

DESEMPENHO TÉRMICO DE UM TUBO DE CALOR UTILIZANDO PÓ DE COBRE SINTERIZADO COMO ESTRUTURA CAPILAR

Larissa Krambeck, larikrambeck@hotmail.com¹

Guilherme Antonio Bartmeyer, gabartmeyer@hotmail.com¹

Davi Fusão, davi@utfpr.edu.br¹

Paulo Henrique Dias dos Santos, psantos@utfpr.edu.br²

Thiago Antonini Alves, thiagoaalves@utfpr.edu.br¹

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC),

¹Câmpus Ponta Grossa, ²Câmpus Curitiba

Resumo: *Tubo de calor é um dispositivo passivo de transferência de calor utilizado em diversas aplicações devido a sua elevada capacidade de transferir calor por meio de um pequeno gradiente de temperatura. Neste trabalho foi realizada uma análise experimental do desempenho térmico de uma estrutura capilar de pó de cobre sinterizado para aplicações em tubos de calor. A estrutura capilar de metal sinterizado foi fabricada a partir do processo de sinterização, onde ocorre a fusão das partículas de pó originando um meio contínuo de escoamento. O fluido de trabalho utilizado foi água destilada com uma razão de preenchimento de 100% do volume do evaporador. O tubo de calor foi testado na posição vertical sob cargas térmicas crescentes compreendidas entre 5 W e 35 W. Os resultados experimentais mostraram que a estrutura sinterizada funcionou com sucesso, ou seja, a estrutura capilar é adequada para a aplicação em tubos de calor.*

Palavras-chave: *pó de cobre sinterizado, tubo de calor, estrutura capilar, desempenho térmico, experimental.*

1. INTRODUÇÃO

Tubo de calor é um dispositivo passivo de transferência de calor utilizado em diversas aplicações devido a sua elevada capacidade de transferir calor por meio de um pequeno gradiente de temperatura sem adição de energia (Reay *et al.*, 2014). Ele utiliza o calor da mudança de fase do fluido de trabalho, calor latente de vaporização, para realizar seu ciclo de operação, o que consome elevada energia na forma de calor, pois o coeficiente de transferência de calor associado aos processos de ebulição e condensação são altos (Kumaresan *et al.*, 2014).

De acordo com Groll & Rösler (1992), o tubo de calor é dividido geralmente em três regiões com funções específicas: evaporador, seção adiabática e condensador. O evaporador recebe energia na forma de calor por meio de uma fonte quente. A região adiabática, localizada entre o evaporador e o condensador, não realiza nenhuma troca térmica. E o condensador perde calor para uma fonte fria. Desta forma, o funcionamento de um tubo de calor é iniciado com a vaporização do fluido de trabalho na região do evaporador. Devido às diferenças de pressão, o vapor se move para o condensador do tubo de calor, onde o calor é perdido para a fonte fria. Neste processo de rejeição de calor, o vapor condensa e o condensado retorna ao evaporador, passando pela seção adiabática, fechando o ciclo de operação. O retorno do fluido de trabalho do condensador ao evaporador ocorre pelo efeito do bombeamento capilar, resultante do escoamento do fluido de trabalho pela estrutura capilar, que normalmente reveste a parede interna do tubo de calor. Desta forma, o tubo de calor pode operar em qualquer configuração de posicionamento entre o evaporador e o condensador (Faghri, 2014). A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do princípio de funcionamento de um tubo de calor na posição vertical. Maiores informações sobre o funcionamento dos tubos de calor podem ser encontradas em Chi (1976), Peterson (1994) e Reay *et al.* (2014).

A estrutura capilar é o elemento fundamental em um tubo de calor, pois promove o bombeamento capilar e o caminho para o escoamento do fluido de trabalho. Desta forma, ela influencia diretamente o desempenho térmico de um tubo de calor. A redução do tamanho do poro da estrutura porosa causa a baixa permeabilidade, que melhora a capacidade de bombeamento, responsável por superar a queda de pressão total dentro do tubo de calor. Por outro lado, a permeabilidade deve ser alta para reduzir a queda de pressão do líquido e obter uma maior capacidade de transportar calor (Elnaggar, 2014). Devido a esta dicotomia, inúmeros tipos de estrutura capilar, utilizando materiais diferentes e/ou estruturas compostas, vêm sendo desenvolvidos para melhorar o desempenho térmico dos tubos de calor (Reay *et al.*, 2014). As estruturas capilares mais utilizadas são as fabricadas por ranhuras, tela metálica, pó metálico sinterizado e/ou a combinação destas (Krambeck *et al.*, 2017a).

