação é o principal causador do fim da vida da ferramenta. A força de usinagem tem direção e intensidade desconhecidas<sup>(7)</sup>. Para a sua análise, torna-se necessária sua projeção em direções conhecidas para avaliar sua grandeza<sup>(7)</sup>. Somente as forças ativas consomem potência. Apesar disso, a força passiva é importante, pois a flambagem do porta-ferramentas depende dela. Além disso, alguns autores<sup>(8)</sup> concluíram que a força passiva tem maior influência no desgaste do que a força de corte.

Os parâmetros de corte influenciam as forças de usinagem. A força principal de corte é a que tem os maiores valores e cada parâmetro a influencia de maneira distinta. Um aumento do avanço não aumenta a força na mesma proporção, devido à redução da pressão específica de corte ( $k_s$ ). Já a profundidade e a força de corte são diretamente proporcionais. A influência da velocidade de corte na pressão específica é pequena para valores até 1.200m/min<sup>(7)(9)</sup>.

Em função da variação do valor da força de corte, da espessura do cavaco e do número de arestas em contato com a peça, a potência consumida durante o fresamento varia constantemente. Assim, o cálculo de potência de corte no fresamento é feito com um valor médio de  $k_s$ , o  $k_{sm}$ . Esta pressão específica média por sua vez é calculada a partir de uma espessura média de corte ( $h_m$ ).

### 3.4 Fresamento de Cavidades

A capacidade de avanço axial da fresa é fundamental na abertura de cavidades em matrizes.

Neste trabalho, utilizou-se a estratégia de mergulho. Nessa estratégia, quando se usina com ferramentas de ponta esférica (*ball nose*), inicia-se a abertura da cavidade com uma furação, usando a própria fresa, até que a profundidade total seja atingida e então fresa-se a primeira camada da cavidade. A vantagem disso é que a própria fresa é usada na abertura do furo, dispensando-se a pré-

furação tornando o processo mais rápido e barato. O problema é que a saída dos cavacos é prejudicada<sup>(2)</sup>.

### 3.5 Materiais de Ferramentas

A seleção do material da ferramenta deve ser orientada pelo material a ser usinado, o tipo e as condições de usinagem e as características da ferramenta. Na usinagem em desbaste de cavidades, requer-se uma grande tenacidade do inserto utilizado<sup>(7)</sup>. D'errico et al.<sup>(10)</sup> analisaram o desempenho de vários insertos para a usinagem de aços e confirmaram este fato. Comparando fresas de topo, com e sem cobertura, de metal duro e de cermet, eles concluíram que a ferramenta de metal duro é capaz de remover de duas a cinco vezes mais material, do que o inserto de cermet para a mesma vida da ferramenta.

Um inserto de metal duro da classe P é uma boa alternativa nesta situação, porém, sua baixa resistência à difusão e oxidação, faz com que seja necessário um revestimento. A porcentagem de carbonetos em relação à de cobalto também afeta o desempenho do inserto de metal duro. Porcentagens maiores de carbonetos melhoram a resistência ao desgaste, porém aumentam a fragilidade da aresta. Porcentagens maiores de cobalto melhoram a tenacidade, aumentando a resistência às variações térmicas e mecânicas, mas tornam a aresta mais suscetível à deformação plástica e reduzem a sua resistência ao desgaste<sup>(2)</sup>.

Em relação ao tamanho dos grãos de carbonetos presentes, grãos menores melhoram a resistência ao desgaste (abrasivo e adesivo), enquanto grãos maiores melhoram a tenacidade e reduzem a tendência ao lascamento e à fadiga<sup>(2)</sup>. O metal duro com micro-grãos alia a alta resistência ao desgaste à tenacidade elevada, sendo usado para a usinagem de aços endurecidos<sup>(11)</sup>.

## 4. MATERIAIS, MÉTODOS E EQUIPAMENTOS

### 4.1 O Corpo de Prova

Os corpos de prova foram feitos de aço AISI P20 temperados e revenidos (dureza média 30 HR<sub>C</sub>). Sua composição química era: C = 0,37%, Si = 0,38%, Mn = 1,51%, P = 0,015%, S = 0,001%, Cr = 1,81%, Mo = 0,16%, Ni = 0,72%, Al = 0,011%.

Foram abertas 18 cavidades por corpo de prova, com 45 mm de profundidade, em 10 passadas de 4,5mm. Cada passada removia 9,7 cm<sup>3</sup>. O esboço dos corpos de prova é mostrado na Figura 1.

