

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM APARATO PARA DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS METÁLICOS SÓLIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO FLUXIMÉTRICO

Cristiano Pessotti Del Carro (cristiano.pessotti@gmail.com)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

Luciano Wotikoski Sartori (luciano16sartori@hotmail.com)

Aluno de graduação do curso Engenharia Mecânica.

Vital Pereira Batista Junior (vital@fsjb.edu.br)

Professor de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

RESUMO

A determinação e o conhecimento dos fatores que influenciam na condutividade térmica de materiais metálicos são de suma importância para a Engenharia, pois é frequente sua aplicação em equipamentos sujeitos à elevada taxa de transferência de calor. Contudo, no contexto nacional poucos laboratórios de engenharia dispõem do aparato necessário para estudar tal propriedade. Por conseguinte, o presente trabalho dedica-se a desenvolver e a validar um aparato experimental de baixo custo, cuja finalidade é determinar a condutividade térmica de corpos metálicos através do método Fluximétrico. Os valores da condutividade térmica encontrados, juntamente com o respectivo desvio padrão, estão próximos daqueles apresentados pela literatura e catálogo de fabricantes, sendo obtido $44,11 \pm 1,02$ W/m.K para o aço SAE 1020, $161,63 \pm 1,88$ W/m.K para o alumínio 6351 T6, $28,40 \pm 1,56$ para o ferro cinzento FC200 e $82,90 \pm 3,31$ W/m.K para o latão 360, valores estes confiáveis e precisos conforme verificou pela repetibilidade apresentada pelo aparato.

PALAVRAS-CHAVE: Método fluximétrico. Condutividade térmica.

1 – INTRODUÇÃO

No âmbito do desenvolvimento por novos materiais e no aprimoramento dos antigos, a fim de criar novas tecnologias e, por conseguinte, sua aplicação em projetos de engenharia, busca-se por conhecer de maneira confiável e precisa as propriedades que os caracterizam.

Dentre as propriedades termofísicas está a condutividade térmica que representa um importante critério de seleção do material sujeito a elevadas temperaturas e trocas térmicas. A condutividade térmica é uma propriedade do material na qual indica a taxa de transferência de energia térmica pelo processo de difusão. Esta habilidade de conduzir calor é fortemente influenciada pela pureza do material bem como, o seu estado físico e a temperatura na qual se encontra (ÇENGEL, 2012).

Simioni (2005) destaca que no Brasil poucos laboratórios dispõem do aparato necessário para analisar de maneira satisfatória tais propriedades. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal construir um aparato de baixo custo para determinar a condutividade térmica de materiais metálicos sólidos através do método Fluximétrico.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O método Fluximétrico vem sendo bastante difundido no meio acadêmico e industrial na determinação das propriedades térmicas de materiais metálicos ou de construção civil, devido sua praticidade na

montagem, baixo custo e rapidez na obtenção do regime permanente. Além da vantagem de determinar duas propriedades térmicas: condutividade térmica e a difusividade térmica do material (PINTO, 2015).

O princípio do método consiste na submissão de um corpo de prova a um fluxo de calor gerado a partir de uma placa quente, no qual atravessa um corpo metálico de composição química e condutividade térmica previamente conhecida com base na literatura ou catálogo de fabricante, denominado fluxímetro. Em sequência, o mesmo fluxo de calor irá atravessar o corpo de prova e será dissipado na placa fria.

Conhecendo-se a área transversal, o comprimento, o gradiente de temperatura no fluxímetro e em condições de regime permanente e unidimensional, é possível determina o valor do fluxo de calor através da Lei de Fourier, sendo, posteriormente, aplicado para o cálculo da condutividade térmica.

3 – METODOLOGIA DO TRABALHO

3.1 MATERIAIS

Foi avaliada a condutividade térmica de quatros materiais metálicos: Alumínio 6351 T6, Latão CLA 360, Aço 1020 e Ferro Cinzento FC200. O Cobre Eletrolítico com 99,9% de pureza foi adotado como fluxímetro para a montagem do equipamento. Tanto os corpos de prova, como o fluxímetro, foram usinados com o mesmo comprimento e diâmetro de 50 mm e 25,4 mm, respectivamente.

3.2 CIRCUITO TÉRMICO

O circuito termal (Figura 1), utilizado para medir a condutividade térmica, consta com a presença de um elemento de aquecimento (Fonte quente) por meio de resistência elétrica alimentado por uma fonte de energia, o fluxímetro que recebe o fluxo de calor, o corpo de prova e a fonte fria, dispositivo responsável para dissipar o calor. No fluxímetro e no corpo de prova foram fixados 3 termopares, espaçados igualmente para controle de temperatura. O circuito termal foi posicionado no interior de uma estrutura de madeira contendo isolamento. A madeira e o isolamento térmico servem para minimizar as fugas de calor radiais. No total foram realizados dezesseis ensaios, sendo quatro ensaios para cada amostra a fim de verificar a reprodutibilidade e a repetibilidade dos valores.