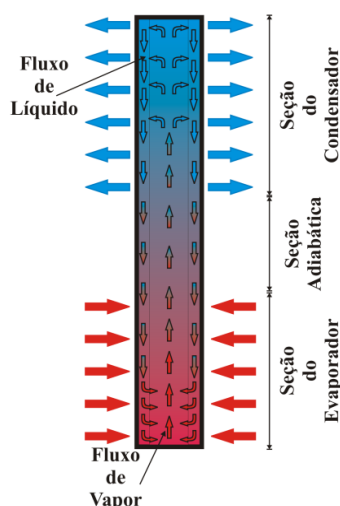


Figura 1. Diagrama esquemático do funcionamento de um tubo de calor operando na posição vertical.

Estruturas capilares de pó metálico sinterizado são feitas a partir do processo de sinterização, onde ocorre a fusão das partículas de pó originando um meio contínuo de escoamento. A sinterização é realizada com o aquecimento do tubo do invólucro com as partículas de pó alocadas internamente com auxílio de um mandril. Desta forma, as partículas de pó metálico sinterizam entre elas e na parede interna do tubo (German, 1994). O mandril-modelo é feito de um material especial para que seja removido facilmente após finalizado o processo. Estruturas capilares sinterizadas apresentam poros reduzidos e uma boa condutividade térmica (Khalili & Shafili, 2016). Os principais parâmetros que influenciam o processo de sinterização são: o tempo e a temperatura do processo, o tamanho das partículas e a atmosfera.

Neste contexto, no presente trabalho foi realizada uma análise experimental do desempenho térmico de um tubo de calor, contendo pó de cobre sinterizado como estrutura capilar, operando na posição vertical sob condições de carga térmica compreendida entre 5 W e 35 W. O fluido de trabalho utilizado foi água destilada com uma razão de preenchimento de 100% do volume do evaporador.

2. MATERIAIS & MÉTODOS

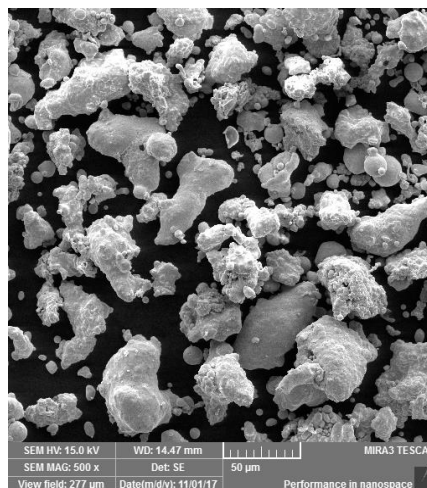
A metodologia utilizada na construção e nos testes experimentais do tubo de calor sinterizado foi realizada de acordo com as instruções fornecidas em Nishida (2016), Krambeck (2016), Santos *et al.* (2017) e Krambeck *et al.* (2017a, 2017b, 2017c).

2.1. Características do Pó Metálico de Cobre

A estrutura capilar sinterizada foi fabricada a partir de um pó de cobre fabricado por atomização – Fig. 2(a). Uma imagem microscópica das partículas de cobre, ampliação de 500x, obtida por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), é apresentada na Fig. 2(b). A composição química do pó metálico de cobre foi determinada por um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva Shimadzu™ EDX-7000 pertencente ao Laboratório de Engenharia de Materiais da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). O pó metálico é composto por 100% de cobre.



(a) fotografia



(b) imagem microscópica (MEV)

Figura 2. Pó Metálico de cobre utilizado.

2.2. Procedimento de Sinterização

O tubo de calor sinterizado foi fabricado a partir da sinterização de pó metálico de cobre em um tubo de cobre ASTM B-75 Liga 122 com diâmetro externo de 9,45 mm, um diâmetro interno de 7,75 mm e um comprimento de 250 mm. A estrutura capilar foi fabricada com o auxílio de mandris de barras de aço inoxidável AISI 304 com um diâmetro de 4,75 mm e, para manutenção da concentricidade, foram utilizados suportes em aço carbono SAE 1020 – Fig. 3.



Figura 3. Preparação do tubo de calor para a sinterização.