Foi utilizado ar comprimido para expulsar os cavacos.

O avanço por dente ( $f_z$ ) foi de 0,12mm/dente. Valor recomendado pelo fabricante como máximo para a ferramenta ISO P10 e mínimo para a ISO P25.

Utilizou-se a estratégia de mergulho com velocidade de avanço ( $v_f$ ) axial de descida igual a 30% da  $v_f$  utilizada nos outros eixos.

### 4.2 Equipamentos e Acessórios Utilizados

Os ensaios foram realizados em um centro de usinagem Mori-Seiki SV-40. Os insertos eram da Sandvik Coromant, modelos RCHT 10 T3 M0-PL 1025 ISO P10 para aplicações leves a médias e RCKT 10 K3 M0-PM 4030 ISO P25 para aplicações gerais. As ferramentas foram montadas em um porta-ferramentas modelo R200-015A20-10M, do tipo haste cilíndrica, e sua fixação ao eixo-árvore foi feita por um mandril 392.55HM-40 20 081, ambos da Sandvik Coromant também.

As ferramentas foram analisadas em um microscópio óptico ligado a uma câmera de vídeo de alta resolução. Para a medição dos desgastes utilizou-se o software Global Lab.

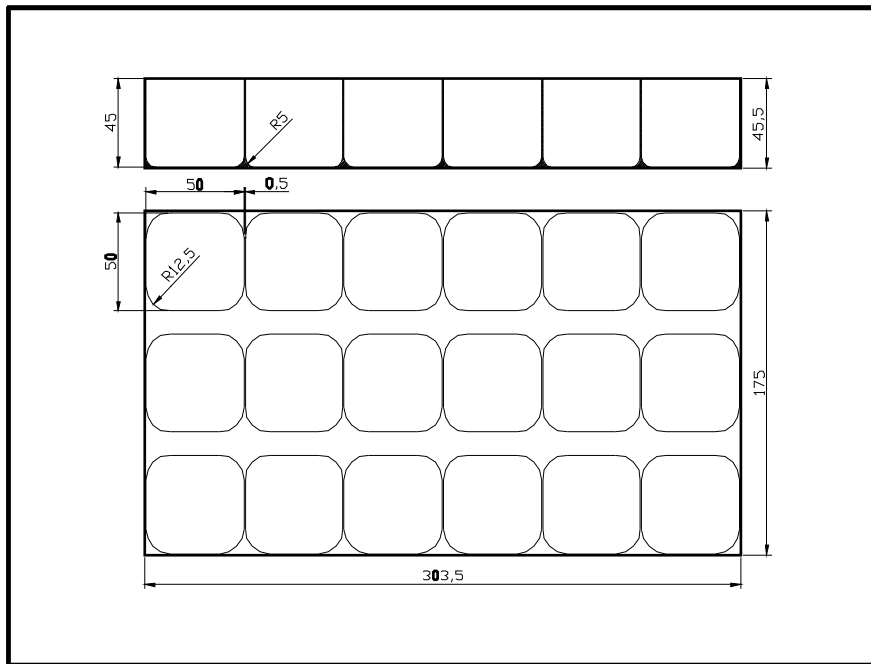


Figura 1 - Corpo de prova e cavidades

#### 4.3 Monitoramento do Sinal

A corrente elétrica foi adquirida por um sensor de efeito hall, ligado ao inversor de frequência do motor principal da máquina. O sinal foi calibrado de maneira que 1A de corrente no motor correspondesse a 0,1V de tensão que passava pela placa de conversão e cada 1V captado pela placa correspondia a 1kW de potência consumida. Foi utilizada uma taxa de amostragem de 200 Hz.

#### 4.4 Metodologia para Realização dos Ensaios

As condições de usinagem utilizadas nos ensaios foram definidas utilizando-se recomendações do fabricante de ferramentas<sup>(2)</sup> e dados obtidos durante ensaios preliminares. Estas condições são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Condições de corte utilizadas

<i>Ferramenta</i>	<i>Velocidade. de corte (m/min)</i>	<i>Repetições</i>
P10	335	2
	400	3
P25	335	2
	400	3

O valor do desgaste de flanco adotado como fim de vida da ferramenta foi 0,4 mm.

