

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA MÁY LẠNH HẤP PHỤ SILICA GEL - NƯỚC Ở VIỆT NAM

STUDIES EVALUATING THE APPLICATION OF ADSORPTION AIR CONDITIONING SILICA GEL AND WATER IN WEATHER CONDITION OF VIỆT NAM

Hoàng An Quốc

Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây máy lạnh hấp phụ bằng năng lượng mặt trời ngày càng được các nhà nghiên cứu trong nước và trên thế giới quan tâm, nguyên nhân là do có sự đồng biến của năng lượng mặt trời và nhu cầu sử dụng lạnh. Ưu điểm của máy lạnh hấp phụ bằng năng lượng mặt trời là không tiêu tốn điện năng và tránh được việc sử dụng môi chất lạnh gây phá hủy tầng ozone. Có nhiều cặp môi chất được sử dụng trong máy lạnh hấp phụ như: Than hoạt tính-Metanol, Than hoạt tính-Amoniac, Calcium chlorid-Amoniac, Silicagel-Amoniac, Silicagel-nước... trong đó các cặp môi chất của than hoạt tính được dùng để sản xuất nước đá, còn những cặp chất của Calcium và Silicagel được dùng để làm lạnh. Mục đích của nghiên cứu này là chế tạo và thử nghiệm máy lạnh hấp phụ Silicagel-nước sử dụng năng lượng mặt trời.

Từ khóa: Máy lạnh hấp phụ, máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời, Silicagel-nước, làm lạnh bằng năng lượng mặt trời.

ABSTRACT

In recent years, solar powered adsorption refrigerator has attracted increasing researchers in the world. The reason is that the covariates between the demand for cooling and solar radiation is very intense. The main function of this system is to reduce the electricity demand, and at the same time, to avoid the cause of ozone depletion. There are actually many adsorbent- adsorbate working pairs to be used in an adsorption refrigeration machines such as: activated Carbon-Methanol, Activated carbon – Ammonia for producing ice and Calcium chloride-ammonia, Silicagel-ammonia, Silicagel-water for cooling. The main objective of this study is to fabricate and test the prototype Silicagel-water adsorption refrigerator for the weather condition in Vietnam.

Key word: Solar Adsorption refrigerator, Silicagel-water, solar cooling

I. GIỚI THIỆU

Máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời ngày càng được các nhà nghiên cứu trên thế giới và trong nước quan tâm, nguyên nhân do có sự đồng biến của năng lượng mặt trời và nhu cầu sử dụng lạnh. Có nhiều cặp môi chất được sử dụng trong máy lạnh hấp phụ như: Than hoạt tính-Metanol, Than hoạt tính- Amoniac, Calcium chlorid- Amoniac, Silicagel-

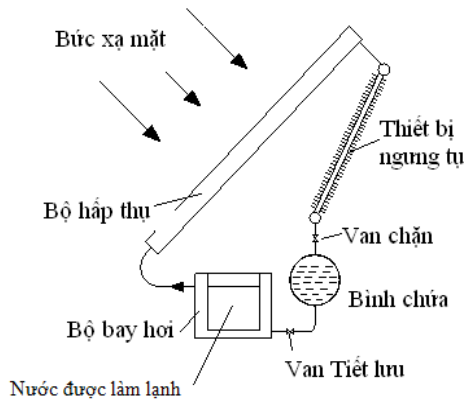
Amoniac, Silicagel-nước... trong đó các cặp môi chất của than hoạt tính được dùng để sản xuất nước đá, còn những cặp chất của Calcium và Silicagel được dùng để làm lạnh. Hoàng Dương Hùng [4],[5] đã chế tạo thành công máy lạnh hấp phụ Than hoạt tính – Methanol để sản xuất nước đá 2kg/ngày với hệ số COP đạt 0,151. Phòng thí nghiệm Energetique Solaire của Pháp và Thụy sĩ đã chế tạo được máy lạnh hấp phụ sử dụng năng

lượng mặt trời với hệ số làm lạnh COP đạt được từ 0,1-0,15. Viện kỹ thuật lạnh của trường đại học Shanghai Trung Quốc đã chế tạo thành công máy lạnh hấp phụ Than hoạt tính – Methanol để sản xuất nước đá có hệ số làm lạnh COP đạt được từ 1,2 đến 1,4. Trong bài báo này giới thiệu máy lạnh hấp phụ Silicagel-Nước (phiên bản thứ nhất) được chế tạo tại trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp phụ:

a. Sơ đồ nguyên lý:



