



16° Congresso de Iniciação Científica

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE DADOS EM HSM (HIGH SPEED MACHINING)

Autor(es)

OLIVEIRO LEUTWILER NETO

Orientador(es)

KLAUS SCHÜTZER

Apoio Financeiro

FAPIC/UNIMEP

1. Introdução

A Usinagem com Altíssima Velocidade (HSM - *High Speed Machining*) é amplamente utilizada para a usinagem de superfícies complexas, o emprego desta tecnologia visa à obtenção de um alto nível de qualidade geométrica da superfície com tempo de processo competitivo. O processo HSM é composto por um conjunto de tecnologias que abrangem a programação NC através de sistemas CAM, parâmetros de corte, sistemas de acionamento, dispositivos de segurança, fixação da ferramenta e peça, monitoramento do processo entre outras tecnologias que interagem com a finalidade de obter redução do tempo de processo e aumento da qualidade do produto (SCHULZ, 1999).

Os CNC's (*Computer Numeric Control*) em centros de usinagem são empregados na fabricação de moldes e matrizes (LEE, et. al., 2004). Entretanto na adição de forças de corte, na HSM, todos os componentes que sofrem estresse na máquina-ferramenta são prejudicados (ALTAN, et. al., 2000).

Uma vez que a HSM possui uma elevada taxa de forças de corte, velocidade e conseqüentemente eliminação de cavaco, o sistema é considerado com grande potencial de risco. Daí vem a importância do monitoramento desse processo que requer o aumento dos requisitos de performance e segurança (HABER, 2005).

O desenvolvimento de um sistema de monitoramento para controle de processo de manufatura é um importante fator em rumo da fabricação automatizada e a integração do computador em direção da alta

produtividade do sistema e a qualidade dos produtos (KANG, et. al., 2001). O monitoramento do processo HSM é um meio de assegurar o melhor aproveitamento das capacidades das novas máquinas-ferramentas (HABER, et. al., 2004).

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de dados aplicado a HSM. Os objetivos específicos são:

- Monitorar a velocidade real de avanço;
- Identificar os parâmetros ótimos de programação da metodologia de interpolação da trajetória da ferramenta;
- Avaliar a interface de comunicação do CNC de arquitetura aberta.

3. Desenvolvimento

Neste item apresenta-se o desenvolvimento da pesquisa e os métodos utilizados para a obtenção dos resultados.

1.1 Materiais e Métodos

Para estender aos objetivos propostos pelo projeto de pesquisa, foi necessário fazer um estudo do LabVIEW através do “Manual de treinamento do LabVIEW”. Neste estudo, foram feitos exercícios que serviram para entender como o *software* funciona e para desenvolver o módulo de aquisição e análise de dados, que serão posteriormente discutidos.

O CNC utilizado foi o SIEMENS 810D que permite a leitura da variável “velocidade de avanço” quando for acoplado a um sistema de aquisição. Foi adicionado ao CNC um PC que possui um sistema de aquisição desenvolvido no *software* LabVIEW e para que a comunicação fosse concretizada houve a necessidade fazer a configuração do sistema. Foi implantada no PC a placa de comunicação CP 5611 doada pela SIEMENS e a partir dos manuais fornecidos pela empresa foi feita a configuração da placa para a comunicação do sistema.

1.2 Procedimento experimental

Utilizou-se um programa NC obtido da programação via sistema CAM de uma peça com superfícies complexas e foram monitorados os dados da variável velocidade de avanço com as seguintes situações:

- Com velocidade de avanço de 1000 mm/min para interpolação linear e polinomial;
- Com velocidade de avanço de 5000 mm/min para interpolação linear e polinomial;

Os dados coletados pelo sistema foram utilizados para análise comparativa dos resultados obtidos a da velocidade de avanço e o tempo de usinagem.

1.3 Estratégias de monitoramento

Como estratégias para o sistema de monitoramento foi proposto o desenvolvimento de alguns módulos para cada aplicação desejada. Estes serão detalhados nos próximos tópicos.

1.3.1 Módulo de aquisição de dados

A taxa de transmissão de dados do sistema não é suficiente para gerar uma boa resolução da leitura das variáveis estudadas. Nesse sentido, foi proposto um "buffer" para o armazenamento de dados, com o propósito de o sistema receber um sinal a cada 1 mm percorrido pela ferramenta, para se ter uma boa resolução. O CNC utilizado possui a função "ações síncronas" que se comporta como um buffer (SIEMENS, 2005).