Durante os ensaios, a ferramenta penetrava axialmente 1,5mm e então se deslocava lateralmente 25 mm. Isto feito, repetia-se o procedimento numa direção perpendicular e por fim o procedimento era repetido novamente e então a ferramenta deslocava-se nos eixos “x” e “y” para tornar o fundo da cavidade plana. Em cada cavidade eram realizadas dez passadas (45 mm).

Em todos os ensaios, a cada cinco passadas verificava-se o estado da aresta com uma lupa. Quando o lascamento ou o desgaste de flanco surgia, a ferramenta era analisada e registrada a cada passada.

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em todos os ensaios com a ferramenta P10 o lascamento da aresta ocorreu e progrediu até um valor elevado. Só então o desgaste de flanco surgia, evoluindo rapidamente, o que muitas vezes determinava o fim do ensaio.

Observando-se a Figura 2 e a Tabela 2, pode-se concluir que a ferramenta P10 mostrou-se melhor que a P25, devido à maior resistência ao desgaste da primeira, que retardou o surgimento e a evolução dos desgastes. Por outro lado, essas ferramentas são mais suscetíveis ao lascamento, fator que determinou o fim de vida destas, enquanto as P25 sofreram desgaste de flanco. A ferramenta P25, mais tenaz, teve melhor absorção das variações de esforços e de temperatura e resistência a lascamentos. Porém, a baixa resistência à abrasão facilitou o desgaste de flanco.

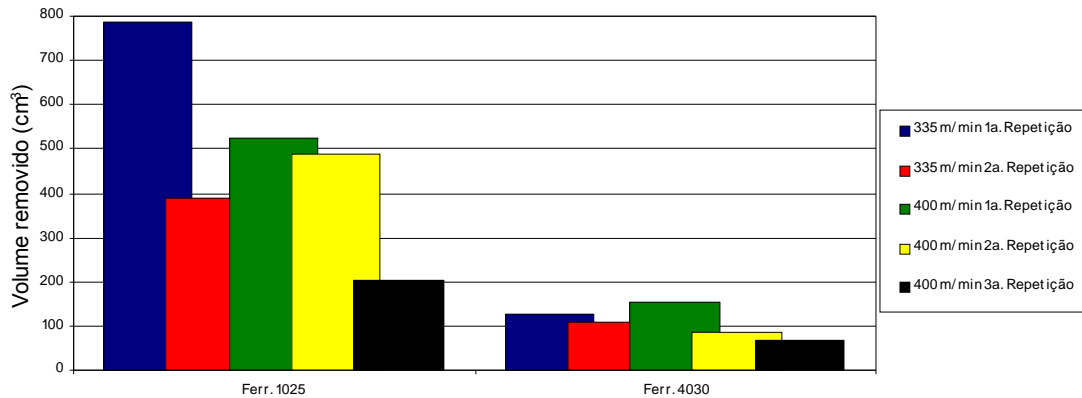


Figura 2 - Influência das condições de corte no volume de material removido

A ferramenta P10 possuía geometria L, apropriada a operações leves. Como os ensaios apresentaram condições de desbaste, a micro-geometria mais frágil da aresta a tornava menos resistente ao lascamento. Já a P25 apresentava micro-geometria M, indicada a operações de desbaste, porém, os valores elevados de velocidade de corte utilizados, aliados às altas forças de corte devido aos parâmetros de corte e da micro-geometria negativa, faziam com que a temperatura aumentasse, potencializando a abrasão e o desgaste de flanco.

Tabela 2 – Média e desvio padrão do volume de material removido

	$v_c=335\text{m/min}$	$v_c=400\text{m/min}$	
Ferramenta P10	588,7 cm <sup>3</sup>	405,4 cm <sup>3</sup>	média
	282,1	175,2	desvio padrão
Ferramenta P25	116,8 cm <sup>3</sup>	103,8 cm <sup>3</sup>	média
	13,8	46,0	desvio padrão

Essas diferenças entre os desgastes, causados pelas diferentes propriedades dos materiais e potencializados pelas micro-geometrias das arestas, foram constantes durante os ensaios.

