

APLICAÇÃO DE NANOFLUIDO EM RADIADORES AUTOMOTIVOS

Nayara Leite Rodrigues, Centro, nayaraleite@mestrado.ufu.br
Guilherme Azevedo Oliveira, Centro, guilherme_esd@mec.ufu.br
Enio Pedone Bandarra Filho, Centro, bandarra@mecanica.ufu.br

Resumo. Este trabalho tem como objetivo descrever como será realizado o trabalho de análise de desempenho de nanofluido em radiador automotivo. Como será a produção e caracterização de nanofluidos de prata à base de uma mistura de água e etileno glicol com diferentes concentrações, quais serão as condições de operação, como está sendo realizado os experimentos e descrição dos equipamentos utilizados. Além de uma breve revisão bibliográfica do uso de nanofluidos em tal aplicação.

Palavras chave: nanofluido, prata, radiador automotivo.

1. INTRODUÇÃO

Nanofluidos são dispersões de partículas sólidas de tamanho nanométrico em fluidos comuns, tais como água, etileno glicol, óleos e outros fluidos de transferência de calor convencionais. Devido ao fato dos fluidos convencionais possuírem uma baixa condutividade térmica, uma maneira encontrada para aumentar essa propriedade, foi o acréscimo de partículas sólidas, uma vez que estas possuem uma alta condutividade térmica. Portanto, as propriedades e estabilidade dos nanofluidos estão sendo estudadas e discutidas por pesquisadores durante as duas últimas décadas, devido ao grande potencial em aplicações na transferência de calor em variadas condições.

O radiador é usado para retirar o calor do fluido de arrefecimento que é usado para resfriar o motor. O núcleo do radiador é composto de tubos, por onde o fluido escoa, e aletas que são superfícies estendidas ao longo dos tubos, sendo essas responsáveis pelo aumento da eficiência de transferência do lado do ar. Hoje se encontram limitações práticas para melhorar a eficiência através de adição de aletas. Outra maneira de aumentar a eficiência é utilizando fluidos de arrefecimento com maior condutividade térmica. O fluido de arrefecimento usado nos radiadores são a água e o etileno glicol, que possuem uma baixa condutividade térmica. Os nanofluidos têm grande potencial para melhorar a troca térmica nos radiadores, que como consequência aumentaria a potência do motor, podendo levar a uma diminuição do tamanho do radiador, redução no veículo, economia de combustível e redução de emissões de poluentes.

2. MOTIVAÇÃO

O interesse pelos nanofluidos vem crescendo devido à suas propriedades termo físicas, principalmente com relação à condutividade térmica e viscosidade. Vajjha e Das (2009) mediram a condutividade térmica de três nanofluidos diferentes usando como fluido base uma mistura de etileno glicol e água (60:40 em massa) e foram dispersas nanopartículas de óxido de alumínio, óxido de cobre e óxido de zinco. Os resultados mostraram que as condutividades térmicas dos nanofluidos de óxido de alumínio (Al_2O_3), com concentração de 10% a uma temperatura de 365 K, de óxido de zinco (ZnO) com concentração de 7%, a uma temperatura de 363 K e de óxido de cobre (CuO) com 6%, a uma temperatura de 363 K, aumentaram, comparadas com a condutividade térmica do fluido de base em 69%, 48,5% e 60%, respectivamente.

A literatura apresenta alguns estudos numéricos e experimentais do uso de nanofluidos em radiadores de carro.

Leong et al. (2010) investigaram numericamente a aplicação de nanofluido de cobre/etileno glicol em sistema de arrefecimento automotivo e observaram que um aumento de 3,8% na transferência de calor pode ser obtido com a adição de 2% de nanopartículas de cobre no etileno glicol a um número de Reynolds de 6000 e 5000 para o ar e para o refrigerante respectivamente.