O aparato experimental utilizado no processo de sinterização da estrutura capilar foi composto por um forno tubular horizontal *Inti*TM FT-1200 com atmosfera controlada, um sistema de aquisição de dados *Agilent*TM 34970A e por um *notebook Dell*TM. O gás utilizado no controle de atmosfera foi uma mistura de 95% de Argônio e de 5% de Hidrogênio. Para avaliação da temperatura no interior do forno tubular foi utilizado um termopar *Omega Engineering*TM do tipo K. A Figura 4 apresenta o aparato experimental do procedimento de sinterização.



Figura 4. Aparato experimental do procedimento de sinterização.

O procedimento de sinterização foi realizado a uma taxa de aquecimento de 20°C/min, o tempo de permanência foi de 15 (quinze) minutos em uma temperatura de 800°C. Após o ciclo, o resfriamento ocorreu de forma natural até aproximadamente 450°C, quando a parte superior do forno foi aberta e convecção forçada de ar foi utilizada para acelerar o processo de resfriamento. A curva térmica do procedimento de sinterização, obtida pelo termopar instalado dentro do forno, é apresentada na Fig. 5.

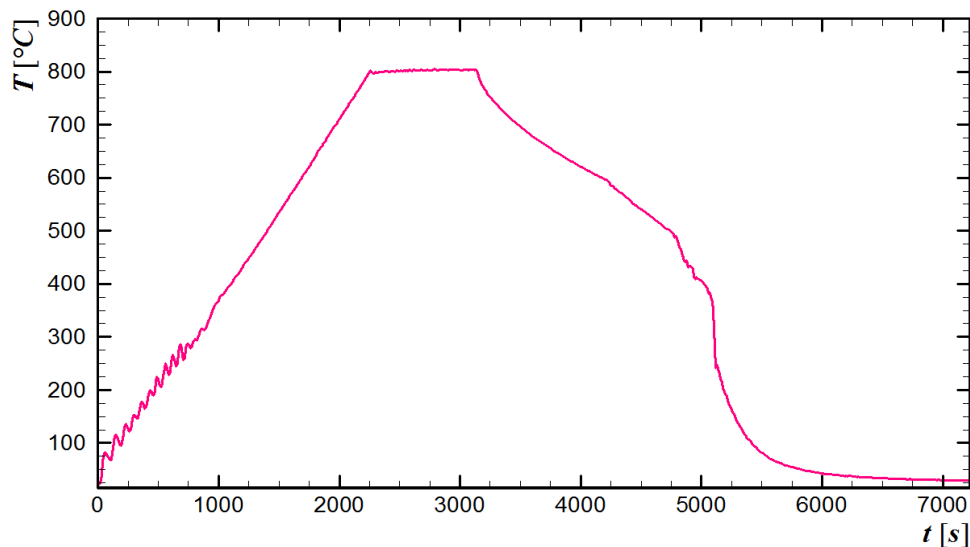


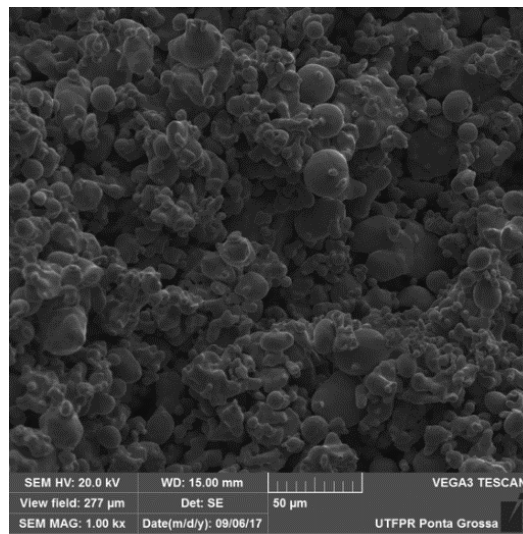
Figura 5. Curva do procedimento de sinterização.

2.3. Características da Estrutura Capilar Sinterizada

Uma fotografia da estrutura capilar através da sinterização de pó metálico de cobre em um tubo reto de cobre é apresentada na Fig. 6(a). Na Figura 6(b) é apresentada uma imagem microscópica da estrutura capilar sinterizada, com ampliação de 500x, obtida por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Esta estrutura capilar de pó de cobre sinterizado utilizada em aplicações de tubos de calor apresenta uma estrutura sólida com alta permeabilidade e com boa resistência mecânica (Bartmeyer *et al.*, 2017).



(a) fotografia



(b) imagem microscópica (MEV)

Figura 6. Estrutura capilar de pó de cobre sinterizado.

