



20º Congresso de Iniciação Científica

ANÁLISE DO EFEITO DA TRAJETÓRIA DA FERRAMENTA NO COMPORTAMENTO DA EXATIDÃO GEOMÉTRICA E NA MANUFATURA DE SUPERFÍCIES COMPLEXAS

Autor(es)

JOHNATHAN DIAZ KOESTER

Orientador(es)

ANDRÉ LUÍS HELLENO

Apoio Financeiro

PIBIC/CNPq

1. Introdução

Nos últimos anos, produtos representados por superfícies complexas têm passado por constantes modificações em virtude da evolução do desejo estético do consumidor, motivos de ergonomia ou necessidades funcionais requeridas por indústrias aeronáuticas, navais ou automobilísticas (ALBANO, 2007).

As geometrias tendem a se tornar cada vez mais arredondadas e irregulares, levando a um nível de complexidade maior na sua representação e manufatura. Desse modo, os processos tradicionais de manufatura comumente utilizados nas indústrias se mostram dispendiosos e extremamente lentos (ALBANO, 2007), (RAMOS; RELVAS; SIMÕES, 2003).

A etapa usinagem é suscetível a desvios geométricos e superficiais (rugosidade) devido a picos locais das forças de corte gerado por mudanças no engajamento da ferramenta na geometria da peça, especialmente em regiões de picos e vales (BOZ; ERDIM; LAZOGLU, 2011), enquanto a etapa de polimento manual é de grande contribuição para o aumento do lead time (NUNES; GOMES; SOUZA; SUTÉRIO, 2008), (SOUZA, 2001).

Lasemi, Xue e Gu (2010) afirmam que o planejamento da trajetória da ferramenta é uma tarefa crítica na usinagem de superfícies complexas. Através desta etapa pode-se melhorar a qualidade superficial e reduzir o lead time, obtendo, desse modo, melhor resultado em menor tempo (RAMOS; RELVAS; SIMÕES, 2003).

2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo analisar o efeito de diferentes tipos de trajetória da ferramenta sobre a exatidão geométrica da peça usinada.

3. Desenvolvimento

Definiu-se o modelo geométrico do corpo de prova e os métodos de interpolação que foram comparados no Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura (SCPM).

Devido a este trabalho estar inserido na manufatura de superfícies complexas, o corpo de prova utilizado foi modelado através de curvas.

Como o objetivo do trabalho tem como foco a comparação do efeito da trajetória da ferramenta, foram utilizados dois métodos de interpolação da trajetória.

Os métodos de interpolação utilizados neste trabalho foram interpolação Linear com tolerância CAM (Computer Aided Manufacturing) de 0,005mm e interpolação Spline com tolerância CAM de 0,005mm e tolerância de suavização de 0,05mm.

Com o modelo CAD (Computer Aided Design) e os métodos de interpolação e suas tolerâncias, definiu-se a trajetória da ferramenta em um arquivo CL (Cutter Location) com auxílio do sistema CAM. Por meio do pós-processador integrado ao sistema CAM do Unigraphics NX, foi possível gerar o programa em linguagem G-Code que é interpretado pela máquina ferramenta CNC (Comando Numérico Computadorizado).

O próximo passo do procedimento experimental foi a usinagem do corpo de prova. Para isto, utilizou-se o centro de usinagens com três eixos modelo ROMI Discovery 760

equipado com o comando numérico Siemens 810D.

Visando realizar análise estatística para melhor observação da exatidão geométrica da superfície complexa, usinaram-se dez corpos de prova, todos com as mesmas tolerâncias CAM, porém, cinco foram usinados utilizando-se o método de interpolação Linear e os outros cinco, interpolação Spline.

Com os corpos de prova usinados, foi realizada a inspeção da exatidão geométrica da superfície complexa. O equipamento utilizado para a inspeção foi a MMC (Máquina de Medir por Coordenadas) Tesa, modelo Micro Hite 3D DCC da Hexagon

. O cabeçote utilizado foi o Tesastar-i. A máquina é controlada pelo software PC-DMIS CAD++, versão 4.2R.

Para melhor representatividade da superfície livre, a inspeção de cada corpo de prova é constituída por cinco linhas ao longo do eixo X com cem pontos em cada. Quatro das linhas representam a curvatura lateral e uma representa o ponto mais alto da geometria

Os pontos medidos em cada corpo de prova serão comparados com o CAD para mapeamento dos erros geométricos em sua superfície complexa. Conhecidos os erros, será realizada comparação entre os erros em cada ponto medido da superfície complexa usinada utilizando o método de interpolação Linear e interpolação Spline.

Os resultados serão apresentados em planilhas desenvolvidas no software Microsoft Excel, devido à facilidade de processamento e análise dos dados obtidos pela inspeção, e em gráficos para melhor compreensão dos desvios geométricos.

4. Resultado e Discussão

Como citado na introdução deste trabalho, a manufatura de superfícies complexas é extremamente lenta. Nesse contexto, a busca de métodos para se acelerar o processo se torna viável. Neste trabalho foram estudados dois métodos de interpolação da trajetória da ferramenta de corte (Linear e Spline) com o objetivo de se determinar qual ocasiona em melhor velocidade na operação de acabamento da superfície complexa.

Os tempos encontrados foram de 31 minutos e 22 segundos para a interpolação Linear e 17 minutos e 17 segundos para a interpolação Spline.

Observa-se uma redução de aproximadamente 55% do tempo na operação de acabamento. Isto implica em uma redução significativa no lead time do produto, conhecendo-se que o tempo da operação de acabamento é determinante no tempo total da manufatura.

Como citado também na introdução, o comportamento dinâmico da máquina ferramenta durante a usinagem de superfícies complexas resulta em forças de corte flutuantes e flexões da ferramenta.

