BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI

TỔNG CỤC DẠY NGHỀ

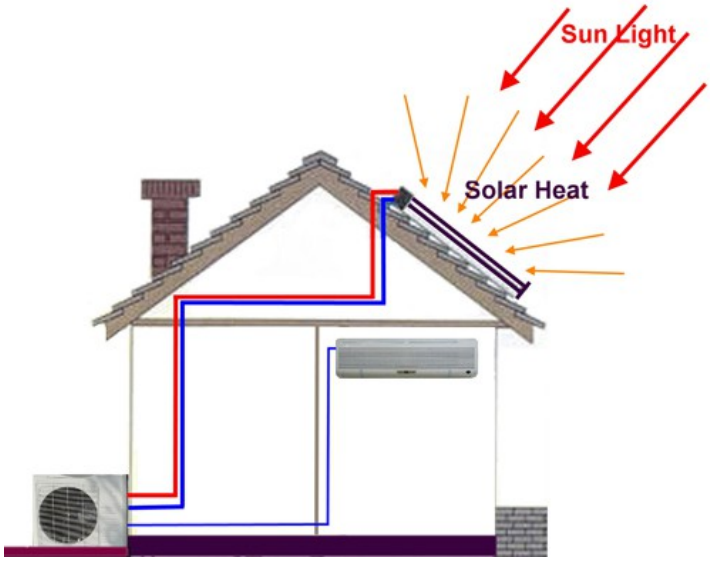
GIÁO TRÌNH

Tên môn học: Máy lạnh hấp thụ

NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG NGHỀ

Ban hành kèm theo Quyết định số: 120 /QĐ – TCDN Ngày 25 tháng 2 năm 2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề



Hà Nội, năm 2013

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo hoặc tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Nhu cầu năng lượng trong xã hội hiện đại ngày càng tăng, trong khi đó các nguồn năng lượng dự trữ ngày càng cạn kiệt. Nhu cầu sử dụng hệ thống lạnh ngày một tăng việc thiết kế, chế tạo và sử dụng các hệ thống lạnh sử dụng các nguồn năng lượng nhiệt thải, năng lượng mặt trời … là hướng quan trọng để góp phần giải quyết vấn đề năng lượng hiện nay.

Cuốn giáo trình "Máy lạnh hấp thụ" cung cấp các kiến thức về nguyên lý làm việc và các phương pháp tính toán chu trình của các loại máy lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn.

Giáo trình được biên soạn dùng cho chương trình Cao đẳng nghề KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ. Giáo trình được dùng để giảng dạy trong các Trường Cao đẳng nghề và làm tài liệu tham khảo cho các trường có cùng hệ đào tạo vì đề cương của giáo trình bám sát chương trình khung quốc gia của nghề.

Cấu trúc của giáo trình gồm 2 chương trong thời gian 30 tiết. Chương 1 giới thiệu về các chu trình máy lạnh hấp thụ và các bài tập tính toán chu trình một số máy lạnh hấp thụ. Chương 2 nội dung chủ yếu là giới thiệu và tính toán chu trình máy lạnh hấp phụ rắn, máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời.

Trong quá trình biên soạn, tác giả đã tham khảo nhiều tài liệu của các tác giả trong nước và ngoài nước. Mặc dù đã có nhiều cố gắng nhưng cuốn giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp để giáo trình được chỉnh sửa và ngày càng hoàn thiện hơn. Mọi

ý kiến xin được gửi về Bộ môn nhiệt lạnh Trường Đại học công nghiệp Hà Nội.

Hà Nội, ngày 25 tháng 12 năm 2012

Tham gia biên soạn

Chủ biên: **Thạc sĩ Nguyễn Xuân Bình**

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
1. Lời giới thiệu	**1**
2. Mục lục	**2**
3. Chương trình môn học Máy lạnh hấp thụ	**3**
4. CHƯƠNG 1: MÁY LẠNH HẤP THỤ	**5**
1. Đại cương	5
2. Chu trình lý thuyết	6
3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ	8
4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H_2O/LiBr)	12
5. Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước	17
6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp	27
7. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán	29
8. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ	31
5. Chương 2: THIẾT BỊ LẠNH DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	**37**
1. Khái niệm	37
2. Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời	38
3 Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ	39
4 Tính toán nhiệt	42
5. Hệ thống lạnh sản xuất nước đá	45
6. Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng	48
7. Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời:	49
6. Tài liệu tham khảo	**57**

TÊN MÔN HỌC: MÁY LẠNH HẤP THỤ

Mã môn học: MĐ 36

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

- Môn học Máy lạnh hấp thụ được đưa vào học sau khi sinh viên đã được học các môn học, mô đun kỹ thuật cơ sở và chuyên môn;
- Là môn học thiên về lý thuyết: Các bài tập ứng dụng chủ yếu là tham quan, tìm hiểu các sơ đồ, catalog làm sáng tỏ các vấn đề lý thuyết.

Mục tiêu của môn học:

- Trình bày được chức năng, nhiệm vụ, cấu tạo, hoạt động của các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn
- Phân tích được những kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí sử dụng công nghệ khác với công nghệ máy lạnh nén hơi
- Phân biệt được sự khác nhau giữa cấu tạo, nguyên lý làm việc của các hệ thống lạnh thông thường (máy lạnh nén hơi) với máy lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn. Nắm được ưu nhược điểm, phạm vi, và hướng phát triển của hệ thống máy lạnh này;
- Nhận biết được các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn;
- Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra* *(LT hoặc TH)*
I	Máy lạnh hấp thụ Đại cương Chu trình lý thuyết Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H_2O/LiBr) Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp Máy lạnh hấp thụ khuếch tán Máy lạnh hấp thụ chu kỳ: Kiểm tra	15	11	3	1

II	Thiết bị lạnh dùng năng lượng mặt trời Khái niệm Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ Tính toán nhiệt Hệ thống lạnh sản xuất nước đá Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời Kiểm tra	15	11	3	1
	Cộng	**30**	**22**	**6**	**2**

CHƯƠNG 1: MÁY LẠNH HẤP THỤ

Mã chương: MH36 – 01

Giới thiệu:

Vấn đề tiết kiệm năng lượng trong giai đoạn hiện nay được toàn xã hội quan tâm và thực hiện. Máy lạnh hấp thụ có ưu điểm là không dùng nguồn năng lượng điện mà chủ yếu sử dụng nguồn năng lượng nhiệt có nhiệt độ thấp, như vậy máy lạnh hấp thụ hoàn toàn có thể tận dụng được các nguồn nhiệt thừa của các nhà máy thải ra như : Nhiệt độ của hơi, nhiệt độ khói thải…

Mục tiêu:

- Trình bày được sơ đồ nguyên lý của một số hệ thống máy lạnh hấp thụ như: Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước; Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H_2O/LiBr); Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp; Máy lạnh hấp thụ khuếch tán; Máy lạnh hấp thụ chu kỳ
- Trình bày được nguyên tắc hoạt động của các hệ thống máy lạnh hấp thụ
- Giải được các bài toán đơn giản liên quan đến hệ thống máy lạnh hấp thụ
- Giải thích được các ưu nhược điểm của hệ thống máy lạnh hấp thụ
- Tra đồ thị h - cho hỗn hợp NH3/H_2O; đồ thị lg P – 1/T_H, thành thạo
- Tra các thông số tính toán trong các bảng, biểu thành thạo
- Kỹ năng giải các bài toán máy lạnh hấp thụ.
- Rèn tính cẩn thận, chính xác, trung thực, có ý thức tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường

Nội dung chính:

1. ĐẠI CƯƠNG:

Máy lạnh hấp thụ giữ một vai trò quan trọng trong kỹ thuật lạnh. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ H_2O/H_2SO_4 do Lesli phát minh năm 1810 và máy lạnh hấp thụ liên tục NH_3/H_2O do carré phát minh năm 1850. Với chặng đường phát triển gần 200 năm, ngày nay các loại máy lạnh khác nhau đã được hoàn chỉnh và sử dụng có hiệu quả ở nhiều nước trên thế giới nhất là Liên Xô cũ và Mỹ.

Ưu điểm lớn nhất của máy lạnh hấp thụ là không cần điện năng hoặc cơ năng mà chỉ sử dụng nguồn nhiệt năng có nhiệt độ không cao (80 150^0C) để hoạt động. Chính vì thế, máy lạnh hấp thụ góp phần vào việc sử dụng hợp lý các nguồn năng lượng khác nhau, tận dụng nhiệt năng thừa, phế thải, thứ cấp, rẻ tiền ở dạng nước nóng, hơi trích từ các tua bin ở các nhà máy nhiệt điện, từ các lò hơi của các nhà máy thực phẩm, công nghiệp nhẹ hoặc từ các sản phẩm cháy hoặc khí thải công nghiệp.

Ưu điểm tiếp theo là máy lạnh hấp thụ rất đơn giản, kết cấu chủ yếu là các thiết bị trao đổi nhiệt và trao đổi chất, chế tạo dễ dàng, bộ phận chuyển động duy nhất là bơm dung dịch, cũng vì vậy máy lạnh hấp thụ vận hành đơn giản, sửa chữa bảo dưỡng dễ dàng, máy làm việc ít ồn và rung. Trong vòng tuần hoàn môi chất không có dầu bôi trơn nên bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt không bị bám dầu làm nhiệt trở tăng như máy lạnh nén hơi NH_3.

Máy lạnh hấp thụ cũng có nhược điểm là cồng kềnh, diện tích lắp đặt lớn hơn so với máy lạnh nén hơi. Lượng nước làm mát tiêu thụ cũng lớn hơn, vì phải làm mát thêm bình hấp thụ.

Tuy nhiên, trong điều kiện Việt Nam, máy lạnh hấp thụ là rất phù hợp, nhất là về các mặt chế tạo và vận hành đơn giản, không cần điện năng mà có thể dùng than, củi để chạy máy.

