

CONSTRUÇÃO DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EM ISOLANTES

Claudio Antunes Junior¹
Marilise Cristine Montegutti²
Tiago Luis Haus³

INTRODUÇÃO

A condutividade térmica, a difusividade térmica e o calor específico, conhecidas como propriedades térmicas, são as três propriedades físicas mais importantes de um material – do ponto de vista de cálculos térmicos. Essas propriedades são observadas quando o calor é adicionado ou removido do material, e se tornam importantes em qualquer projeto que precise funcionar em um ambiente térmico.

A condutividade térmica é uma das propriedades físicas mais importantes de um material. A sua determinação experimental apresenta algumas dificuldades e requer alta precisão na determinação dos fatores necessários para o seu cálculo. Muitos pesquisadores preferem medir a difusividade, e a partir dela calcular a condutividade térmica do material. Hoje são conhecidos vários métodos para a determinação da condutividade térmica e da difusividade térmica de um material.

Neste trabalho será realizada a construção de um equipamento capaz de auxiliar na determinação da condutividade térmica de isolantes, para que seja possível verificar a eficiência dos isolantes e assim evitar o mal dimensionamento deles.

¹ Aluno do 10º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Voluntário do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: cantunes.j@gmail.com

² Aluna do 10º período do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: marilisemontegutti@hotmail.com

³ Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Professor e Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da FAE Centro Universitário. *E-mail*: tiago.haus@fae.edu

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A transferência de calor analisa a taxa de transferência de calor, a distribuição de temperatura de um sistema e a natureza da transferência como a condução, a convecção e a radiação (KAPUNO; RATHORE, 2011).

1.1.1 Condução

A condução caracteriza-se como a transferência de energia por meio das partículas mais energizadas da substância para as partículas menos energizadas e pode ocorrer em sólidos, líquidos e gases (ÇENGEL, 2014).

1.1.2 Convecção

A transferência por convecção ocorre entre a superfície de um sólido, líquido ou gás com o fluido em movimento, e quanto mais rápida a movimentação dos fluidos, maior é a transferência de calor (ÇENGEL, 2014).

1.1.3 Radiação

A radiação é um fenômeno volumétrico, no qual todos os sólidos, líquidos e gases emitem, absorvem ou transmitem a radiação, e a energia é emitida por ondas eletromagnéticas, resultando na mudança da configuração eletrônica dos átomos ou moléculas (ÇENGEL, 2014).

1.2 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica é uma propriedade de transporte específica de cada material que indica a taxa em que a energia é transferida por meio do processo de difusão. Também pode ser interpretada como a taxa de transferência de calor por meio da espessura do material pela unidade de área e diferença de temperatura (INCROPERA, 2008; KAPUNO; RATHORE, 2011).

Um alto valor para a condutividade térmica indica que o material é um bom condutor de calor, enquanto um baixo valor mostra que o material é um mau condutor ou um isolante (ÇENGEL, 2014).

1.3 SISTEMAS RADIAIS

Nos sistemas cilíndricos e esféricos existem diferenças de temperaturas somente na direção radial (INCROPERA, 2008).

Para o cilindro, utilizando como base a lei de Fourier, é possível utilizar a Equação 1 para expressar a taxa de transferência de calor (INCROPERA, 2008).

$$q_r = \frac{(T_i - T_e)}{R_{total}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

q_r = fluxo de calor radial [W];

T = temperatura [K];

R_{total} = somatório das resistências térmicas [K/W].

É possível transformar as fórmulas da condução e convecção em fórmulas para serem calculadas como um circuito em série de resistências térmicas, sendo elas as Equações 2 e 3.

Para a condução:

$$R_{T,COND} = \frac{h (r_2 / r_1)}{2 \times \delta \times L \times k} \quad (\text{Equação 2})$$

Para a convecção:

$$R_{T,CONV} = \frac{1}{(2 \times \delta \times r_2 \times L) \times h} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

$R_{T,COND}$ = resistência térmica condução [K/W];

$R_{T,CONV}$ = resistência térmica convecção [K/W];

L = comprimento do tubo [m];

r = raio do cilindro [m];

k = condutividade térmica do material [W/m · K];

h = coeficiente convectivo [W/m² · K].

1.4 ISOLANTES TÉRMICOS

Isolantes térmicos são materiais ou combinações de materiais utilizados para minimizar o fluxo de calor dos sistemas, reduzindo a condução, a convecção e a radiação (KAPUNO; RATHORE, 2011).

Os materiais para isolantes térmicos precisam ter uma condutividade térmica baixa, serem inertes quimicamente, estáveis dimensionalmente e serem de fácil aplicação na superfície (KAPUNO; RATHORE, 2011).

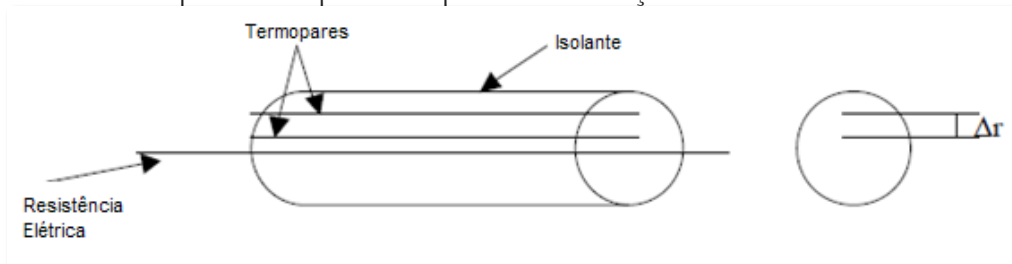
A propriedade mais importante a ser considerada na seleção de um material para isolante é a efetividade da condutividade térmica (ÇENGEL, 2014).