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp phụ

Hệ thống máy lạnh hấp phụ làm việc theo chu kỳ gián đoạn với cấu tạo như hình 1.

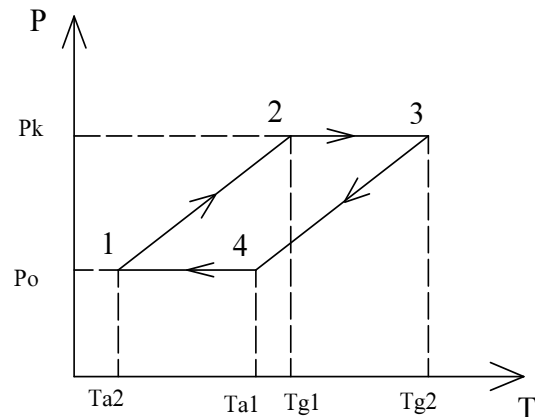
- + Bộ thu NLMT (Năng lượng mặt trời) bên trong có chứa chất hấp phụ (Silicagel) để hấp thụ năng lượng mặt trời, nhiệt độ bộ thu có thể đạt từ 80-90°C.
- + Thiết bị ngưng tụ đối lưu tự nhiên.
- + Bình chứa dùng để chứa tác nhân lạnh ngưng tụ về.
- + Van tiết lưu tay để tiết lưu tác nhân lạnh vào thiết bị bay hơi.
- + Thiết bị bay hơi dùng để làm lạnh nước trong bình.

b. Nguyên lý hoạt động Máy lạnh hấp phụ:

Máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời hoạt động theo chu kỳ gián đoạn như sau:

Quá trình gia nhiệt: Ban ngày, bức xạ mặt trời gia nhiệt cho bộ hấp thụ để làm bốc hơi môi chất lạnh (nước) trong Silicagel, sau khi bốc hơi ra khỏi chất hấp phụ. Hơi môi chất lạnh (nước) đi qua thiết bị ngưng tụ trao đổi nhiệt đối lưu sẽ ngưng tụ thành lỏng rồi được chảy xuống bình chứa, lúc này van tiết lưu đóng, van chặn mở.

Quá trình làm lạnh: Ban đêm, khi hết bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường giảm ta đóng van chặn lại, nâng tấm kính hấp thụ lên, hạ tấm cách nhiệt xuống. Bộ thu bây giờ đóng vai trò bức xạ nhiệt và nhờ quá trình bức xạ này mà nhiệt độ bộ thu giảm xuống, khả năng hấp thụ của chất hấp phụ (silicagel) tăng, áp suất trong hệ thống giảm xuống đến khi nhiệt độ toàn hệ thống đạt đến nhiệt độ môi trường thì từ từ mở van tiết lưu, lúc đó lỏng môi chất được tiết lưu vào thiết bị bay hơi. Tại thiết bị bay hơi môi chất lạnh nhận nhiệt để bay hơi và được hấp thụ bởi chất hấp phụ trong bộ thu. Quá trình làm lạnh tiếp tục xảy ra trong suốt đêm cho đến khi bộ thu có thể nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời vào ngày hôm sau và chu trình cứ thế tiếp tục. Chu trình nhiệt động của máy lạnh hấp phụ được biểu diễn trên đồ thị P-T như hình vẽ.