2. CHU TRÌNH LÝ THUYẾT:

Sơ đồ nguyên lý của máy lạnh hấp thụ lý thuyết được biểu diễn trên hình 1.1

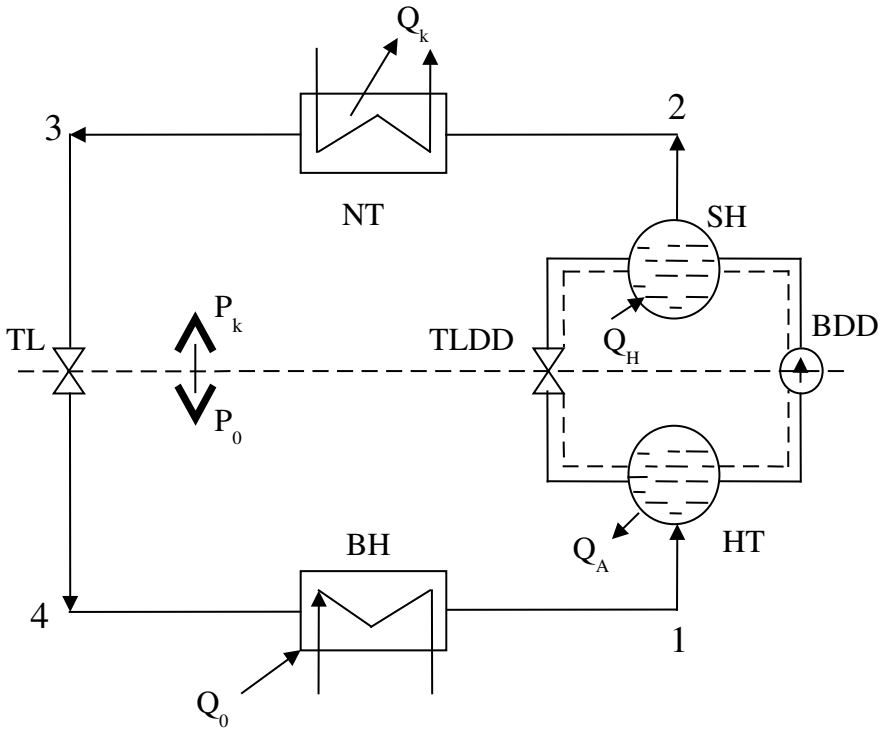
Các quá trình của máy lạnh hấp thụ:

1 - 2 - Quá trình nén, được thực hiện nhờ một vòng tuần hoàn của dung dịch qua các thiết bị hấp thụ, bơm dung dịch, bình sinh hơi và tiết lưu dung dịch. Cũng chính vì vậy tập hợp các thiếtbị trên được gọi là máy nén nhiệt.

2 - 3 - Quá trình ngưng tụ xảy ra ở thiết bị ngưng tụ

3 - 4 - Quá trình tiết lưu

4 - 1 - Quá trình bay hơi thực hiện ở thiết bị bay hơi



Hình 1.1- Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ

SH - Bình sinh hơi *HT - Bình hấp thụ*

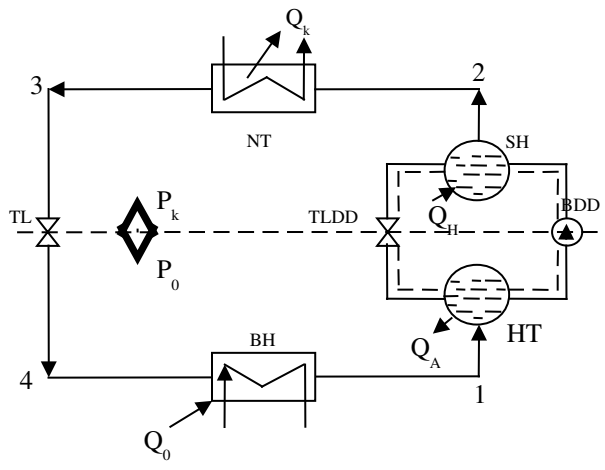
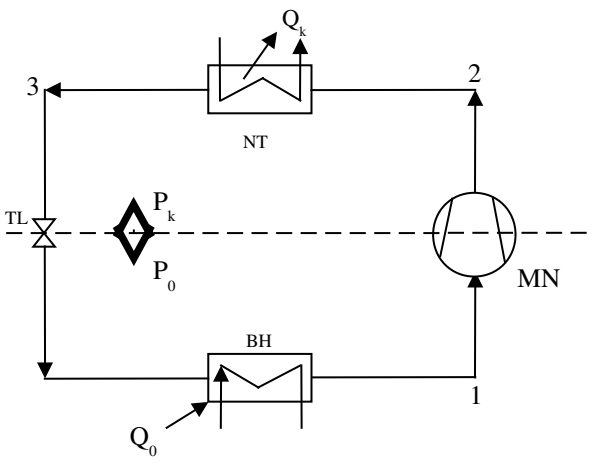
BDD - Bơm dung dịch *TLDD - Tiết lưu dung dịch*

Đường tuần hoàn môi chất lạnh ——

Đường tuần hoàn dung dịch – – – –

Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ hay của máy mén nhiệt như sau: Bình hấp thụ HT "hút" hấp thụ hơi môi chất sinh ra từ bình bay hơi BH, cho tiếp xúc với dung dịch loãng từ van tiết lưu dung dịch đến. Do nhiệt độ thấp dung dịch loãng hấp thụ hơi môi chất để trở thành dung dịch đậm đặc. Nhiệt toả ra trong quá trình hấp thụ thải cho nước làm mát. Dung dịch đậm đặc được bơm dung dịch bơm lên bình sinh hơi. Ở đây nhờ nhiệt độ cao, hơi môi chất sẽ bị tách ra khỏi dung dịch đậm đặc ở áp suất cao để đi vào thiết bị ngưng tụ. Ở thiết bị ngưng tụ môi chất sẽ nhường nhiệt cho môi trường làm mát và ngưng tụ lại thành lỏng môi chất vào thiết bị tiết lưu. Môi chất qua thiết bị tiết lưu áp suất và nhiệt độ giảm xuống vào bình bay hơi. Ở bình bay hơi môi chất sẽ nhận nhiệt của vật cần làm lạnh và bay hơi và được dung dịch loãng trong bình hấp thụ hấp thụ và khép kín vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Trong chu trình bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước hoặc khí nóng, năng lượng mặt trời… Toàn bộ các thiết bị phía trên của TL, TLDD và bơm có áp suất ngưng tụ p_k các thiết bị phía dưới có áp suất p_0. Sau khi sinh hơi, dung dịch đậm đặc trở thành dung dịch loãng và qua van TLDD trở về bình hấp thụ, khép kín vòng tuần hoàn dung dịch.

Để hiểu rõ nguyên tắc hoạt động của máy lạnh hấp thụ ta có thể so sánh sơ đồ đơn giản của máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi như sau:

<table>
<tr><td>Chu trình máy lạnh hấp thụ</td><td>Chu trình máy lạnh nén hơi</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Phương trình cân bằng nhiệt</td></tr>
<tr><td>$q_k + q_A = q_0 + q_H + q_B$
Trong đó:</td><td>$q_k = q_0 + l$
Trong đó:</td></tr>
</table>

q_k - Năng suất nhiệt riêng, kJ/kg q_0 - Năng suất lạnh riêng, kJ/kg q_A - Nhiệt hấp thụ riêng, kJ/kg q_H - Nhiệt riêng tiêu tốn cho quá trình sinh hơi, kJ/kg; q_B - Nhiệt riêng tiêu tốn cho bơm dung dịch, kJ/kg;	q_k - Năng suất nhiệt riêng, kJ/kg q_0 - Năng suất lạnh riêng, kJ/kg l - Công nén riêng, kJ/kg
Hệ số lạnh của máy lạnh nén hơi: $\varepsilon \quad \frac{q_0}{l}$	Hệ số lạnh của máy lạnh hấp thụ: $\frac{q_0}{q_H \quad q_B}$ Vì $q_B << q_H$ nên: $\frac{q_0}{q_H}$

Điều kiện cho một chu trình lạnh hấp thụ hoạt động được là:

$$= {}_r - {}_a > 0$$

Trong đó:

${}_r$ - Nồng độ dung dịch đậm đặc;

${}_a$ - Nồng độ dung dịch loãng;

- Còn gọi là vùng khử khí, nghĩa là hiệu nồng độ đậm đặc và loãng hoặc vùng khử khí phải dương.

3. MÔI CHẤT DÙNG TRONG MÁY LẠNH HẤP THỤ:

Trong máy lạnh hấp thụ, đi kèm với môi chất lạnh bao giờ cũng phải có một chất hấp thụ, bởi vậy thường người ta gọi là cặp môi chất. Có hai loại cặp môi chất: hấp thụ (liên kết hóa học) và hấp phụ (liên kết cơ học).

Cặp môi chất hấp thụ: là các cặp môi chất có liên kết hóa học với nhau (lỏng và rắn) như: $H_2O/CaCl_2$; NH_3/H_2O; H_2O/Silicagel…

Cặp môi chất hấp phụ là các cặp môi chất có liên kết cơ học với nhau như H_2O/Zeôlit.

Trong các ký hiệu cặp môi chất bao giờ chất có nhiệt độ sôi thấp hơn (môi chất lạnh) cũng được viết trước, chất hấp thụ được viết sau và giữa hai ký hiệu là một gạch chéo.

* Ví dụ: NH_3/H_2O (NH_3 là môi chất; H_2O là chất hấp thụ)

H_2O/BrLi (H_2O là môi chất; BrLi là chất hấp thụ)

Yêu cầu đối với cặp môi chất:

- Có tính chất nhiệt động tốt
- Không độc hại, dễ cháy, dễ nổ
- Không ăn mòn đối với vật liệu chế tạo máy
- Phải rẻ tiền, dễ kiếm…

Ngoài ra cặp môi chất cần phải:

- Hòa tan hoàn toàn vào nhau nhưng nhiệt độ sôi ở cùng điều kiện áp suất càng xa nhau thì càng tốt, để hơi môi chất lạnh sinh ra ở bình sinh hơi không lẫn chất hấp thụ.