1.5 MÉTODO MODIFICADO DO FIO QUENTE

De acordo com o princípio do método, quando um diferencial de potencial é aplicado através da amostra por meio da resistência elétrica, será produzido calor e este será transmitido através da amostra (KULKARNI; VIPULANANDAN, 2015).

O experimento (FIG. 1) consiste em um circuito elétrico composto por uma fonte, um amperímetro, um voltímetro, uma resistência elétrica (Ni-Cr), termopares e a amostra (KULKARNI; VIPULANANDAN, 2015).

FIGURA 1 – Esquema do experimento para a determinação da condutividade térmica



FONTE: Kulkarni e Vipulanandan (2015, p. 2)

A amostra é moldada em formato cilíndrico com a resistência elétrica no seu interior, e os termopares são colocados nos lados para medir o gradiente de temperatura. Após isso, é aplicado o diferencial de potencial, gerando as mudanças de temperatura, corrente e voltagem (KULKARNI; VIPULANANDAN, 2015).

2 METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma pesquisa exploratória por meio da construção e aplicação de um experimento para auxiliar no levantamento das variáveis para cálculo

da condutividade térmica de alguns isolantes. A aplicação do experimento e cálculo da condutividade térmica será demonstrada no trabalho *Análise comparativa da eficiência de isolantes térmicos*, elaborado pelo aluno Claudio Antunes Junior do curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário.

2.1 CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO

A construção do equipamento se baseou no seguinte procedimento:

A escolha do material foi realizada com base nos dados de suas propriedades mecânicas, como a facilidade para usinar e soldar, e a condutividade térmica.

O cilindro que foi utilizado é de aço carbono, com as medidas: comprimento de 375 mm, espessura de 2,5 mm e diâmetro externo de 61 mm. Além do cilindro, foram utilizadas duas chapas retangulares de tamanho 153 mm por 113,5 m. Após o corte, foi realizada a soldagem das chapas no cilindro, uma em cada extremidade. Estas não foram soldadas no centro, porque deixamos uma altura de 83 mm com o objetivo de deixar o tubo elevado, utilizando-as como base. Em uma das extremidades do cilindro foi realizado um furo com diâmetro de 30 mm na chapa para que fosse possível inserir a resistência elétrica e o termopar no seu interior de forma que não ocorresse o contato direto entre os dois. Essa construção foi realizada no laboratório da FAE Centro Universitário, com o auxílio do técnico responsável do laboratório.

Foi adquirida uma resistência elétrica tipo cartucho a qual foi adaptada para poder conectar diretamente na tomada.

Por fim, o termopar tipo J foi adquirido com o terminal tipo forquilha, acarretando na necessidade de utilizar as garras tipo jacaré para conectá-lo ao multímetro, que estava configurado para medir tensão contínua na escala de mili voltagem.

3 ANÁLISE DE DADOS

Para a elaboração do equipamento, a intenção inicial era realizar a usinagem de uma esfera oca de alumínio com 180 mm de diâmetro e 15 mm de espessura no laboratório da FAE Centro Universitário, entretanto, quando foi realizado o orçamento com os possíveis fornecedores do alumínio, constatou-se que o custo do material estava fora da alçada dos integrantes da equipe, já que seriam necessários outros itens para a construção. Além da tentativa da compra e posterior usinagem da esfera, foi realizado o orçamento para a compra da esfera oca já usinada, contudo ela também apresentou um alto valor para ser adquirida. Então, o aluno Claudio Antunes Junior conseguiu na

empresa em que trabalha o cilindro e as duas chapas que foram empregadas para a construção do equipamento.

A resistência tipo cartucho e o termopar tipo J foram adquiridos por meio da compra direta com fornecedores de Curitiba.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a construção do equipamento com o objetivo de realizar testes com isolantes térmicos é necessário levar em consideração algumas dicas: o material para o corpo e para a base do equipamento deve ter boa condutividade térmica e ser simétrico, para que esses fatores não interfiram no fluxo de calor. A resistência elétrica deve ter uma potência que seja suficiente para aquecer o material do corpo do equipamento. O termopar deve ter sua faixa de temperatura de trabalho próxima à temperatura que a resistência é capaz de alcançar para ter medidas mais precisas.

Após a construção, será realizada a aplicação do equipamento, sendo esta realizada com cinco tipos de isolantes térmicos, que são: Duralfoil AL1, Lã de Rocha Aluminizada, Painel de Lã de Rocha PSE-48, Manta de Fibra Cerâmica e Manta de Lã de Vidro Costurada.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A. **Heat and mass transfer: fundamentals & applications**. 5th. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

_____. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

CHUNG, D. D. L. **Applied materials science: applications of engineering materials in structural, electronics, thermal, and other industries**. New York: CRC Press, 2001.

GECOMP. Disponível em: <<http://www.gecomp.com.br/gefran.asp>>. Acesso em: 13 maio 2015.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KAPUNO, R. R. A.; RATHORE, M. M. **Engineering heat transfer**. 2nd. ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2011.

KULKARNI, S. P.; VIPULANANDAN, C. **Thermal conductivity of insulators**. Disponível em: <http://www2.egr.uh.edu/~civeb1/CIGMAT/03_poster/10.pdf>. Acesso em: 26 out. 2015.

VAMAPAL. **Manta costurada**. Disponível em: <<http://www.vamapal.com.br/manta-costurada>>. Acesso em: 15 maio 2016.