2.4. Características do Tubo de Calor Sinterizado

O tubo de calor sinterizado construído possui um comprimento total de 200 mm dividido em três regiões: um evaporador de 80 mm de comprimento, uma região adiabática de 20 mm de comprimento e um condensador de 100 mm de comprimento. O fluido de trabalho utilizado foi água destilada com razão de preenchimento de 100% do volume do evaporador. A Tabela 1 mostra as principais características do tubo de calor contendo pó de cobre sinterizado como estrutura capilar.

Tabela 1. Característica dos tubos de calor.

Parâmetro	Tubo de Calor
Diâmetro interno do tubo [mm]	7,75
Diâmetro externo do tubo [mm]	9,45
Comprimento do evaporador [mm]	80
Comprimento da região adiabática [mm]	20
Comprimento do condensador [mm]	100
Fluido de trabalho	Água destilada
Razão de preenchimento [%]	100
Quantidade do fluido de trabalho [mL]	2,42
Estrutura capilar	Pó de cobre sinterizado
Diâmetro interno da estrutura capilar [mm]	4,75
Espessura da estrutura capilar [mm]	1,50

2.5. Aparato Experimental

O aparato experimental utilizado para os testes experimentais do desempenho térmico do tubo de calor sinterizado, mostrado na Fig. 7, foi composto por uma fonte de alimentação *Agilent*TM U8002A, por um sistema de aquisição de dados *Agilent*TM 34970A contendo um módulo multiplexador *Agilent*TM 34901A com 20 canais, por um *nobreak* *NHS*TM 1200 VA, por um microcomputador *Dell*TM, por um suporte universal com garra e por um ventilador *Ultrar*TM DF12038HBL2.

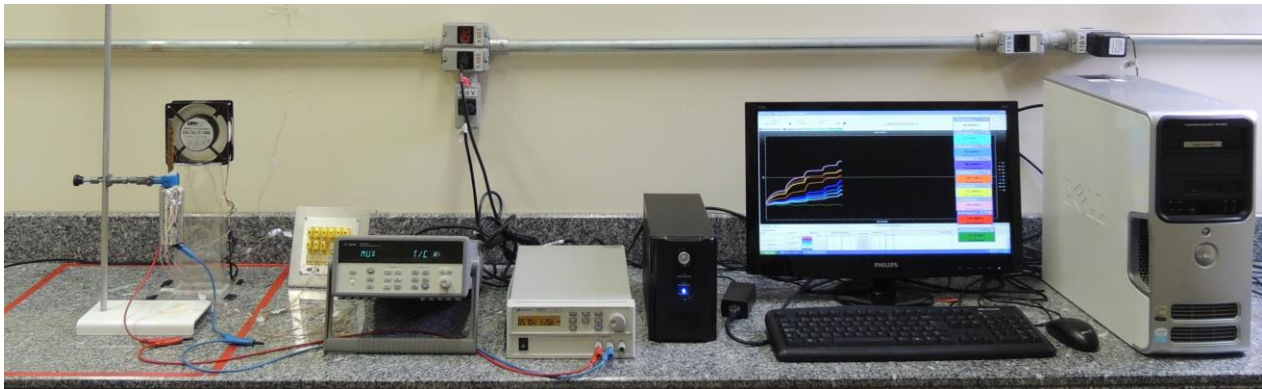


Figura 7. Aparato experimental.

Para avaliação da distribuição de temperaturas, foram utilizados termopares *Omega Engineering*TM do tipo K (*Chromega*TM-*Alomega*TM) fixados na superfície externa do dispositivo passivo de transferência de calor por meio de uma fita adesiva termosensível de poliamida resistente a altas temperaturas (*Kapton*TM). Três termopares foram fixados no evaporador, um termopar na seção adiabática e quatro termopares no condensador do tubo de calor sinterizado. A Figura 8 apresenta esquematicamente as regiões do tubo de calor e o posicionamento dos termopares.

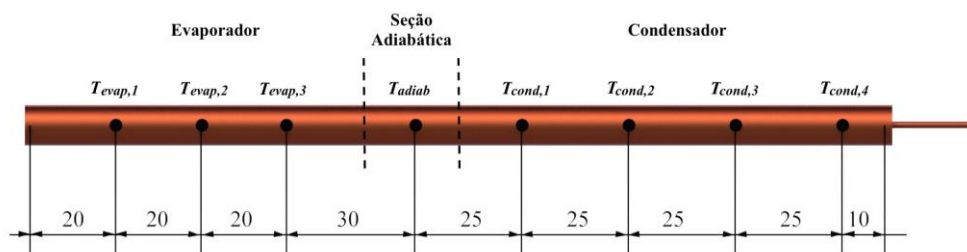


Figura 8. Regiões do tubo de calor sinterizado e o posicionamento do termopares.