Pode-se observar ainda na Figura 2 e Tabela 2, que o aumento da velocidade reduziu a vida das ferramentas. Na ferramenta P10, devido ao maior calor gerado e temperatura da aresta, houve aumento da intensidade dos choques térmicos e mecânicos, responsáveis pelo lascamento. O choque de entrada foi reduzido, pois a espessura do cavaco no início do corte era próxima a zero. Porém, a fadiga devido a variação dos esforços degradou a ferramenta. Como os choques térmicos causam trincas e sulcos em forma de pente e os lascamentos são causados por choques mecânicos, pode-se supor que os desgastes das ferramentas P10 foram causados por estes dois tipos de avaria. Já para a P25, o aumento na temperatura da aresta, reduziu sua dureza o que intensificou ainda mais a ação da abrasão e do desgaste de flanco.

Além disso, a micro-geometria, mais frágil da aresta da ferramenta P10, a torna mais suscetível ao lascamento e a mais negativa da ferramenta P25, aumenta a geração de calor devido à maior

força de corte. Para a ferramenta P25 vê-se que a influência da  $v_c$  na sua vida é menor, provando que o aumento de  $v_c$  influenciou mais o lascamento, causado por uma combinação dos choques térmicos e mecânicos, do que o desgaste de flanco, causado pela abrasão mecânica.

Outro fato que pode ser observado na Figura 2 é a grande dispersão da vida das ferramentas. Isso porque o lascamento é um fenômeno que não tem um momento preciso de início, portanto a vida da ferramenta torna-se uma incógnita. Apesar da dispersão apresentada, pode-se afirmar que a ferramenta P10 foi superior a P25. Já para a influência de  $v_c$  na vida da ferramenta, o que foi afirmado não possui grande confiança, devido à pequena diferença entre as médias de vida em cada  $v_c$ , da grande dispersão e do pequeno número de experimentos realizados.

Durante os ensaios, quando o lascamento atingia um limite, o desgaste de flanco surgia e crescia abruptamente, podendo ir de 0 a 1,2mm em uma passada. Isto porque o lascamento expunha o substrato da ferramenta, menos resistente à abrasão. Alguns ensaios foram interrompidos antes que a ferramenta P10 apresentasse desgaste de flanco, devido ao tamanho do lascamento da aresta.

Para a ferramenta P25, o principal desgaste foi a abrasão. Diferente do que ocorreu com a P10, nas P25, o desgaste de flanco se distribuiu ao longo da periferia da aresta, onde a  $v_c$  é maior.

Existe uma relação entre a  $v_c$  e o tempo para se remover certo volume de material. Apesar da redução da vida em volume de material removido em função do aumento da  $v_c$ , houve uma redução de 16% do tempo para se executar uma passada. Ou seja, parte da redução da vida foi compensada por uma redução nos tempos de corte.

Considerando-se que a vida média da ferramenta P10 removeu 588cm<sup>3</sup> quando a  $v_c$  era 335m/min, e 405cm<sup>3</sup> com 400m/min e, adotando-se um tempo de troca de ferramenta de 2min, pode-se concluir que a remoção de 5.880cm<sup>3</sup>, que corresponde a 10 vidas da ferramenta com  $v_c$  de 335m/min, levaria 120,26 minutos. Já com uma  $v_c$  de 400m/min, o tempo para a mesma operação seria de 113,64 minutos, o que representa uma redução de 5,5%. No entanto, este aumento da  $v_c$  implica em um aumento do consumo de ferramentas de 50%. Então, a escolha da  $v_c$  é uma questão de se priorizar a economia de ferramentas ou o tempo padrão da operação.

### 5.1. Monitoramento da Potência

O sinal de potência durante uma passada da abertura da cavidade permitiu distinguir as nove fases que uma passada apresentava, sendo elas: mergulho no eixo “z” com profundidade de 1,5mm; deslocamento no eixo “x” mantendo a profundidade anterior; mergulho no eixo “z” com profundidade de 1,5mm, alcançando uma profundidade de 3,0mm; deslocamento no eixo “y” com profundidade de 3,0mm; mergulho no eixo “z” com profundidade de 1,5mm, alcançando uma profundidade de 4,5mm; deslocamento no eixo “x” com profundidade de 4,5mm; deslocamento no eixo “y” com profundidade de 3,0mm; deslocamento no eixo “x” com profundidade de 1,5mm; limpeza do final da cavidade com  $a_p$  indo de 1,5mm a zero.

