



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup>- September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04-PF25

## Medição e Simulação dos Esforços de Usinagem no Fresamento de Topo Reto de Ligas de Alumínio Tratável Termicamente 6061

Ademir P. Marcelino<sup>1</sup>, David C. Domingos<sup>2</sup>, Daniel del V. Campos<sup>3</sup>, Rolf B. Schroeter<sup>4</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Mecânica de Precisão

Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal – 476- EMC

Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC. CEP: 88.040-970

<sup>1</sup>ademir@lmp.ufsc.br, <sup>2</sup>david@lmp.ufsc.br, <sup>3</sup>campos@lmp.ufsc.br, <sup>4</sup>rolf@lmp.ufsc.br

O fresamento, ainda que complexo, é um dos processos de usinagem com maior emprego na indústria atual, devido a aspectos como alta taxa de remoção de material e produção de superfícies com boa precisão superficial e dimensional, além de ser um processo de elevada flexibilidade, sendo utilizado na fabricação de superfícies planas, contornos, ranhuras e cavidades, entre outras. Dentre as possíveis variações do processo de fresamento, uma das que possui maior emprego nos setores de ferramentaria atualmente é o fresamento de topo. As fresas de topo possuem gumes tanto em sua periferia quanto na sua face, realizando portanto o corte nessas duas regiões.

Para deformar o material durante o processo de usinagem e com isso ter-se a remoção de material, é necessário que a ferramenta atue com uma certa força sobre a peça usinada. O conhecimento da grandeza e direção dessa força é de vital importância no dimensionamento dos elementos de máquinas-ferramentas como mancais, guias, acionamentos, sistemas de fixação e na determinação dos parâmetros de corte e estimativa da precisão atingível durante a usinagem [1].

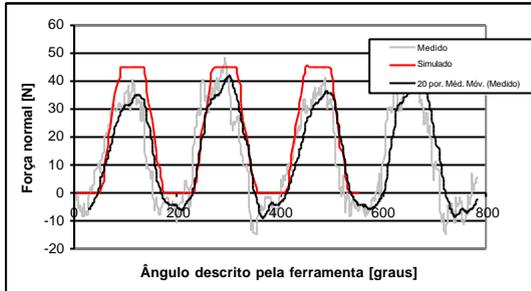
A realização de experimentos práticos no estudo de processos de usinagem normalmente é caro e exige grande consumo de tempo, principalmente quando se deseja analisar vários parâmetros, tais como: geometria e material da ferramenta, condições de corte, material da peça etc. Um meio alternativo de se realizar essas pesquisas é através da modelagem e simulação de processos. O campo de aplicação de modelamento e simulação dentro da área de usinagem é muito vasto, levando-se em consideração que há muitas operações diferentes de usinagem e que para cada operação é possível modelar muitos aspectos diferentes e com técnicas diferentes [3].

O presente trabalho apresenta como objetivo a comparação dos valores de força normal medidos e simulados, no fresamento de topo reto, e conseqüente verificação da validade do modelo proposto por Altintas [3]. A análise será da componente de força normal, já que esses resultados serão utilizados numa outra etapa, onde deseja-se simular a deflexão de ferramentas no fresamento.

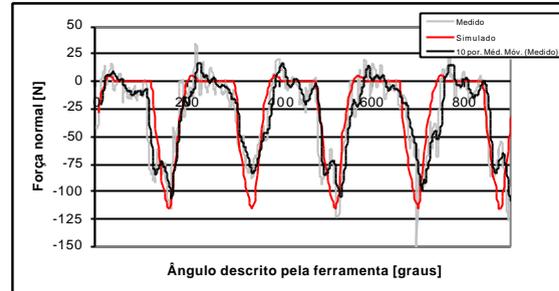
Os experimentos realizados neste trabalho foram ensaios de fresamento de topo reto com velocidade de corte convencional em corpos de prova de liga de alumínio tratável termicamente 6061, normalizada pela Aluminum Association. Os ensaios foram realizados em uma fresadora vertical CNC Romi POLARIS F400. Para a aquisição e medição dos sinais de força foram utilizados uma plataforma piezelétrica Kistler, modelo 9443, amplificadores de sinais Kistler 5011, cabos coaxiais, placa de aquisição National Instruments PCI-MIO-16E-1, microcomputador e *software* de aquisição. Foi utilizado ainda um *software* para simulação dos esforços de usinagem, segundo algoritmo proposto por Altintas [2].

