

**17º Congresso de Iniciação Científica****APLICAÇÃO DA INTERPOLAÇÃO SPLINE COMO TRAJETÓRIA DA FERRAMENTA NA
MANUFATURA DE MOLDES E MATRIZES COM ALTAS VELOCIDADES****Autor(es)**

CHRISTIAN MARCELO V DE CICO II

Orientador(es)

KLAUS SCHÜTZER

Apoio Financeiro

PIBIC/CNPQ

1. Introdução

A usinagem de moldes e matrizes vem ganhando espaço de destaque no setor de manufatura na medida em que a economia mundial avança em direção da redução de lotes, configurações do produto ao cliente, grande diversidade de produtos, redução de seu tempo de vida e, principalmente redução do tempo de lançamentos de novos produtos. No entanto, seu processo tradicional de manufatura ainda apresenta um lead time (Tempo de resposta ou tempo total do ciclo de produção de um produto) extremamente alto o que faz com que haja um forte interesse por parte da indústria na aplicação da Tecnologia HSC (*High Speed Cutting*) que aparece como solução na usinagem de moldes e matrizes, uma vez que apresenta redução do tempo de fabricação, custos e qualidade final do produto (HONG, 2003).

Porém, só a aplicação da Tecnologia HSC não é suficiente para alcançar as metas desejadas. Então, paralelamente ao aumento do uso desta Tecnologia, há também um aumento nas pesquisas para o desenvolvimento de novos materiais para ferramentas de corte, melhoria na forma geométrica das pastilhas de corte, novas estratégias na geração do caminho da ferramenta para o CNC (*Computer Numeric Control*) e melhorias nas condições dos processos de usinagem (FALLBÖHMER, 2000).

Dentre os fatores determinantes de sua aplicação na indústria, a metodologia de interpolação da trajetória da ferramenta influencia diretamente no tempo de usinagem, qualidade final e precisão geométrica do produto, podendo-se transformar numa limitação tecnológica na aplicação ao desta tecnologia. Nos estudos já realizados pelo SCPM foi possível evidenciar os benefícios da metodologia de interpolação na manufatura de moldes e matrizes, porém boa parte desses estudos está baseada na manufatura de peças padrões.

Como visto, a necessidade de alcançar alta velocidade de avanço e de aumentar a qualidade superficial do produto usinado leva a novos desenvolvimentos para a descrição de trajetórias de ferramenta geradas pelos Sistemas CAM. Pretende-se substituir com isso a tradicional técnica de Interpolação Linear (segmentos de retas – comandos G01) usada na usinagem tradicional, já que a exigência com a velocidade é menor, por funções matemáticas capazes de representar a trajetória da ferramenta de forma mais eficiente (SOUZA, 2001).

Em virtude disto, este trabalho visa aplicar a interpolação spline como trajetória da ferramenta na manufatura de um corpo de prova baseado em um molde real da indústria e verificar os benefícios de processo de manufatura. Para avaliar esses benefícios esse processo será comparado com o processo com interpolação linear (amplamente utilizado pelas indústrias) e avaliado através do tempo de usinagem, qualidade superficial e precisão geométrica.

2. Objetivos

Este projeto tem por objetivo aplicar a Interpolação Spline como trajetória da ferramenta na manufatura de um molde com altas velocidades, avaliando com isso os benefícios reais dessa aplicação.

Para alcançar o objetivo proposto, será realizada uma revisão bibliográfica que, em linhas gerais, será composta com os seguintes assuntos:

- métodos de representação de superfícies;
- métodos de interpolações de trajetória de ferramenta (Linear e Spline);
- geração de programas NC (CAD/CAM);
- usinagem com Altíssima Velocidade.
- Além da revisão bibliográfica, tem-se como objetivos específicos:
- definição de um Corpo de Prova padrão para os ensaios de usinagem;
- avaliação e definição das melhores estratégias de corte;
- detalhamento dos ensaios práticos;
- execução dos ensaios;

3. Desenvolvimento

Para alcançar todos os objetivos propostos para a realização deste projeto foi necessário fazer uma ampla revisão bibliográfica, através da busca de artigos científicos recentes, recorrendo-se aos principais periódicos nacionais e internacionais. Dentre os assuntos buscados, incluem-se:

- Métodos de Interpolação para a trajetória da ferramenta (Linear e Polinomial);
- Usinagem com altíssimas velocidades;
- Sistema CAD/CAM/CNC;
- Processo de manufatura de moldes e matrizes.

