



15° Congresso de Iniciação Científica

INVESTIGAÇÃO DA INFLUENCIA DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO SOBRE A EXATIDÃO FINAL NA USINAGEM DE MOLDES E MATRIZES

Autor(es)

BRUNO BROGIO DE OLIVEIRA

Orientador(es)

Klaus Schützer

Apoio Financeiro

PIBIC

1. Introdução

A usinagem de moldes e matrizes vem ganhando grande espaço e atenção na indústria em função da busca por formas mais harmônicas em produtos, e a complexidade de peças utilizadas na indústria, como por exemplo na aeronáutica, vêm fazendo com que se busque encontrar métodos de usinagem e métodos de interpolação da trajetória da ferramenta que melhorem a qualidade, a tolerância dimensional, a redução de custo e também a redução do Lead Time[1]. No entanto, seu processo tradicional de manufatura ainda apresenta um lead time extremamente alto, o que faz com que haja um forte interesse por parte da indústria na aplicação da Tecnologia HSC. Dentre os avanços tecnológicos para este processo, a Tecnologia HSC surge como uma das soluções, pois apresenta como características a grande remoção de material e alta qualidade superficial, resultando assim na redução do tempo de fabricação, custos e uma melhora significativa no produto final. (Schützer, 2003). Esse novo método de usinagem, foi desenvolvido por C. Salomon para a empresa Friedrich Krupp AG em 1931. Salomon define a Tecnologia HSC como sendo uma tecnologia de usinagem realizada com velocidades de corte que ultrapassam a faixa de aumento de temperatura na região de corte do material.(Schützer, 2003). A figura 1, mostra o comportamento da temperatura em função da velocidade de corte dentre vários materiais. No entanto, a utilização da tecnologia HSC envolve aumentos significativos nas velocidades de usinagem, o que resulta na necessidade de desenvolvimento de outras tecnologias envolvidas no processo tais como: máquina ferramenta, sistemas CAD/CAM, ferramentas de corte, CNC, acionamentos e métodos de interpolação da trajetória da ferramenta. O ciclo CAD/CAM/CNC está envolvido em todo processo de manufatura de molde e matrizes, no qual o seu modelo geométrico é projetado no Sistema CAD e transferido para o Sistema CAM. Nesse sistema serão definidas as ferramentas de usinagem, estratégias de cortes, caminhos da ferramenta e parâmetros de corte para a geração do programa NC[2] (HELLENO, 2004)., o qual contém toda a trajetória da máquina durante a

usinagem. O Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura (SCPM) desenvolveu inúmeros trabalhos, dentre eles (HELLENO, 2004), (PEREIRA, 2005) e (SCHÜTZER, 2003), comparando metodologias de interpolação da trajetória da ferramenta, em busca da redução do tempo de usinagem e melhoria da qualidade e exatidão do moldes e matrizes, contribuindo para a redução do lead time. Nesses estudos foi possível evidenciar os benefícios da metodologia de interpolação sobre o tempo de usinagem e qualidade final dos moldes e matrizes, porém ainda existem algumas divergências em relação à exatidão final. A necessidade de alcançar alta velocidade de avanço e de aumentar a qualidade superficial do produto usinado leva à novos desenvolvimentos para a descrição de trajetórias de ferramenta geradas pelos Sistemas CAM. Pretende-se substituir com isto a tradicional técnica de interpolação linear (segmentos de retas - comandos G01), por funções matemáticas capazes de representar a trajetória da ferramenta de forma mais eficiente, que vem a ser a interpolação polinomial. (HELLENO, 2004). Através da interpolação linear, o sistema CAM irá gerar uma trajetória da ferramenta baseado em segmentos de reta que melhor se adapte à faixa de tolerância definida pelo programador. Um dos problemas encontrado com a utilização da interpolação linear está na representação de superfícies complexas. Neste caso, a trajetória da ferramenta será representada por pequenos segmentos de retas que resultarão em reduções da velocidade de usinagem. Através da equação 1 pode-se estimar o valor máximo do avanço em função do tempo de processamento e do tamanho do segmento. (ARNOME,1998). Equação 1 Onde: V_a = Velocidade de avanço [mm/min]; D_x = Tamanho do segmento de reta [mm] TPB = Tempo de processamento de bloco [ms] A partir da aplicação da interpolação polinomial tem-se início a uma nova fase nas metodologias de interpolação da trajetória da ferramenta. A trajetória da ferramenta não será mais representada através da utilização de elementos geométricos simples (retas e arcos), como ocorre na interpolação linear e circular, mas por segmentos de curvas baseados em modelos matemáticos, normalmente aplicados pelos sistemas CAD. A Interpolação polinomial tem uma melhor adaptação para máquinas HSM[3], em usinagens de superfícies complexas.(Lartigue, 2004). Com isso, este trabalho tem como objetivo investigar a influência das interpolações linear e polinomial sobre a exatidão final na usinagem de moldes e matrizes com altas velocidades.