A ferramenta de corte utilizada foi uma fresa de topo reto de aço-rápido do fabricante OSG, modelo 801/2 BASE DIN844 EDL 4, com diâmetro de 4 mm, 2 dentes, corte e hélice à direita. Nos ensaios realizados foram variados os valores de avanço por dente, profundidade e direção de corte, bem como a largura de parede usinada.

Em uma primeira análise observa-se que os valores de força simulados e medidos no fresamento concordante são semelhantes, para as diversas condições ensaiadas, conforme gráficos apresentados na figura 1 a seguir.



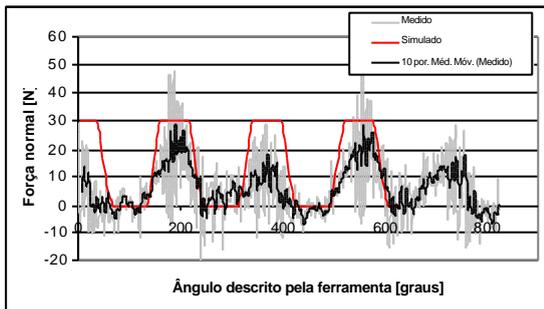
Direção: concordante;  $n=4500$  rpm;  $a_p=5$  mm;  
 $a_e=0,4$  mm;  $f_z=0,03$  mm/dente.



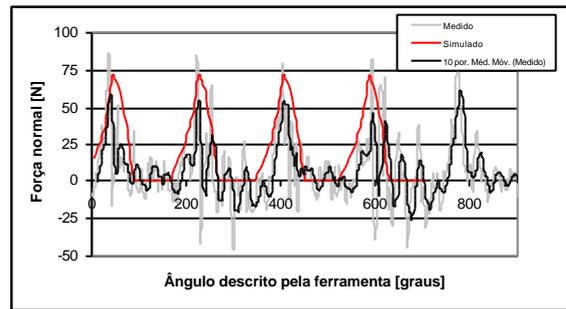
Direção: concordante;  $n=4500$  rpm;  $a_p=2,5$  mm;  
 $a_e=1,0$  mm;  $f_z=0,05$  mm/dente.

Figura 1: Valores de força normal medidos e simulados no fresamento de topo reto concordante

A análise da figura 1 permite observar ainda que o principal parâmetro influente sobre a força normal é a largura de parede usinada ( $a_e$ ). Já no fresamento discordante, conforme apresentado na figura 2 a seguir, observou-se a existência de vibrações excessivas características dessa direção de corte, já que a peça é empurrada em direção contrária à sua fixação na máquina.



Direção: discordante;  $n=4500$  rpm;  $a_p=5$  mm;  
 $a_e=0,2$  mm;  $f_z=0,06$  mm/dente.



Direção: discordante;  $n=4500$  rpm;  $a_p=2,5$  mm;  
 $a_e=1,0$  mm;  $f_z=0,08$  mm/dente.

Figura 2: Valores de força normal medidos e simulados no fresamento de topo reto discordante

Finalizando, o modelo proposto por Altintas [2] mostrou-se válido para o processo de fresamento de topo reto, tanto na direção de corte concordante e discordante. Conclui-se ainda que a máquina-ferramenta utilizada apresenta folga no fuso da mesma, prejudicando os ensaios de fresamento discordante por introduzir vibrações no processo.

## REFERÊNCIAS

- [1] KÖNIG, W.; KLOCKE, F. *Fertigungsverfahren, Band 1: Drehen, Fräsen, Bohren*. 6. Auflage. Berlin: Springer – Verlag, 1999. 471p.
- [2] ALTINTAS, Y. *Research publications from Manufacturing Automation Laboratory, The University of British Columbia, Fev. 1999, Vancouver, Canadá*.
- [3] LUTTERVELT C.A. et al. *Present situation and future trends in modelling of machining operations, Annals of the CIRP, Vol 47/2/1998, 1998*.