Figura 1 - Esquema do circuito para medir a condutividade térmica.

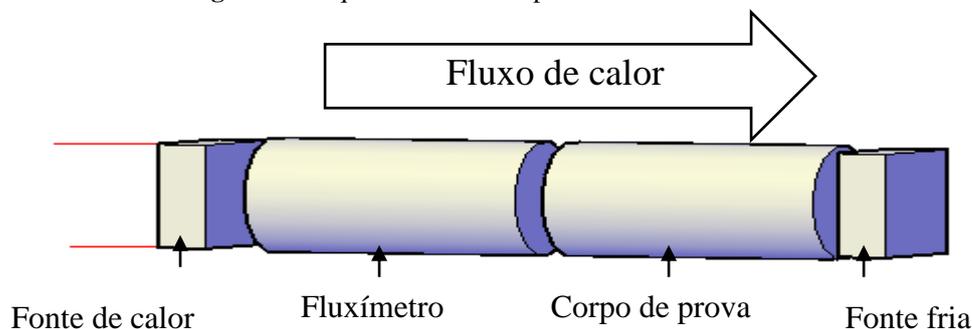


Figura 2- Esquema do aparato.

3.3 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Os gradientes de temperatura foram obtidos através de seis termopares do tipo K. A fixação dos termopares seguiu uma ordem de espaçamento. Os dados foram processados a cada dois segundos utilizando o Arduino Uno, juntamente com um módulo conversor de sinal analógico/digital MAX6675 de resolução 0,25°C, conectado a cada termopar.

Foi utilizado o Microsoft Excel para o monitoramento das temperaturas e a geração do gráfico, onde verificou-se a condição de regime permanente, bem como a obtenção do histórico de gradientes térmicos para cada ensaio. Após obter uma diferença de temperatura igual ou menor a 0,50°C em cada termopar foi considerado o regime como permanente. O perfil do gradiente térmico, tanto no fluxímetro como na amostra, e sua respectiva equação, foi determinado com base na média das últimas 400 leituras. Aplicando a Lei de Fourier, calculou-se o fluxo de calor (eq. 1) e a condutividade térmica do corpo de prova (eq. 2).

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

$$k = -\frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{A \cdot \frac{dT}{dx}} \quad (2)$$

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se que o aumento ou redução na T_{ma} dos diversos ensaios teve influência direta na condutividade térmica que, por sua vez, é afetada pela variação no fluxo de calor (INCROPERA, 2008). Houve uma ligeira variação entre os valores encontrados para a condutividade térmica nos ensaios, devido repetibilidade satisfatória ligados a um baixo desvio padrão (Tabela 1).

Tabela 1 – Média dos ensaios.

Material	T _{ma} (°C)	T _{mf} (°C)	q (W/m ²)	K (W/m.k)
Aço 1020	17,52	29,58	12437,18	44,10 ± 1,02
Alumínio 6351 T6	20,56	30,51	16370,91	161,63 ± 1,88
FC 200	24,37	34	8393,8	28,40 ± 1,56
Latão 360	27,18	36,44	14055,17	82,9 ± 3,31

Tabela 2 – Valores da condutividade térmica (W/m.K) comparado com a literatura.

Material	Presente Trabalho	Aquino	AlumiCopper	Brandão	Young
Aço 1020	44,11 (a 17,52°C)	51,2 (a 11,5 °C)	-	-	50,2 (a 20°C)
Alumínio 6351 T6	161,63 (a 20,56)	-	184,1 (a 25°C)	-	-
FC 200	28,4 (a 24,37°C)	-	-	50 (a 100°C)	-
Latão 360	82,9 (a 27,18°C)	103,8 (10,05°C)	-	-	109 (20°C)

Percebe-se que os valores encontrados no presente trabalho estão dentro da faixa de temperatura indicado pela literatura e catálogo de fabricante (Tabela 2) e, principalmente, a repetibilidade e reprodutibilidade dos testes garantem a utilização do aparato para medições dessa propriedade.

5 – CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- A repetibilidade dos valores de condutividade térmica com um desvio padrão máximo de 3,31, mostra a confiabilidade do aparato em reproduz resultados precisos e confiáveis.
- Os principais fatores na fuga de calor foram o fluxímetro de cobre e o metal ensaiado, sendo estes minimizados pelos equipamentos utilizados como Placa Fria do aparato.
- A diferença entre as temperaturas de medição da condutividade térmica do presente trabalho com aquelas indicadas pela literatura e catálogo de fabricante, resulta do gradiente térmico bem como, da influência da composição química do material.

6 – REFERÊNCIAS

1. SIMIONI, W. I. **Análise de erros na medição de condutividade térmica de materiais através do método fluximétrico**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
2. ÇENGEL, Y. A; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**. 4 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.
3. PINTO, P. R. F. **Medição de Propriedades Térmicas pelo Método Fluximétrico: desenvolvimento de equipamento**. 64f. Dissertação (Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
4. INCROPERA, F. P; DEWITT, D. P. **Fundamentos da transferência de calor de calor e massa**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.