COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

6th BRAZILIAN CONFERENCE ON MANUFACTURING ENGINEERING

11 a 15 de abril de 2011 – Caxias do Sul – RS - Brasil

April 11th to 15th, 2011 – Caxias do Sul – RS – Brazil

ANÁLISE CINEMÁTICA DO PROCESSO DE FRESAMENTO HELICOIDAL

Dalberto Dias da Costa, dalberto@ufpr.br[1]
Fred Lacerda Amorim, fred.amorim@pucpr.br[2]
Jorge Wenda, jorge_wenda@yahoo.pl[1]
Pablo Ricardo Pius, pablo_pius@denso-diam.com[2]

[1]Universidade Federal do Paraná– Dept. de Engenharia Mecânica Curitiba – PR
[2]Pontifícia Universidade Católica do Paraná– Dept. de Engenharia Mecânica Curitiba – PR

Resumo: *A utilização do fresamento helicoidal na usinagem de furos de diâmetros grandes tem sido considerada como uma alternativa à furação. Dentre seus aspectos positivos, destaca-se a facilidade de correção do diâmetro do furo sem trocar ou modificar a ferramenta, contrapondo-se ao que seria necessário, por exemplo, na furação. Por outro lado, o ponto negativo está no maior tempo de corte decorrente da trajetória helicoidal percorrida pela ferramenta. Entretanto, por se tratar de uma técnica relativamente nova, informações relativas aos principais parâmetros de corte necessários à programação CNC e à determinação do tempo de corte são escassas. O objetivo neste trabalho é apresentar as principais relações entre as variáveis independentes (velocidade de corte e avanços) e aquelas necessárias à programação, como também a equação para o cálculo do tempo de corte. A metodologia para o desenvolvimento do trabalho compreende a análise cinemática do processo além de um estudo de caso sobre o fresamento de furos em peças de aço ABNT P20. Um protótipo computacional foi implementado em MS Visual Basic para facilitar a análise da influência das variáveis independentes no tempo de corte e a geração dos programas CN. Isto, somado à avaliação da qualidade dos furos usinados, possibilitou um maior entendimento do processo e a classificação das variáveis mais importantes para futuros trabalhos de otimização.*

Palavras-chave: *Fresamento helicoidal interpolado, tempo de corte, análise cinemática.*

1. INTRODUÇÃO

A usinagem de furos de grandes diâmetros é uma tarefa recorrente na fabricação de moldes e matrizes. Na maioria das vezes, ela é realizada pela combinação de desbaste por furação e acabamento por mandrilamento. Todavia, a operação de furação torna essa operação muito onerosa, pois cada furo demanda uma broca de tamanho diferente o que, por conseguinte, aumenta muito o custo com o inventário de ferramentas.

Com o surgimento e disseminação de máquinas-ferramenta equipadas com tecnologia CNC (Comando Numérico Computadorizado) e em especial as fresadoras e os centros de usinagem, uma nova técnica, denominada Fresamento Helicoidal Interpolado (FHI) vem sendo estudada. Dentre suas vantagens, Denkena et al. (2008), Iyer et al. (2007) e Brinskmeir et al. (2008) destacaram as seguintes: redução do inventário de ferramentas, pois a mesma fresa pode, além de usinar furos de diferentes diâmetros, executar outras operações, tais como o fresamento frontal ou periférico; elevada flexibilidade na correção do diâmetro do furo, bastando a alteração de um único valor no programa CN; e facilidade de evacuação do cavaco e acesso para entrada de fluido de corte.

Por outro lado, o FHI é considerado um processo lento. O principal motivo está no extenso percurso de avanço, resultante da trajetória helicoidal, em relação aquele retilíneo, observado nos processos concorrentes, como por exemplo, a furação e o mandrilamento (Pangrácio, 2003). Não obstante, pouco tem sido pesquisado e divulgado sobre a influência das variáveis de processo sobre o tempo de corte. Isto dificulta a programação CN, quando o intuito for reduzir o tempo sem comprometer a qualidade dos furos.

O objetivo neste trabalho é esclarecer quais são as principais variáveis independentes no FHI e suas influências no tempo de corte e nos parâmetros para programação CN. Isto será alcançado com a apresentação, nas seções seguintes, da cinemática do FHI e de um estudo observacional realizado no fresamento de furos em diferentes condições de corte.

© Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas 2011

2. ANÁLISE CINEMÁTICA

As características cinemáticas e geométricas do fresamento helicoidal já foram estudados por Denkena et al. (2008), Brinksmeier et al. (2008) e Da Costa et al. (2006). Todavia, o relacionamento direto entre as variáveis independentes, os parâmetros para programação CN e o tempo de corte ainda não foi estabelecido. Em centros de usinagem com três eixos comandados, a trajetória helicoidal é obtida pelo controle simultâneo do movimento axial e circular realizado no plano transversal do cilindro a ser fresado. O movimento linear Fig. (1A) ocorre perpendicularmente (direção ***Z***) à seção transversal do furo. Na Figura (1B), pode-se observar que um movimento planetário resulta da rotação da ferramenta de corte e o avanço circular interpolado no plano X-Y. A Figura (1C) é uma representação esquemática do plano inclinado, resultante do movimento helicoidal, cuja inclinação é dada por α.

Na maioria dos CNC atuais, a interpolação helicoidal pode ser realizada com o auxílio do ciclo fixo disponível para o fresamento de roscas. Nessa situação, o programador precisa definir o passo da rosca (ou hélice) (p_h), a rotação (N) e a velocidade do movimento circular (V_{fip}), além dos parâmetros geométricos. Entretanto, no FHI as variáveis independentes, para um furo predefinido por um diâmetro (d_h) e comprimento (L_f) são a velocidade de corte (V_c), o diâmetro da ferramenta (d_t), o número de dentes (arestas) de corte (K), o avanço por dente do movimento axial (f_z) e o avanço por dente do movimento circular (f_{xy}).

A Equação (1) possibilita o cálculo da rotação da fresa em função da velocidade de corte (V_c) em m/min e o do seu diâmetro (d_t) em mm. A velocidade de avanço circular varia desde zero até um valor máximo dado por V_{fxy}, na Eq.2. Esta equação é a mesma empregada no fresamento convencional (periférico ou frontal) e é definida pelo avanço por dente (f_{xy}), em mm/v, o número de dentes (K) e a velocidade de corte (V_c) que está implícita no parâmetro N. Outro ponto de interesse é aquele sobre o diâmetro do círculo a ser interpolado (d_{xy}), definido pela Eq. (3). Neste caso; a velocidade de avanço deve ser corrigida pela relação (d_{xy}/d_h), assumindo o valor definido pela Eq. (4). A importância de V_{fip} está na sua utilização como parâmetro para programação CN.

O movimento axial ocorre em direção paralela ao eixo Z, com velocidade V_{fz} dada pela Eq. (5). Deve ser observado que esta equação é a mesma empregada na furação, sendo que f_{xy} é o avanço por dente. Dessa forma, pode se concluir (Brinksmeier et al, 2008) que o fresamento helicoidal é um processo misto, composto pelo fresamento periférico (movimento circular) e pela furação (movimento axial).

Sabendo-se que o tempo de corte (t_c) pode ser calculado pela razão entre o percurso e a velocidade de avanço, pode-se adotar a velocidade como sendo a velocidade do movimento axial (V_{fz}), o que implica em assumir o percurso de avanço como L_f, o comprimento do furo. Neste caso, ver Eq. (6), para um furo com dimensões predefinidas, o tempo de corte passa a ser função apenas da velocidade de avanço axial.

Entretanto, V_{fz} não é utilizada diretamente na programação. O valor usual é, tal como comentado anteriormente, o passo da hélice (p_h) que pode ser determinado a partir do conhecimento do ângulo da hélice (α) definido pela Eq. (7). Deve-se observar que o valor de α depende do círculo considerado. No caso da Eq. (7), considerou-se o círculo máximo, ou seja, aquele coincidente com o diâmetro do furo. Dessa forma, p_h pode ser determinado pela Eq. (8) e adotado como parâmetro para programação.

O FHI pode ser aplicado, com a mesma cinemática, tanto para o desbaste como para o acabamento de furos. As diferenças nestas duas operações decorrem da alteração na penetração de trabalho (a_e), a qual é medida no plano que contém movimento circular da fresa e definida pela Eq. (9) (Seco Tools, 2009). Deve-se observar que no caso do desbaste, o diâmetro do furo inicial (d_{hi}) é zero e, portanto, haverá um contato permanente entre a aresta de corte e o material da peça. Por outro lado, no acabamento, o processo se assemelha ao mandrilamento, porém com um contato intermitente.

A profundidade de corte, medida na direção axial, é constante e tem valor equivalente ao passo da hélice. A espessura de corte varia de acordo com o plano selecionado. No caso do plano transversal, seu valor cresce de zero até um valor máximo dado por f_{xy}, e depois decresce até zero, analogamente ao que ocorre no fresamento frontal. No plano axial, ela permanece constante com valor igual a f_z, tal como ocorre na furação. Em função desta superposição de movimentos, observa-se a formação separada de dois cavacos (Denkena et al. 2008). As figuras relativas aos aspectos geométricos foram omitidas, mas podem ser vistas nos trabalhos de Denkena et al. (2008) e Brinksmeier et al. (2008).

$$N = \frac{1000 V_c}{\pi d_t} \quad [\text{rpm}] \tag{1}$$

$$V_{fxy} = K f_{xy} \text{N} \ [\text{mm/min}] \tag{2}$$

$$d_{xy} = (d_h - d_t) \quad [\text{mm}] \tag{3}$$

$$V_{fip} = V_{fxy} \frac{d_{xy}}{d_h} [mm/\text{min}] \tag{4}$$

$$V_{fz} = Kf_z \mathrm{N} \quad [\mathrm{mm/min}] \tag{5}$$

$$t_c = \frac{L_f}{V_{fz}} \quad [\mathrm{min}] \tag{6}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{f_z}{f_{xy}}\right) \tag{7}$$

$$p_h = \pi \, \mathrm{d_h} \tan(\alpha) \quad [\mathrm{mm}] \tag{8}$$

$$a_e = \frac{(d_h^2 - d_{hi}^2)}{4 d_{xy}} \quad [\mathrm{mm}] \tag{9}$$

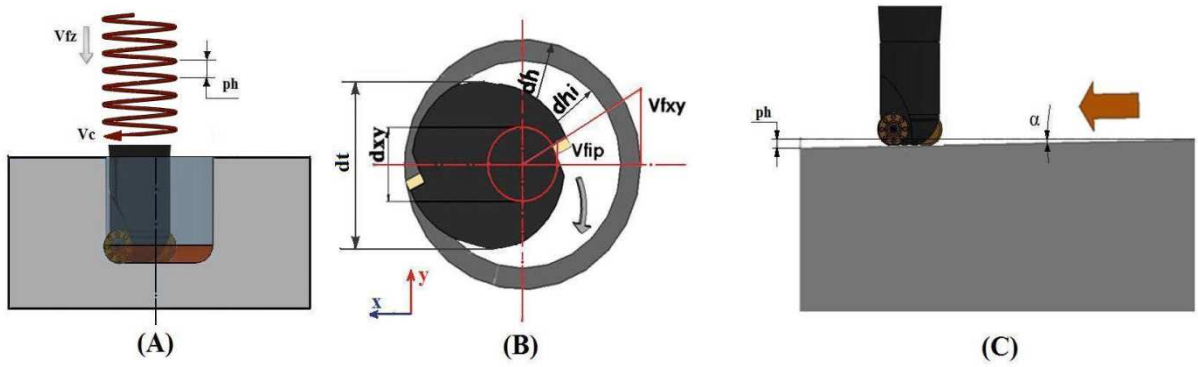


Figura 1. Representação esquemática do FHI (A) plano axial, (B) plano transversal, e (C) plano inclinado.

3. ESTUDO OBSERVACIONAL

Apesar de o tempo de corte ser determinável, tal como estabelecido pela Eq. (6), pouco se sabe sobre a relação entre as variáveis independentes e a qualidade do furo. Essa relação é importante, pois a qualidade é um fator restritivo à otimização do tempo. Diante disso, o propósito deste estudo observacional é auxiliar no entendimento qualitativo dessa relação e, por conseguinte, propiciar condições para um futuro experimento e otimização do processo.

Os ensaios foram realizados em condições de desbaste e acabamento em dois centros de usinagem diferentes. O primeiro, denominado aqui máquina A, é o Discovery 4022 (Indústrias Romi, SP, Brasil), equipado com o comando Mach9. O segundo, máquina B, é o Milacron Arrow 500 (Cincinatti, Birmingham, UK) com comando Acramatic 2100.