[1]Lead Time: Tempo de resposta ou tempo total do ciclo de produção de um produto. [2] NC: Numeric Control [3] HSM: High Speed Machining

2. Objetivos

Este trabalho apresenta como objetivo investigar a influência de métodos de interpolação (linear e polinomial) sobre a exatidão final na usinagem de moldes e matrizes com altas velocidades.

3. Desenvolvimento

Para investigar a influência de métodos de interpolação (linear e polinomial) sobre a exatidão final na usinagem de moldes e matrizes com altas velocidades, foram realizados cinco ensaios práticos, nos quais foram usinadas oito peças. Seis peças com trajetória linear, uma peça com trajetória polinomial e a última peça, com faixas de linear e polinomial, variando a tolerância CAM e a tolerância envolvida na interpolação polinomial. O objetivo do primeiro ensaio foi apenas obter um conhecimento inicial da cadeia CAD/CAM/CNC. Neste ensaio foi usinado um corpo de prova em resina. No segundo ensaio foi visada a criação de uma superfície, para posterior aplicação das interpolações linear e polinomial. Neste ensaio, o corpo de prova foi usinado com interpolação linear, em resina. No terceiro ensaio foram criadas as duas faces de uma mesma superfície, para poder comparar as tolerâncias envolvidas no processo, sendo que essas duas foram usinadas em resinas e analisadas. No quarto ensaio foi realizada a primeira usinagem no corpo de prova em aço, com trajetória polinomial e a trajetória linear. No quinto ensaio foi usinado um corpo de prova em aço que tivesse as condições necessárias para a realização de todas as análises para a conclusão do trabalho. Neste foram realizadas as análises de tempos de usinagem e estudadas as interpolações, inclusive, o avanço da máquina devido ao tempo de processamento do programa NC. A medição do corpo de prova, no quinto ensaio, não pode ser concluída, devido a máquina de medir por coordenadas ter chegado recentemente na faculdade, e o pessoal responsável estar ainda em fase de

treinamento. Para a análise dos resultados foram cronometrados os tempos de usinagem, fotografados os ensaios e estudadas as trajetórias teoricamente.