Peyghambarzadeh et al. (2011) realizaram experimentos com nanofluidos de Al_2O_3 /água e Al_2O_3 /etileno glicol circulando em radiador automotivo, variando a concentração de nanopartículas (0,1 – 1% vol), além da vazão (2 – 6 l/min) e temperaturas de entrada do refrigerante. Os resultados mostraram um aumento de até 40% no número de Nusselt para ambos os nanofluidos. Foi verificado também que, a concentração e a condições de escoamento influenciaram significativamente a transferência de calor, enquanto que a temperatura não tem grandes influência em tal fenômeno.

Peyghambarzadeh et al. (2013) avaliaram experimentalmente o desempenho de transferência de calor de radiadores automotivos usando nanofluidos de Cu /água e Fe_2O_3 /água. Os resultados mostraram que o coeficiente global de transferência de calor teve um aumento de até 9% usando o nanofluido como refrigerante comparado com a água. Esse aumento é mais pronunciado quando se aumenta a concentração de nanopartículas, velocidade do ar e velocidade de

nanofluidos. Porém, houve uma diminuição no coeficiente global de transferência ao aumentar a temperatura de entrada do nanofluido.

Naraki et al. (2013) analisaram experimentalmente o coeficiente global de transferência de calor de nanofluido de CuO/água aplicado em radiadores de carro em regime laminar. Um aumento máximo de 8% foi obtido comparado com a água. Ressalvaram também que ao aumentar a concentração, aumenta-se o incremento desse coeficiente e este é reduzido quando aumenta a temperatura de entrada do fluido.

Hussein et al. (2014) realizaram um estudo numérico e experimental analisando o fator de atrito e transferência de calor por convecção forçada de nanofluido de SiO₂/água em radiador automotivo. Foi encontrado um aumento máximo de 22% no fator de atrito e de 40% no número de Nusselt com o nanofluido com concentração de 2,5% em volume.

Os resultados obtidos na literatura são promissores, mostrando uma boa possibilidade de utilização de nanofluidos em radiadores de carro. Sendo assim, será realizada uma análise do desempenho térmico nesse equipamento utilizando nanofluido de Ag/água-etileno glicol, com o objetivo de corroborar a pesquisa na aplicação de nanofluidos em radiadores automotivos. Na próxima seção serão apresentados os materiais, métodos e aparato experimental que utilizaremos para a análise que será realizada posteriormente.

3. METODOLOGIA

Os nanofluidos serão sintetizados em um homogeneizador a alta pressão, onde o fluido com nanopartículas são submetidos à alta pressão, fornecendo a energia necessária para quebrar as aglomerações, dispersando assim, as nanopartículas no fluido. O equipamento tem no seu interior dois microcanais que dividem o escoamento em dois e posteriormente são recombinações em uma câmara de mistura, onde um aumento significativo na velocidade do escoamento nos microcanais resulta em um número de efeitos tais como: alto cisalhamento, alto impacto com a parede e formações de cavitações fortes no líquido no qual são responsáveis por quebrar efetivamente as aglomerações de partículas formando um fluido estável e homogêneo.

Condutivímetro e viscosímetros serão utilizados para obtenção dos valores da condutividade térmica e da viscosidade respectivamente.

Os testes serão feitos com nanofluidos com diferentes concentrações de nanopartículas de prata e com o fluido de base. Além de variar os parâmetros de entrada, tais como vazão do ar e vazão do nanofluido. Os dados serão monitorados e gerenciados pelo software LABVIEW.

A bancada experimental é composta de dois circuitos: um responsável pela circulação de ar, com o objetivo de impor condições controladas de velocidade e temperatura do ar utilizado na seção de teste e; outro responsável por impor as condições desejadas de temperatura e vazão do fluido que circula no interior do radiador ensaiado.

3.1. Circuito de ar

O circuito de ar mostrado na Fig. 3.1, possui um ventilador centrifugo com capacidade de 10.000 m³/h, a 200 mm c.a., para impor a vazão de ar desejada nos sistemas de dutos retangulares de chapa de aço galvanizado. O circuito de ar possui uma placa de bocais, instalada de acordo com a norma ASHRAE 41.2.