Tal comportamento implica em desvios geométricos os quais podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

O comportamento dos erros sobre a superfície de cada método de interpolação é semelhante em todas as linhas medidas, sendo os valores mais altos localizados em regiões de picos e vales, confirmando o previsto na introdução.

Com a inspeção dos corpos de prova deste trabalho pode-se comparar a diferença dos erros das superfícies complexas usinadas com interpolação Linear e Spline.

Através de tabelas geradas com os resultados da inspeção, nota-se que os maiores desvios geométricos estão nos corpos de prova usinados com o método de interpolação Spline.

5. Considerações Finais

Por meio deste trabalho pode-se notar a importância e influência da integração do ciclo CAD/CAM/CNC na manufatura de superfícies complexas. A sua utilização contribui de maneira significativa para a redução do lead time.

Além disso, pode ser observado no desenvolvimento deste trabalho que diferentes métodos de interpolação da trajetória da ferramenta implicam em diferentes comportamentos da máquina ferramenta..

O método interpolação Spline sugere uma solução para o problema do alto lead time na manufatura de superfícies complexas ao custo da redução da qualidade superficial. Com o método de interpolação Linear obtém-se maior exatidão geométrica, porém, com alto

tempo de produção.'

Dessa maneira, a eficiência dos diferentes tipos de interpolação é limitado pela balança “tempo x qualidade”.

Referências Bibliográficas

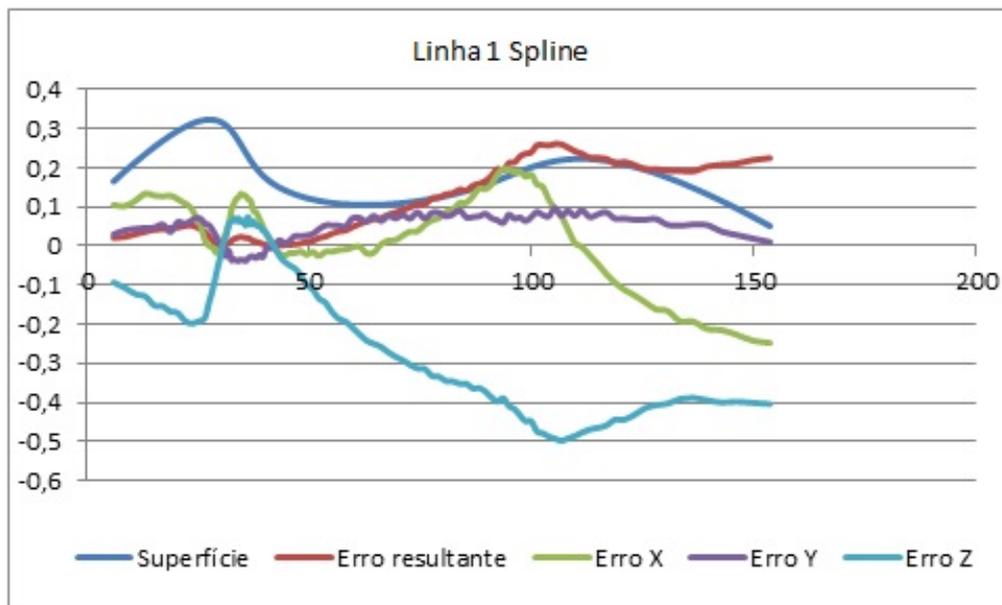
LASEMI, A., XUE, D., & GU, P. (2010). Recent development in CNC machining of freeform surfaces: A state of the art review. *Computer-Aided Design*, pp. 641-654.

NUNES, J. M., GOMES, J. d., SOUZA, G. G., & SUTÉRIO, R. (2008). Influência da interpolação da trajetória da ferramenta no fresamento a altas velocidades de superfícies complexas. *Tecnologia em Metalurgia e Materiais*, 37-42.

RAMOS, A. M., RELVAS, C., & SIMÕES, J. A. (2003). The influence of finishing milling strategies on texture, roughness and dimensional deviations on the machining of complex surfaces. *Elsevier*, 209-216.

SOUZA, A. F. (2001). Análise das interpolações de trajetórias de ferramenta na usinagem HSC (High Speed Cutting) em superfícies complexas. Santa Bárbara d'Oeste.

Anexos



Erro resultante Spline	Erro resultante Linear	Maior erro
0,22482	0,128574	Erro Spline Maior
0,219726	0,125318	Erro Spline Maior
0,210717	0,111734	Erro Spline Maior
0,207594	0,110828	Erro Spline Maior
0,203096	0,109051	Erro Spline Maior
0,190818	0,097418	Erro Spline Maior
0,192449	0,099189	Erro Spline Maior
0,192881	0,102186	Erro Spline Maior
0,196654	0,100755	Erro Spline Maior
0,197163	0,10139	Erro Spline Maior
0,206989	0,103936	Erro Spline Maior
0,21458	0,107154	Erro Spline Maior
0,210872	0,10567	Erro Spline Maior
0,223118	0,105794	Erro Spline Maior
0,224902	0,110145	Erro Spline Maior
0,226013	0,110134	Erro Spline Maior
0,235819	0,111966	Erro Spline Maior
0,242189	0,11726	Erro Spline Maior
0,252013	0,121797	Erro Spline Maior
0,259862	0,122804	Erro Spline Maior
0,260498	0,127476	Erro Spline Maior
0,257106	0,12641	Erro Spline Maior
0,258483	0,125646	Erro Spline Maior
0,257209	0,126132	Erro Spline Maior
0,239669	0,122656	Erro Spline Maior
0,236129	0,116457	Erro Spline Maior

