

MODELAGEM NUMÉRICA PARA DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE CORTE NO PROCESSO DE MICROFRESAMENTO UTILIZANDO GRAFENO COMO LIBRIFICANTE SÓLIDO

Daniel Fernandes da Cunha, Universidade Federal de Uberlândia, danielcunha85@gmail.com

Márcio Bacci da Silva, Universidade Federal de Uberlândia, mbacci@mecanica.ufu.br

Gilmar Guimarães, Universidade Federal de Uberlândia, gguima@mecanica.ufu.br

Fernando Costa Malheiros, Universidade Federal de Uberlândia, fernandomalheiros@gmail.com

Jerry W. Shan, Rutgers University, jshan@jove.rutgers.edu

Maksym Ziberov, Universidade Federal de Uberlândia, ziberov@hotmail.com

Aline Gonçalves dos Santos, Universidade Federal de Uberlândia, alinegsantos_23@hotmail.com

Resumo. O trabalho envolve o desenvolvimento de um modelo numérico para determinação da temperatura na interface cavaco-ferramenta durante o processo de microfresamento. Para aquisição de dados de temperatura, utilizou-se termopares do tipo K e dois fluidos de corte com propriedades diferentes, além da usinagem a seco. O grafeno adicionado a estes fluidos mostra uma alteração na temperatura adquirida. O primeiro modelo simplificado proposto se refere à aquisição dos dados da usinagem a seco do INCONEL 718.

Palavras chave: Microfresamento, Temperatura, Simulação Numérica, Grafeno

1. INTRODUÇÃO

A geração de calor devido ao atrito é um problema comum nos diversos processos de usinagem. Entretanto, a determinação da temperatura na interface cavaco-ferramenta torna-se extremamente complicada devido ao fato de ser uma zona de altíssima pressão, e o processo da formação do cavaco ser um processo dinâmico.

Chen (1996) avaliou a influência da seção circular da broca no aumento da temperatura a partir de uma modelagem numérica do problema térmico na ferramenta. A abordagem numérica usa uma aproximação variacional do método de elementos finitos em um modelo térmico 3D-transiente. Para a solução do modelo térmico, três hipóteses são consideradas para as condições de contorno da broca: fluxo de calor conhecido na região de corte, temperaturas conhecidas em determinada posição da broca e isolamento em regiões afastadas.

Usando o mesmo procedimento, Shen *et. al.* (1997) modelam numericamente uma broca para a análise de influência da forma da broca e da velocidade de corte w taxa de alimentação na distribuição de temperatura na ferramenta durante a furação. Analogamente ao trabalho anterior, Shen *et. al.* (1997) consideram o fluxo de calor conhecido para o cálculo das temperaturas do problema direto. Nesse caso, porém, são inseridos termopares na peça em posições o mais próximo possível da interface de corte. O modelo desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta útil na escolha de parâmetros de furação ressaltando-se as condições particulares onde o fluxo de calor gerado na broca pode ser usado. As mesmas observações podem ser feitas no trabalho de Shatla e Altan (2000) que usaram um modelo analítico para prever a temperatura na lâmina de corte de acordo com o ângulo de entrada e velocidade de corte. Nayeibi *et. al.* Aborda o mesmo modelo analítico, porém modelo direto permite prever o sentido do fluxo do cavaco, o comprimento de contato entre o cavaco e a ferramenta e a distribuição de temperatura na interface cavaco-ferramenta que tem um efeito importante no desgaste da ferramenta.

O trabalho a seguir tenta utilizar os mesmos princípios, porém para o processo de fresamento em escala “micro”.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O processo de microusinagem possui várias particularidades não encontradas nos processos convencionais de usinagem, por exemplo o controle da temperatura no ambiente de usinagem. A máquina utilizada no processo de micro fresamento possui dimensões reduzidas e está apoiada em uma base de granito para garantir rigidez ao sistema. O conjunto é montado em uma mesa inercial para absorção de vibração do ambiente externo. A sala de testes possui dimensões reduzidas, sendo utilizado um equipamento de ar condicionado para climatização do ambiente de trabalho durante realização de testes. A amostra a ser usinada, após presa à morsa, passa pelo processo de retificação para garantir o perpendicularismo entre a superfície a ser usinada e a ferramenta de corte.

A ferramenta selecionada é uma ferramenta de metal duro com duas arestas de corte, diâmetro de 318,0 μm , revestida com nitreto de titânio (TiN). Como parâmetros de corte foram selecionados os seguintes valores: avanço (f) 15,0 mm/min, rotação da ferramenta 12.000 RPM, profundidade de corte (a_p) 30,0 μm

Termopares tipo K são soldados à superfície da peça por meio de um circuito capacitivo. Após soldado, o termopar possui aproximadamente 318 μm de diâmetro, dimensão próxima do diâmetro da ferramenta de corte. A ferramenta percorre uma trajetória linear, usinando exatamente em cima do termopar fixado à superfície do corpo de prova. À medida que a ferramenta se aproxima do termopar, espera-se que haja um aumento crescente da temperatura até um valor máximo, onde a ferramenta passa pelo termopar e este volta a marcar a temperatura ambiente, pelo fato de não estar mais em contato com a peça (Fig. 1).

Os resultados de temperatura utilizando diferentes fluidos de corte durante o processo de microfresamento segue mostrado na seção seguinte (Fig. 2). Dois tipos de fluidos diferentes foram utilizados nos experimentos, e os mesmos fluidos adicionados de grafeno. Para os fluidos de corte, foram utilizados uma emulsão água+óleo (Vasco 1000) na concentração de 8,0% e um óleo sintético.