O sistema de aquecimento do evaporador foi realizado pela dissipação de potência proveniente da passagem de uma corrente elétrica em uma fita resistiva de liga níquel-cromo (*Omega Engineering*TM) de 0,1 mm de espessura e 3,5 mm de largura. Para garantir que todo o calor gerado por efeito *Joule* fosse transmitido ao evaporador foram instalados nesta região um isolamento térmico aeronáutico e uma camada de poliuretano. Uma fita de fibra de vidro foi usada na seção adiabática como um isolante térmico entre o suporte universal com garra e o tubo de calor.

2.6. Procedimento Experimental

Para garantir um melhor resultado e a repetitividade dos testes experimentais, a temperatura do ambiente foi mantida em $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um sistema de condicionamento *Carrier*TM de capacidade de 36.000 BTU's. O tubo de calor sinterizado foi cuidadosamente fixado ao suporte universal com garra pela região adiabática e sua posição foi fixada na vertical. O ventilador foi ligado, posicionado na região do condensador e ajustado a uma velocidade de 5 m/s controlada por um potenciômetro e um anemômetro digital portátil *Itan*TM 720, com um erro combinado de $\pm 0,2$ m/s.

A potência inicial dissipada pela resistência elétrica foi de 5 W e, após aproximadamente 15 (quinze) minutos, era verificada se a condição de regime *quasi* permanente estava alcançada nos testes experimentais. Em caso positivo, a dissipação de potência era reajustada com um acréscimo de 5 W. O incremento de dissipação de potência foi feito até que a temperatura máxima do evaporador atingisse uma temperatura crítica de 150°C , onde a fusão dos materiais de colagem poderia ocorrer. Os dados foram coletados a cada 5 (cinco) segundos, gravados no microcomputador *Dell*TM através do software *Agilent*TM *Benchlink Data Logger* 3 e, posteriormente, tratados e analisados.

2.7. Parâmetros Térmicos de Interesse

O desempenho térmico do tubo de calor foi analisado e comparado baseado na resistência térmica global (R_t) e na condutividade térmica efetiva (k_{eff}). A resistência térmica global, R_t , de um tubo de calor pode ser definida com a sua dificuldade em transferir calor. Quanto maior for a resistência térmica, maior será a sua dificuldade em transportar calor (Krambeck *et al.*, 2016). A resistência térmica global pode ser calculada pela Eq. (1).

$$R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{(T_{w, \text{evap}} - T_{w, \text{cond}})}{q} \quad (1)$$

sendo que, q é a capacidade do tubo de calor em transferir calor, $T_{w, \text{evap}}$ e $T_{w, \text{cond}}$ são as temperaturas média da parede do evaporador e do condensador, respectivamente.

A condutividade térmica efetiva, k_{eff} , é a propriedade de um certo material em conduzir calor (Krambeck *et al.*, 2017a) e pode ser definida por:

$$k_{eff} = \frac{q L_{eff}}{A_C \Delta T} = \frac{q L_{eff}}{A_C (T_{w, \text{evap}} - T_{w, \text{cond}})} \quad (2)$$

sendo que, L_{eff} é o comprimento efetivo e A_C é a área transversal de transferência de calor, definida como $A_C = (\pi D_i^2)/4$ para tubos de calor. O comprimento efetivo de um tubo de calor, L_{eff} , pode ser definido como:

$$L_{eff} = \frac{L_{\text{evap}}}{2} + L_{\text{adiab}} + \frac{L_{\text{cond}}}{2} \quad (3)$$

sendo que, L_{evap} é o comprimento do evaporador, L_{adiab} é o comprimento da seção adiabática e L_{cond} é o comprimento do condensador.

2.8. Incertezas Experimentais

As incertezas experimentais estão associadas às incertezas dos sensores de temperatura (termopares do tipo K), ao sistema de aquisição de dados e à fonte de alimentação e foram apresentadas juntamente com os resultados obtidos. Para a determinação das incertezas experimentais da medição da potência elétrica, da resistência térmica e da condutividade térmica efetiva, foi utilizado o Método de Propagação de Erros descrito por Holman (2011).

