



19 Congresso de Iniciação Científica

**SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO: ANÁLISE E MODELAGEM
TERMODINÂMICA**

Autor(es)

GUILHERME FERNANDO CARMELLO

Orientador(es)

ANTÔNIO GARRIDO GALLEGRO

Apoio Financeiro

PIBIC/CNPQ

1. Introdução

O presente trabalho é parte de um projeto mais abrangente, destinado a estudar o uso da tecnologia de sistemas de refrigeração por absorção em sistemas de geração e cogeração. Para tanto foi estudado as concepções de sistemas de refrigeração por absorção, analisando o fenômeno da absorção e a modelagem do comportamento deste tipo de equipamento em regime permanente. Estudou-se, desta forma, a possibilidade do uso do ciclo de refrigeração por absorção em sistemas de ar condicionado (sistema brometo de lítio-água) ou em sistema de refrigeração para indústria química (sistema água-amônia). Refrigeração por Absorção. O princípio de funcionamento do sistema de refrigeração por absorção é baseado na característica de alguns tipos de fluidos refrigerantes de se combinarem a uma outra substância, dita absorvente gerando calor. De forma inversa, fornecendo-se calor a esta mistura pode-se separar o fluido refrigerante do absorvente. Exemplos desses pares refrigerante-absorvente são amônia-água e água-brometo de lítio. Este tipo de sistema vem sendo explorado principalmente por utilizar uma fonte térmica de calor de baixa temperatura e utilizar pouca energia elétrica se comparado com sistemas de compressão do mesmo porte. Stoecker e Jones (1985) destacam que o vapor de baixa pressão do evaporador é absorvido por uma solução líquida no absorvedor. Se esse processo de absorção fosse executado adiabaticamente, a temperatura da solução iria subir e eventualmente a absorção de vapor poderia cessar. Para perpetuar o processo de absorção o absorvedor é resfriado por água ou ar, que finalmente rejeita calor para a atmosfera. A bomba recebe o líquido de baixa pressão do absorvedor. Eleva a sua pressão, e o entrega ao gerador. No gerador, calor de uma fonte de alta temperatura expulsa o vapor que tinha sido absorvido pela solução. A solução líquida retorna para o absorvedor por válvula redutora de pressão cujo propósito é promover a queda de pressão para manter as diferenças de pressão entre gerador e absorvedor. Os sistemas de absorção mais usuais são os formados pelo par água e amônia, onde a amônia o fluido refrigerante e a água o absorvente e o outro é a solução de brometo de lítio e água, onde a água é o fluido refrigerante e o brometo de lítio o fluido absorvente. O par brometo de lítio e água é utilizado em sistemas que necessitam de frio a temperaturas superiores ao 0°C (273,15K), devido à possibilidade de solidificação da água dentro do sistema a temperaturas mais baixas. Para temperaturas inferiores a 0°C, os sistemas de água e amônia são normalmente utilizados. Um sistema de absorção de amônia-água é composto de condensador, válvula de expansão, evaporador e, para substituir o compressor, o conjunto absorvedor, bomba líquida, gerador/retificador e trocador de calor, conforme a figura anexada 1. O sistema de absorção de brometo de lítio-água é composto dos mesmos equipamentos, exceto retificador, conforme a figura anexada 2. No absorvedor o vapor refrigerante é absorvido pela mistura pobre que proveniente da válvula redutora de pressão, formando uma solução rica (solução de alta concentração de refrigerante) que é direcionada para uma bomba, que aumenta a pressão da solução rica para que seja compatível com a pressão do condensador. Para diminuir o consumo de

energia utiliza-se um trocador de calor entre as correntes de solução pobre proveniente do gerador e a corrente rica que sai do absorvedor. O gerador recebe mistura rica do trocador de calor e utilizando uma fonte externa de calor vaporiza o refrigerante em um processo a pressão constante, sendo que o vapor de refrigerante sai do gerador com 95 a 98% de pureza. O vapor de refrigerante que sai do gerador segue um percurso similar ao descrito no sistema de compressão: condensador, válvula de expansão e evaporador. No sistema de absorção de água e amônia é usual encontrar-se uma coluna retificadora na parte superior do gerador para aumentar a pureza do fluido refrigerante que vai para o condensador.

2. Objetivos

• Estudar as concepções de sistemas de refrigeração por absorção; • Estudar o fenômeno da absorção e modelar o comportamento estático; • Estudar e analisar formas de fontes de energia mais interessantes para o acionamento de sistemas de refrigeração por absorção; • Realizar balanços de massa e termodinâmico do processo de absorção com o objetivo de identificar as maiores irreversibilidades dos sistemas, e a partir destas informações; • Realizar análise de sensibilidade para determinar as variáveis mais importantes na operação destes sistemas; • Motivar o uso da análise exérgica como ferramenta de análise em equipamentos e sistemas térmicos.

