MODELAGEM DAS FORÇAS DE CORTE NO PROCESSO DE MICROFRESAMENTO

Rodrigo Humberto Delitsch [1] Joel Martins Crichigno Filho[2]

[1] Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica CCT - bolsista PROBIC
[2] Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – joel.crichigno@udesc.br

Palavras-chave: Microfresamento, Simulação na Usinagem, Forças de Corte

Nos últimos anos, a exigência por elevada qualidade superficial, redução do tempo de fabricação, e aumento da vida da ferramenta têm motivado os estudos dos parâmetros de corte envolvidos no processo de fabricação, com o objetivo de aumentar a competitividade da indústria. Nesse contexto, recentes avanços nos estudos dos processos simulação em microusinagem proporcionam melhor entendimento dos fenômenos existentes na microfabricação, e possibilitam o desenvolvimento de tecnologias para a otimização do processo através da redução do tempo de usinagem e retrabalho.

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um algoritmo para efetuar o cálculo das forças de corte no processo de microfresamento, considerando as especificidades do processo. Para atingir esse objetivo, deve-se efetuar a identificação inversa dos coeficientes de força de corte. No algoritmo proposto, foi empregado o método de identificação inversa por mínimos quadrados na obtenção dos coeficientes.

Para a solução do modelo mecanístico proposto, foi desenvolvido um algoritmo para o cálculo das forças de corte utilizando o Software Matlab. No algoritmo implementado, as variáveis de entrada necessárias são os parâmetros de corte utilizados nos ensaios experimentais. O programa principal efetua o cálculo da espessura instantânea do cavaco em função do ângulo de imersão para cada elemento diferencial ao longo do comprimento da ferramenta. A espessura instantânea do cavaco é variável de entrada para o cálculo das componentes de força. O algoritmo compara o valor da espessura instantânea com o valor mínimo da espessura do cavaco, o qual determina a função que efetua o cálculo das componentes de força infinitesimais. Se o valor da espessura instantânea do cavaco for menor que a espessura mínima, ocorrerá apenas o amassamento do material, sem remoção do cavaco. Caso a espessura instantânea do cavaco seja maior que a espessura mínima, haverá a contribuição de ambas componentes infinitesimais (amassamento e cisalhamento). Assim, as forças são somadas ao longo do comprimento da ferramenta e a cada dente engajado em relação ao sistema de coordenadas global.

Foram realizados ensaios para a medição da força de corte real, com a finalidade de avaliar a performance do algoritmo de identificação inversa dos coeficientes de força de corte. Os experimentos foram efetuados em um centro de usinagem 5 eixos de alta precisão, KERN Pyramid Nano, a 50 000 rpm e profundidade de corte de 50 μm e um dinamômetro Kistler Minidyn 9256C2. O avanço por dente foi o parâmetro variável entre cada ensaio de forma a contemplar os regimes

de amassamento (plowing) e cisalhamento (shearing). O corpo de prova de alumínio 7075 utilizado possui comprimento útil de 40 mm.

Fig. 1 *Gráfico da força no regime plowing (0,2 μm).*

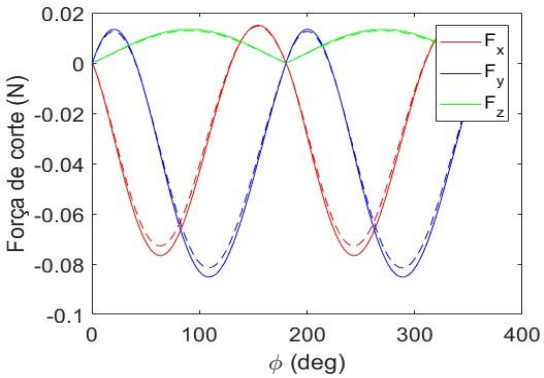
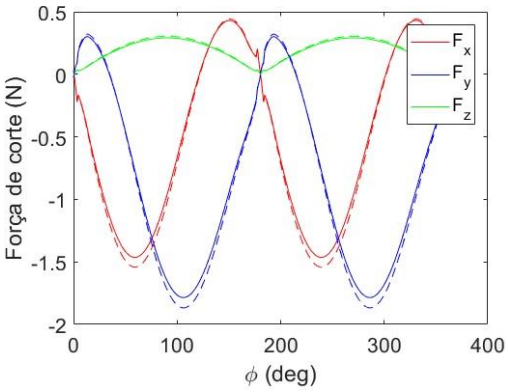


Fig. 2 *Gráfico da Força no regime shearing (10 μm).*



Para realizar a validação do modelo foi realizada a análise comparativa entre o sinal obtido com 10% de ruído (tracejado) e o sinal obtido do algoritmo inverso (contínuo). O valor do erro obtido entre eles foi computado a partir da raiz do erro quadrático médio (RMSE). O erro máximo em ambos regimes de força foi de 4,7 % (presente em Fy).

Com base nos dados obtidos, há boa concordância entre as forças adquiridas experimentalmente com as simuladas considerando ambos os regimes de força, *plowing* (0,2 μm) e *shearing* (10 μm).

Os coeficientes de força de corte obtidos com esta metodologia podem ser empregados na análise dinâmica do processo de microfresamento, e serem aplicados na simulação da tolerância dimensional e vibrações no processo de usinagem de micropeças, em especial micromoldes.

Referências:

[1] ALTINTAS,Y., Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design, Cambridge University Press, Cambridge 2012.

[2] SCHMITZ, T.L; SMITH K.S., Machining Dynamics: Frequency Response to Improved Productivity, Springer, 2008.

[3] LOPHÈVRE E.R. et al. Inverse Method for Cutting Forces Parameters Evaluation. Université de Mons. 2007.

[4] JUN M.B.G., Goo C.,MALEKIAN M.,PARK S.S, A new mechanistic approach for micro-end-milling force modeling, J. Manuf. Sci. Eng. 134. 2012.