3. RESULTADOS & DISCUSSÃO

Os resultados experimentais apresentam o desempenho térmico de um tubo de calor contendo uma estrutura capilar de pó de cobre sinterizado operando na posição vertical. Os testes experimentais foram repetidos três vezes e os erros foram comparados levando em consideração que a diferença entre as médias dos valores fossem menores que $0,5^{\circ}\text{C}$. Os testes foram realizados para cargas térmicas crescentes de 5 W, variando de 5 W até 35 W. A temperatura ambiente foi mantida em $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A Figura 9 apresenta o comportamento da distribuição de temperaturas em função do tempo. As incertezas experimentais de temperatura foram estimadas em aproximadamente $\pm 1,27^{\circ}\text{C}$ e de carga térmica (dissipação de calor) foram $\pm 1\%$.

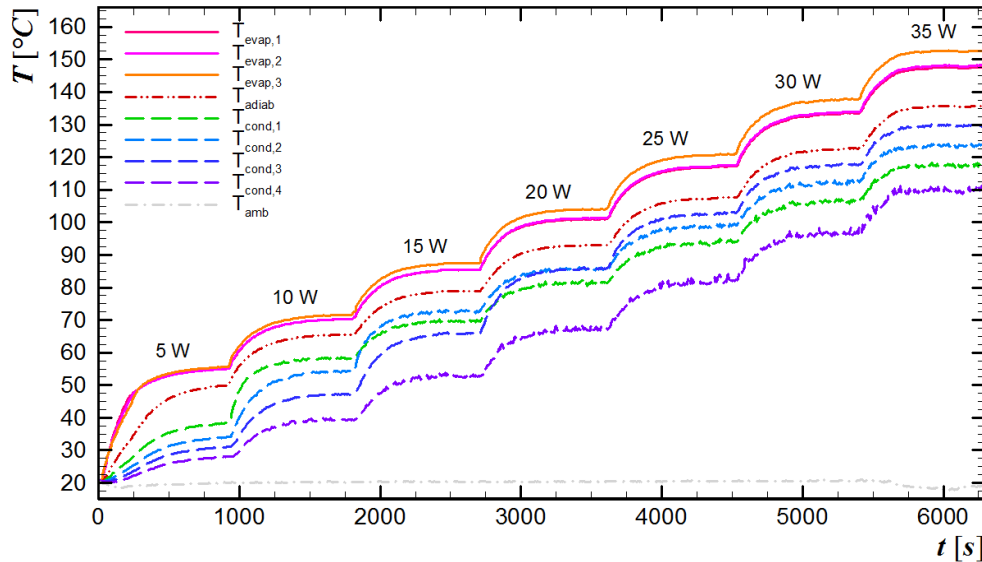


Figura 9. Distribuição de temperaturas no tubo de calor sinterizado em função do tempo.

Para a análise do desempenho térmico, a resistência térmica e a condutividade térmica efetiva do tubo de calor sinterizado foram comparadas com diferentes dispositivos passivos de transferência de calor, sendo eles: uma barra sólida, um termossifão (tubo de calor sem estrutura capilar), um tubo de calor com tela metálica e um tubo de calor com microranuras. Maiores informações sobre as características destes dispositivos podem ser encontradas em Krambeck *et al.* (2016).

A Figura 10 apresenta o comportamento da resistência térmica em função da dissipação de potência considerando os diversos dispositivos de transferência de calor. Com exceção da barra sólida, que possui uma resistência térmica quase que constante, a resistência térmica dos tubos de calor e do termossifão diminui com o aumento da dissipação de calor no evaporador. Na Figura 11 uma comparação da razão da condutividade térmica efetiva dos diferentes dispositivos passivos pela condutividade térmica do cobre, em função da potência dissipada, é apresentada. Como esperado, os dispositivos passivos que utilizam a mudança de fase (tubos de calor e termossifão) possuem uma maior condutividade térmica efetiva e, além disso, a condutividade aumenta com o aumento da dissipação de potência.