3. Desenvolvimento

Para a análise termodinâmica foi utilizado balanço de massa e de energia seguindo a primeira e segunda lei da termodinâmica. Em todos os equipamentos foram determinadas as propriedades na entrada e saída de cada equipamento. As propriedades termodinâmicas foram determinadas a partir das tabelas de propriedades apresentadas no programa Engineering Equation Solver. As equações de balanço de massa, balanço das espécies químicas, primeira lei da termodinâmica, segunda lei da termodinâmica e a determinação das irreversibilidades seguem a nomenclatura apresentada por Moran e Shapiro (2002) e VanWylen, SONNTAG e BORGNAKKE,C (1995). As equações são descritas no relatório sistema de refrigeração por absorção: análise e modelagem termodinâmica que faz parte do programa PIBIC, protocolo consepe 3610.

4. Resultado e Discussão

O programa foi validado utilizando dados da literatura como SILVA (1994), COSTA (1982) e KUEHN, RAMSEY, THRELKELD (1998). Dos resultados obtidos destaca-se a tabela 1 anexada. Apesar do sistema de brometo de lítio ser mais viável para os limites utilizados na análise da tabela 1, o sistema de absorção tem uma autonomia maior, já que pode operar com temperaturas inferiores a 0°C (273,15K). O sistema de compressão apesar de apresentar o maior COP apresenta também uma alta necessidade de energia elétrica para acionamento do compressor, ou seja, tem um custo maior para operar.

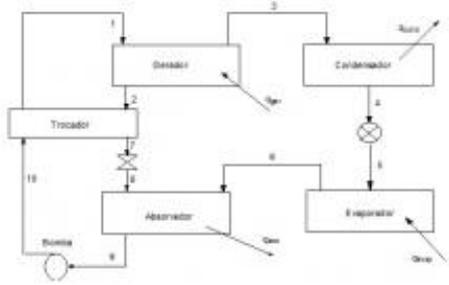
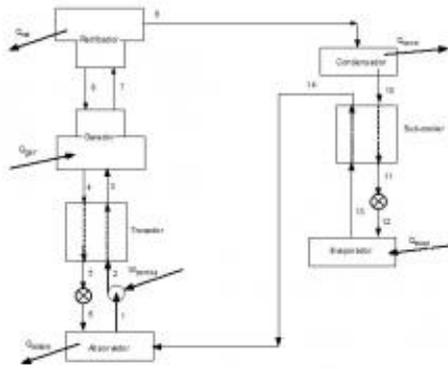
5. Considerações Finais

O maior COP obtido na absorção de amônia em água é na faixa de 90 a 100°C no gerador, com o evaporador a +20°C e condensador a 40°C. A maior eficiência exérgica obtida é na faixa de 90 a 100°C no gerador, com o evaporador a -20°C e condensador a 35°C. O maior COP obtido no sistema de absorção de brometo de lítio-água é na faixa de 105 a 110°C no gerador com o evaporador a +10°C e o condensador a 40°C. A maior eficiência exérgica obtida está na faixa de 65 a 70°C no gerador com o evaporador a +4°C e condensador a +30°C.

Referências Bibliográficas

-COSTA,E.C. Refrigeração, 3ªed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1982. FIGUEIREDO, J. R., Projeto e modelagem teórico de um sistema de refrigeração por absorção movido a energia solar. . Campinas : FEM, UNICAMP, 1980. Tese (Mestrado). -KUEHN, T.H., RAMSEY, J.W., THRELKELD, J.L., Thermal Environmental Engineering, 3rd ed. United States Of America: Prentice-Hall, INC, 1998. -MORAN,M.J., SHAPIRO,H.N. Princípios de termodinâmica para engenharia-4ª ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A., 2002. -SILVA, A. Avaliação energética e exérgica de uma instalação experimental de refrigeração por absorção (água- amônia) para a produção de gelo. Campinas : FEM, UNICAMP, 1994. Tese (Mestrado). -STOECKER,W.F, JONES,J.W., Refrigeração e Ar Condicionado, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985. -VanWYLEN,G., SONNTAG,R., BORGNAKKE,C. Fundamentos da termodinâmica clássica, 4ªed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1995.

Anexos



TPO	Alargação de Água-de-limpa	Alargação de Branco de Limonagem	Comprimido de ar/limpa
Capacidade frigorífica (TR)	180	100	100
Temperatura de condensação (°C)	40,0	40,0	—
Temperatura de evaporação (°C)	-10,0	-10,0	-10,0
Temperatura de saturação (°C)	18,0	18,0	—
Temperatura de saturação de líquido (°C)	38,0	38,0	38,0
COOP	0,708	0,728	7,417
Índice de eficiência	0,189	0,201	0,213
Taxa de água necessária para aquecimento (kg/h)	288,5	335	—
Taxa de água necessária para resfriamento (kg/h)	1871,30	132	3824
Energia utilizada na bomba (kWh)	1761,12	2,32	8048,30