Hình 2. Chu trình nhiệt lý tương của máy lạnh hấp phụ trên đồ thị P-T.

Chu trình thuộc loại gián đoạn, có hai quá trình:

Quá trình 1-2: Cấp nhiệt đẳng khối lượng, nhiệt độ và áp suất của hệ thống tăng theo bức xạ mặt trời do nhận nhiệt từ bộ hấp thụ.

Quá trình 2-3: Nhả môi chất và ngưng tụ tại bộ ngưng tụ, nước bắt đầu tách ra khỏi silicagel được ngưng tụ và tích tụ lại ở bình chứa.

Quá trình 3-4: Làm mát đẳng khối lượng, bức xạ mặt trời giảm, bộ hấp thụ được làm mát bằng đối lưu tự nhiên, nhiệt độ và áp suất trong hệ thống giảm.

Quá trình 4-1: Bay hơi và hấp phụ, môi chất bay hơi trong thiết bị bay hơi nhận nhiệt của nước cần làm đá và bị silicagel trong bộ hấp thụ hút về.

2.2. Phương trình cân bằng năng lượng:

- Phương trình cân bằng năng lượng của bộ thu:

$$(DA)EF_c = Q_u + Q_l + Q_s \quad (1)$$

Trong đó: D là hệ số xuyên qua, A là hệ số hấp thụ, E là cường độ bức xạ mặt trời, F_c là diện tích của bộ thu. Q_u là năng lượng để gia nhiệt bình nước và adsorbent bed, Q_s năng lượng tích trữ trong bộ thu, Q_l năng lượng tổn thất.

$$Q_l = Q_t + Q_b + Q_e \quad (2)$$

Trong đó: Q_t : là tổn thất bề mặt trên của bộ thu; Q_b : tổn thất bề mặt dưới của bộ thu; Q_e : là tổn thất của bốn mặt bên.

Thường Q_e tương đối nhỏ so với Q_t và Q_b do đó có thể bỏ qua.

$$Q_t = \int k_t F_c (T_p - T_a) dt \quad (3)$$

$$Q_b = \int k_b F_c (T_p - T_a) dt \quad (4)$$

T_p : Nhiệt độ bề mặt bộ thu; T_a : Nhiệt độ môi trường; k_t : Hệ số tổn thất nhiệt bề mặt trên của bộ thu; k_b : Hệ số tổn thất nhiệt bề mặt dưới của bộ thu.

- Năng lượng từ bộ thu Q_g dùng để gia nhiệt cho bộ hấp phụ để nhả môi chất lạnh từ bộ hấp thụ. Phương trình cân bằng năng lượng có thể viết như sau:

$$Q_g = \int_{T_{a2}}^{T_{g2}} (m_m c_{pm} + m_a c_{pa}) dt + \int_{T_{a2}}^{T_{g1}} x_{conc} m_a c_{pl} dt \quad (5)$$

$$+ \int_{T_{g1}}^{T_{g2}} h_d m_a dx + \int_{T_{g1}}^{T_{g2}} x(T, p_c) m_a c_{pl} dt$$

Trong công thức trên, thành phần thứ nhất là nhiệt hiện của vật liệu làm bình và chất hấp thụ; thành phần thứ 2 là nhiệt hiện của lỏng môi chất lạnh trong chất hấp thụ trước khi nhả ra, thành phần thứ 3 là nhiệt của quá trình nhả môi chất lạnh, thành phần thứ 4 là nhiệt hiện của môi chất lạnh còn lại trong chất hấp thụ. m_m là khối lượng của bộ hấp thụ, c_{pm} là nhiệt dung riêng của bộ hấp thụ, m_a là khối lượng của chất hấp thụ, c_{pa} là nhiệt dung riêng của chất hấp thụ, c_{pl} là nhiệt dung riêng của môi chất lạnh ở trạng thái hấp phụ. T_{g1} là nhiệt độ bắt đầu nhả môi chất lạnh, T_{g2} là nhiệt độ nhả môi chất lạnh. T_{a1} là nhiệt độ bắt đầu hấp phụ, T_{a2} là nhiệt độ hấp phụ. Nhiệt lượng qua quá trình nhả môi chất lạnh có thể tính như sau:

$$H_d = \int_{T_{g1}}^{T_{g1}} h_d m_a dx = \int_{T_{g1}}^{T_{g1}} h_d m_a \frac{dx}{dt} dt \quad (6)$$