As ações síncronas são implantadas no início da programação NC e são avaliadas no ciclo de interpolação em sincronia com a execução do programa, onde os dados são armazenados nos parâmetros R do controle do servo. Abaixo é apresentada a ação síncrona programada (DEL CONTE e SCHUTZER, 2007).

1.3.2 Módulo de transmissão de dados

Para ser possível a obtenção dos dados da máquina, é desenvolvido um módulo de transmissão de dados através do software LabVIEW 7.1 da *National Instruments*. Este módulo é desenvolvido para requisitar a leitura dos dados armazenados através das ações síncronas.

Ele funciona iniciando a comunicação com o servidor de dados NCDDE *Server* através da função DDE *open*. A seguir os dados são transformados do formato numérico para *string* para o armazenamento nos parâmetros R, a função DDE *request* requisita a leitura dos dados armazenados nos parâmetros R e os dados são novamente convertidos para o tipo numérico. Estes dados são transportados ao módulo de análise de dados.

1.3.3 Módulo de análise de dados

Este está relacionado com a forma em que os dados serão apresentados ao usuário na interface do sistema. Eles podem aparecer na forma de números, porcentagens, gráficos, marcadores, entre outros. Os dados da velocidade de avanço serão apresentados na forma de gráficos, através desses dados é utilizado funções de estatística do LabVIEW para calcular as velocidades média e mediana de avanço. Os dados do tempo de usinagem são utilizados para o cálculo da porcentagem de otimização e condição otimizada. Após essa análise, os dados serão enviados para a interface com o usuário.

1.3.4 Interface com o usuário

A interface é responsável pela visualização do sistema pelo usuário. Nela está representada a velocidade de

avanço, a mediana e a média da velocidade, os tempos 1 e 2 (interpolação linear e interpolação polinomial, respectivamente), a porcentagem de otimização do tempo e a condição otimizada. Os dados podem ser salvos em um arquivo texto acessando o caminho do arquivo.

4. Resultado e Discussão

Serão apresentados nos próximos itens os resultados da elaboração dos testes.

1.1 Taxa de aquisição

Decorrente da equação apresentada na Figura 1, para o cálculo do tempo de processamento de bloco, foi obtida a velocidade máxima que a máquina tem capacidade de exercer, sem prejudicar o requisito de pegar um dado a cada milímetro percorrido pelo eixo X, utilizando as ações síncronas. O tempo de ciclo do interpolador do CNC estudado está setado em 0,010 segundos (DEL CONTE e SCHUTZER, 2007).

Figura 1: Cálculo da velocidade máxima.

Onde: V_{max} é representada pela velocidade máxima de avanço (mm/mim); o “delta x” é a distancia entre aquisição de dados (mm); e o TCI o tempo de ciclo do interpolador (s).

De acordo com a equação da Figura 1, a velocidade de avanço máxima que a ferramenta pode alcançar é de 6000 mm/mim, sem prejudicar a resolução

1.2 Identificação dos parâmetros ótimos de programação

Os parâmetros ótimos de programação foram encontrados seguindo o método de experimentação descritos no item 3.2. Os resultados são apresentados na Tabela 4.2.

Interpolação	Velocidade média	Velocidade mediana	Tempo
Linear	3375 mm/mim	3498 mm/mim	2,19 s
Polinomial	4500 mm/mim	4953 mm/mim	1,53 s

Tabela 4.2: Velocidade de avanço e tempo de usinagem.

Através desses dados calculados no LabVIEW, tem-se uma otimização na utilização da interpolação polinomial em relação à linear em 25% e 29% da velocidade média e mediana, respectivamente, e uma otimização de 30% do tempo de usinagem.

Na Figura 2 são descritas trajetória das velocidades de avanço utilizando interpolação linear (a) e polinomial (b), respectivamente.

Figura 2: a) Interpolação linear, b) Interpolação polinomial

Conforme é visto nas figuras, o comportamento da velocidade de avanço é alterado quando as metodologias de interpolações são alteradas. Pode-se observar que a trajetória da velocidade de avanço se comporta mais estável na interpolação polinomial em relação à velocidade programada do que a interpolação linear.

A aceleração pode ser expressa pela derivada da velocidade, portanto através desse conceito utiliza-se a função de derivada discreta do LabVIEW, para a aquisição dos dados da aceleração. A aceleração aplicada nas interpolações linear e polinomial é expressa na Figura 3:

Figura 3: a) Interpolação linear, b) Interpolação polinomial

É evidenciado na figura que a interpolação polinomial apresenta mais estabilidade, pois ela tende ao zero com maior frequência que a interpolação linear.

