

ESTUDO DO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA POR CALOR LATENTE EM CÁPSULAS ESFÉRICAS DE PLÁSTICO PARA BANCOS DE GELOS

Raykleison I. R. Moraes¹, Kamal A. R. Ismail²

¹UNICAMP/FEM-DETF, raykleison@fem.unicamp.br

²UNICAMP/FEM-DETF, kamal@fem.unicamp.br

Resumo- O objetivo deste trabalho é analisar o tempo de solidificação completa em cápsulas esféricas de plástico para bancos de gelo do tipo leito fixo. Neste estudo é analisado o efeito do PCM encapsulado em esferas de plástico. Uma bancada foi testada composta de um tanque cuja temperatura é controlada por um termostato com precisão de ± 1 °C. As medições foram feitas com termopares tipo T, calibrados e situados em vários pontos do experimento, sendo que um deles está disposto no centro da cápsula de plástico. Foram feitos testes com cápsulas de 35, 76, 106, 131 mm de diâmetro usando água como PCM. Os testes foram feitos com temperatura entre -5°C à -25°C . Os resultados apresentados mostram o tempo de solidificação completa, diâmetros das cápsulas esféricas e o tipo de PCM utilizado. Os resultados são discutidos e comentados.

Palavras-chave: Tempo de solidificação completa, temperatura de mudança de fase, geometria esférica, bancos de gelo, PCM.

Área do Conhecimento: Engenharia Mecânica.

Introdução

O sistema de armazenamento de energia térmica por calor latente é uma forma eficaz para melhorar a utilização da energia, Dincer e Rosen (2002). Existem várias possibilidades de armazenar energia, sistemas usando PCM são mais atrativos por causa da alta densidade de energia armazenada por unidade de massa de PCM. A água é amplamente usada como PCM, por causa das vantagens de um alto calor latente de fusão, estabilidade, baixo custo, fácil aquisição e não polui o meio ambiente. Os sistemas que usam calor latente têm recebido muito interesse dos pesquisadores da área. O exemplo mais comum de armazenamento de energia por calor latente é a conversão de água em gelo. Vários trabalhos realçam a grande importância de um adequado e cuidadoso controle no projeto e na aplicação de bancos de gelo para os casos reais. Nallusamy, Sampath, Velraj (2007) investigaram experimentalmente o comportamento térmico de um leito que combina calor sensível e latente para o armazenamento de energia térmica. A unidade de armazenamento é projetada, construída e integrada com temperatura constante e o desempenho do coletor solar é estudado na unidade de armazenamento. Os autores utilizaram parafina no interior das cápsulas, onde foram empacotadas em um tanque armazenador cilíndrico isolado. Hammou e Lacroix (2006) propuseram um sistema de armazenamento de energia híbrida sendo gerenciado simultaneamente por energia solar e elétrica. Os resultados dos autores indicaram que o consumo

de energia é minimizado quando o sistema de armazenamento de energia híbrida consiste de uma parede de 0.15m incluído cápsulas esféricas cheias com material de mudança de fase. Yuksel, Avci, Kilic (2006) apresentaram um modelo para o armazenamento de energia térmica, avaliando a variação de temperatura e o tempo de armazenamento em geometrias esféricas. Eles também investigaram os efeitos do fluido circulante no tempo de carregamento, a variação de temperatura no centro das cápsulas esféricas. No caso de bancos de gelo as pesquisas nesta área se destacaram com os trabalhos de Ismail et al (1998a), (1998b) que aparece como pioneiro em uma série de trabalhos de pesquisas na área de modelagem de solidificação e fusão em bancos de gelo.

No presente estudo foi investigado os parâmetros que influenciam a mudança de fase, tais como: PCM, temperatura do fluido de trabalho, diâmetro da cápsula. É priorizado o parâmetro do tempo de solidificação completo.

Análise experimental

O modelo esquemático da bancada de teste é mostrada na Figura 1. O tanque de aço inox foi isolado termicamente com placas de isopor de 50mm. As dimensões do tanque são 350x 330x 280mm. O dispositivo experimental é composto por seções: seção de teste, seção de resfriamento: fluido de transferência, tanque de baixa temperatura, banho de temperatura controlada; seção de observação; e por último a seção de

aquisição de dados. A cápsula esférica é cheia com material de mudança de fase (água). Quatro termopares tipo T são posicionados. Um situado na superfície externa da esfera para medir a temperatura local, um outro na superfície interna e um no centro da esfera em contato com PCM e um no banho. As temperaturas medidas foram captadas através do sistema de aquisição de dados que, em uma taxa amostral de 30s, é colhida a temperatura e armazenada no hardware.