- Nhiệt dung riêng của dung dịch phải bé, đặc biệt đối với máy lạnh hấp thụ chu kỳ để tổn thất nhiệt khởi động máy nhỏ.

Để tính toán quá trình làm việc của máy lạnh hấp thụ người ta có thể dựa vào định luật Raunlt áp dụng cho các hỗn hợp "lý tưởng" hai hoặc nhiều thành phần.

Đối với hỗn hợp hai thành phần ta có:

Quan hệ giữa áp suất với nồng độ mol thành phần hợp

$$p(T) = \ '_1.p_1(T) + \ '_2.p_2(T)$$

Trong đó:

p(T) - Tổng áp suất của hệ thống ở nhiệt độ T, MPa

$'_1$, $'_2$ - Nồng độ mol của từng thành phần hỗn hợp, kmol thành phần/kmol hỗn hợp;

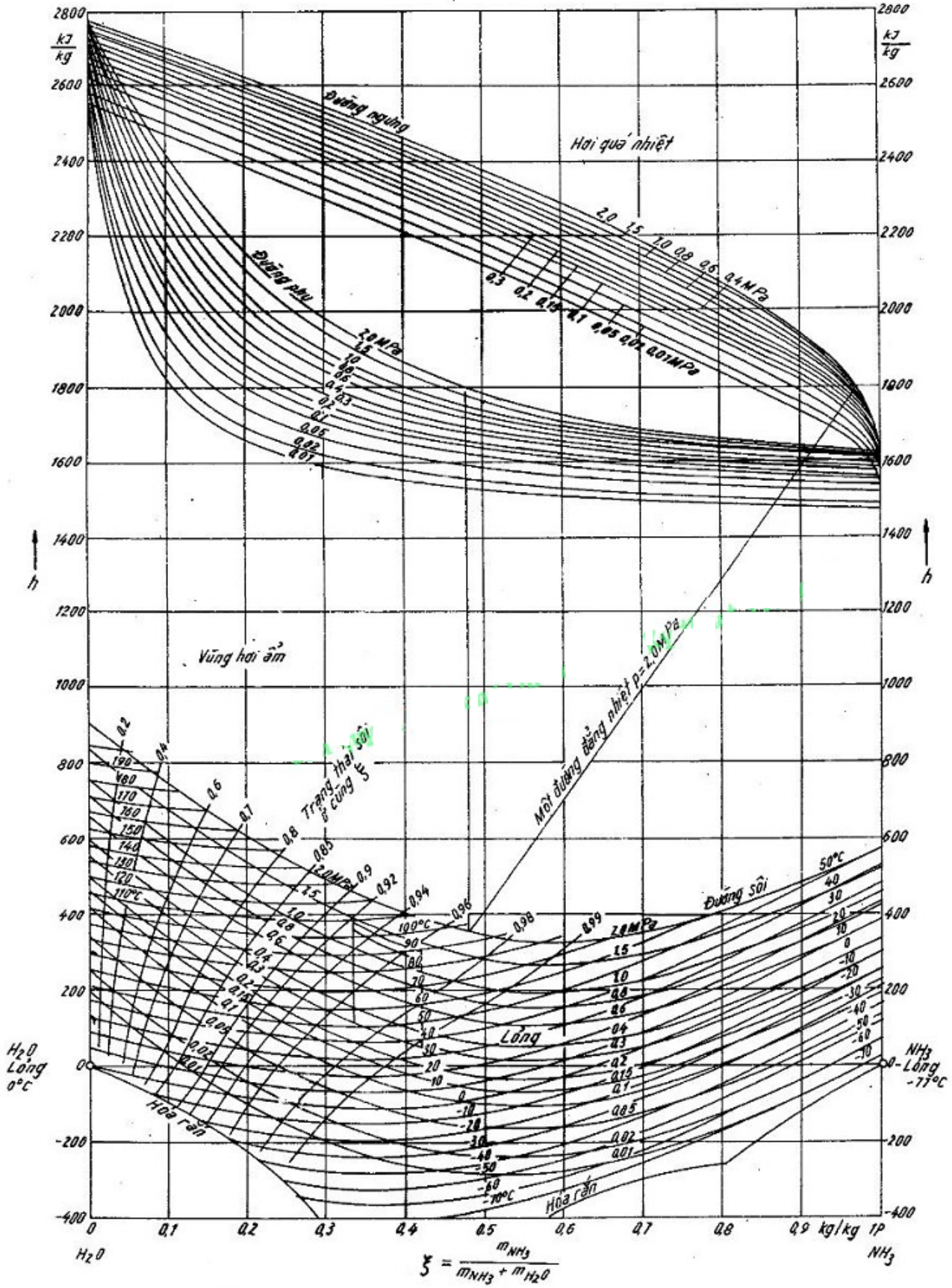
$p_1(T)$, $p_2(T)$ - Phân áp suất của từng thành phần, MPa

Phương trình (1.3) có điều kiện phụ là: $'_1 + \ '_2 = 1$

Quan hệ giữa nồng độ khối lượng và nồng độ mol như sau

$$\frac{\qquad\qquad}{(1\quad)\frac{2}{1}}$$

Ở đây $= {}_2$ và $= {}_2$ là nồng độ của môi chất lạnh trong dung dịch, (kg thành phần/kg hỗn hợp)

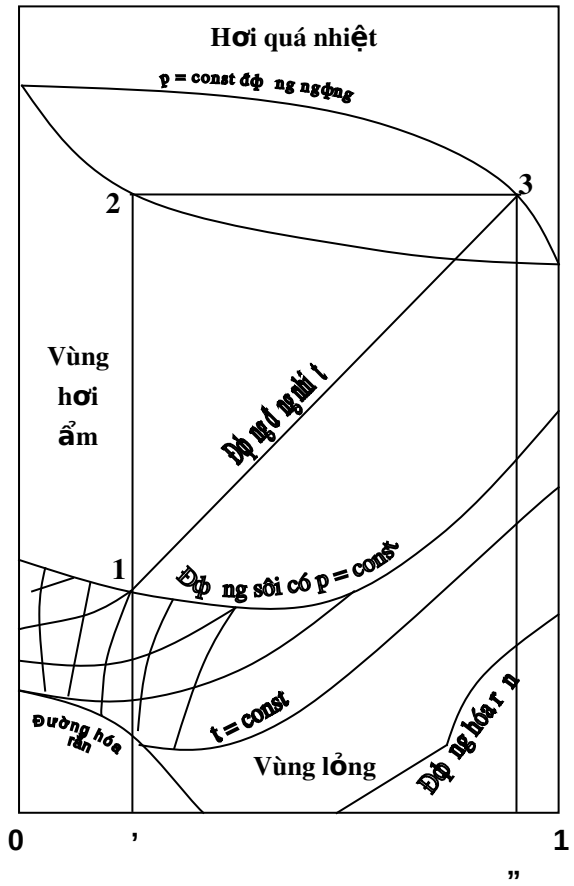


Hình 1.2 Đồ thị h - cho hỗn hợp NH3/H_2O

Merkel và Bosnjakovic đã biểu diễn tính chất của một hỗn hợp hai thành phần lên đồ thị h - , trong đó entanpi h là trục tung và nồng độ khối lượng trên trục hoành. Đồ thị được chia làm 4 vùng từ dưới lên là vùng rắn, vùng lỏng, vùng hơi ẩm và vùng hơi quá nhiệt, với các đường phân cách giữa các vùng là đường rắn, đường sôi và đường ngưng.

Trên đồ thị các đường cong đẳng áp chạy song song. Nhiệt độ sôi phụ thuộc vào nồng độ và áp suất. Các đường cong nhiệt độ chạy gần giống như các đường sôi. Ở bất kỳ điểm nào ta cũng có thể tìm được trạng thái lỏng và hơi bão hòa của hỗn hợp là nhiệt độ sôi t_s, áp suất sôi p_s và nồng độ sôi ’. Ta có thể xác định nồng độ cân bằng của pha hơi bằng đường phụ ở phía dưới đường ngưng. Trên đồ thị cũng có đường biểu thị nồng độ pha hơi ở trạng thái cân bằng bão hòa, đó là đường “Các trạng thái khi sôi có cùng nồng độ ở pha hơi”. Ở mỗi vị trí của chu trình lạnh như bình sinh hơi, ngưng tụ, bay hơi và hấp thụ có các điều kiện nhiệt độ và áp suất cho trước. Từ đó ta có thể xác định được tất cả các thông số ở trạng thái khác của chu trình một cách dễ dàng.

* Ví dụ: Với nồng độ ’ và áp suất p_1 trên đường sôi ta có thể xác định được điểm 1. Từ điểm 1 kẻ một đường song song với trục tung gặp đường phụ ở điểm 2. Từ điểm 2 kẻ một đường song song với trục hoành gặp đường ngưng p_1 ở điểm 3. Từ điểm 3 dóng vuông góc xuống trục hoành ta được nồng độ ” của pha hơi ở trạng thái bão hòa cân bằng với pha lỏng có ’. Trạng thái có các thông số : p_s = 2 MPa, $t_s = 95^0$C, ’ = 0,48, ” = 0,968, h’ = 350 kJ/kg, h” = 1800 kJ/kg.



Hình 1.3 Đồ thị h -

Ngoài ra, người ta còn sử dụng đồ thị áp suất hơi của hỗn hợp. Trục tung là lgp còn trục hoành là 1/T. Các đường áp suất sôi của các dung dịch có nồng độ không đổi là các đường thẳng. Hình 1.5 biểu diễn đồ thị lgp – 1/T của hỗn hợp H_2O/LiBr với chu trình lạnh hấp thụ.