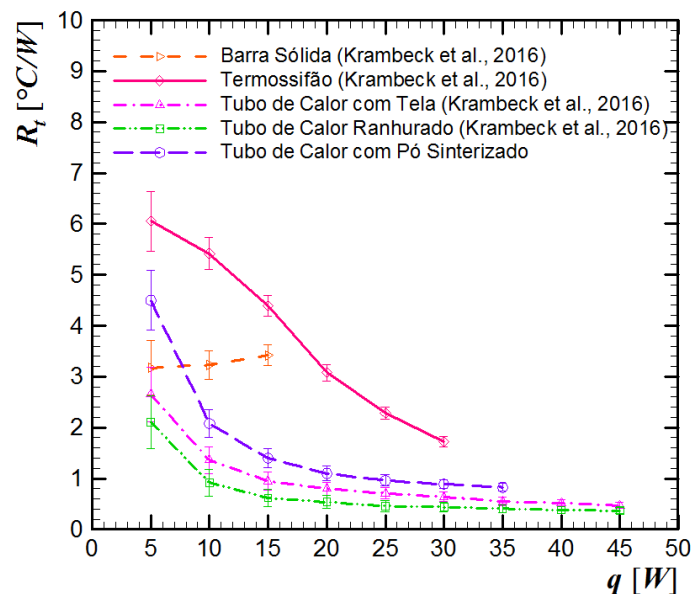


Figura 10. Resistência térmica versus potência aplicada para diferentes dispositivos passivos de transferência de calor.

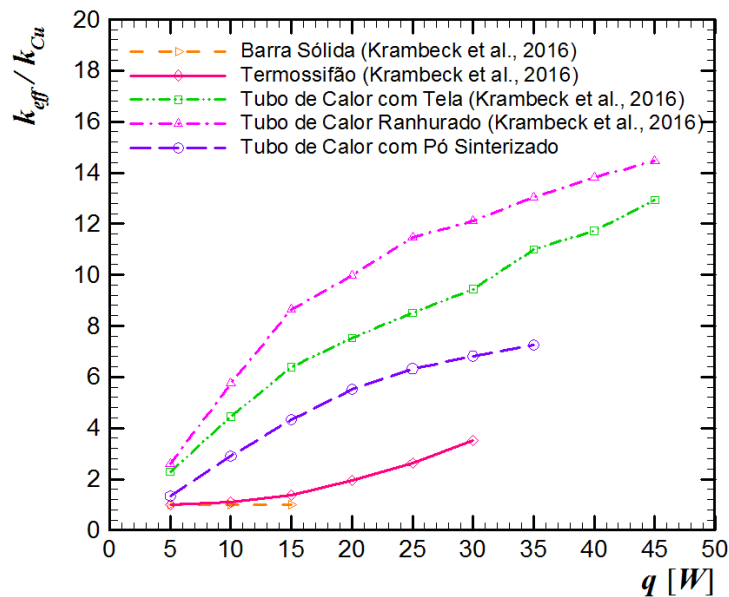


Figura 11. Condutividade térmica efetiva versus potência aplicada para diferentes dispositivos passivos de transferência de calor.

Dos resultados experimentais, o tubo de calor sinterizado funcionou com sucesso, uma vez que a estrutura capilar de pó metálico de cobre sinterizado proporcionou ao tubo de calor a operação em maior carga com uma menor resistência térmica. Portanto, os resultados foram satisfatórios, uma vez que a intenção deste teste foi avaliar a eficiência do método de sinterização para a fabricação de estrutura capilar para tubos de calor. Comparado com outros dispositivos passivos de transferência de calor, o tubo de calor com pó sinterizado apresenta um melhor desempenho que a barra sólida e o termossifão e um comportamento similar com os tubos de calor com outras estruturas capilares.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada a análise experimental do desempenho térmico de um tubo de calor com estrutura capilar de pó metálico de cobre sinterizado, com água destilada como fluido de trabalho. O tubo de calor foi testado na posição vertical sob cargas térmicas compreendidas entre 5 W e 35 W. Os resultados experimentais mostraram que a estrutura sinterizada funcionou com sucesso e apresentou um comportamento muito similar com tubos de calor com tela metálica e com microranhuradas. Desta forma, a estrutura capilar é adequada para a aplicação como estrutura capilar em tubos de calor.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são prestados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsas de mestrado à acadêmica *Larissa Krambeck*, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste projeto de desenvolvimento tecnológico e de inovação. Agradecimentos também são externados à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação (DIRPPG), ao Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia Mecânica (PPGEM) e ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR/Câmpus Ponta Grossa.

6. REFERÊNCIAS

- Bartmeyer, G.A., Krambeck, L., Fusão, D., Antonini Alves, T., 2017, “Aplicação da Sinterização de Pó de Cobre para Estrutura Capilar em Tubos de Calor”, *Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo*, Vol. 44, pp. 74.
- Chi, S.W., 1976, “Heat Pipe Theory and Practice: A Sourcebook. Washington”, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, D.C., USA. 272 p.
- Elnaggar, M.H.A., 2014, “The Optimization of Thickness and Permeability of Wick Structure with Different Working Fluids of L-Shape Heat Pipe for Electronic Cooling”, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 8, no. 3, pp. 119-125.
- Faghri, A., 2014, “Heat Pipes: Review, Opportunities and Challenges”, *Frontiers in Heat Pipes*, Vol. 5, No. 1, pp. 01-48.
- German, R. M., 1994, “Powder Metallurgy Science”, Metal Powder Industry Federation, New Jersey, USA, 472p.

- Groll, M., Rösler, S., 1992, "Operation Principles and Performance of Heat Pipes and Closed Two-Phase Thermosyphons", *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, Vol. 17, pp. 091-151.
- Holman, J.P., 2011, "Experimental Methods for Engineers", McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering, New York, USA, 768 p.
- Khalili, M., Shafili, M.B., 2016, "Experimental and Numerical Investigation of the Thermal Performance of a Novel Sintered-Wick Heat Pipe", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 94, pp. 59-75.
- Krambeck, L., 2016, "Investigação experimental do desempenho térmico de telas metálicas em tubos de calor", Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa/PR, Brasil.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Aguiar, V.M., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2016, "Desempenho Térmico de Diferentes Dispositivos Passivos de Resfriamento de Equipamentos Eletroeletrônicos", *Anais do IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM 2016)*, Fortaleza/CE, Brasil, CONEM-2016-1622.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Aguiar, V.M., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017a, "Thermal Performance Evaluation of Different Passive Devices for Electronics Cooling", *Thermal Science*, OnLine-First Issue 00, pp. 300.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017b, "Heat Pipe with Axial Microgrooves Fabricated by Wire Electrical Discharge Machining (Wire-EDM)", *Proceedings of the 9th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFC-9)*, Foz do Iguaçu/PR, Brazil, PT80.
- Krambeck, L., Bartmeyer, G.A., Fusão, D., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017c, "Experimental Research of Capillary Structure Technologies for Heat Pipes", *Proceedings of the 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2017)*, Curitiba/PR, Brazil, COBEM-2017-1170.
- Kumaresan, G., Venkatachalapathy, S., Asirvatham, L.G., Wongwises, S., 2014, "Comparative Study on Heat Transfer Characteristics of Sintered and Mesh Wick Heat Pipes Using CuO Nanofluids", *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol. 57, pp. 208-215.
- Nishida, F.B., 2016, "Desenvolvimento de tubos de calor com microranhuradas fabricadas por eletroerosão a fio", *Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa/PR, Brasil.
- Peterson, G.P., 1994, "An Introduction to Heat Pipes: Modeling, Testing and Applications", (Thermal Management of Microelectronic and Electronic System Series), Wiley-Interscience, New York, USA, 368 p.
- Reay, D. A., Kew, P. A., Mcglen, R. J., 2014, "Theory, Design and Applications", Elsevier, 6 ed. Waltham, MA, USA, 251p.
- Santos, P.H.D., Vicente, K.A.T., Reis, L.S., Marquardt, L.S., Antonini Alves, T., 2017, "Modeling and Experimental Tests of a Copper Thermosyphon", *Acta Scientiarum. Technology* (Impresso), Vol. 39, No. 1, pp. 59-68.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

THERMAL PERFORMANCE OF A HEAT PIPE USING SINTERED COPPER POWDER AS CAPILLARY STRUCTURE

Larissa Krambeck, larikrambeck@hotmail.com¹
Guilherme Antonio Bartmeyer, gabartmeyer@hotmail.com¹
Davi Fusão, davi@utfpr.edu.br¹
Paulo Henrique Dias dos Santos, psantos@utfpr.edu.br²
Thiago Antonini Alves, thiagoaalves@utfpr.edu.br¹

Federal University of Technology – Paraná/UTFPR, ¹Câmpus Ponta Grossa, ²Câmpus Curitiba

Abstract. The heat pipe is a passive heat transfer device used in several applications due to its high capacity to transfer heat through a small temperature gradient. In this work, an experimental analysis of the thermal performance of a capillary structure of sintered copper powder for heat pipe applications was carried out. The sintered metal capillary structure was fabricated from the sintering process, which the powder particles are melted resulting in a continuous flow structure. The used working fluid was distilled water with a filling ratio of 100% of the evaporator volume. The heat pipe was tested in the vertical position under increasing thermal loads ranging from 5 W to 35 W. The experimental results showed that the sintered structure worked successfully, that is, the capillary structure is suitable for the application in heat pipes.

Keywords: sintered copper powder, heat pipe, capillary structure, thermal performance, experimental.