O túnel apresenta três registros, o que dá flexibilidade para trabalhar com o circuito fechado ou aberto, sendo: um no duto de descarga, a jusante do ventilador, um no duto de retorno do ar e o outro no duto de admissão. No duto principal de ar estão instaladas resistências elétricas, uma seção de retificação de escoamento para aumentar a linearidade do escoamento incidente no trocador de calor e a seção de ensaio onde está localizado o radiador, além dos dispositivos de medição de temperatura, pressão diferencial e vazão do ar. A temperatura do ar é medida por doze termopares tipo T distribuído na seção de entrada e doze na seção de saída, e é feita uma média dos valores obtidos.

Uma serpentina de resfriamento está instalada no duto de retorno de ar, como mostrado na Fig. 3.1 que utiliza água vinda de uma torre de resfriamento, situada no exterior do laboratório, para auxiliar no ajuste de temperatura do ar incidente na seção de teste.

A temperatura de entrada do ar na seção de teste é controlada através de resistências elétricas de (6 kW), através de controlador PID, controlado pelo sinal de um termômetro de resistência, PT100, de precisão de aproximadamente 0,05°C, localizado a montante da seção de teste. O duto principal está isolado termicamente, a fim de reduzir as perdas para o ambiente, facilitando o controle do ar incidente no radiador.

O controle da vazão do ar é feito pela ação sobre a rotação do ventilador, através de um variador de frequência, e juntamente com a placa de cinco bocais, permitindo uma ampla faixa de vazões de ar.

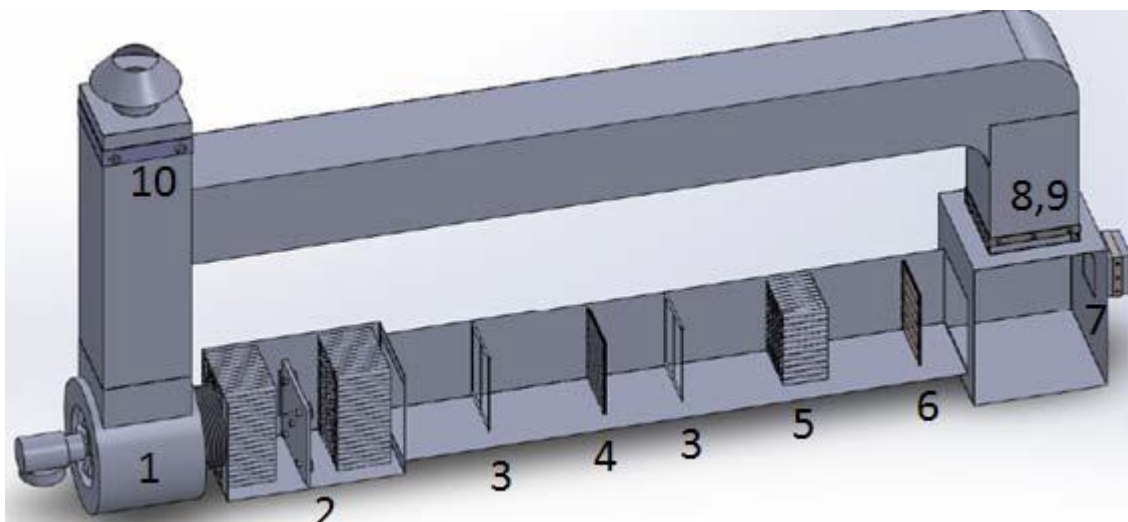


Figura 3.1 - Esquema do túnel de vento utilizado nos ensaios. 1-Ventilador. 2-Placa de bocais. 3-Medição de temperatura. 4-Trocador de calor. 5-Retificador de escoamento. 6-Resistências elétricas. 7-Registro de admissão. 8-Registro de retorno. 9- Serpentina de resfriamento. 10-Registro de descarga

3.2. Circuito do Fluido Quente

O circuito do fluido quente, mostrado na Fig. 3.2 consiste em uma bomba magnética de 0,5 CV, ligado a um inversor de frequência, um medidor de vazão tipo Coriolis, uma serpentina com temperatura de parede constante, imersa em um banho térmico aquecido por uma resistência elétrica, onde é feito o aquecimento do fluido, de maneira a garantir uma temperatura de entrada do fluido no radiador estável. Possui também um reservatório de líquido utilizado em sistemas de arrefecimento automotivo, para garantir uma pressão constante no sistema e, por fim, o radiador.