### 5.2 Ensaio com $v_c=335\text{m/min}$

Na Figura 3 observa-se que a potência de usinagem foi máxima (2x maior) quando a ferramenta avançava no sentido axial. Este aumento da potência ocorre porque neste momento as duas pastilhas cortam simultaneamente e isso explica o valor máximo de avanço possível (30% do avanço nos demais eixos) de ser utilizado. Maiores avanços axiais causavam um aumento da força de usinagem e uma redução do ângulo efetivo de folga da ferramenta intensificando o lascamento da aresta. Os valores absolutos dos tempos não são importantes, portanto não foram explicitados nos gráficos, estes servem apenas para análises comparativas.

A Figura 3B mostra o momento em que os lascamentos da aresta começaram a crescer e deixaram a mesma próxima do fim de vida. Ainda não havia desgaste de flanco. Porém o lascamento causou um aumento de 20% na força quando  $a_p$  era 4,5mm.

A Figura 3C mostra a força de corte exercida pela ferramenta durante sua última passada. Neste ponto, os lascamentos já haviam crescido bastante. Pode-se observar que a diferença da força de corte durante o avanço axial e os avanços nos demais eixos já não eram tão grandes neste ponto, pois o desgaste de flanco contribuía para o aumento da força de corte. No final desta passada, o desgaste de flanco que até então era desprezível, chegou a 1,2mm em uma das pastilhas e 0,7mm na

outra, ultrapassando o limite de fim de ensaios. Analisando-se a evolução da força, nota-se que o ponto onde a profundidade de corte era 4,5mm foi o mais afetado pelo desgaste. Aí pode-se constatar que o aumento da força, da primeira para a última passada, foi de 50% (de 2 para 3 kW). Isto porque o lascamento ocorreu na periferia da aresta, onde a velocidade de corte era de 335m/min enquanto que no centro da pastilha era de 201m/min. Assim, quando  $a_p$  era de 1,5mm, havia pouco contato dos lascamentos com a peça e o mesmo pode-se dizer quando  $a_p$  era de 3,0mm. Já quando  $a_p$  atingia 4,5mm, o contato entre os lascamentos e a peça era intenso, provocando um aumento na força de corte devido à mudança da micro-geometria da aresta e à remoção da camada de cobertura.