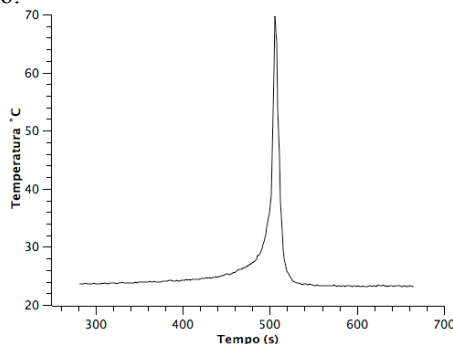


Figura 1 - Perfil de temperatura na usinagem a seco do INCONEL 718

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E NUMÉRICOS DE TEMPERATURA.

A análise térmica de processos de micro usinagem é um procedimento pouco estudado. A partir da experimentação apresentada na metodologia acima, alguns resultados da variação da temperatura num termopar colocado na superfície do corpo de prova estão apresentados na Fig. 2 abaixo.

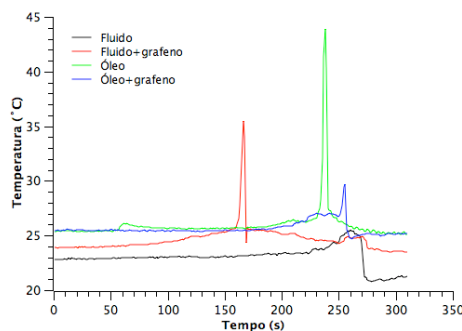


Figura 2 - Perfis de temperatura na usinagem do INCONEL 718 com a utilização de diferentes fluidos de corte

Estes resultados são o ponto de partida para uma tentativa de modelar o fenômeno térmico do problema, assim, um modelo simples foi estudado.

O modelo térmico proposto consiste em colocar um cubo que representa a ferramenta com dimensões (318x318x30 μm) e propriedades térmicas de uma ferramenta de corte genérica (M3 type2). Este corpo, que simula a ferramenta, está incrustado em um outro cubo, que simula o corpo de prova, de dimensões (10x10x5mm) e de propriedades térmicas do INCONEL 718. Além disso, no contato inferior entre a ferramenta e o corpo de prova foi colocado um fluxo de calor ($43 \times 10^{10} \text{ W/m}^3$) que simula o calor gerado pelo corte, o corpo está sujeito a convecção térmica de $5 \text{ W/m}^2\text{K}$ e temperatura inicial de 30°C . O problema foi simulado para um tempo de 60s usando o software COMSOL. Os resultados de temperatura simulada foi retirado em 4 posições diferentes (como mostra a Fig. 3). A posição T1 é na superfície do corpo de prova e representa o momento em que a ferramenta passa e rompe o termopar. A posição T2 é o contato da aresta da base da ferramenta com o corpo de prova. A posição T3 é o centro da superfície superior da ferramenta. A posição T4 é um ponto na peça imediatamente depois o fluxo de calor na mesma direção do ponto T3. A Fig. 4, abaixo apresenta o modelo gerado para simulação.

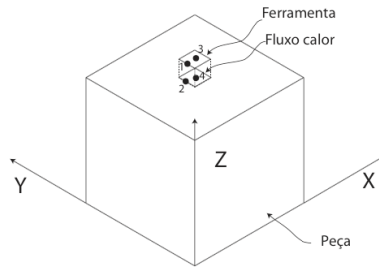


Figura 3 - Posicionamento dos termopares na simulação numérica

A temperatura T1 é a mais baixa pois está sujeita à convecção da superfície do corpo de prova. Além disso, o corpo de prova absorve o calor vindo da ferramenta o que também contribui com o decaimento da temperatura. A temperatura T2 não está sujeita a convecção, assim sua temperatura é ligeiramente maior que a temperatura medida em T1. As temperaturas T3 e T4 são muito semelhantes pois o calor inserido no problema é suficiente para uniformizar a temperatura da ferramenta que tem volume muito pequeno.

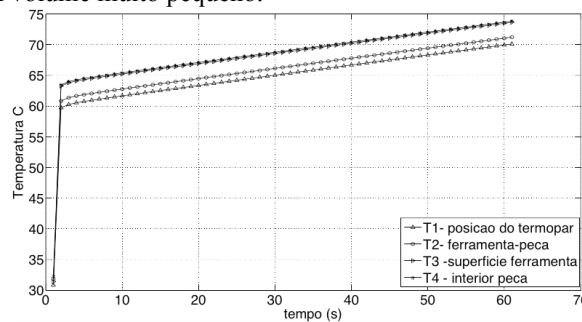


Figura 4 - Resultado do modelo numérico para situação apresentada na Fig. 1

4. REFERÊNCIAS

CHEN, W-C. Effect of the Cross-Sectional Shape Design of a Drill Body on Drill Temperature Distributions. Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol 23, No 3. Pp 355-366, 1996.

SHEN Q., LEE T. C., LAU W. S. A Finite-Element Analysis of Temperature Distributions in Spade Drilling. Journal of Materials Processing Technology. 66, 112-122, 1997.

SHATLA M., ALTAN T., Analytical Modeling of Drilling and Ball End Milling. Journal of Materials Processing Technology 98, 125-133, 2000.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.