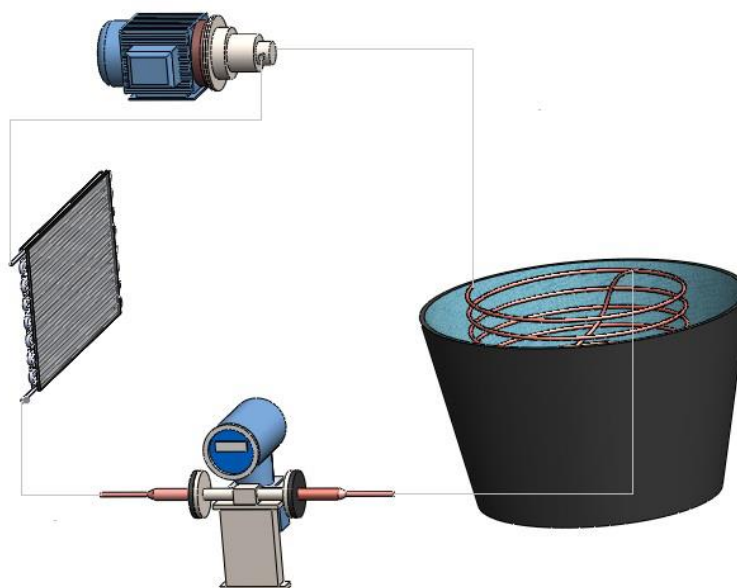


Figura 3.2 - Esquema do circuito de fluido de arrefecimento

4. Próximas Etapas

Com equipamentos descritos acima, serão controlados os parâmetros de entrada e medidos os parâmetros necessários para avaliação do desempenho térmico do radiador.

Os testes serão realizados de maneira a comparar o desempenho térmico do radiador usando nanofluidos de prata/água-etileno glicol a diferentes concentrações e usando água-etileno glicol, além de avaliar a influência das vazões

Primeiro Autor, Segundo Autor e Terceiro Autor

Título do Artigo (Primeiras letras Maiúsculas, ter certeza de que caiba em uma linha apenas)

do fluido e do ar. A temperatura de entrada do fluido será mantida entre 95 a 97°C. Pela revisão feita, é esperado um ganho no desempenho térmico com o uso de nanofluidos.

4. REFERÊNCIAS

- Hussein, Adnan M.; Bakar, R.A.; Kadirgama, K. Study of forced convection nanofluid heat transfer in the automotive cooling system. *Case Studies in Thermal Engineering*, v. 2, p. 50–61, 2014.
- Leong, K.Y.; Saidur, R.; Kazi, S.N.; Mamun, A.H. Performance investigation of an automotive car radiator operated with nanofluid-based coolants (nanofluid as a coolant in a radiator). *Applied Thermal Engineering*, v. 30, n. 17-18, p. 2685–2692, 2010.
- Naraki, M.; Peyghambarzadeh, S.M.; Hashemabadi, S.H.; Vermahmoudi, Y. Parametric study of overall heat transfer coefficient of CuO/water nanofluids in a car radiator. *International Journal of Thermal Sciences*, v. 66, p. 82–90, 2013.
- Peyghambarzadeh, S.M.; Hashemabadi, S.H.; Hoseini, S.M.; Jamnani, M. S. Experimental study of heat transfer enhancement using water/ethylene glycol based nanofluids as a new coolant for car radiators. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 2011.
- Peyghambarzadeh, S.M.; Hashemabadi, S.H.; Naraki, M.; Vermahmoudi, Y. Experimental study of overall heat transfer coefficient in the application of dilute nanofluids in the car radiator. *Applied Thermal Engineering*, v. 52, n. 1, p. 8–16, 2013.
- Vajjha, R. S.; Das, D. K. Experimental determination of thermal conductivity of three nanofluids and development of new correlations. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 52, n. 21-22, p. 4675–4682, 2009.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.