Trong đó h_d là nhiệt hấp phụ là hàm của công suất hấp phụ x. Công suất hấp phụ của Silicagel và nước được tính theo công thức của Boelman như sau [8]:

$$x = 0.346 \left(\frac{P_s(T_w)}{P_s(T_s)} \right)^{1/1.6} \quad (7)$$

- Trong đó $p_s(T_w)$ và $p_s(T_s)$ tương ứng là áp suất hơi bão hòa của môi chất làm lạnh ở nhiệt độ T_w (hơi nước) và T_s (silicagel).

- Áp suất hơi bão hòa và nhiệt độ có mối tương quan như sau:

$$P_s = 0.0000888(T - 273.15)^3 - 0.0013802(T - 273.15)^2 + 0.0857427(T - 273.15) + 0.4709375$$

Vào ban đêm cần làm máy bộ hấp thụ. Nhiệt hiện cần làm mát bộ hấp thụ từ T_{g2} đến nhiệt độ môi trường T_a được tính như sau:

$$Q_c = \int_{T_a}^{T_{g2}} (m_m c_{pm} + m_a c_{pa}) dt + \int_{T_{a1}}^{T_{g2}} x_{dil} m_a c_{pl} dt \quad (8)$$

$$+ \int_{T_a}^{T_{a1}} h_a m_a dx + \int_{T_a}^{T_{a1}} x m_a c_{pl} dt$$

Thành phần thứ nhất là nhiệt hiện của bộ hấp phụ và chất hấp phụ, thành phần thứ hai là nhiệt hiện của môi chất lạnh trong bộ hấp phụ, thành phần thứ ba là nhiệt hấp phụ được tính như sau:

$$H_a = \int_{T_a}^{T_{a1}} h_a m_a dx = \int_{T_a}^{T_{a1}} h_a m_a \frac{dx}{dt} dt \quad (9)$$

Thành phần thứ tư là nhiệt hiện của chất hấp phụ trong quá trình hấp phụ.

Môi chất lạnh được nhả ra và được ngưng tụ trong bình ngưng và chảy vào bình bay hơi. Khi áp suất trong bộ hấp phụ thấp hơn áp suất bay hơi, lỏng môi chất lạnh trong bình bay hơi sẽ bay hơi và tạo ra hiệu ứng làm lạnh. Công suất lạnh được tính như sau:

$$Q_{ref} = \Delta x m_a r_e ; \Delta x = x_{conc} - x_{dil} \quad (10)$$

ở đây r_e là nhiệt ẩn hóa hơi của môi chất lạnh, x_{conc} là công suất hấp phụ trước quá trình nhả môi chất lạnh và x_{dil} là công suất hấp phụ sau quá trình nhả môi chất lạnh.

Một lượng công suất lạnh sẽ dùng để làm lạnh lỏng môi chất lạnh từ nhiệt độ ngưng tụ T_c đến nhiệt độ bay hơi T_e .

$$Q_{cc} = m_a \Delta x c_{pl} (T_c - T_e) \quad (11)$$

Hệ số COP của chu trình lạnh có thể viết như sau: $COP_{cycle} = \frac{Q_{ref} - Q_{cc}}{Q_g} \quad (12)$

III. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Tổ chức thí nghiệm

Để xác định sự biến thiên nhiệt độ và hiệu suất của bộ thu NLMT một cách chính xác ta cần xác định cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ bề mặt bộ thu theo thời gian, lượng nhiệt do bộ thu nhận được từ bức xạ mặt trời để cung cấp cho quá trình thoát hơi môi chất khỏi than hoạt tính trong một ngày. Chính vì vậy, để có được các thông số này chúng ta cần các thiết bị

đo phù hợp và phương pháp đo phù hợp để xác định được các thông số một cách chính xác.