1.3 Acesso e customizações de funções no CNC aberto

Os níveis de acesso e customizações de funções nesse CNC utilizado estão limitados ao nível do interpolador, portanto é possível explorar o CNC até os limites máximos desse nível de controle. Por consequência das limitações do interpolador é aplicado o sistema de monitoramento, utilizando o *buffer* apresentado no item 3.3.1.

Para o estudo em questão foi possível a implantação do módulo de aquisição de dados no nível de controle do interpolador, porém os outros módulos apresentados dentro do item 3.3 foram desenvolvidos no LabVIEW. Isso prova que por mais que alguns sistemas não possuem aberturas em todos os níveis de controle, é possível a implantação de métodos para auxiliar essa abertura através de funções customizadas.

5. Considerações Finais

Como a comunicação do sistema foi feita via rede e como a taxa de transmissão de dados foi constante, verificou-se para velocidades de avanço superiores ao limite de taxa transmissão do CNC, menor será a resolução da variável monitorada. Por causa disso, foi proposto o desenvolvimento do módulo de aquisição de dados através das ações síncronas, que elimina a influência da taxa de transmissão.

Foi assegurado pelo sistema a aquisição de um dado da variável monitorada por milímetro percorrido pela ferramenta no eixo X, desde que a velocidade de avanço não ultrapasse 6000 mm/mim.

Pode se identificar que os parâmetros ótimos de programação, obtidos a partir dos dados das variáveis são: velocidade de avanço, aceleração e tempo de usinagem. Com a utilização da interpolação polinomial as velocidades médias e medianas de avanço obtiveram uma otimização de 25% e 29%, respectivamente, e o tempo de usinagem com a mesma interpolação resultou em 30% de otimização.

Com relação aos parâmetros ótimos de programação, conclui-se que a interpolação polinomial se comportou melhor para esse corpo de prova. Com os dados apresentados no gráfico pode-se concluir que essa

metodologia de interpolação apresenta seus valores mais próximos ao valor da velocidade programada (5000 mm/mim) que a interpolação linear e os dados da aceleração mostram que esta se apresentou mais estável.

Através do sistema de monitoramento, foi possível identificar os parâmetros ótimos de programação da metodologia de interpolação da trajetória da ferramenta, o que foi verificado através da influência da velocidade de corte, do tempo de usinagem e da aceleração.

No sistema de monitoramento, os dados foram obtidos a partir dos níveis de abertura do CNC. Enquanto não houver o total acesso e customizações em todos os níveis de controle, sempre existirão limitações mesmo usando informações do fabricante.

Para a realização de trabalhos futuros, é apresentado:

- Incluir a programação de um *buffer* emanel para o aumento da quantidade de dados a serem monitorados pelo sistema;
- Desenvolver caminhos para encontrar e executar arquivos dentro do comando numérico através de um PC instalado via rede com o CNC.

Referências Bibliográficas

SCHULZ, H. The history of high speed machining. *Ciência e Tecnologia*, Piracicaba, v. 7, n. 13, p. 97-105, jun. 1999.

ALTAN, T. et al. High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, USA, Vol. 98, p.104 – 115, 2000.

DEL CONTE, E. G., CHUTZER, K. Data acquisition Strategy for Open CNC Monitoring in HSM Process. In: *COBEM 2007 – 19th International Congresso f Mechanical Engineering*. 2007, Brasília, DF. Proceedings of COBEM 2007.

HABER, R. E. et al. An investigation of tool-wear monitoring in a high-speed machining process. *Sensors and Actuators A-Physical*, Spain, Vol. 116, No. 3, p. 539 – 545, 2004.

HABER, R. E. (org.); CANTILLO, K; JIMENEZ, J E. Networked sensing for high-speed machining process based on CORBA. *Sensors and Actuators A-Physical*, Span, Vol. 119, No. 2, p. 418 – 426, 2005.

KANG, M. C. et al. A monitoring technique using a multi-sensor in high speed machining. *Journal of Materials*

LEE, D. G. et al. Design and manufacture of composite of high speed machine tool structures. *Composites Science and Technology*, Republic of Korea, Vol. 64, p. 1523 – 1530, 2004.

SIEMENS, A. G., Sinumerik 840D/840Di/810D Synchronized Actions, 08ª ed., 2005..

Anexos

$$V_{\max} = \frac{\Delta_x}{TCI/60} \quad V_{\max} = \frac{1}{0,010/60} \quad V_{\max} = 6000 \text{mm/min}$$



