

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DOS CAMPOS TÉRMICOS EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO USANDO TÉCNICAS DE PROBLEMAS INVERSOS

Fábio de P. Neves, Pedro G. da Cunha Jr., Solidônio Rodrigues de Carvalho e Gilmar Guimarães

UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica LTCM – Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos - Bloco 1M - Campus Santa Mônica

Av. João Naves de Ávila, 2121. CEP 38400-902. Uberlândia – MG

E-mail para correspondência: pedrogcjr@gmail.com

Introdução

A determinação da distribuição de temperatura é um problema de grande importância nos processos de fabricação mecânica, visto que através de seu conhecimento pode-se: i) evitar o aparecimento de trincas térmicas; ii) aumentar a vida útil da ferramenta; iii) auxiliar na seleção do material da ferramenta de corte; iv) estudar a influência de fluidos de corte ou; v) estudar a influência de revestimentos.

Porém, a resolução de problemas de condução de calor por métodos analíticos é de difícil solução devido às geometrias complexas, às condições de contornos e às propriedades térmicas que dependem da temperatura. Uma forma encontrada para a resolução destes problemas de forma eficiente e rápida é o uso de métodos numéricos no desenvolvimento de aplicativos computacionais que beneficiam-se da atual velocidade de processamento computacional.

Objetivos

Em um primeiro momento, este trabalho visou o desenvolvimento de um software acadêmico que possui as seguintes capacidades: i) resolução do problema direto de transferência de calor; ii) simulação do comportamento térmico e; iii) a resolução do problema inverso de transferência de calor em ferramentas de fabricação. O desenvolvimento deste software visou além da aplicações em pesquisas, a utilização didática no ensino da disciplina de condução de calor na graduação em Engenharia Mecânica da UFU.

Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho busca desenvolver um algoritmo computacional que possibilite a resolução de problemas de condução de calor e a obtenção dos campos térmicos em modelos sólidos tridimensionais submetidos a fluxo de calor q'' em uma superfície e as demais expostas à convecção, conforme mostrado na fig. 1.

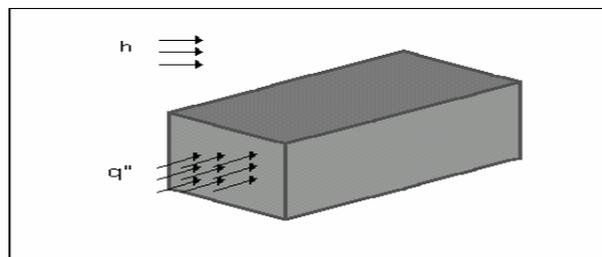


Figura 1 – Modelo térmico tridimensional

O trabalho foi dividido em duas partes. A primeira consistiu na implementação do modelo direto e a segunda na do método inverso. No intuito de comparar os resultados obtidos pelo software e aqueles experimentais desenvolveu-se um algoritmo para geração de uma malha que se adaptasse à posição dos termopares previamente colocados na amostra. Nesse caso, o algoritmo gera uma malha tridimensional não-uniforme adaptativa.

Para a solução do problema direto de transferência de calor usou-se o método de diferenças finitas. A idéia básica deste método é substituir as derivadas parciais da equação diferencial de condução de calor

mostrada na Eq.(1) por aproximações baseadas em expansões das séries de Taylor na região dos pontos de interesse. Os coeficientes A,B,C,D e E serão considerados 0 ou 1 dependendo da região de estudo do modelo.

$$A. \frac{\partial^2 T(x, y, z, t)}{\partial x^2} + B. \frac{\partial^2 T(x, y, z, t)}{\partial y^2} + C. \frac{\partial^2 T(x, y, z, t)}{\partial z^2} - D.(T - T_{\infty}) + E. \frac{q''(x, y, z, t)A_{xy}}{\lambda \times V} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial t} \quad (1)$$

A Eq.(1) em sua forma discretizada representa um sistema de equações lineares, $Ax=B$, que é resolvido de forma implícita e recursivamente em relação ao tempo. Tais equações são obtidas através de um balanço de energia em cada nó da malha, considerando o seu domínio e o contorno. No sistema linear, a matriz A representa os coeficientes das equações, x a matriz coluna dos resultados e B, a matriz dos termos independentes. Para a resolução do sistema linear, aplica-se o método iterativo S.O.R (Solver Over Relaxation). Obtidas as temperaturas, o algoritmo gera arquivos para a simulação.

A técnica de problemas inversos é implementada para obtenção do fluxo térmico a partir de temperaturas medidas experimentalmente. Aplicando-se o método de otimização Seção Áurea busca-se minimizar uma função erro definida pelo quadrado da diferença entre as temperaturas experimentais (Y) e as temperaturas calculadas pelo modelo direto (T). Ou seja, minimiza-se a função F definida por

$$F = \sum_{i=1}^{nterm} [Y(x, y, z, t_i) - T(x, y, z, t_i)]^2 \quad (2)$$

Resultados

Com o objetivo de se validar o algoritmo, realiza-se uma simulação que por sua vez é comparada com dados obtidos na literatura (Incropera e Dewitt, 2003). Na tabela 1, estão mostrados os dados comparativos.

Tabela 1 – Temperaturas obtidas pelo modelo tridimensional desenvolvido na face frontal. Comparação com dados da literatura (Incropera e Dewitt, 2003).

Tempo [seg]	Incropera e Dewitt, 2003 [°C]	T _{simulada} [°C]	Erro %
0	20	20	0
24	52,4	52,36	0,07
48	74	73,94	0,08
72	90,2	90,126	0,08
96	103,4	103,314	0,08
120	114,7	114,654	0,04

A Fig. 2 apresenta uma seqüência da simulação de um estudo de caso.

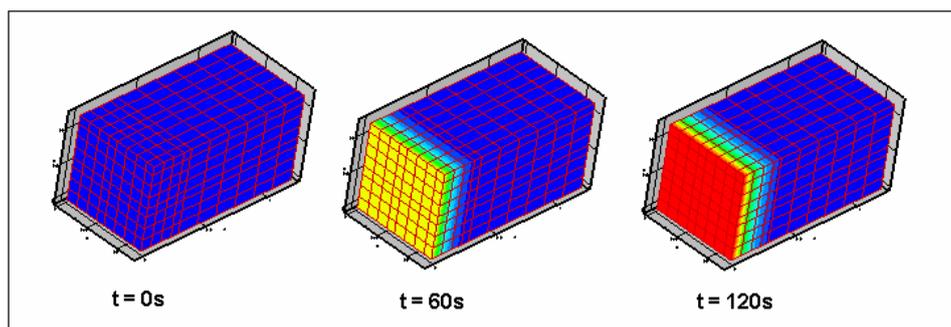


Figura 2 – Distribuição da temperatura no modelo tridimensional.

Conclusões

Os resultados obtidos se apresentaram satisfatórios possibilitando a utilização do software para os fins propostos.

Atualmente, o programa se encontra em fase de adaptação para a o estudo de novos casos, tendo como perspectiva futura o uso do software na simulação de processos de furação.

Referências Bibliográficas

Incropera, F.P. e Dewitt, D.P., "Fundamentos de transferência de Calor e Massa", Editora LTC-Livros Técnicos e Científicos, 5a. Edição, 2003.