+ Các thông số cần đo được thực hiện đo trong 15 ngày từ 01/8/2012 đến 16/8/2012 tại Thủ Đức, Thành Phố Hồ Chí Minh.

+ Thời gian thực hiện phép đo

+ Ban ngày: Bắt đầu từ 8h00', kết thúc 16h30' (đo cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ trong bộ thu, áp suất ngưng tụ, nhiệt độ môi trường)

+ Ban đêm: Bắt đầu từ 19h00' đến 23h00' (đo áp suất bay hơi, nhiệt độ bề mặt bộ thu, nhiệt độ nước trong hộp lạnh, nhiệt độ môi trường)

+ Thực hiện đo thông số trong cùng một ngày, cùng một chế độ, cứ 30 phút thì ghi lại số liệu một lần.

3.2. Đo cường độ bức xạ

Đầu cảm biến của trục xạ kế được đưa lên vị trí cao và cách xa bề mặt hấp thụ để tránh ảnh hưởng do phản xạ từ bề mặt bộ thu.

3.3. Đo nhiệt độ

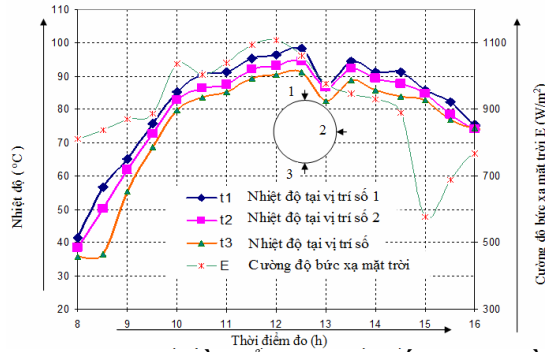
a - Đo nhiệt độ bề mặt bộ thu

Ở đây bộ thu bao gồm 06 hàng ống giống nhau, nên khi thực hiện quá trình đo thông số trên bề mặt bộ thu chỉ cần đo 3 ống ở vị trí số 1, 2, 3. Các vị trí ống số 4, 5, 6 nằm đối xứng với ống vị trí số 3, 2, 1 nên có giá trị nhiệt độ tương đương với các ống vị trí số 3, 2, 1.

Nhận xét

Từ kết quả thực nghiệm cho thấy độ chênh nhiệt độ giữa các điểm đo tương ứng tại các vị trí đầu ống, cuối ống và giữa ống trên mỗi ống có độ chênh không

đáng kể ($\bar{\Delta}t = 0, 91$ °C). Nên chỉ cần đo thông số ở một vị trí xác định là đủ, ta đo 3 hàng ống số 1, 2, 3



Hình 3. Sơ đồ thể hiện sự biến thiên bề mặt ống ngày 06/08/2012

Nhận xét

Hình 3. cho thấy biến thiên nhiệt độ của những điểm nằm trên bề mặt ống hấp thụ phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời, góc tới của các tia bức xạ, (tại thời điểm đo). Xét ở từng thời điểm chúng ta thấy rằng: từ 8h đến 10h và từ 14h đến 16h cường độ bức xạ mặt trời nhỏ và quá trình truyền tia nắng theo hướng xiên góc thì độ chênh nhiệt độ giữa các điểm nhỏ (buổi sáng thì tăng dần, buổi chiều thì giảm dần theo chiều tăng, giảm tương ứng của bức xạ mặt trời). Độ chênh nhiệt độ lớn nhất giữa các điểm trên bề mặt bộ thu nằm trong thời gian từ 10h sáng đến 14h chiều, thời gian này cường độ bức xạ mặt trời cũng đạt được trị số lớn nhất.