Com a realização desta pesquisa, pretende-se obter informações necessárias para a escolha de um corpo de prova onde possam ser estudadas diferentes estratégias de corte e também ser aplicados diferentes métodos de Interpolação da trajetória da ferramenta através do Sistema *Unigraphics NX 3 - Módulo CAM*, a fim de verificar através da usinagem destes corpos de prova no Centro de Usinagem *Discovery 760* com comando Siemens 810D, a real influência destes métodos na qualidade final do molde.

4. Resultado e Discussão

Na fase inicial deste projeto, onde houve uma ampla pesquisa bibliográfica onde foi obtido um conhecimento sobre usinagem de moldes e matrizes e dos métodos de Interpolação da trajetória da ferramenta usando um sistema CAM do *Unigraphics NX*, utilizando apostilas de treinamento utilizadas pelo SPCM (Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura).

Com a pesquisa bibliográfica realizada, foi possível verificar que além da correta escolha da estratégia de corte deve seguir de acordo com a complexidade da superfície a ser usinada, outro item a que está ligado diretamente com o tempo e qualidade é a definição no Sistema CAM antes do programa NC.

Como se pode verificar na pesquisa bibliográfica, temos alguns métodos a serem estudados e aplicados para estudo das diferentes estratégias para um mesmo corpo de prova para serem analisados e assim concluir-se qual método a ser tomado.

Pode-se, portanto, verificar que cada método de Interpolação tem suas próprias características e pode ser aplicado de acordo com a complexidade e com a qualidade desejada do produto, conforme pode ser observado a seguir:

- Interpolação Linear: o Sistema CAM determina a trajetória da ferramenta através de segmentos de retas que melhor se adaptam à tolerância aplicada. A qualidade final fica menor conforme a complexidade da superfície aumenta e a tolerância CAM diminui;
- Interpolação Circular: além da geração de segmentos de reta, são utilizados também arcos que permitem uma melhor adaptação à faixa de tolerância aplicada. Estes arcos permitem que a trajetória da ferramenta seja mais suave, aumentando a qualidade superficial e evitando o chamado “facetamento” da superfície deixado pela Interpolação Linear;
- Interpolação Spline: são utilizados segmentos de curvas, baseados em modelos matemáticos complexos, que geram uma trajetória da ferramenta mais suave e também mais precisa dentro da faixa de tolerância aplicada ao modelo.

Após a pesquisa bibliográfica concluída, definiu-se então um corpo de prova que apresentasse as características necessárias para a usinagem de moldes e matrizes com superfícies complexas.

Com a pesquisa realizada sobre as estratégias possíveis, encontraram-se as seguintes estratégias como sendo as melhores para o estudo de melhor acabamento final:

- *Zig Zag*: consiste em realizar movimentos paralelos em uma determinada direção da cavidade a ser usinada (GOELLNER; SILVA; OLIVEIRA, 2004). Este processo apresenta como desvantagem a sobra de material no contorno das curvaturas, isto se deve a mudança de direção da ferramenta. Esta estratégia também é conhecida como *Parallel Lines*;
- *Offset*: consiste em gerar trajetórias equidistantes ou paralelas ao contorno da cavidade (GOELLNER; SILVA; OLIVEIRA, 2004). Esta estratégia utiliza o conceito de deslocar elementos do contorno paralelamente, para definir o caminho de corte. Esta estratégia também é conhecida como *Follow* e dentro dela pode ser escolhida *Follow Periphery* ou *Follow Part*.

Depois de definidas quais as estratégias de corte que seriam utilizadas, passou-se então a desenvolver as simulações de usinagem através do sistema CAM.

Depois de realizadas todas as simulações no sistema CAM, geraram-se então os programas NC de cada operação e então iniciou-se a etapa de usinagem dos corpos em resina no Centro de Usinagem *Discovery 760*

Durante a usinagem, foi obtido o tempo real de cada operação através de um cronômetro e feita uma comparação entre os tempos obtidos através da simulação no Sistema CAM e na usinagem para cada operação aplicada.

Depois da usinagem dos corpos de prova, e da análise dos tempos de cada operação, realizou-se visualmente uma simples análise a fim de verificar a qualidade do acabamento final de cada corpo de prova.

Através desta análise, pode-se observar que a diferença entre os acabamentos é bastante notável.

Observou-se que o acabamento deixado pela interpolação Linear é superior ao da Circular.

Contudo, conclui-se que tanto a estratégia de acabamento com interpolação Linear quanto à peça com interpolação Circular, apresentam algumas pequenas variações geométricas e por isso devem passar por um processo posterior de polimento manual para atingir as características necessárias na fabricação de moldes e matrizes.

5. Considerações Finais

Durante o decorrer deste projeto foi possível adquirir conhecimento técnico sobre a Tecnologia CAD/CAM aplicada no processo de desenvolvimento do produto dentro da cadeia CAD/CAM/CNC. A obtenção deste conhecimento deve-se à grande pesquisa bibliográfica realizada através da busca de artigos nacionais e internacionais.

A busca do conhecimento proporcionou um grande crescimento profissional, visto que a cadeia CAD/CAM/CNC está em uma área em constante ascensão dentro da engenharia e que atualmente existe uma escassez de pessoas especializadas nesta área.

Depois das etapas de pesquisa e aperfeiçoamento foi definido qual seria o corpo de prova utilizado e então passou-se a estudar de forma mais específica as influências dos parâmetros e estratégias de corte adotados durante a geração do processo de manufatura deste modelo.

O corpo de prova escolhido permitiu a verificação da qualidade superficial obtida de acordo com a estratégia de corte aplicada, do método de interpolação da trajetória da ferramenta e em relação também ao grau de curvatura apresentado nas diferentes regiões deste corpo.

Por fim, este projeto proporcionou uma grande satisfação devido ao fato de permitir o desenvolvimento de uma pesquisa abrangente sobre a Tecnologia CAD/CAM/CNC e também por permitir a aplicação do conhecimento obtido através do *Software Unigraphics NX*. Assim, ter este conhecimento adquirido e estar preparado para entrar no mercado industrial é uma satisfação muito grande que este projeto proporcionou.

Referências Bibliográficas

FALLBÖHMER, P.; RODRÍGUEZ, C. A.; ÖZEL, T.; ALTAN, T. High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*. v. 98, p. 104 - 115, jan. 2000.

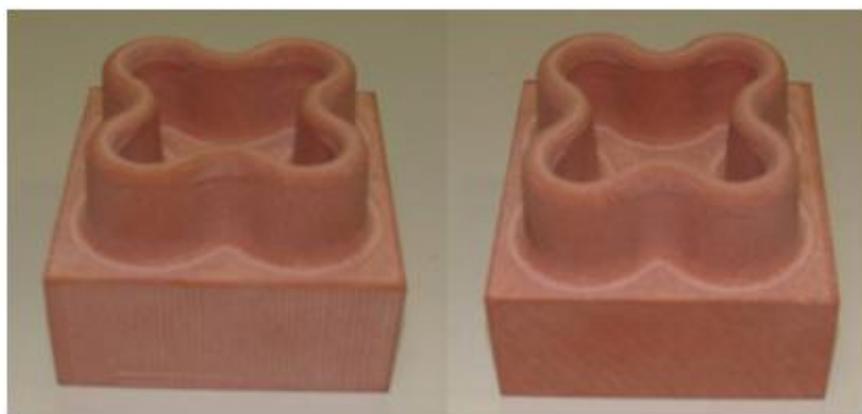
GOELLNER, E.; SILVA, A.D.; OLIVEIRA, L.C. Os recursos CAD ajudam a selecionar ferramentas de corte. **Máquinas e Metais**, São Paulo, v. 40, n. 458, p. 144-151. mar. 2004.

HONG, W. P.; YANG, M. Y. NURBS Interpolation Algorithm for CNC Machines. *Journal of the KSPE*, v. 17, p. 115 - 120, 2000.

SOUZA, A. F., Análise das Interpolações de trajetórias de ferramenta na usinagem HSC (High Speed Cut) em superfícies complexas. Universidade Metodista de Piracicaba, 2001. Dissertação (Mestrado). 88 p.

Anexos

Operações	Tempo Simulado	Tempo Real
Desbaste	2min 55s	4min 13s
Pré Acabamento	2min 34s	3min 23s
Acabamento Linear	9min 28s	16min 44s
Acabamento Circular	9min 29s	11min 02s



**INTERPOLAÇÃO
CIRCULAR**

**INTERPOLAÇÃO
LINEAR**