4. Resultados

Através da equação 1 foi possível realizar uma análise na qual pode-se comprovar que, devido à interpolação polinomial possuir menor segmentação, o avanço real é maior que o da interpolação linear, dessa forma, o processo não fica debilitado em programas em que a Tolerância CAM é muito pequena. Através dessa análise, pode-se observar o facetamento final da superfície para a interpolação linear, bem como os tamanhos e o comportamento desse facetamento. Na trajetória linear, quanto menor a tolerância CAM, a trajetória fica mais ajustada à superfície, porém, a quantidade de segmentos é maior e portanto, o programa NC se torna mais extenso. O corpo de prova foi usinado com os parâmetros de tolerância CAM variando significativamente com Tolerância CAM de 0,1 ; 0,05 e 0,005 e os resultados de tempo de usinagem são mostrados na tabela 1. A figura 2 ilustra o corpo de prova usinado. Nesta análise pode-se comprovar que, quando a tolerância linear se torna pequena, e portanto o número de segmentos de retas maior, a velocidade de processamento influencia no processo, fazendo com que o avanço real não consiga mais ser o mesmo que o avanço programado. O mesmo não ocorre com a interpolação polinomial no qual pode-se perceber que, apesar de ser um pouco mais demorada que a interpolação linear, quando a tolerância fica menor, o avanço continua igual ao programado, e portanto, o tempo de usinagem não aumenta. Pode-se observar também que, quando se diminui a tolerância CAM, o tempo diminui em relação a mesma interpolação com tolerância CAM maior. Isso se deve ao fato que a interpolação polinomial diminui o problema de aceleração e desaceleração da máquina, presente na interpolação linear, e que, quanto menor a tolerância, menor o número de curvas geradas. Também é importante ressaltar que, na transição de faixas, ocorreu uma marca na superfície, fato este devido à redução do avanço programado no seletor de avanço, decorrente da cautela do operador no início da usinagem.

5. Considerações Finais

A interpolação polinomial melhora a qualidade da superfície, assim como a redução do tempo de usinagem em virtude da não diminuição da velocidade de avanço. A interpolação polinomial demonstrou ser uma nova estratégia para a usinagem de moldes e matrizes, uma vez que seu desempenho em relação aos tempos de usinagem é melhor que a interpolação linear. Portanto, sugere-se para trabalhos futuros, um estudo teórico mais aprofundado e principalmente prático sobre o comportamento dinâmico da máquina, para conseguir avaliar melhor a influência da interpolação polinomial sobre a exatidão final da superfície complexa. Sobre a exatidão das interpolações em relação à geometria da peça, apesar da literatura relatar que a linear é mais precisa que a polinomial, não se pode comprovar por não ter sido possível fazer as medições, uma vez que máquina de medir por coordenadas foi adquirida recentemente pela Unimep.

Referências Bibliográficas

Helleno, A.L. Investigação De Métodos De Interpolação Trajetória Da Ferramenta Na Usinagem De Moldes Matrizes Com Alta Velocidade. Dissertação (Trabalho De Mestrado)-Universidade Metodista De Piracicaba, 2004.

Pereira , S.C. Investigação da Influência de Métodos de Interpolação sobre a Exatidão Final na Usinagem de Moldes e Matrizes com Altas Velocidades. Dissertação (Trabalho de Graduação)-Universidade Metodista de Piracicaba, 2005.

Schützer, K. Et al. Usinagem em Altíssimas Velocidades. São Paulo: Editora Érica, 2003. 214 p.