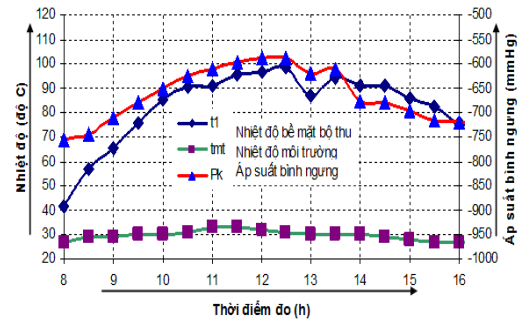
Kết luận

Bằng những phân tích trên cho thấy:

- Nhiệt độ bề mặt bộ thu không đồng đều, những điểm nhận bức xạ trực tiếp từ mặt trời có sự biến đổi lớn hơn so với những điểm khác trên bề mặt bộ thu.

3.4. Quá trình ngưng tụ và các thông số ảnh hưởng đến quá trình ngưng tụ.

Lượng môi chất ngưng tụ được bình chứa mỗi chu kỳ là yếu tố quyết định đến quá trình làm lạnh, vì vậy cần xác định những thông số ảnh hưởng đến quá trình ngưng tụ.

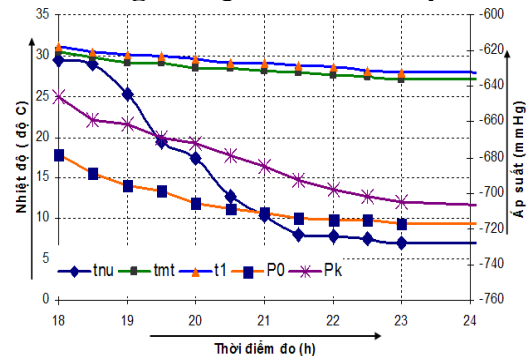


Hình 4. Sơ đồ thể hiện sự biến thiên nhiệt độ bề mặt ống ngày 06/08/2012

Nhận xét:

- Đồ thị hình 4 cho thấy, áp suất ngưng tụ thay đổi đồng biến với sự biến thiên nhiệt độ của bề mặt bộ thu, nghĩa là khi nhiệt độ bề mặt bộ thu tăng thì áp suất ngưng tụ cũng tăng và ngược lại.
- Áp suất ngưng tụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ bề mặt bộ thu.

3.5. Quá trình làm lạnh và các thông số ảnh hưởng đến quá trình làm lạnh.



Hình 5. Sơ đồ thể hiện sự biến thiên nhiệt độ bề mặt ống, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ

3.6 Hiệu suất của máy lạnh hấp phụ

Để đánh giá hiệu quả chuyển hoá năng lượng từ NLMT thành nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp để làm lạnh nước trong hộp lạnh có thể đánh giá thông qua hiệu suất của máy.

Gọi m là khối lượng nước cần làm lạnh, nhiệt ẩn hoá hơi (ngưng tụ) của nước là r, hệ số hiệu quả làm lạnh được định nghĩa là tỷ số giữa năng lượng có ích trên năng lượng toàn phần nhận được từ mặt trời:

$$COP = \frac{Q_e}{Q_h} = \frac{Q_e}{A \cdot \int_m^l G(t) dt}$$

Trong đó:

- Q_e là nhiệt cần thiết cho dàn bay hơi để làm lạnh.
- Q_h là tổng bức xạ mặt trời thu được cả bộ thu.

Giá trị Q_e được tính theo công thức: $Q_e = Q_o \times \tau$

Trong đó:

- $Q_o = 37,2$ W là năng suất lạnh của hệ thống (theo số liệu tính toán).
- τ là khoảng thời gian làm lạnh.

