

ESTUDO PRELIMINAR ECONÔMICO DE UM REFRIGERADOR TÉRMICO POR CICLO DE ADSORÇÃO MOVIDO A GÁS NATURAL

Rubens C. Moreira e Silvia T. Viana

UFC, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção

Campus do Pici, S/N Bloco 714, 60455-760, Fortaleza, CE

Fone: (85) 3288-9632 – Ramal: 221 – Fax: (85) 3288-9636 – E-mail para correspondência: info@les.ufc.br

Introdução

A energia é indispensável ao desenvolvimento econômico mundial. A crescente procura de novas tecnologias que utilizem fontes de energias renováveis ou menos poluentes tem favorecido as pesquisas nesta área. A utilização de novas fontes de energia em sistemas de refrigeração tem aumentado bastante nos últimos anos devido ao aumento do consumo com sistemas de refrigeração e climatização. Pesquisas recentes mostraram que cerca de um terço da energia convencional consumida no mundo é destinada ao funcionamento desses sistemas, que estão concentrados principalmente nas indústrias e em instalações prediais.

As primeiras máquinas de refrigeração operavam em ciclo de absorção e com duas fontes térmicas de calor. Os materiais mais utilizados eram amônia e água. As máquinas eram robustas e de grande porte.

Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de compressores elétricos e trocadores de calor, o ciclo de compressão a gás se tornou mais atrativo, pois se tornou possível a produção de máquinas compactas.

O desenvolvimento dos materiais adsorventes marcou o início de experimentos utilizando o ciclo de adsorção em máquinas de refrigeração. Onde o ciclo de adsorção apresentou a vantagem de ter volume constante na fase de sorção do fluido enquanto o ciclo de absorção tinha seu volume expandido.

O ciclo de adsorção possuía também a vantagem de utilizar fluidos não agressivos ao meio ambiente e poder utilizar diferentes fontes de energia sejam elas convencionais ou alternativas.

Um refrigerador térmico por ciclo de adsorção movido a gás natural vem sendo desenvolvido no Laboratório de Energia Solar e Gás Natural da Universidade Federal do Ceará para conservação de alimentos, sendo possível também a sua adaptação para sistemas de climatização.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é a análise econômica do equipamento que está sendo estudado para produção diária de 15kg de gelo, a fim de se obter um equipamento que seja acessível, do ponto de vista econômico, à população em geral.

Funcionamento do Protótipo

O refrigerador é composto por dois adsorvedores (contendo material adsorvente - zeólita 13X), um evaporador, um condensador, dois queimadores e um alimentador de gás natural. O protótipo opera em ciclo térmico por adsorção e funciona em regime intermitente com duas fases: aquecimento (aquecimento/dessorção/condensação) e resfriamento (resfriamento/evaporação/adsorção).

A primeira fase é caracterizada pelo aquecimento dos adsorvedores, utilizando a energia proveniente da queima do gás natural, ocasionando um aumento de pressão e temperatura do sistema e o processo de dessorção que é caracterizado pela saída do adsorbato (água), em forma de vapor, que está retido nas cavidades da superfície do adsorvente (zeólita) na fase líquida. O vapor volta à fase líquida ao ceder calor no condensador para uma segunda corrente de água (na temperatura ambiente e proveniente de um reservatório externo). O fluxo de água na fase líquida desloca-se por gravidade para o evaporador.

A segunda fase é caracterizada pelo resfriamento dos adsorvedores, induzindo a diminuição de pressão do sistema pela transferência de calor com o ar ambiente, convecção natural. Com a diminuição da pressão, parte da água contida no evaporador atinge o ponto de saturação e retorna a fase de vapor e a outra parte é resfriada tornando-se gelo. O vapor é readsorvido nos adsorvedores e cede calor para o ambiente.

Metodologia

A análise econômica do equipamento consiste em realizar um estudo preliminar de custos com fabricação, montagem, operação (consumo de gás) e manutenção do refrigerador para a quantificação dos gastos tendo como base os resultados obtidos experimentalmente nos testes realizados com o protótipo do refrigerador utilizando a fase de aquecimento.

Na realização das medições experimentais na unidade de aquecimento do refrigerador foram realizados sete testes para otimizar o consumo de gás. Nesses testes variou-se a vazão do gás, a fim de se obter um menor consumo no processo de aquecimento do adsorvedor, onde se deseja elevar a temperatura do material adsorvente (zeólita 13X) até 250°C. E a análise econômica foi baseada no Método do Custo Anual que utiliza equações de engenharia econômica.

Resultados

Na realização dos testes experimentais de aquecimento para diferentes vazões de gás natural foi obtido um consumo médio de gás natural de 0,165m³ necessário para que a temperatura do material adsorvente atingisse a temperatura máxima de dessorção.

No estudo preliminar de custos foram quantificados todos os custos do refrigerador para a obtenção diária de 15kg de gelo. Os dados utilizados e obtidos estão mostrados na Tab.1.

Tabela 1 – Resultados do estudo preliminar de custos para produção diária de 15kg de gelo

Variáveis	RTGN – Aq. Direto
Capital Investido (P) [R\$]	1.558,59
Custo com Manutenção (10 anos) [R\$]	2.829,83
Produção Anual de gelo [Kg]	5.475
Capital Anual Equivalente do Equipamento [R\$]	536,63
Valor do 15 kg de gelo [R\$]	1,50

Conclusão

Os testes para otimização do consumo de gás natural foram importantes, pois a redução do consumo de gás na operação do sistema diminuiu o custo final do protótipo do refrigerador.

Com a realização do estudo preliminar de custos concluiu-se que o equipamento apresentou uma boa viabilidade econômica, pois foi obtido um baixo custo para produção de gelo em comparação com o custo do quilograma de gelo vendido no comércio de Fortaleza.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Deus, ao CNPq pelo apoio financeiro, a Petrobrás pelo apoio ao projeto, a MSC. Lecimara Duque Estrada Coutinho pela orientação, a Prof^a PhD Maria Eugênia Vieira da Silva pela co-orientação e a todos os amigos do LESGN-Laboratório de Energia Solar e Gás Natural.

Referências Bibliográficas

- Bird, R. B., Stewart, W. E.; Lightfoot, E. N., "Transport Phenomena", John Wiley & Sons, New York, 1960;
- Hauer, A., Lavemann E., "Solid Adsorbents in open Sorption System for Thermal and Energetic Applications – Performance and Stability", Proceedings of 6th Fundamentals of Adsorption, Presqui' il de Giens, pp. 1089-1094, France, 1998;
- Hess, G., Paes, L.C.R., Marques, J. L. E Puccini, A. "Engenharia Econômica", 21^a ed., Editora Bertrand Brasil S.A Rio de Janeiro, 1992.
- Medeiros, M. R. Q., "Validação Experimental de um Refrigerador Térmico Movido a Gás Natural", Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, UFC, 2003.