

CÁLCULO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS SÓLIDOS UTILIZANDO UM DISPOSITIVO DE PLACA QUENTE COMPENSADA

Ruy Baptista Ferrarezi e André Luiz Seixlack

UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Brasil, 56, Bairro Centro, Caixa Postal 31, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP

E-mail para correspondência: ruyferrarezi@yahoo.com.br

Introdução

Engenheiros projetistas necessitam com muita frequência de dados das propriedades térmicas de diferentes tipos de materiais. Dependendo do material a ser usado, grande parte destes dados não está disponível na literatura e medições precisam ser realizadas. O presente trabalho visa a determinação experimental de um desses parâmetros: a condutividade térmica de materiais sólidos, k [W/mK], que permite o cálculo da taxa de transferência de calor pelo processo de difusão, condução de calor. Essa propriedade depende da estrutura física, atômica e molecular da matéria.

É possível quantificar o processo de transferência de calor em termos de equações de taxas apropriadas. As equações podem ser usadas para calcular a energia transferida por unidade de tempo. Para o cálculo do fluxo de calor transferido por condução, q_x'' [W/m²], através de um meio contínuo, isotrópico e homogêneo, a equação é conhecida por *lei de Fourier* e é representada na sua forma unidimensional por,

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

na qual T é a temperatura [K], k é a condutividade térmica do material e x [m] é a posição ao longo do meio. O sinal negativo na Eq. (1) é uma consequência do fato de que o calor é transferido no sentido da redução de temperatura. Segue-se então que, para um gradiente de temperatura definido, o fluxo de calor por condução aumenta com a elevação da condutividade térmica. A lei de Fourier escrita na forma da Eq. (1) mostra que o fluxo de calor é uma grandeza direcional. Em particular, a direção de q_x'' é normal à seção reta de área A [m²], ou, de forma mais geral, a direção do fluxo térmico será sempre normal à superfície de temperatura constante, denominada superfície isotérmica.

Os diferentes métodos de medição da condutividade térmica são regidos pela solução da equação da condução de calor em sólidos homogêneos e isotrópicos (vide Incropera e DeWitt, 2003), sujeita às condições iniciais e de contorno. Esses métodos dividem-se em duas classes: métodos no regime transiente e métodos no regime permanente. Uma análise detalhada sobre a determinação da condutividade térmica é apresentada por Tye (1969). No caso específico de uma placa plana unidimensional, de espessura L , cujas superfícies laterais, esquerda e direita, estejam, respectivamente, sujeitas às temperaturas T_1 e T_2 , sendo $T_1 > T_2$, em condições de regime permanente e sem geração de energia na placa $q''' = 0$, a distribuição de temperatura ao longo da placa $T(x)$, será linear. Essa particularidade é empregada no presente trabalho para a determinação da condutividade térmica em materiais sólidos.

Objetivos

- Medir a condutividade térmica de materiais sólidos e comparar os valores medidos com aqueles disponíveis na literatura e/ou determinar a condutividade térmica de materiais cujos valores não estejam disponíveis na literatura ou que sejam pouco confiáveis;
- Analisar a transferência de calor por condução em materiais sólidos.

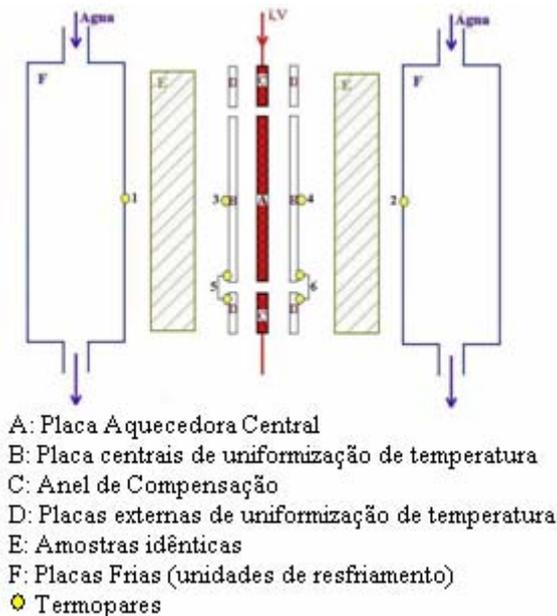


Figura 1 – Esquema do dispositivo.

Metodologia

A construção do módulo experimental baseia-se no projeto apresentado por Obert e Gyorog (1976) e no procedimento do ANSI/ASTM C 177-76. O método se aplica para a medição, em regime permanente, da condutividade térmica de materiais sólidos. Para isso coloca-se uma amostra em forma de placa plana, entre uma placa quente e uma placa fria formando um “sanduíche”, em condições tais que o fluxo de calor que atravessa a amostra seja unidirecional. Em condições de regime permanente, a condutividade térmica é calculada pela medição do fluxo de calor e do gradiente médio de temperatura ao longo da amostra. A amostra do material é colocada entre a placa aquecida e uma placa fria ficando sujeita à diferença de temperatura, medida por meio de termopares. O fluxo de calor através da amostra é obtido a partir da energia gerada para manter constante a temperatura da placa quente. O calor gerado provém da dissipação de energia elétrica em uma resistência embutida na placa quente. Na Figura 1 mostra um esquema da montagem do equipamento.

Resultados

Para testar o equipamento construído foram realizados alguns ensaios usando-se duas amostras de acrílico medindo 0,3 x 0,3 m e com espessura de 0,01 m. A área usada para o cálculo foi aquela da placa aquecedora central 0,196 x 0,196 m, no qual o fluxo unidimensional está garantido. As temperaturas da placa aquecedora e das placas frias foram medidas por termopares tipo T. Os resultados obtidos são apresentadas na Tab. 1, no qual os subíndices “e” e “d” referem-se às amostras colocadas respectivamente dos lados esquerdo e direito da placa aquecedora.

Tabela 1 - Temperaturas em regime permanente.

Medida	Potência por amostra [W]	(T_3-T_1) [°C]	k_e [W/mK]	(T_4-T_2) [°C]	k_d [W/mK]
1	1,10	1,92	0,149	2,13	0,135
2	2,48	3,27	0,197	3,48	0,185
3	4,40	4,63	0,247	4,60	0,249
4	5,68	7,32	0,202	7,76	0,190
5	6,30	10,68	0,153	10,69	0,153

Por meio dos dados da Tab.1 obtém-se o valor médio da condutividade térmica de $k_{\text{médio}} = 0,186 \text{ W/mK}$.

Conclusão

Considerando que a condição de fluxo de calor unidimensional foi garantida, o valor da condutividade térmica obtido é bastante próximo daquele encontrado na literatura, que é de 0,184 W/mK (Incropera & DeWitt, 2003), apresentando uma diferença percentual de 1,09%. Novas medições serão realizadas incluindo amostras de materiais diferentes, procurando-se reduzir a discrepância entre os valores da condutividade térmica obtidos experimentalmente, quando diferentes potência são aplicadas. Os resultados preliminares obtidos são promissores e demonstram que o aprimoramento do módulo experimental poderá torná-lo confiável para a realização de medidas da condutividade térmica em materiais sem referência na literatura.

Referências Bibliográficas

- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., “Fundamentos da Transferência de Calor e Massa”, LTC Editora, 5ª edição, Rio de Janeiro, 2003.
- ANSI/ASTM C 177-76 , “Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate”, 1976.