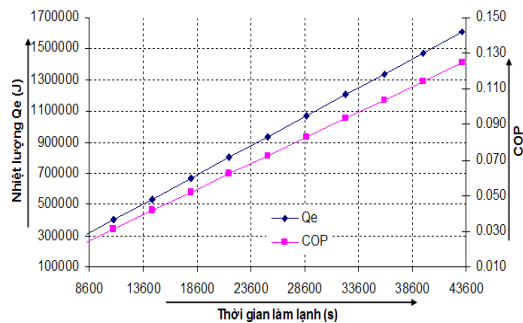
Giá trị Q_h được tính theo công thức:

$$Q_h = F \times E \times t$$

Trong đó:

- F là diện tích bề mặt bộ thu: $F = 0.6 \times 0.8 = 0.48$ m²
- E là cường độ bức xạ mặt trời trung bình trong một ngày.
- t là khoảng thời gian nhận bức xạ mặt trời: $t = 8$ h

Biểu đồ mối quan hệ giữa thời gian làm lạnh và hệ số COP



Hình 6. Sơ đồ thể hiện sự biến thiên hiệu suất làm lạnh và thời gian làm lạnh ngày

V. KẾT LUẬN

- Hệ số làm lạnh tăng khi tăng thời gian làm lạnh của hệ thống.
- Hệ số làm lạnh phụ thuộc và cường độ bức xạ mặt trời mà bộ thu nhận được.
- Mặc dù hệ số lạnh không cao, nhưng so sánh kết quả của các nghiên cứu được công bố trên thế giới, hiệu suất cao nhất đạt được trung bình 0,2. Chúng tôi sử dụng các vật liệu rẻ tiền như lớp sơn đen bình thường thay vì phải là sơn có tính chọn lọc hoặc bề mặt nhận nhiệt được phủ Crôm đen rất tốn kém.
- Năng lượng mặt trời là vô tận, vấn đề là làm sao để thiết bị có giá chấp nhận được thì mới có tính ứng dụng cao, phổ biến và các hộ gia đình vùng sâu, xa có thể sử dụng được.

Lời cảm ơn

Tác giả gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM, Trung tâm chế tạo công nghệ thiết bị mới (NEPTECH) của Sở KH-CN Tp.HCM và ThS. Nguyễn Đức Thuận đã tài trợ và tham gia thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy, *Môi chất lạnh*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội;
- [2] Qiu jiayou (2003), *thesis submitted for the degree of master of engineering national university of singapore*;
- [3] Lê Chí Hiệp (2004), *Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hoà không khí*, Nhà xuất bản Đại Học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh;
- [4] Nguyễn Bốn, Hoàng Dương Hùng (2000), *Năng lượng mặt trời- lý thuyết và ứng dụng*, Đại học Bách khoa Đà Nẵng;
- [5] Hoàng Dương Hùng, *năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng* (2007), Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội;
- [6] Hoàng Đình Tín , *cơ sở truyền nhiệt* (2010), Nhà xuất bản Đại Học Quốc Gia Tp.Hồ Chí Minh;
- [7] Hoàng An Quốc, *Nghiên cứu nâng cao hiệu quả cấp nhiệt bằng ống nhiệt mặt trời cho máy lạnh hấp thụ H₂O-LiBr loại Single Effect ở miền nam Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ năm 2009.
- [8] R.Z.Wang, *Adsorption refrigeration research in Shanghai Jiao Tong University*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 5, 2011 p(1-37).
- [9] Hoàng An Quốc, Lê Chí Hiệp, Nguyễn Lê Hồng Sơn (2012), *Nghiên cứu chế tạo máy lạnh hấp thụ Silicagel-Nước sử dụng năng lượng mặt trời*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Đà Nẵng 2012.
- [10] Nguyễn Xuân Bình (2007), *Nghiên cứu đánh giá hiệu quả máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời*, Luận văn Thạc sĩ công nghệ nhiệt – lạnh, Đại Học Bách Khoa Hà Nội.
- [11] Nguyễn Đức Thuận (2012), *Nghiên cứu đánh giá khả năng ứng dụng của máy lạnh hấp phụ Silicagel – nước*, Luận văn thạc sĩ Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh.