

IMPACTO (ESTUDO) DE NANOFLUIDOS NA EFICIÊNCIA E COMPACTAÇÃO DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO INDIRETA

Vinicius Ferreira Menezes, Alonso de Avila Azevedo, Lucas Carvalho dos Santos, Me. Lucas Soccol, Me. Gediel Adriano Klein

Afiliação dos Autores: UniSenai Campus Chapecó

1. Introdução

Este estudo analisa o impacto da adição de nanopartículas, como óxido de alumínio e grafeno, em sistemas de refrigeração secundários que utilizam amônia (R-717). Através de modelagem termohidráulica e simulações, a pesquisa demonstra que a inclusão dessas partículas em misturas coloidais altera as propriedades termofísicas do fluido, promovendo micromisturas via movimento Browniano e aumentando a área de superfície disponível para a troca térmica.

Como resultado, observa-se uma melhoria significativa no Coeficiente de Performance (COP) do sistema e no coeficiente global de transferência de calor. Essa eficiência permite que o compressor opere em pressões mais elevadas, otimizando o rendimento global e reduzindo o consumo de energia elétrica. Embora ocorra um aumento na potência de bombeamento, o estudo identifica concentrações ideais de nanopartículas que compensam esse fator, viabilizando o desenvolvimento de trocadores de calor mais compactos, sustentáveis e eficazes para cargas térmicas de pequeno e médio porte.

2. Experimento ou Teoria

Este trabalho teórico analisa a integração de nanofluidos em ciclos de refrigeração secundária que operam com amônia (R-717), com foco na otimização termohidráulica de trocadores de calor. A amônia é amplamente reconhecida por sua eficiência termodinâmica, porém, a busca por sistemas mais sustentáveis e compactos demanda o aprimoramento das propriedades de transporte dos fluidos secundários. Nesse contexto, a adição de nanopartículas de alta condutividade térmica, como o óxido de alumínio e o grafeno, surge como uma solução para superar as limitações físicas dos fluidos convencionais. [3]

A fundamentação metodológica baseia-se em modelagem matemática e simulações comparativas para determinar as propriedades termofísicas das misturas coloidais. Diferente de misturas homogêneas, essas suspensões heterogêneas apresentam um comportamento dinâmico complexo, onde o movimento Browniano das partículas promove micromisturas constantes no seio do fluido. Esse fenômeno, aliado ao aumento da área superficial disponível para troca de energia, potencializa drasticamente o coeficiente global de transferência de calor nos trocadores. [1]

Um dos principais indicadores de desempenho analisados é o Coeficiente de Performance (COP). A pesquisa demonstra que a alteração da física do fluido permite que o processo de troca térmica ocorra com maior velocidade e efetividade. Conseqüentemente, o compressor de amônia pode operar sob níveis de pressão mais elevados, o que eleva o rendimento volumétrico e térmico da máquina, resultando em uma redução direta no consumo de energia elétrica necessário para atender à demanda de resfriamento. [2]

No entanto, o desenvolvimento teórico também aponta para o desafio das perdas de carga hidráulicas. A adição de sólidos em escala nanométrica aumenta a viscosidade do fluido e, por extensão, a potência exigida para o bombeamento e a velocidade de escoamento. O equilíbrio entre o ganho térmico e o gasto mecânico é o ponto central da otimização, exigindo a determinação de uma concentração ótima de nanopartículas que maximize a eficiência global sem sobrecarregar os componentes periféricos do sistema.

O foco deste estudo em cargas térmicas de pequeno e médio porte permite uma aplicação prática mais direcionada, visando o dimensionamento de equipamentos mais compactos. A viabilidade construtiva de trocadores de calor menores é um benefício direto da maior densidade de fluxo de calor alcançada com os nanofluidos. Isso possibilita a instalação de sistemas de refrigeração em espaços reduzidos, mantendo a segurança operacional e a integridade do ciclo de amônia. [2]

Em suma, a análise teórica conclui que a implementação de nanofluidos representa um avanço significativo para a engenharia térmica contemporânea. Embora existam penalidades hidráulicas, os benefícios na redução do consumo energético e na compactação dos sistemas tornam essa tecnologia viável e estratégica. O estudo consolida o entendimento de que a manipulação da matéria em escala nanométrica é um caminho essencial para o desenvolvimento de sistemas de refrigeração mais seguros, eficientes e alinhados aos princípios da sustentabilidade industrial.

3. Resultados e Discussão

Este estudo analisa como a adição de nanopartículas, como óxido de alumínio e grafeno, pode otimizar sistemas de refrigeração secundária que utilizam amônia (R-717). Através de modelagens matemáticas e simulações, a pesquisa demonstra que essas misturas coloidais alteram as propriedades termofísicas do fluido, promovendo micromisturas via movimento Browniano e aumentando a área de superfície disponível para a troca de energia, o que eleva o coeficiente global de transferência de calor.

Os resultados apontam para uma melhoria significativa no Coeficiente de Performance (COP), permitindo que o compressor de amônia opere em pressões mais favoráveis e reduza o consumo de energia elétrica. Embora a inclusão de nanopartículas eleve a viscosidade e a potência de bombeamento, o estudo identifica uma concentração ótima que equilibra esses fatores, tornando o sistema mais eficiente e termicamente ágil para cargas de pequeno e médio porte.

Em conclusão, a aplicação dessa tecnologia viabiliza o desenvolvimento de sistemas de refrigeração mais compactos e seguros. Ao maximizar a eficiência térmica e reduzir o rastro energético, a pesquisa posiciona o uso de nanofluidos como uma alternativa sustentável e tecnicamente viável para o dimensionamento moderno de trocadores de calor industriais.

4. Referências

- [1] F. P. Incropera and D. P. DeWitt, Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa, LTC, (2011).
- [2] S. K. Das, S. U. Choi, W. Yu and T. Pradeep, Nanofluids: Science and Technology, Wiley-Interscience, (2007).
- [3] S. U. Choi and J. A. Eastman, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, ASME-Publications-Fed, 231, 99-106, (1995).

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela orientação intelectual na elaboração deste trabalho. Estendo os agradecimentos ao UniSENAI pelo espaço institucional e pelo incentivo à pesquisa e ao aprofundamento do tema em questão.