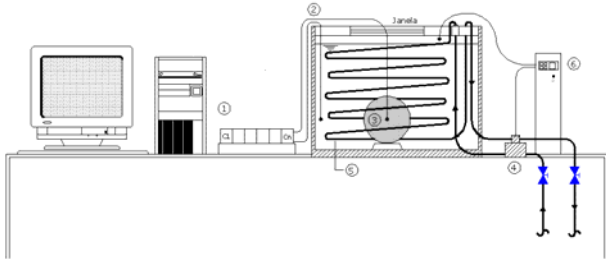


Figura 1: Modelo esquemático. 1. Sistema de aquisição de dados, 2. Termopares, 3. Cápsula esférica, 4. Válvula solenóide, 5. Evaporador, 6. Termostato

Procedimento de teste para o experimento de solidificação

A cápsula foi preenchida com PCM, água. Em seguida, o fluido de transferência é resfriado para uma temperatura de trabalho pré-estabelecida. Após atingir esta temperatura, a cápsula é imersa no fluido de transferência. A temperatura ao longo do tempo começa a cair até chegar na temperatura de mudança de fase T_m . O experimento foi repetido com várias cápsulas de diâmetros 35, 76, 106, 131mm, nas temperaturas de -5°C à -25°C . O experimento é finalizado quando a temperatura no centro da cápsula atinge um valor constante (temperatura de mudança de fase). O tempo consumido até atingir esta condição é o tempo de solidificação completa.

Resultados

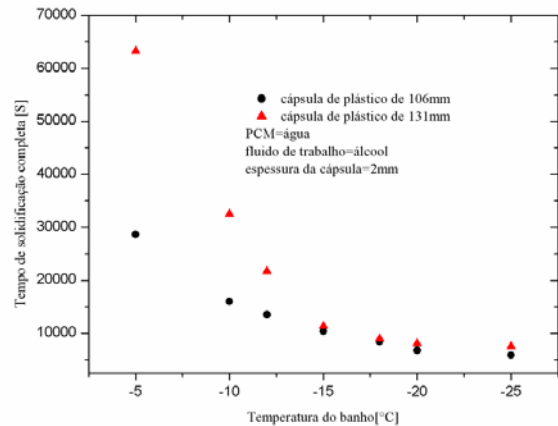


Figura 2. Efeito do tamanho da cápsula esférica no tempo de solidificação.

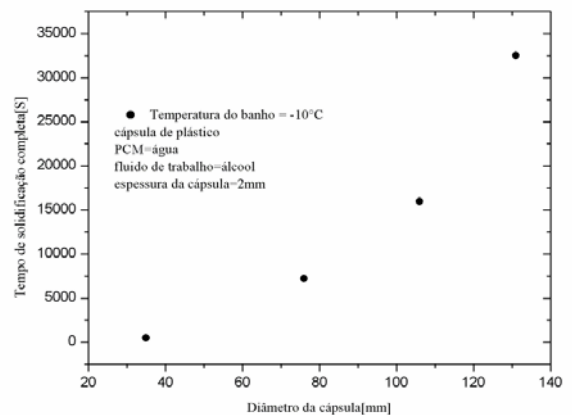


Figura 3. Efeito da variação do diâmetro da cápsula no tempo de solidificação completa com temperatura de trabalho de (-10°C) .

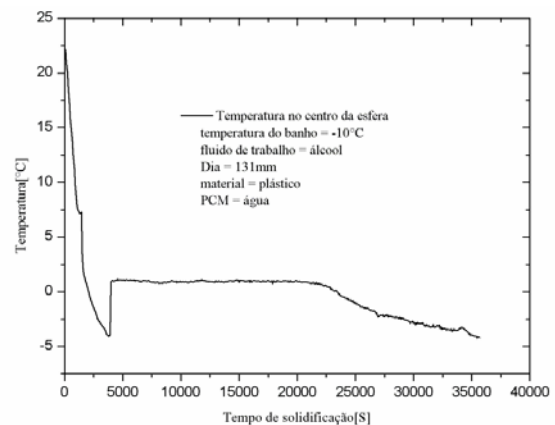


Figura 4. Efeito da variação da temperatura no centro da cápsula de 131 mm de diâmetro com fluido de trabalho (-10°C) .