* Cặp môi chất NH_3/H_2O: có tính chất nhiệt động phù hợp. Nhược điểm của nó là độc hại, ăn mòn đồng và các hợp kim của đồng. Nhiệt dung riêng của nước và amôniắc lớn do dó không có lợi về nhiệt cho các loại máy

lạnh hấp thụ có chu ký, vì tổn thất nhiệt cho nâng và hạ nhiệt độ toàn hệ thống khi thay đổi chu kỳ khá lớn. Trong bình sinh hơi cặp môi chất này có nhược điểm cơ bản là lượng hơi nước cuốn theo hơi amôniắc rất lớn, do đó trong các máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O phải bố trí thiết bị chưng cất để tinh luyện hơi amôniắc trước khi đưa vào bình ngưng. Nhiệt độ phân hủy của hỗn hợp amôniắc và nước thấp nên không thể sử dụng nguồn nhiệt có nhiệt độ cao để gia nhiệt. Thường nhiệt độ nguồn nhiệt không nên quá 160^0C. Do lượng nước cuốn theo nhiều nên nhiệt độ gia nhiệt cho dung dịch thường không quá 120^0C để tránh ngưng tụ hồi lưu quá nhiều và thiết bị tinh cất quá cồng kềnh.

* Cặp môi chất $H_2O/LiBr$: có ưu điểm chính là ở bình sinh hơi hầu như chỉ có nước bốc lên, không cần có thiết bị tinh luyện hơi môi chất nên thiết bị đơn giản hơn. Nhiệt độ gia nhiệt thấp hơn nhiều sơ với cặp NH_3/H_2O nên cũng là ưu điểm lớn của cặp $H_2O/LiBr$. Các nguồn nhiệt thải công nghiệp có nhiệt độ 80 90^0C là có thể sử dụng để chạy máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$. Đối với cặp môi chất này người ta có thể sử dụng năng lượng mặt trời qua bộ thu phẳng, không cần có bộ thu phẳng, không cần có bộ gia nhiệt phụ thêm. Nhược điểm chủ yếu của cặp môi chất này là nhiệt độ dàn bay hơi không thể thấp hơn 5 7^0C vì môi chất lạnh là nước đóng băng ở 0^0C nên ứng dụng chủ yếu ở cặp môi chất này là để điều hòa không khí hoặc bảo quản rau quả ở nhiệt độ tương đối cao, khoảng 10^0C.

* Cặp môi chất H_2O/H_2SO_4: có ý nghĩa lịch sử khi Lesli sử dụng đầu tiên vào năm 1810 ở Pari. Một số cặp môi chất có chất hấp thụ lỏng khác như $CH_3OH/(LiBr/ZnBr_2 + CH_3OH)$ hoặc môi chất lạnh R21, R22 với các chất hấp thụ $CH_3(OC_2H_4)_4OCH_3$; $C_6H_4(COOC_2H_5)_2$ và CH_3COOH_9 cho đến nay đều ít có ý nghĩa thực tiễn.

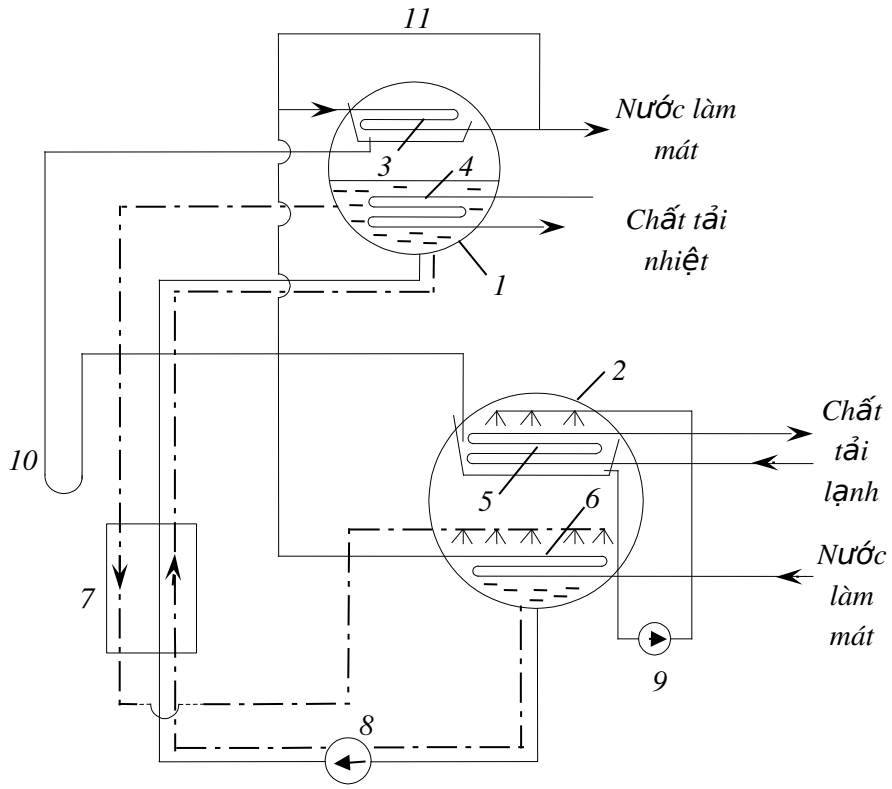
* Chất hấp thụ rắn như $CaCl_2$ và hấp thụ Zeolít: có ưu điểm là không cần thiết bị tinh cất nhưng cũng được sử dụng rất hạn chế. Người ta đang nghiên cứu các cặp môi chất $NH_3/CaCl_2$, H_2O/SiO_2, $NH_3/MgCl_2$, $NH_3/SrCl_2$… dùng cho các loại máy lạnh hấp thụ chu kỳ sử dụng năng lượng mặt trời và năng lượng phế thải.

4. MÁY LẠNH HẤP THỤ NƯỚC/ BROMUALITI ($H_2O/LiBr$) :

Máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti ($H_2O/LiBr$) được sử dụng rất rộng rãi. Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ của Liên Xô có nhiều ưu việt và được sản suất hàng loạt với năng suất lạnh rất lớn như A < BXA 1000 (1 triệu kcal/h) và A< XA 5000 (5 triệu kcal/h). Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ có các ưu điểm chính như sau:

- Tỉ số áp suất nhỏ $p_k/p_0 = 4$. Hiệu số áp suất thấp $p_k - p_0 = 3,6$ kPa.
- Không cần thiết bị tinh cất hơi môi chất vì từ dung dịch $H_2O/LiBr$ chỉ có hơi nước thoát ra từ dung dịch.

- Nhiệt độ nguồn nhiệt cấp cho bình sinh hơi cho phép thấp đến 80^0C do đó có thể sử dụng các nguồn nhiệt thải rẻ tiền. Nếu có nguồn hơi nước có nhiệt độ cao, đầu tiên có thể chạy máy lạnh tua bin, sau đó mới dùng cho máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr.



Hình 1.4 Sơ đồ máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr

1 và 2 - Bình hình trụ
4 - Ngăn sinh hơi
6 - Ngăn hấp thụ
8 - Bơm dung dịch
10 - Xi phông3 - Dàn ngưng
5 - Dàn bay hơi
7 - Trao đổi nhiệt
9 - Bơm môi chất lạnh
11 - Nhánh nước làm mát phụ

Máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr có các nhược điểm sau:

- Tính ăn mòn của dung dịch rất cao, gây han rỉ thiết bị
- Phải duy trì chân không trong thiết bị
- Nhiệt độ làm lạnh không xuống quá được 5^0C vì khi đó áp suất sôi p_0 đã là 0,9 kPa 7 Torr

Máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr có nguyên lý làm việc như hình 1.1. Vì loại máy này có hiệu suất và hiệu áp rất nhỏ nên nó được bố trí như hình 1.4.

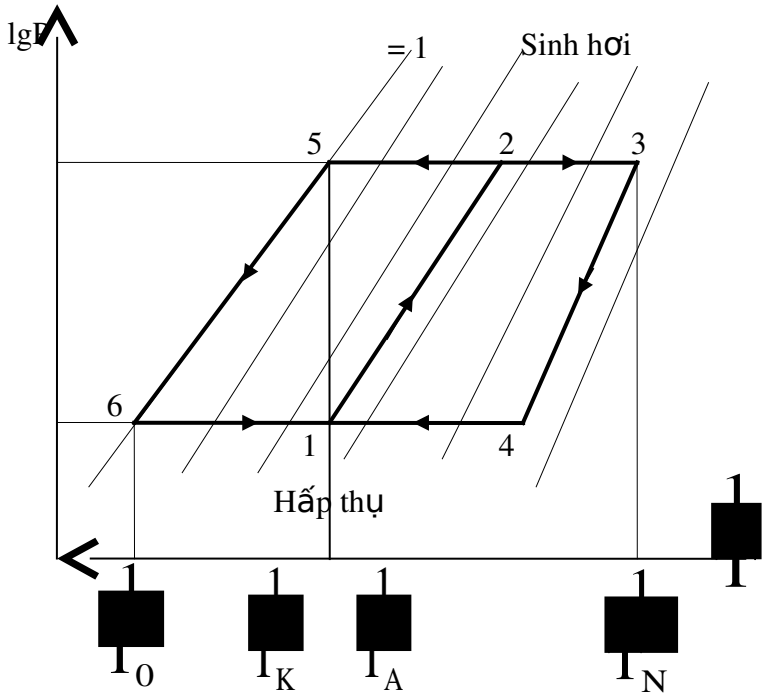
Những thiết bị chính được bố trí trong hai bình hình trụ 1 và 2 để dễ dàng duy trì chân không trong hệ thống. Bình 1 có áp suất ngưng tụ và bình 2 có áp suất bay hơi. Trong bình 1 có bố trí dàn ngưng tụ và bộ phận sinh hơi 5 và bộ hấp thụ 6, giữa các thiết bị trên có độ chênh nhiệt độ đáng kể như ở bình 1 là nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ gia nhiệt, ở bình 2 là nhiệt độ bay hơivà hấp thụ nhưng không cần cách nhiệt và chân không cao trong thiết bị là cách nhiệt lý tưởng.

Chất tải nhiệt được đưa vào bình sinh hơi 4 để gia nhiệt cho dung dịch đậm đặc $H_2O/LiBr$ (nhiệt độ $\geq 80^0C$). Hơi nước sinh ra bay lên trên dàn ngưng 3, thải nhiệt cho nước làm mát và ngưng tụ lại. Dung dịch đậm đặc khi mất nước trở thành dung dịch loãng và được đưa trở lại dàn hấp thụ trong bình 2. Vì vòi phun làm nhiệm vụ giảm áp nên không cần van tiết lưu đặc biệt nữa. Nhiều khi người ta phải có những biện pháp phụ để đưa dung dịch loãng đến dàn hấp thụ.

Nước sau khi ngưng tụ ở dàn ngưng 3 sẽ chảy qua xi phông 10 để cân bằng áp suất rồi chảy vào dàn bay hơi 5. Do áp suất ở đây rất thấp nước bay hơi để sinh lạnh. Hơi nước được sinh ra ở dàn bay hơi 5 sẽ được dung dịch loãng hấp thụ ở bộ phận hấp thụ 6. Nhiệt lượng tỏa ra do quá trình hấp thụ sẽ được nước làm mát lấy đi. Lạnh sinh ra ở dàn bay hơi 5 sẽ được chất tải lạnh (cũng là nước) đưa đến nơi tiêu dùng.

Dung dịch đậm đặc sau quá trình hấp thụ sẽ được bơm 8 bơm lên bình sinh hơi. Dung dịch loãng chảy từ bình sinh hơi trở lại bình hấp thụ. Thiết bị trao đổi nhiệt 7 dùng để nâng cao hiệu suất nhiệt. Ở đây dung dịch loãng được làm nguội và dung dịch đậm đặc được làm nóng.

Để làm tăng hệ số trao đổi nhiệt ở bình bay hơi 5 các ống xoắn của chất tải lạnh được tưới môi chất lạnh liên tục nhờ bơm tuần hoàn 9. Khi nhiệt độ bay hơi hạ xuống 3 4^{0}C thì nhiệt độ chất tải lạnh đạt 7 8^{0}C .



Hình 1.5 Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị lg P – 1/T

Nước làm mát đầu tiên đi qua bình hấp thụ, sau đó mới đến bình ngưng, do đó nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ hấp thụ một chút. Nhánh nước phụ 11 có nhiệm vụ điều chỉnh nhiệt độ ngưng tụ và hấp thụ tùy ý không phụ thuộc vào nhau.

Những chi tiết chuyển động ở đây duy nhất là bơm dung dịch và bơm môi chất. Các bơm này có yêu cầu độ kín lớn và chân không cao. Ngoài ra người ta cần phải bố trí bơm chân không đặc biệt để loại trừ khí trơ hoặc không khí ra khỏi hệ thống.

Năng suất lạnh của máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr có thể điều chỉnh dễ dàng được xuống tới 10% năng suất lạnh tối đa. Khi điều chỉnh năng suất lạnh, có thể điều chỉnh hơi nóng vào bình sinh hơi và đường nước làm mát. Cũng có thể trích một phần dung dịch đậm đặc lẽ ra phải bơm vào bình sinh hơi, quay trở lại bình hấp thụ. Cũng có thể kết hợp 2 phương án trên.

* Tính toán máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr với đồ thị lgP - 1/T:

Áp suất bay hơi và hấp thụ trong bình 2 (hình 1.5) là điểm cắt giữa =1 (kg môi chất / kg dung dịch) và nhiệt độ t_0, áp suất ngưng tụ và sinh hơi cũng được xác định như trên với nhiệt độ ngưng tụ t_k.

Dung dịch đậm đặc ra khỏi bình hấp thụ có nhiệt độ t_k (hoặc thấp hơn một chút) và áp suất p_0. Nồng độ dung dịch loãng được xác định bằng nhiệt độ T_H và áp suất p_k. Quá trình 2 - 3 và 2 - 5 xảy ra trong bình sinh hơi, 6 - 1 và 4 - 1 trong bình hấp thụ còn quá trình không thay đổi nồng độ 1 - 2, 3 - 4 và 5 - 6 xảy ra trong các ống dẫn, bộ phận tiết lưu và thiết bị trao đổi nhiệt. Hệ số nhiệt cực đại của máy lạnh có thể xác định bằng tỷ số của đoạn B trên A.

$$\left(\frac{B}{A}\right)_{max} = \frac{\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_H}}{\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_k}} \cdot \frac{T_H - T_k}{T_H} \cdot \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

Thành phần thứ nhất của hệ số nhiệt $(T_H - T_k)/T_H$ chính là hiệu suất của chu trình Carnot thuận chiều cho máy lạnh nhiệt sinh công. Thành phần thứ hai $T_0/(T_k - T_0)$ chính là hệ số lạnh của chu trình Carnot ngược chiều.

Phương trình cân bằng môi chất lạnh:

$$_r.m_r = {}_a.m_a + 1.m_d$$

Phương trình cân bằng dung dịch tuần hoàn:

$$m_r = m_a + m_d$$

Trong đó:

m_r : Khối lượng dung dịch đậm đặc, kg/s

m_a : Khối lượng dung dịch loãng, kg/s

m_d : Khối lượng môi chất lạnh, kg/s

Có thể tính m_d từ năng suất lạnh yêu cầu Q_0 và nhiệt ẩn hóa hơi của môi chất $r(t_0)$ vì tổn thất tiết lưu không đáng kể:

$$m_d \quad \frac{Q_0}{r(t_0)}$$

* Bài tập:

Xác định chu trình máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr cho biết:

- Máy lạnh hấp thụ dùng để sản xuất nước lạnh $t_0^* \quad 8^0C$ cho điều hòa không khí,
- Nước làm mát vào có nhiệt độ $t_{W1} = 30^0C$,
- Nước nóng dùng gia nhiệt bình sinh hơi chó nhiệt độ $t_H^* \quad 90^0C$,
- Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong các thiết bị trao đổi nhiệt $t_{min} = 5K$,
- Năng suất lạnh $Q_0 = 100$ kW.

Hãy xác định lưu lượng môi chất lạnh và lưu lượng dung dịch tuần hoàn cũng như các điều kiện cực đoan của t_{W1} và t_H^* với các điều kiện tương tự để máy lạnh hấp thụ vẫn có khả năng hoạt động được về mặt nhiệt động.

Lời giải:

Sơ đồ nguyên lý máy lạnh được biểu diễn trên hình 1.4

Sử dụng đồ thị lgp – 1/T của dung dịch nước/Brômualiti (hình 1.5) để giải bài toán này.

Từ nhiệt độ nước lạnh ra $t_0^* \quad 8^0C$ có thể tìm được nhiệt độ bay hơi

$$t_0 = t_0^* - \quad t_{min} = 3^0C \text{ và } p_0 = 0{,}8 \text{ kPa.}$$

Tương tự :

$$t_k = t_A = t_u + \quad t_{min} = 35^0C \text{ và } p_k = 5{,}6 \text{ kPa.}$$

Từ điểm cắt của p_0 và p_k có thể xác định được nồng độ dung dịch đậm đặc $_r = 0{,}42$ kg H_2O/kg dung dịch. Từ p_k và $t_H = t_H^* - \quad t_{min}$ có thể xác định được nồng độ của dung dịch loãng $_a = 0{,}365$ kg H_2O/kg dung dịch. Như vậy ta có vùng khử khí.

$$t = \ _r - \ _a = 0{,}055 \text{ kg } H_2O\text{/kg dung dịch là dương.}$$

Để tính toán lưu lượng tuần hoàn cần phải cân bằng chất ở bình hấp thụ hoặc bình sinh hơi. Nếu gọi m_d là lưu lượng qua dàn ngưng tụ và dàn bay hơi ta có:

$$_rm_r = \ _am_a + 1.m_d \text{ (cân bằng môi chất lạnh) và}$$

$$m_p = m_a + m_d \quad \text{(cân bằng dung dịch và môi chất lạnh)}$$

Lưu lượng môi chất lạnh:

$$m_d \quad \frac{Q_0}{q_0}, \text{ kg/s}$$

Ở đây $q_0 = r(t_0)$; $r(t_0)$ là nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở nhiệt độ t_0. Có thể tra $r(t_0)$ ở bảng hơi nước : $r(t_0 = 3^0C) = 2500$ kJ/kg

$$m_d \quad \frac{Q_0}{q_0} \quad \frac{100}{2500}\ \frac{kJ.kg}{s.kJ} \quad 0{,}04\ kg/s$$

Như vậy:

$$m_d \quad \frac{1 \quad {}_a}{{}_r \quad {}_a}.m_d \quad \frac{1 \quad 0{,}365}{0{,}42 \quad 0{,}365}.0{,}04kg/s = 0{,}46\ kg/s$$ và

$$m_a = m_r - m_d = 0{,}42\ kg/s$$

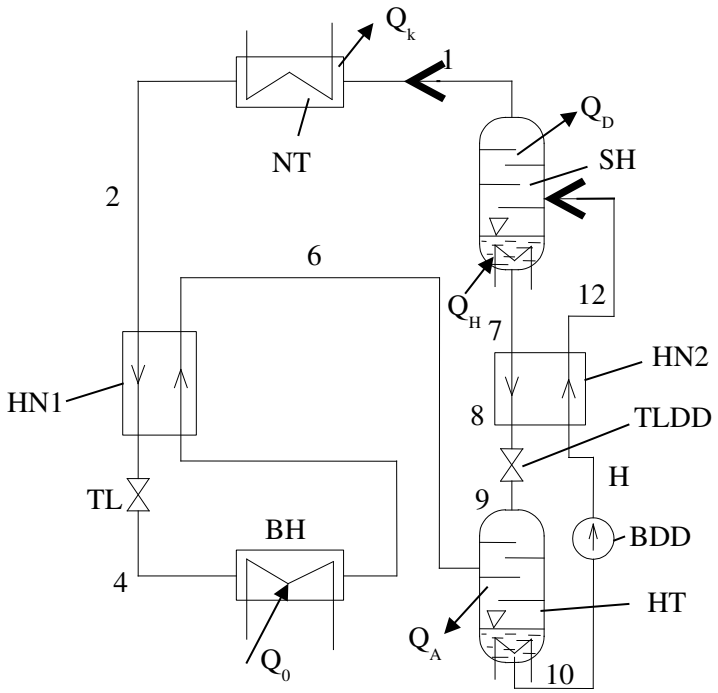
Lưu lượng dịch tuần hoàn rõ ràng lớn hơn rất nhiều so với lượng môi chất lạnh tuần hoàn . Các điều kiện cực đoan cần xác định là các giá trị t_{we} và t_H đạt được khi tiến dần tới 0, hay nồng độ dung dịch đậm đặc tiến gần tới nồng nộ dung dịch loãng ${}_r \quad {}_a$. Khi ${}_a \quad {}_r$, t_H đạt giá trị $t_{H,min} = 73^0C$. Như vậy nhiệt độ của nguồn nước nóng không được thấp hơn $t^*_{H,min} = t_{H,min} + \quad t_{min} = 73 + 5 = 78^0C$.