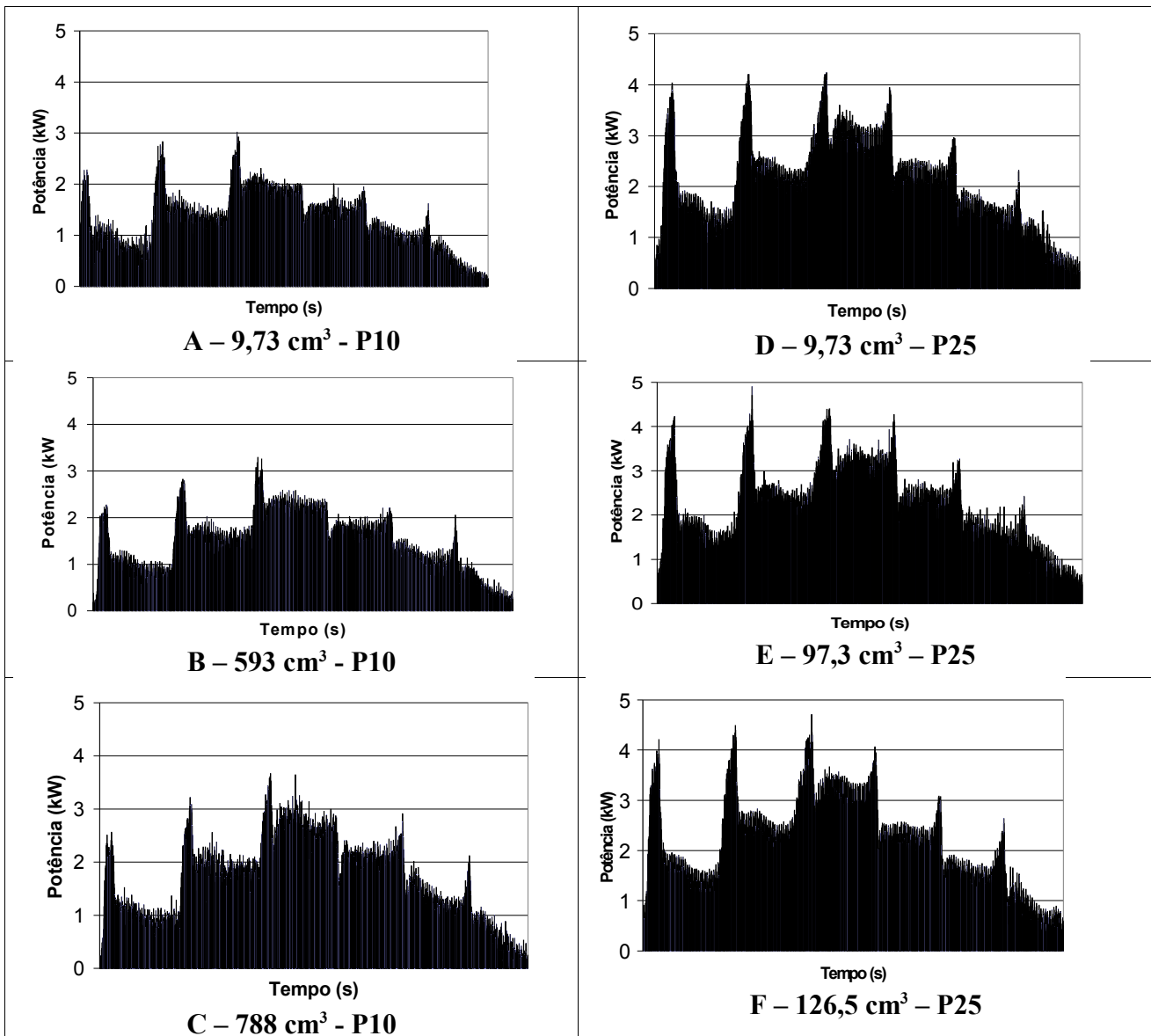


Figura 3 – Monitoramento da corrente, ferramenta P10 e P25,  $v_c = 335\text{m/min}$

Comparando-se a Figura 3A com a 3D, pode-se constatar que a mudança da ferramenta P10 para a P25 pouco influenciou no comportamento da potência durante o ciclo de corte. Porém, nota-se que a mudança da ferramenta causou um aumento na potência, que é explicado pela micro-geometria negativa da ferramenta P25. O aumento da potência, aliado às características do material da ferramenta, explica a menor vida da P25. Tal aumento causou uma elevação da temperatura, da abrasão e do desgaste de flanco, causa do fim de vida desta ferramenta. A Figura 3D mostra a potência quando a ferramenta não tinha desgaste de flanco. Nas 3 passadas seguintes, que consumiram 0,5min, o desgaste de flanco atingiu 0,8mm em uma das pastilhas e 0,5mm na outra,

ambos maiores do que o limite de fim de vida. O comportamento da potência consumida na última passada é mostrado pela Figura 3F.

O comportamento da potência reflete diretamente o dos esforços, já que a  $v_c$  foi mantida constante. Pode-se ver que a ferramenta P25 não mostrou um aumento sensível nos esforços à medida que foi se aproximando do fim de vida, como ocorreu com a P10. Ou seja, os lascamentos influenciaram mais os esforços que o desgaste de flanco por representar uma mudança maior na micro-geometria da ferramenta e nos ângulos efetivos da mesma.

### 5.3 Ensaio com $v_c=400\text{m/min}$

A Figura 4 mostra que a velocidade de corte não influenciou o do valor da potência.

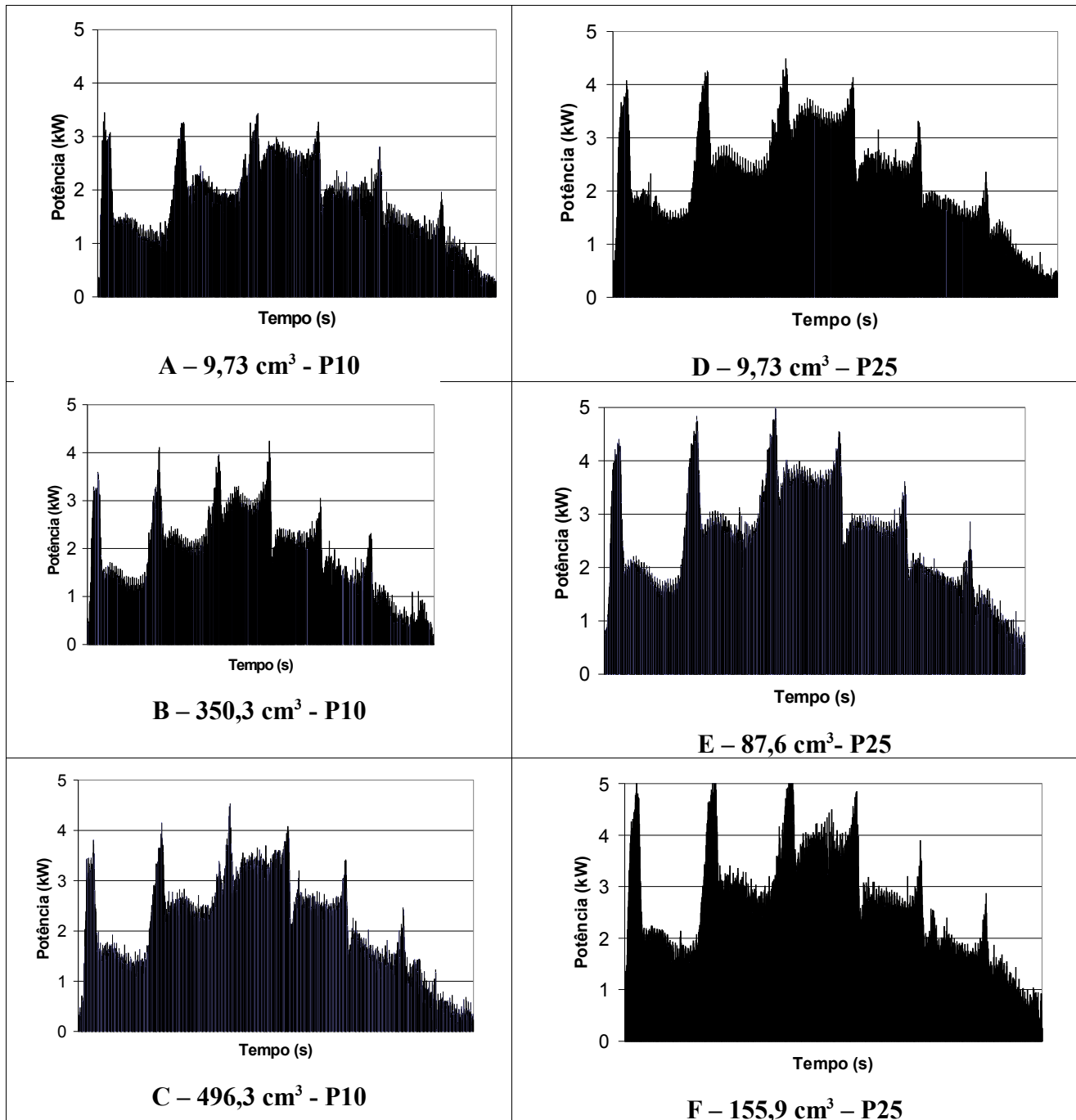


Figura 4 – Monitoramento da corrente, ferramenta P10 e P25,  $v_c = 400\text{m/min}$



Comparando-se as Figuras 3 e 4, pode-se notar que a forma como a potência variou durante as fases do ensaio foi semelhante. Houve, no entanto, um aumento do valor da potência com o aumento da velocidade. Isso propiciou um aumento do calor gerado, da intensidade dos choques térmicos e aceleração do surgimento e progresso dos lascamentos na aresta. A Figura 4B mostra que o aumento da potência continuou ocorrendo. A Figura 4C mostra a ferramenta em sua última passada, onde os desgastes de flanco ultrapassaram o fim da vida da ferramenta, que ocorreu após 7,26min. Neste ensaio o fim de vida foi devido a um lascamento grande em uma das pastilhas.

Na Figura 4D pode-se notar que o comportamento da força nesse ensaio foi diferente do obtido com a mesma ferramenta e  $v_c$  de 335m/min, mostrado na Figura 3D. Esta diferença fica evidente pelo aumento da força à medida que a ferramenta se deteriorou, isto pode ser observado em todas as fases do ciclo de abertura da cavidade. Pode-se concluir que o desgaste de flanco, quando presente concomitantemente a valores elevados de  $v_c$  influencia o valor da força de usinagem exercida pela ferramenta, o que não ocorreu quando a  $v_c$  utilizada foi de 335m/min. Esta influência, no entanto, foi mais evidente na 1ª. fase da abertura da cavidade, quando a ferramenta avançava axialmente.

## 6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos neste trabalho permite concluir que, nas condições estudadas:

1. Para as ferramentas utilizadas neste tipo de operação a resistência ao desgaste é uma propriedade mais importante para a vida que a tenacidade, devido às condições de corte utilizadas. Além disso, micro-geometrias mais afiadas geram um desempenho superior devido à redução da deformação do cavaco;
2. A movimentação feita pela ferramenta no eixo vertical é a principal responsável pelo fim de vida da mesma, sendo que, quanto mais longa é esta movimentação maior será o desgaste da ferramenta;
3. Dentre as ferramentas testadas, a melhor para abrir cavidades em matrizes de aço endurecido com estratégia de mergulho, é a ISO P10 com tripla camada de cobertura.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Villares Metals pela doação do material utilizados nos corpos de prova e à Sandvik pela doação das ferramentas de corte.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 FALLBOHMER, P. et al. Survey of the die and mould manufacturing industry. **Journal of Materials Processing Technology**, n.59, p. 158-168, 1996.
- 2 SANDVIK. **Application Guide: Die and Mould Making**, 1999.
- 3 NEUGEBAUER, R. et al. New Production Systems for Die Making, **ZWF**, vol. 95, p.612, 2000.
- 4 NAKAGAWA, T. Advances in Prototype and Low Volume Sheet Forming and Tooling. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 98, p. 244-250, 2000.
- 5 CHRISTMAN, A. Moldmaker's catch 22, **Moldmaking technology**, p. 19, march, 2001.
- 6 LECALVEZ, et al., Rough Milling Characterization and Optimization of Steels for Plastic Injection Moulds. In: **CIRP WORKSHOP ON MACHINING OF DIES AND MOULDS**, 2001, Paris. **Anais...**Paris: CIRP, 2001.
- 7 DINIZ, Anselmo Eduardo, MARCONDES, Francisco Carlos, COPPINI, Nivaldo Lemos, **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 3ª ed. São Paulo, Artliber Editora, 2001, 244 p.
- 8 MICHELETTI, G.F. et al. In process tool wear sensors for cutting operations, **Annals of the CIRP** n.24, p. 349-354, 1975.
- 9 DAGILOKE, I. F. et al. High-speed machining: an approach to process analysis, **Journal of Materials Processing Technology**, n.54, p.82-87, 1995

- 10 D'ERRICO, G. E. et al. A Study of Coatings for End Mills in High Speed Metal Cutting, **Journal of Materials Processing Technology** n. 92-93, p. 251-256,1999.
- 11 URBANSKI, J. P. et al. High speed machining of moulds and dies for net shape manufacture, **Materials and Design**, n.21, p. 395-402, 2000.

## **STUDY OF THE INFLUENCY OF THE INSERT TYPE AND CUTTING SPEED ON THE CUTTING TOOL LIFE DURING THE POCKET MILLING**

### **Alex Ribeiro Costa**

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Fabricação, DEF/FEM/UNICAMP, CP 6122, CEP 13083-970, Campinas, SP, [alex-costa@bol.com.br](mailto:alex-costa@bol.com.br)

### **Anselmo Eduardo Diniz**

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Fabricação, DEF/FEM/UNICAMP, CP 6122, CEP 13083-970, Campinas, SP, [anselmo@fem.unicamp.br](mailto:anselmo@fem.unicamp.br)

### **Amauri Hassui**

Escola Politécnica da USP, Depto de Eng. Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, PMR/POLI/USP, Av. Prof. Mello Moraes, 2231, CEP 05508-900, São Paulo, SP, [amauri.hassui@poli.usp.br](mailto:amauri.hassui@poli.usp.br)

**Abstract.** *In the dies industry, productivity and quality have been the target to be reached. Lately, the development of equipment and tools have made possible to ally these two factors aiming the production costs reduction. The machining costs represent more than 50% of the tool manufacturing total cost, what in its turn corresponds to approximately 30% of the manufactured product cost. This justifies the research aiming the optimization of this process. This work focus on the pocket milling, na aspect of dies production. They were milled AISI P 20 workpieces, quenched and tempered (mean roughness 30 HR<sub>C</sub>). They were used two different types of cutting tools (ISO P 10 e ISO P 25), two levels of cutting speed and dive strategy. It was evaluated periodically the tool wear and cutting power. The conclusions obtained from the results are: the ISO P 10 cutting tool presented a longer life value but with a higher dispersion and the increase of the cutting speed generated a decrease in the cutting tool life. Besides, the cutting power signal was able to detect the tool wear.*

**Keywords:** *Pocket milling, dies, matrizes, toroid mills, monitoring.*