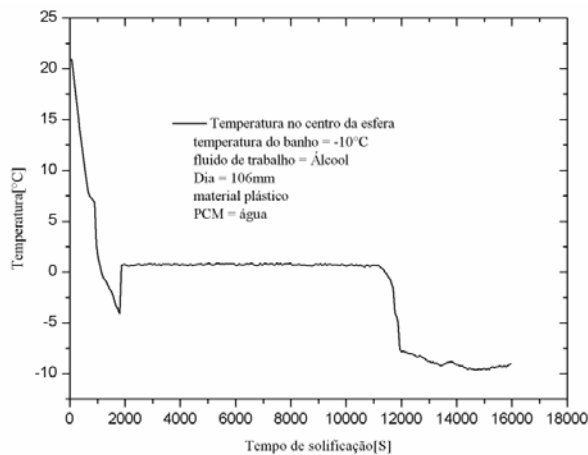


Figura 5. Efeito da variação da temperatura no centro da cápsula de 106 mm de diâmetro com fluido de trabalho (-10°C).

Discussão

A Figura 2 mostra o efeito do diâmetro da cápsula esférica sobre o tempo de solidificação completa, indicando que o tempo aumenta de forma não linear com o aumento de diâmetro da cápsula de plástico, devido ao aumento da resistência térmica interna com o aumento da camada solidificada.

A Figura 3 mostra o efeito do diâmetro da cápsula esférica no tempo de solidificação completa. As cápsulas testadas nos experimentos com material de mudança de fase PCM no seu interior, têm diâmetros de 35, 76, 106 e 131mm. Como pode ser verificado, o tempo cresce de maneira não linear quando eleva-se o diâmetro da cápsula. No entanto, isso ocorre devido ao aumento do raio externo que causa uma diminuição na taxa de transferência de calor.

A Figura 4 e 5 indicaram um grau de super resfriamento no interior da cápsula em um curto espaço de tempo. A diferença entre os tempos de solidificação aumenta à medida que à frente de solidificação se dirige para o centro da cápsula esférica, porque no início do processo a espessura solidificada é pequena e o calor sensível devido ao super-resfriamento é também pequeno. À medida que a espessura solidificada aumenta, aumenta a influência do calor sensível.

Conclusão

Foi confirmado que o tempo de solidificação aumenta com diâmetro da cápsula. O tempo de solidificação é um fator importante para o cálculo do desempenho térmico de projetos de bancos de

gelo ajudando no entendimento dos parâmetros ótimos destes equipamentos.

Referências

- NALLUSAMY, N; SAMPATH, S; VELRAJ, R. Experimental investigation on a combined sensible and latent storage system integrated with Constant/varying (solar) heat sources. *Renewable energy*, vol. 32, pp. 1206-1227, 2007. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/renene>. Acesso em 16 de jun. 2007.
- HAMMOU, ZOUHAIR AIT; LACROIX, MARCEL. A hibrid thermal energy storage system for managing simultaneously solar and eletric energy. *Energy conversion e management*, vol. 47, pp. 273-288,2006. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/enconman>. Acesso em 16 de jun. 2007.
- YUKSEL, NUMAN; AVACI, ITAKAN; KLIC, MUHSIN. A model for latent heat energy storage systems. *International Journal of energy research*, vol. 30, pp. 1146-1157, 2006. <http://www.interscience.wiley.com>. Acesso em 16 de jun. 2007.
- ISMAIL, KAMAL. A. R. Bancos de gelo: fundamentos e modelagem. Campinas, SP: Ed. do autor, 1998.
- ISMAIL, KAMAL.A .R. Modelagem de processos térmicos: fusão e solidificação. Campinas, SP: Ed. do autor, 1998.
- DINCER, IBRAHIM; ROSEN, MARC A. Thermal energy storagy: System and Applications. New York: Ed. Wiley, 2002.