Khi nhiệt độ ngưng tụ t_k tăng, không chỉ p_k mà ${}_a$ cũng tăng và qua đó đẩy nồng độ dung dịch đậm đặc xuống một cách nhanh chóng. Qua đây ta cũng có thể thấy tầm quan trọng của nhiệt độ nước làm mát. Mùa hè ở các nước ôn đới có thể dễ dàng tìm được nước làm mát có nhiệt độ khá thấp 12 15^0C nhưng ở Việt Nam khó có thể tìm được làm mát thấp hơn 32^0C. Đây là nhược điểm cơ bản của máy lạnh hấp thụ hoạt động tại Việt Nam, cần phải giải bài toán trên bằng phương pháp lặp và tìm được $t_k = 40^0C$ khi ${}_r$ và ${}_a$ trùng vào nhau. Như vậy nhiệt độ nước làm mát không được vượt quá 35^0C.

$$t_{w1,max} = t_{k,max} - \quad t_{min} = 40 - 5 = 35^0C.$$

5. MÁY LẠNH HẤP THỤ AMÔNIẮC/NƯỚC (NH_3/H_2O):

Hình 1.1 biểu diễn sơ đồ nguyên lý của máy lạnh hấp thụ liên tục một cấp. Trong thực tế, để tăng hiệu quả năng lượng người ta còn bố trí hai thiết bị trao đổi nhiệt cho môi chất lạnh trước khi vào và ra khỏi bình bay hơi, và cho dung dịch trước khi vào và ra khỏi bình hấp thụ. Hình 1.6 biểu diễn sơ đồ hoàn chỉnh của máy lạnh hấp thụ liên tục với cặp môi chất NH_3/H_2O.



Hình 1.6 Sơ đồ máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O Hinhf

Nhưng trong máy lạnh nén hơi, thiết bị trao đổi nhiệt I nhằm mục đích quá lạnh môi chất lỏng trước khi vào van tiết lưu để nâng cao năng suất lạnh. Thiết bị trao đổi nhiệt thứ 2 dùng để thu hồi nhiệt lượng của dung dịch loãng nhiệt độ t_H để làm nóng dung dịch đậm đặc lạnh được bơm từ bình hấp thụ lên.

Trong bình sinh hơi có bố trí thiết bị tinh luyện tách hơi nước ra khỏi hơi nước ra khỏi hơi NH_3. Ta có thể coi NH_3 đi vào bình ngưng là nguyên chất $_d$ = 1 kg/kg. Để tinh luyện hơi NH_3 cần phải bố trí thiết bị ngưng tụ hồi lưu Q_D. Chính vì vậy nhiệt lượng dùng để gia nhiệt cho bình sinh hơi Q_H cũng phải lớn hơn một lượng Q_D so với chế độ làm việc không có ngưng tụ hồi lưu.

* Tính toán máy lạnh hấp thụ amôniắc liên tục một cấp:

Việc tính toán thuận tiện nhất là dựa vào đồ thị h - . Các điểm trạng thái theo hình 1.6 và tương ứng là hình 1.7

Những số liệu cho trước là t_0, t_H và t_k trực tiếp hoặc gián tiếp qua các hiệu nhiệt độ của các thiết bị trao đổi nhiệt trong bình sinh hơi, ngưng tụ và bay hơi.

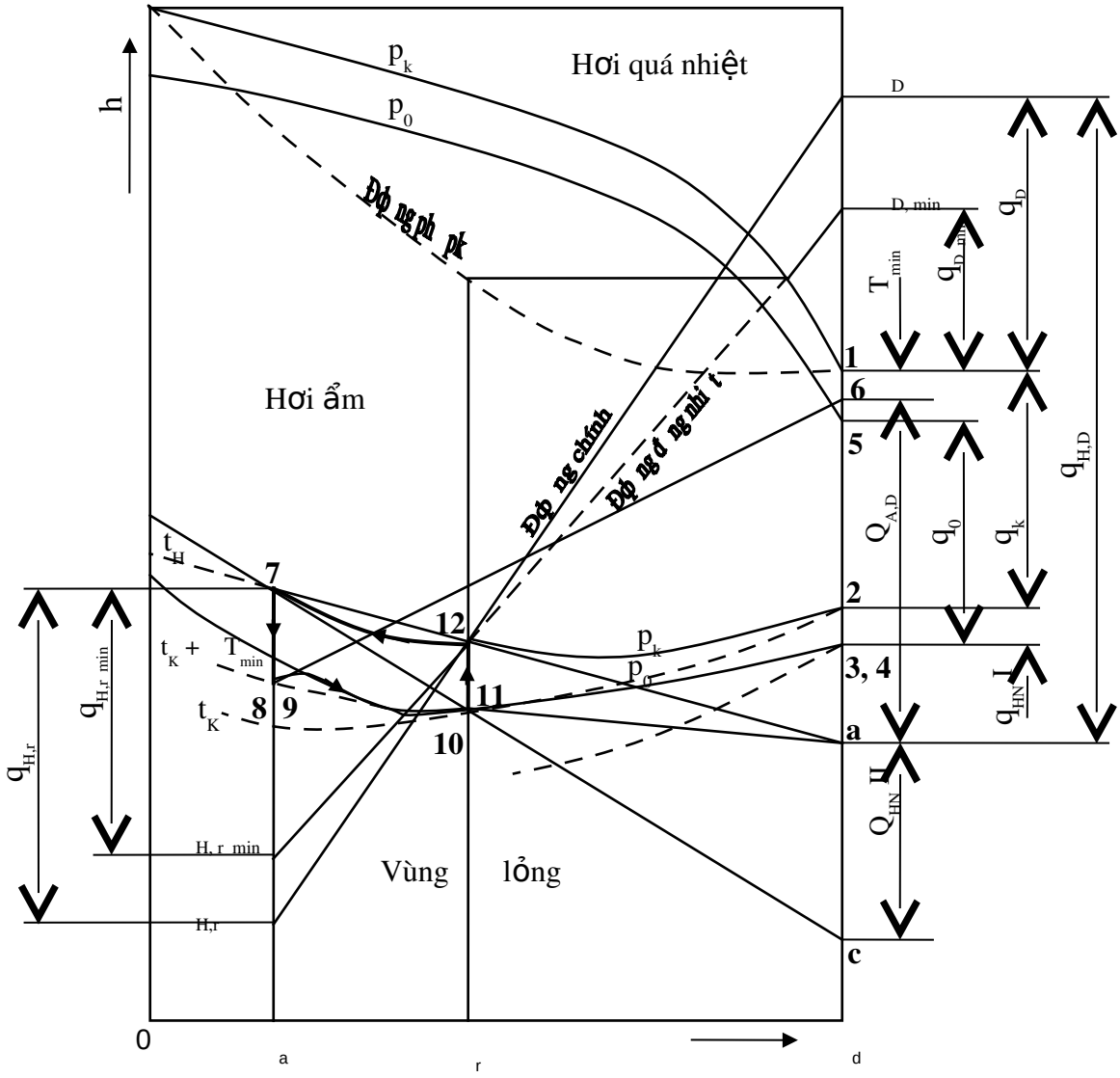
Đầu tiên cần giả thiết rằng quá trình tinh luyện được tiến hành cho đến khi chỉ còn hơi NH_3 tinh khiết với $_d$ = 1 kg/kg. Trong bình ngưng chỉ có lỏng NH_3 tinh khiết. Đầu tiên ta có thể xác định được áp suất ngưng tụ bằng

điểm cắt giữa t_k và = 1 kg/kg vì đường áp suất sôi p_k phải đi qua điểm cắt đó (điểm 2 trên đồ thị).

Áp suất p_0 ở bình bay hơi cũng được xác định tương tự qua điểm cắt của t_0 và $_d$.

Môi chất lạnh lỏng được làm lạnh ở thiết bị trao đổi nhiệt I từ điểm 2 xuống điểm 3. Điểm 4 trùng với điểm 3 vì khi đi qua tiết lưu entanpi không đổi. Như vậy điểm 3, điểm 4 nằm trên giao điểm của đường đẳng nhiệt của đường đẳng nhiệt $t_0 = t_1 = t_5$, đường đẳng áp p_0 và $_d$.

Hiệu nhiệt độ nhỏ nhất T_{min} ở thiết bị trao đổi nhiệt I nằm ở phía đầu nóng vì $C_{p2} > C_{p5}$.



Hình 1.17 Đồ thị h - biểu diễn quá trình máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O

Như vậy:

$$t_6 = t_2 - T_{min}$$

Nhiệt lượng quá nhiệt:

$$h_6 - h_5 = f(t_6; t_5; p_0)$$

Không thể đọc được trên đồ thị h - . Nó có thể được xác định nhờ đồ thị lgp – h theo đồ thị 1 của phụ lục hoặc có thể tính toán bằng cách tra bảng. Ta cũng có thể xác định nhiệt lượng đó bằng công thức:

$$h_6 - h_5 = C_p(t_6 - t_5).$$

Trong đó t_6 và t_5 đã biết còn $C_p = f(t, p)$ có thể tra đồ thị hoặc tra bảng.

Tính cân bằng nhiệt của thiết bị trao đổi nhiệt ta có thể xác định được entanpi của điểm 3.

$$h_3 = h_4 = h_2 + h_5 = h_6$$

Điểm 3 và điểm 4 có entanpi bằng nhau nhưng điểm 3 có áp suất p_k còn điểm 4 nằm trong vùng hơi ẩm có áp suất p_0.

Trong điều kiện làm việc lý tưởng thì bình hấp thụ có áp suất p_0 và nhiệt độ hấp thụ $t_A = t_k$. Nhưng thực tế do có tổn thất áp suất ở đường ống nên áp suất trong bình hấp thụ có thấp hơn p_0 khoảng 0,02 0,04 MPa.

Nếu nước làm mát song song cho bình ngưng và bình hấp thụ thì nhiệt độ $t_A = t_k$. Nhưng nhiều trường hợp mắc nối tiếp. Nước làm mát đầu tiên đi qua bình ngưng sau đó mới vào bình hấp thụ, khi đó $t_A = t_k +$ T nghĩa là nhiệt độ hấp thụ cao hơn nhiệt độ ngưng tụ.

Dung dịch loãng 7 với nồng độ $_r = f(p_k, t_H)$ ở trạng thái bão hòa ẩm ra khỏi bình sinh hơi để được tiết lưu trở lại bình hấp thụ. Như vậy vùng khử khí sẽ là:

$$= {}_r - {}_a$$

Với điều kiện > 0 để thiết bị lạnh có thể hoạt động được.

Bơm dung dịch đậm đặc với lưu lượng $m_{10} = m_r$ từ trạng thái 10 lên trạng thái 11. Vì entanpi trong trường hợp này không phụ thuộc vào áp suất do đó $h_{10} = h_{11}$ nghĩa là điểm 11 trùng lên điểm 10. Trong tính toán máy lạnh hấp thụ người ta bỏ qua năng lượng tiêu tốn cho bơm ví rất nhỏ, thường chỉ một vài phần trăm so với những phần năng lượng khác. Phần năng lượng tổn thất của bơm biến thành nhiệt năng làm nóng dung dịch đậm đặc cũng bị bỏ qua. Hiệu suất của bơm $_B = 0,5$ 0,7. Để kiểm tra người ta có thể tính công suất bơm bằng công thức.

$$N_B = m_{10}.(p_k - p_0).\frac{v_{10}}{B}$$

Trong đó: v_{10} là thể tích riêng của trạng thái 10, coi dung dịch là không nén được.

Lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống được tính như sau:

Trước hết có thể xác định được lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống cân bằng chất trong bình sinh hơi, bình hấp thụ.

Để dễ dàng tính toán ta qui ước:

$$\bar{m}_a = \frac{m_a}{m_d}; \qquad \bar{m}_r = \frac{m_r}{m_d}$$

Như vậy khối lượng không thứ nguyên. $\bar{m}_a$, $\bar{m}_r$, $\bar{m}_d$ có đơn vị là kg/kg môi chất vì $\bar{m}_d = \frac{m_d}{m_d}$ nên $\bar{m}_d = 1$. Ta còn có thể xác định m_d qua năng suất lạnh Q_0 đã cho và năng suất lạnh riêng q_0 xác định được trong chu trình.

$$\bar{m}_d = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{h_5 - h_4}, \text{ kg/h hoặc kg/s}$$

Lưu lượng dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng là:

$$\bar{m}_r = \frac{\xi_d - \xi_a}{\xi_r - \xi_a}; \qquad \bar{m}_a = \bar{m}_r - 1$$

Entanpi của trạng thái 7 đến 12 của dung dịch tuần hoàn có thể xác định như sau: Cân bằng nhiệt của thiết bị hồi nhiệt II ta có:

$$Q = C_{p1a}.m_a (t_7 - t_8) = C_{p1r}.m_r(t_{12} - t_{11})$$

Qua phương trình cân bằng nhiệt này ta có thể xác định được T_{min} nằm ở đầu lạnh của hồi nhiệt vì:

$$C_{p1a} \approx C_{p1r}; \; m_a < m_r \text{ nên } (t_7 - t_8) > (t_{12} - t_{11})$$

Hay:

$$(t_7 - t_{12}) > (t_8 - t_{11})$$

$$t_8 - t_{11} = T_{min} \qquad t_8 = t_{11} + T_{min}$$

Cân bằng nhiệt của thiết bị hồi nhiệt II ta có:

$$m_a(h_7 - h_8) = m_r(h_{12} - h_{11})$$

hay:

$$\frac{h_{12} - h_{11}}{h_7 - h_8} = \frac{m_a}{m_r} = \frac{\bar{m}_a}{\bar{m}_r} = \frac{\xi_d - \xi_r}{\xi_d - \xi_a}$$

Như vậy ta có thể xác định được trạng thái 12 của dung dịch đậm đặc chảy vào bình sinh hơi bằng phương pháp phân tích. Cũng có thể dùng phương pháp đồ thị để xác định. Theo phương pháp đồ thị ta phải kéo dài đường 8 - 11 trên hình 1.7 đến đường ξ_d (ở đây $\xi_d = 1$). Hai đường cắt nhau tại điểm. Điểm 12 chính là giao điểm của đường thẳng a - 7 với đường ξ_r là nồng độ dung dịch đậm đặc. Giao điểm đó có thể nằm trên nằm dưới hoặc trùng ngay trên đường sôi đẳng áp p_k của đồ thị. Sự chênh lệch nhiệt lượng

sẽ được hiệu chỉnh lại trong bình sinh hơi bằng cách thay đổi nhiệt lượng gia nhiệt Q_H.

Như vậy đối với tất cả các điểm trạng thái cần thiết ta đều đã biết các thông số áp suất, nồng độ, entanpi và nhiệt độ. Cần lưu ý thêm rằng những điểm không nằm trên đường sôi và đường ngưng, nhất thiết phải biết ba trong bốn thông số trên thì mới có thể xác định được điểm đó.

Tính toán nhiệt:

Nếu cân bằng nhiệt toàn thiết bị khi bỏ qua công suất bơm N_B ta có:

$$Q_0 + Q_H = Q_k + Q_A + Q_D \quad ; \quad kJ/h$$

Năng suất lạnh riêng của môi chất lạnh là:

$$q_0 = h_5 - h_4 \; ; \quad kJ/kg$$

Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ được tính tương tự:

$$q_k = h_1 - h_2 \; ; \quad kJ/kg$$

Ta cũng có thể xác định q_0 và q_k một cách dễ dàng trên đồ thị h - .

Cân bằng nhiệt của bình hấp thụ ta có:

$$m_6.h_6 + m_a.h_9 = Q_A + m_r.h_{10}, \quad kJ/h$$

Ở đây $m_6 = m_d$ là lưu lượng môi chất lạnh tuần hoàn trong hệ thống. Nếu chia phương trình cho m_d ta có:

$$\overline{m}_a.h_9 \quad h_6 \quad \frac{Q_A}{m_d} \quad \overline{m}_r.h_{10}, \; kJ/kg$$

Gọi $q_{A,D}$ là nhiệt lượng hấp thụ riêng cho 1 kg môi chất lạnh ta có:

$$Q_{A,D} \quad \frac{Q_A}{m_d} \quad \overline{m}_a.h_9 \quad h_6 \quad \overline{m}_r h_{10}, \quad kJ/kg$$

Trên đồ thị, đường thẳng 8-6 chính là đường biểu diễn quá trình hấp thụ. Đoạn thẳng b -10 trên đường $_r$ song song với trục tung, tương ứng với $q_{A,r} = Q_A/m_r$. Nếu lấy $q_{A,D} = Q_A/m_d$ làm chuẩn thì đoạn 6-a trên đường $_d$ chính là nhiệt lượng hấp thụ riêng $q_{A,D}$. Như đã nói ở trên, kí hiệu phụ D chỉ rõ thêm nhiệt lượng đó đã lấy chuẩn theo 1 kg môi chất lạnh. Cũng có thể ký hiệu đơn giản là q_A. Còn ký hiệu phụ r để chỉ nhiệt lượng đó lấy chuẩn theo 1 kg dung dịch đậm đặc, thí dụ $q_{A,r}$.

Nhiệt lượng ngưng tụ hồi lưu q_D và nhiệt lượng gia nhiệt q_H được xác định bằng cách cộng thêm một nhiệt lượng vào các giá trị tối thiểu q_{D1min} và $q_{H,rmin}$. Khi kéo dài đường đẳng nhiệt t_{12} trong vùng hơi ẩm các đường $_a$ và $_d$ ta sẽ được các giá trị tối thiểu trên. Giá trị cộng thêm phụ thuộc vào hiệu suất thiết bị biểu thị bằng đường chính trên đồ thị.

Điểm cực tối thiểu $_{D,min}$ là giao điểm của các đường đẳng nhiệt t_{12} kéo dài và đường $_d$. Điểm cực tối thiểu $_{Hr,min}$ là nhiệt lượng hồi lưu tối thiểu lấy chuẩn cho một kilôgam môi chất.

Trong thực tế, q_D bao giờ cũng lớn hơn $Q_{D,min}$ nên $_D$ nằm phía trên $_{D,min}$. Nối $_D$ với điểm 12 ta sẽ được đường chính của quá trình cấp và thải nhiệt trong chu trình sinh hơi và hấp thụ của máy lạnh hấp thụ.

Theo các giá trị trên đồ thị h - ta có thể chứng minh dễ dàng phương trình cân bằng nhiệt của toàn hệ thống.

$$q_0 + q_{H,D} = q_k + q_{A,D} + q_D$$

Cũng từ hình trên ta có thể xác định được nhiệt lượng trao đổi ở hai thiết bị hồi nhiệt I và II.