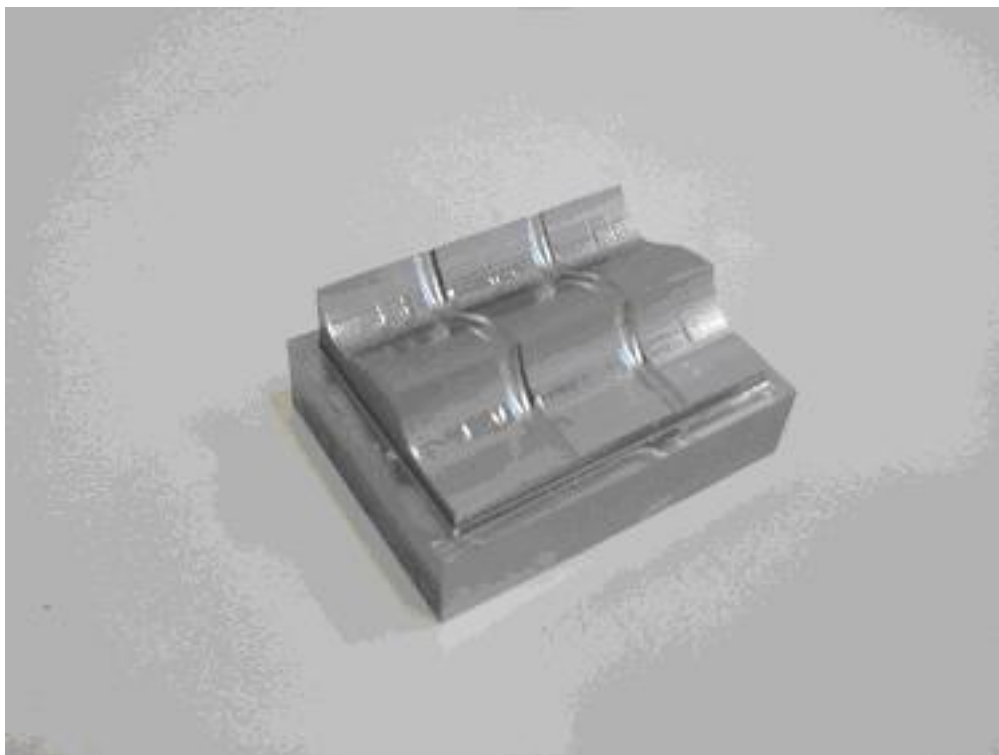
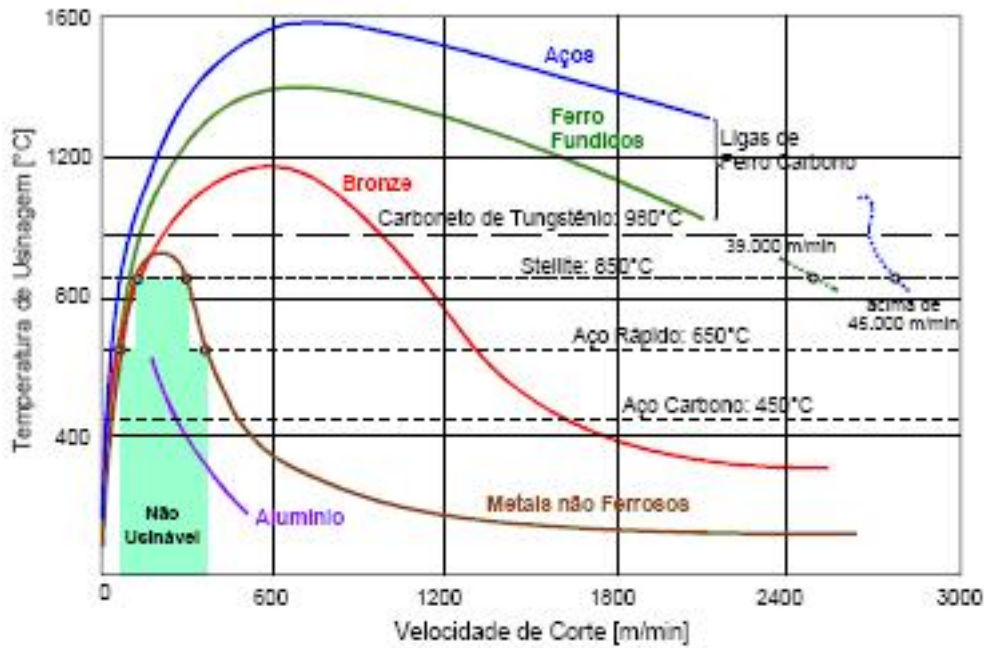
Lartigue, C.; Tournier, C.; Ritou, M.; Dumir, D. High Performance NC for HSM by means of Polynomial

Trajectories. In: Annals of the CIRP, v.53, n. 1, 2004.

Schulz, H. Tendências Tecnológicas em HSC. In: II Seminário Internacional de Alta Tecnologia. Santa Bárbara d'Oeste. 1997.

ARNOME, A. High Performance Machining. USA, Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 1998. ISBN 1-56990-246-1.

Anexos



Relação de Tempos			
Tolerância CAM	0,1	0,05	0,005
Linear	2 min 3 seg	2 min 5 seg	2 min 47 seg
Polinomial (0,05)	2 min 10 seg	2 min 9 seg	2 min 8 seg
Polinomial (0,005)	2 min 8 seg	2 min 7 seg	2 min 6 seg