Inicialmente os furos foram desbastadas até o diâmetro de 35mm, avaliados e depois acabados para 38mm. A forma dos corpos de prova, ver Fig. (2A), foi planejada com o intuito de evitar deformações decorrentes da fixação e da interferência de um furo sobre outro, tal como observado por Pangrácio (2003). A fixação dos mesmos nas mesas das máquinas foi feita por meio de um dispositivo especial e uma morsa mecânica, tal como mostrado na Fig. (2B).

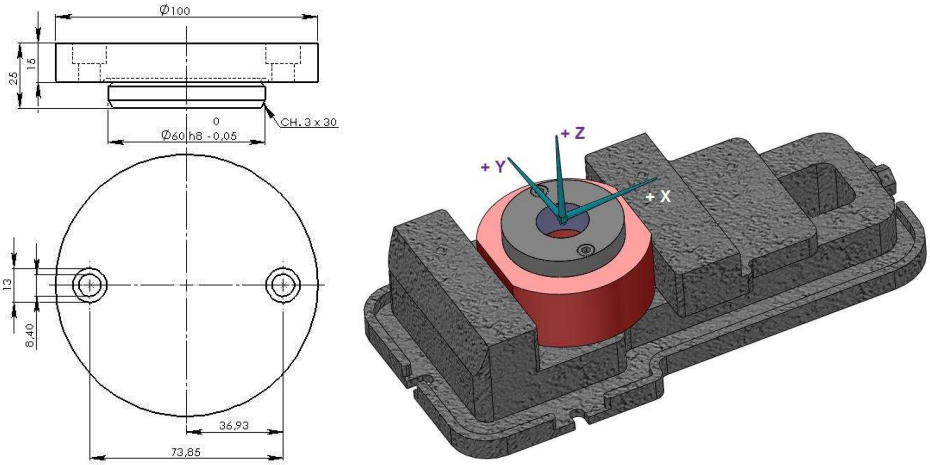
As condições de corte, ver Tab. (1), foram as mesmas para as operações de desbaste e acabamento. Os corpos de prova em aço ABNT P2O foram adquiridos no estado temperado e revenido com dureza Brinell variando entre 280 e 320. Eles foram identificados pelos números 1-6, os quais correspondem aos ensaios listados na Tab. (1).

Com o intuito de reduzir a quantidade de variáveis, a velocidade de corte (110 m/min) e o fluido de corte (emulsão água e óleo) foram mantidos constantes. As ferramentas avaliadas, vide Fig. (3), são complemente distintas, tanto na geometria como no comprimento em balanço. Ambas foram adquiridas da empresa Sandvik (Sandvik, SP, Brasil) e montadas com insertos de metal duro revestido. Para a fresa de topo toroidal foram utilizados dois insertos da classe Sandvik PM1030 e para a fresa de topo reto três da classe PM4230. Cada ensaio foi realizado com aresta de corte nova, evitando-se assim a influência de eventuais desgastes e/ou avarias sobre os resultados.

As variáveis para programação (***N, d_{xy} V_{fip}, P_h***), os programas para as duas máquinas, o tempo de corte e outras grandezas de interesse, tais como α, $\boldsymbol{V_{fip}}$ e $\boldsymbol{V_{fz}}$ foram determinados com auxílio de um software desenvolvido em MS – Visual Basic, cuja tela principal pode ser vista na Fig. (4).

A qualidade dos furos foi avaliada pelos parâmetros rugosidade média (***Ra***) e circularidade, cujas posições para medição podem ser vistas nas figuras (5A) e (5B). As rugosidades foram medidas com um rugosímetro modelo

TalySurf (Taylor Hobson, Leicester, UK) e os desvios de forma por meio de um circularímetro modelo Talyround 252 adquirido da mesma empresa.



(A) (B)

Figura 2. (A) desenho do corpo de prova e (B) fixação com dispositivo especial e morsa.

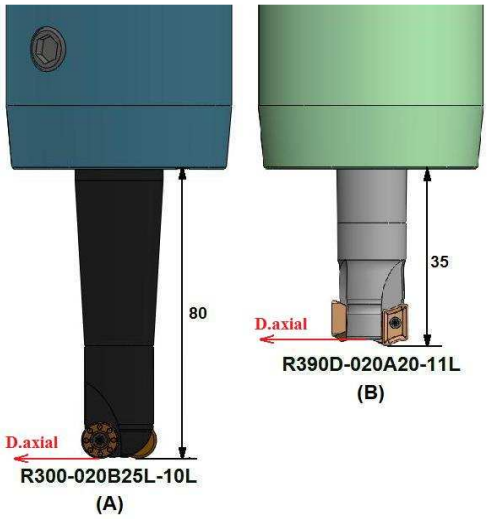


Figura 3. Desenho das fresas e comprimento em balanço. (A) topo toroidal. (B) topo reto.

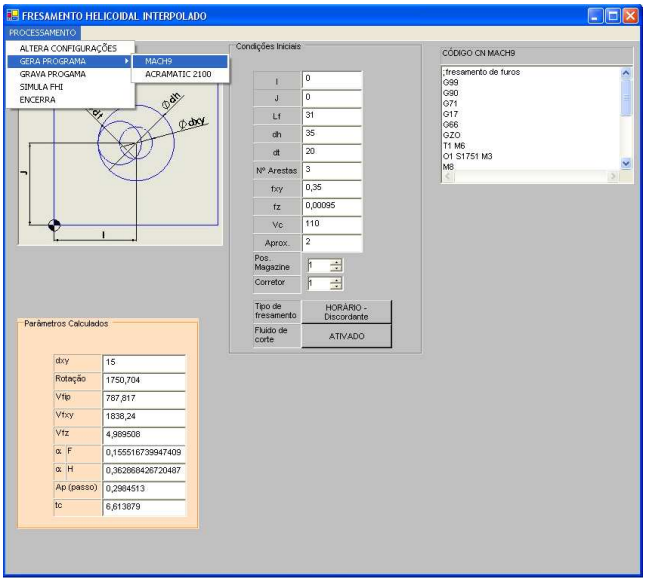
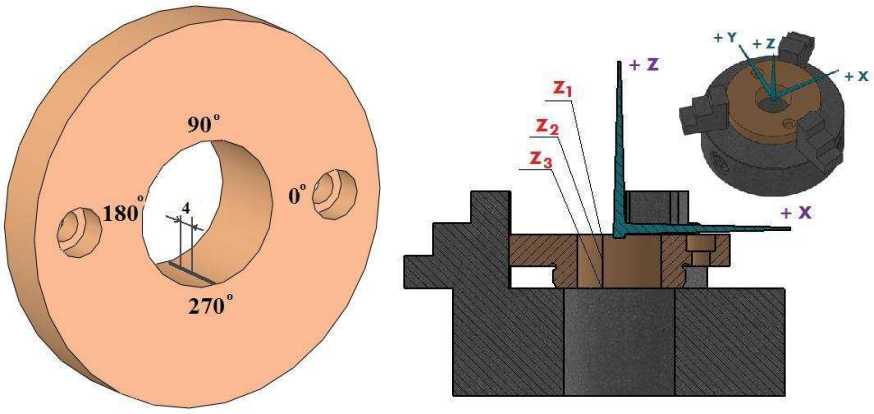


Figura 4. Tela principal do programa desenvolvido.



(A) (B)

Figura 5. Posições para medições. (A) rugosidade. (B) circularidade.

Tabela 1. Condições de corte para desbaste e acabamento.

	Ensaios					
Variáveis	1	2	3	4	5	6
Máquina	A			B		
f_z (mm/K)	0,00145	0,00095	0,00095	0,00145	0,00095	0,00095
f_{xy} (mm/K)	0,53	0,35	0,35	0,53	0,35	0,35
d_t (mm)	20	20	20	20	20	20
K	2	2	3	2	2	3
V_{fip} (mm/min)	800	525	800	800	525	800
p_h (mm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
V_z (mm/min)	5,07	3,35	45,07	5,07	3,35	45,07
N (rpm)	1750	1750	1750	1750	1750	1750
t_c (min)	6,5	9,8	6,5	6,5	9,8	6,5

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura (6) contém os resultados da medição da rugosidade em todos os ensaios. As barras mais escuras referem-se ao desbaste e as mais claras ao acabamento. Os números 1-6 são os ensaios realizados, cujas condições de corte são aquelas descritas na Tab. (1). Os valores indicados representam a média aritmética dos quatro valores medidos. As barras de erros referem-se aos desvios padrão das quatro avaliações.

O que se espera, em condições normais de usinagem, é que as operações de acabamento resultem em rugosidades e desvios menores. Todavia, os ensaios 2 e 4 apresentaram um comportamento anômalo. Isto pode ser uma indicação de que o comprimento em balanço da ferramenta, vide Fig. (3), implicou em uma maior vibração da mesma, suficiente, para as condições adotadas aqui, se superpor ao efeito da redução da penetração de trabalho, veja Eq. (9). Além disso, tal como observado por Iyer et al. (2007) a flexão da ferramenta devido às forças radiais é significativa. Esta flexão tende a ser maior nas condições de acabamento, aonde o FHI se assemelha mais a um mandrilamento com ferramenta monocortante. Deve ser observado também que esse suposto efeito do balanço da ferramenta foi mais evidente para a máquina B nos ensaios 1 e 4,.

Esse comportamento irregular encontrado nos ensaios 2 e 4 impede uma avaliação do efeito dos avanços sobre a rugosidade. De um modo geral, pode-se esperar que maiores avanços impliquem em maiores rugosidades. Entretanto, isto não é indicado pelos resultados.

Como a rugosidade foi medida axialmente, pode-se supor que o fator mais influente seja o avanço axial. Todavia, deve-se observar que as “marcas de avanço” são, de fato, determinadas pelo passo da hélice. Mas, como ele foi mantido constante em todos os ensaios, é plausível pensar que houve um “mascaramento” do efeito individual destes dois fatores. A exceção ocorreu no ensaio nº 6, mais significativamente, e um pouco menos evidente no ensaio 3. O que existe de comum entre esses dois ensaios é a fresa de topo reto.

A utilização de fresas mais curtas — comprimento pouco superior ao do furo — pode contribuir para a produção de peças com menor rugosidade e, dependendo das outras condições, dispensar uma operação subsequente de acabamento. Entretanto, o desenvolvimento de fresas dedicadas aparenta ser contraproducente, pois uma das vantagens do FHI é a racionalização das ferramentas.

As médias aritméticas e as barras de erros do desvio de circularidade, resultantes da medição em três planos diferentes, estão representadas na Figura (7). Esse tipo de desvio é diretamente influenciado pela máquina-ferramenta. O controle da aceleração nas interpolações circulares, tal como mostrado por Tapie et al. (2007) e Coelho (2008), exerce um papel fundamental, que fica mais evidente para velocidades de avanço maiores e nos momentos de inversão dos eixos. Essa influência da máquina foi mais destacada nos ensaios em desbaste do que no acabamento.

Os tempos de corte calculados pela Eq. (6), e registrados na Tab. (1), foram confirmados por meio de uma cronometragem manual, sendo a discrepância considerada insignificante. Não obstante, deve-se registrar que a referida equação é baseada em uma velocidade (V_{fz}) constante. Entretanto, durante a usinagem essa velocidade varia devido às rampas de aceleração e desaceleração.

Pela observação dos tempos de corte calculados, ver Tab (1), fica claro que o FHI é um processo lento. As opções para redução de t_c, para um furo com diâmetro e comprimento predefinidos, são as seguintes:

i) aumento do avanço axial;
ii) aumento do nº de dentes;
iii) aumento da velocidade de corte; e
iv) redução do diâmetro da ferramenta.

O avanço circular (f_{xy}) não influencia no tempo de corte, porém seu valor pode ser aumentado para compensar o aumento de f_z sem que o passo da hélice (p_h) sofra alteração e, por conseguinte cause um aumento da rugosidade.

O aumento do número de dentes tem uma influência indireta, pois a velocidade de avanço axial aumenta sem necessidade de se alterar o f_z. Todavia, para as operações de desbaste o aumento do número de dentes reduz os espaços entre dentes (bolsões) necessários à evacuação de cavacos. Nos ensaios realizados, ver Fig. 8, foram produzidos cavacos na forma de lascas curtas, porém esta forma pode estar mais relacionada ao tipo de material de peça (ABNT P20) estudado, do que às condições ensaiadas.

A redução do diâmetro da ferramenta reduz o tempo, porque as velocidades de avanço (V_{fip} e V_{fz}) são aumentadas para compensar o aumento da rotação. Entretanto, nas operações de desbaste existe um limite ($d_t \geq d_h/2$) para esta redução. Para o acabamento, existe um compromisso entre d_t e a rigidez da ferramenta.

A velocidade de corte, apesar de não ter sido avaliada aqui, pode ser a variável que, diretamente, menos influencie a qualidade do furo, portanto torna-se um fator importante para a redução do tempo. Por outro lado, seu efeito no desgaste da ferramenta e, por conseguinte, no custo da usinagem tem que ser considerado.

Ainda em relação aos cavacos, observou-se que a vazão moderada, aplicação externa, de fluido de corte foi suficiente para remoção dos mesmos, sem um comprometimento aparente da superfície usinada. Entretanto, como os furos foram passantes, ocorreu em todos eles a formação de uma placa fina, similar a uma "tampa", na extremidade de saída. À medida que ferramenta se aproxima da saída, a espessura dessa placa tende a zero, levando a uma redução da rigidez e impedindo a formação de cavacos nesse local. Nos ensaios 1,2,4 e 5, realizados com a fresa toroidal, a remoção dessa "tampa" só ocorreu após a passagem por completo da ferramenta, isto é, 5mm além do comprimento do furo. A Figura (8) contém uma foto de uma peça usinada, o cavaco gerado e a placa formada na saída do furo resultantes do ensaio nº 1.

Em resumo, pode-se afirmar que existe a necessidade de se investigar uma melhor faixa de valores para V_c e f_z para uma redução do tempo de corte. Além disso, o avanço circular (f_{xy}) também deve ser investigado, pois apesar de não ter uma influência direta sobre o tempo, ele atua como compensador entre f_z e p_h , vide equações (7 e 8) e, dessa forma, reduz o impacto de f_z sobre a rugosidade. Entretanto, valores elevados de f_{xy} aumentam a seção de corte, o que implica em aumento dos esforços de corte e também da velocidade de avanço, exigindo-se assim uma maior potência da máquina e um controle mais eficiente das rampas de aceleração.

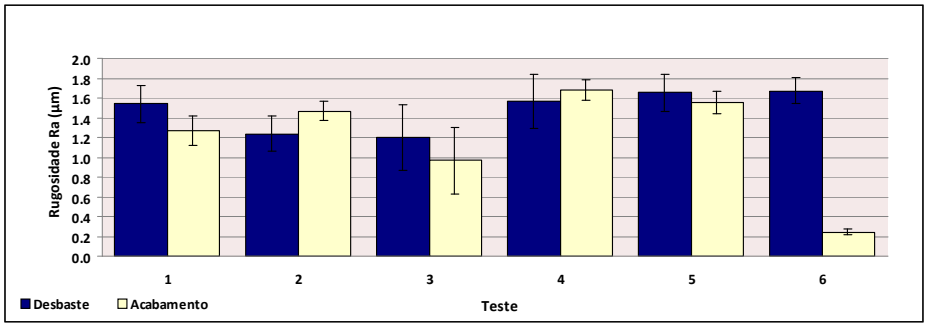


Figura 6. Rugosidade média (Ra) obtidas no desbaste e acabamento.

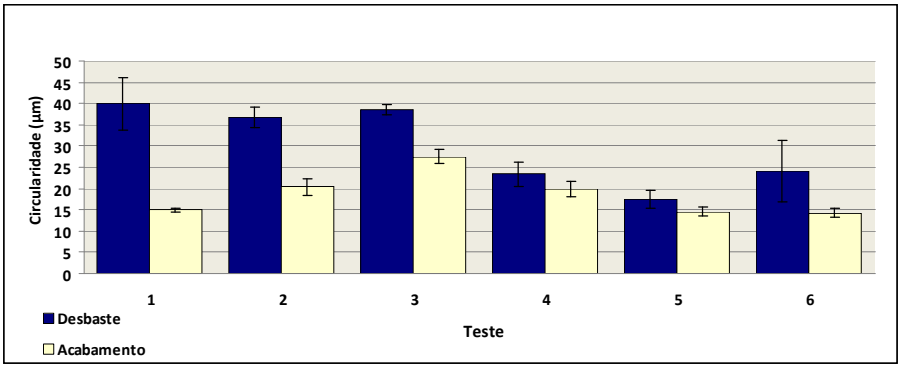


Figura 7. Desvios de circularidade obtidos no desbaste e no acabamento.

Figura 8. Cavaco na forma de lascas, rebarbas e peça usinada.

5. CONCLUSÃO

Embora o estudo observacional conduzido não tenha propiciado condições para uma avaliação quantitativa, juntamente com análise cinemática e o cálculo do tempo, ele possibilitou um aprofundamento do entendimento qualitativo do Fresamento Helicoidal Interpolado. Desse entendimento foi possível concluir que as variáveis independentes V_c, f_z e f_{xy} merecem uma maior atenção em uma futura experimentação, pois as duas primeiras exercem papel importante na otimização do tempo de corte. Por outro lado, apesar de não estar diretamente relacionado ao tempo, o avanço circular pode atuar como compensador do aumento do passo da hélice (***ph***) nos casos onde for necessário o aumento do avanço axial e, assim, reduzir seu efeito sobre a rugosidade. Entretanto, nos ensaios realizados, os menores valores de circularidade foram observados para os menores valores de f_{xy}, o que pode ser uma indicação de sua influência sobre esse tipo de desvio.

Dependendo das tolerâncias estabelecidas para o furo, pode ser mais vantajoso se pensar em uma otimização de sua qualidade dirigida apenas ao processo de desbaste, do que se empregar uma segunda operação de acabamento. Isto decorre do tempo de corte elevado, observado tanto no desbaste quanto no acabamento.

6. REFERÊNCIAS

Brinksmeier , E. Fangmann, S.; Meyer, I.; 2008, “Orbital Drilling Kinematics”, Production Engineering, Vol 2(3), pp 277-283.

Coelho, R. T.; Tanikawa , S. T; 2008, “Furação de Precisão por Interpolação Helicoidal em aço AISI H13 Endurecido – Avaliação da Qualidade Geométrica e Superficial. Usinagem 2008. São Paulo : Ed. Aranda.

Da costa, D. D.; Gomes, J. O.; Pangrácio, M. L.; 2006, “Qualidade dos Furos Feitos por Fresamento Helicoidal Interpolado”, Revista Máquinas e Metais, n. 485, pp. 34-51.

Denkena, B.; Boehnke, D.; Dege, J.H.; 2008, “Helical Milling of CFRP-titanium Layer Compounds”, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 1, Nº 2, pp 64-69.

Iyer,R.; Koshy,P.; Ng,E.; 2007, “Helical milling: An Enabling Technology for Hard Machining Precision Holes in AISI D2 tool steel”, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 47, Nº 2, pp 205-210.

Pangrácio, M. L. 2003 Análise da Qualidade de Furos Realizados por Fresamento Helicoidal Interpolado” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Paraná.

Seco Tools, 2009 Católogo sobre Fresamento e Guia técnico.
Tapie,L.; Mawussi, K.B; Anselmetti, B.; 2007 Circular tests for HSM machine tools: Bore machining application, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 47(5) Pg 805-819

7. DIREITOS AUTORAIS

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

KINEMATIC ANALYSIS OF THE HELICAL MILLING PROCESS

Dalberto Dias da Costa, dalberto@ufpr.br[1]
Fred Lacerda Amorim, fred.amorim@pucpr.br[2]
Jorge Wenda, jorge_wenda@yahoo.pl[1]
Pablo Ricardo Pius, pablo_pius@denso-diam.com[2]

[1]Universidade Federal do Paraná– Mechanical Engineering Department - Curitiba – PR
[2]Pontifícia Universidade Católica do Paraná– Mechanical Engineering Department -Curitiba – PR

Abstract*. The use of helical milling in the machining of large diameter holes has been considered as an alternative to drilling. The flexibility to adjust the bore diameter without change the cutting tool, as opposed to drilling, is one of its advantageous aspects. Its negative point resides in a larger cutting time due the helical path. However, the information concerned to the programming parameters is scarcely since it is a relative new technique. The purpose of this work is to present the main relationships between independent variables and those necessary to the programming task and the cutting time calculation. The proposed methodology comprehends the process kinematic analysis and an observational study on holes machined by helical milling in specimens of AISI P20 steel. A prototype of software was implemented in MS Visual Basic to simplify the analysis and the NC code generation. The kinematic analysis and the observational study allowed a better understanding of helical milling and the indication of the most appropriated variables to optimization purpose.*

Keywords*: Interpolated helical milling, cutting time, kinematic analysis.*

1. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.