Thiết bị hồi nhiệt I:

$$q_{HNI} = h_2 - h_3 = h_6 - h_5$$

Thiết bị hồi nhiệt II:

$$q_{HNII} = (h_{12} - h_{11})\frac{\overline{m}_r}{\overline{m}_d}$$

$$\overline{m}_d \quad 1 \; ; \quad \overline{m}_r \quad \frac{d \quad a}{r \quad a}$$

Thay m_d và m_r vào phương trình và xét các tam giác đồng dạng 7 – 10 - 12 và 7 – c - a ta có:

$$q_{HNII} = h_a - h_c$$

Hay cũng chính bằng đoạn thẳng a - c. Nhiệt lượng đó cũng chính là nhiệt lượng thu hồi cấp trở lại trong bình sinh hơi. Ở bình hấp thụ người ta cũng đỡ tốn một lượng nước làm mát để lấy đi lượng nhiệt thừa đó.

* Bài tập chu trình máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O:

Bài tập 1: Cho máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O có nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^0C$ với dòng nhiệt cấp công suất $Q_H = 1$ MW. Hãy xác định năng suất lạnh của máy lạnh trong 2 trường hợp.

a) $t_0 = 5^0C$

b) $t_0 = -30^0C$

Nhiệt độ ngưng tụ trong cả hai trường hợp là $t_K = 25^0C$ và hiệu suất exergi $= 0,3$.

Lời giải:

Hiệu suất exergi của chu trình được tính theo công thức:

$$\frac{E_0}{E_H}$$

Trong đó:

E_0 – Dòng exergi của năng suất lạnh:

$$E_0 \quad \frac{T_u \quad T_0^*}{T_0^*}.Q_0$$

E_H – Dòng exergi của dòng nhiệt cấp:

$$E_H \quad \frac{T_H^* \quad T_u^*}{T_H^*}.Q_H$$

Hệ số lạnh của máy lạnh hấp thụ:

$$\frac{Q_0}{Q_H} \quad \frac{Q_0}{E_0}.\frac{E_H}{Q_H}.\frac{E_0}{E_H} \quad \frac{T_0^*}{T_u \quad T_0^*}.\frac{T_H^* \quad T_u}{T_H^*}.$$

Ở đây:

$$Q \quad .Q_H \quad \frac{T_0}{T_k \quad T_0}.\frac{T_H \quad T_k}{T_H}. \quad .Q_H$$

$$\frac{T_0}{298 \quad T_0}.\frac{373 \quad 298}{373}.0,3.1 \quad MW$$

$$Q_0 \quad 0,06.\frac{T_0}{298 \quad T_0} \quad MW$$

Vậy với:

$t_0 = 5^0C$, $T_0 = 278$ K; $Q_0 = 0,84$ MW

$t_0 = -30^0C$, $T_0 = 243$ K; $Q_0 = 0,27$ MW

Bài toán đã bỏ qua sự giảm hiệu suất exergi khi giảm nhiệt độ sôi, chúng ta vẫn thấy năng suất lạnh giảm mạnh khi nhiệt độ sôi giảm.

Bài tập 2: Cho biết máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O vận hành với t_H = 130^0C, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 30^0C$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -15^0C$. Giả sử quá trình chưng cất làm việc hoàn thiện tới $_d = 1$ kg/kg và nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng tụ, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

Hãy xác định các chế độ làm việc của các thiết bị cao áp và hạ áp, giả thiết các chế độ làm việc không có tổn thất cũng như nồng độ của dung dịch đậm đặc và loãng.

Lời giải:

Chu trình máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O được biểu diễn trên hình 1.17.

Từ đồ thị h - của dung dịch NH_3/H_2O hình 1.2 chúng ta tra được các điểm nút của quá trình như sau:

Áp suất sôi p_0 và áp suất hấp thụ p_A là điểm cắt giữa $_d$ = 1 kg/kg và đường đẳng nhiệt $t_0 = -15^0C$ (điểm 3 trên đồ thị); tra được $p_0 = p_A = 0,23MPa$

Áp suất ngưng tụ bằng áp suất bình sinh hơi là điểm cắt giữa $_d$ = 1 kg/kg và đường đẳng nhiệt $t_k = 130^0C$ (điểm 2 trên đồ thị); tra được $p_k = p_H$ = 1,2MPa

Nồng độ của dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng chúng ta tra được như sau:

- Dung dịch đậm đặc ra khỏi dàn hấp thụ (trạng thái điểm 10) là giao điểm giữa p_0 với t_k. Từ đồ thị chúng ta tra được: $_r$ = 0,42 kg/kg

- Dung dịch loãng ra khỏi bình sinh hơi (trạng thái điểm 7) là giao điểm giữa t_k với t_H . Từ đồ thị chúng ta tra được $_a$ = 0,2 kg/kg

Vùng khử khí: = $_r$ - $_a$ = 0,42 – 0,2 = 0,22 kg/kg > 0

Bài tập 3: Xác định thông số các điểm nút cho máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O hình 1.6, chu trình được biểu diễn trên hình 1.17 cho biết:

- $t_H = 130^0C$; $t_k = 30^0C$; $t_0 = -15^0C$

- Tháp tinh luyện làm việc hoàn thiện đến $_d$ = 1 kg/kg

- Nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

- Các hồi nhiệt I và II tính toán với $t_{min} = 5K$

Lời giải:

Giả thiết bình sinh hơi và hấp thụ làm việc lý tưởng, không có quá lạnh sau ngưng tụ và quá nhiệt sau bay hơi.

Theo đầu bài chúng ta có:

$$t_1 = t_2 = t_{10} = t_k = 30^0C$$

$$t_4 = t_5 = t_0 = -15^0C \; ; \; t_7 = t_H = 130^0C$$

Từ kết quả bài tập 2 chúng ta có: $p_0 = p_A = 0,23MPa$; $p_k = p_H = 1,2MPa$

Từ đồ thị h - của dung dịch NH_3/H_2O hình 1.2 chúng ta tra được các điểm nút của quá trình như sau:

Bảng 1.1 Thông số điểm nút của chu trình máy lạnh NH_3/H_2O:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P,Mpa	1,2	1,2	1,2	0,23	0,23	0,23	1,2	1,2	0,23	0,23	1,2	1,2
t, ^0C	30	30	10	-15	-15	25	130	35	35	30	30	85
h,kJ/kg	1620	480	380	380	1480	1580	480	270	270	30	30	330
,kg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,42	0,4	0,42

											2	
M	1	1	1	1	1	1	2,64	2,64	2,64	3,64	3,64	3,64

Đối với hồi nhiệt I hiệu nhiệt độ tối thiểu t_{min} nằm ở phía nón, như vậy:

$$t_6 = t_2 - t_{min} = 30 - 5 = 25^0C$$

Từ đồ thị lgp – h của NH_3, nhiệt lượng do quá trình hơi trượt khi về bình hấp thụ có thể được xác định một cách dễ dàng:

$h_6 - h_5 = 100$ kJ/kg mà $h_6 = 1580$ kJ/kg $h_5 = 1480$ kJ/kg

Phương trình cân bằng entanpi ở hồi nhiệt I ta có:

$h_2 - h_3 = h_6 - h_5$ $h_3 = h_2 - (h_6 - h_5) = 480 – 100 = 380$ kJ/kg

mà: $h_4 = h_3 = 380$ kJ/kg

Nhiệt độ điểm 3 (trạng thái lỏng quá lạnh) được đọc trên đồ thị h - :

$t_3 = 10^0C$

Nếu quy định:

$$m_d \quad \frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_d} \quad 1 \; ; \; m_r \quad \frac{\dot{m}_r}{\dot{m}_d} \quad 1 \; ; \; m_a \quad \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_d} \quad 1$$

Là các đại lượng không thứ nguyên trong đó:

$$m_d \quad \frac{Q_0}{q_0} \text{ kg/s}$$

Thì: $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = m_6 = 1$

Lưu lượng dung dịch đậm đặc không thứ nguyên:

$$m_r \quad \frac{d \quad a}{r \quad a} \quad \frac{1 \quad 0,2}{0,42 \quad 0,2} \quad 3,64$$

Lưu lượng dung dịch loãng không thứ nguyên:

$$m_a = m_r - m_d = 3,64 - 1 = 2,64$$

Công suất bơm có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$\frac{N_b}{m_d} \quad m_{10}(p_k \quad p_0).\frac{v_{10}}{b} \quad \text{với } v_{10} \quad 10^{-3} \text{ m}^3\text{/kg và } \quad _b = 0,6$$

Ta có:

$$\frac{N_b}{m_d} \quad 3,64(1,2 \quad 0,23).10^6.\frac{10^{\ 3}}{0,6} \quad 6 \text{ kJ/kg}$$

Và: $(1 \quad _b)\frac{N_b}{m_d} \quad 0,4.6 \quad 2,4 \text{ kJ/kg}$

Đó là giá trị rất bé, nằm trong phạm vi sai số khi đọc từ đồ thị nên có thể bỏ qua.

Do đó: $h_{11} \quad h_{10} = 30$ kJ/kg

Ở thiết bị hồi nhiệt II, hiệu nhiệt độ tối thiểu $t_{min} = 5K$ nằm ở phía nhiệt độ thấp của hồi nhiệt, như vậy:

$$t_8 = t_{11} + \quad t_{min} = 30 + 5 = 35^0C$$

Suy ra: $h_8 = 270$ kJ/kg (lỏng quá lạnh)

Từ đồ thị có thể tra được điểm 8 (dung dịch loãng sau tiết lưu) vẫn ở trạng thái lỏng, do đó cả entanpi lẫn nhiệt độ đều không đổi.

$$h_9 = h_8 = 270 \text{ kJ/kg}; \quad t_9 = t_8 = 35^0C.$$

Entanpi của điểm 12 có thể xác định phương trình cân bằng năng lượng ở hồi nhiệt II.

$$h_{12} \quad \frac{m_a}{m_r}(h_7 \quad h_8) \quad h_{11} \quad 330 \text{ kJ/kg}$$

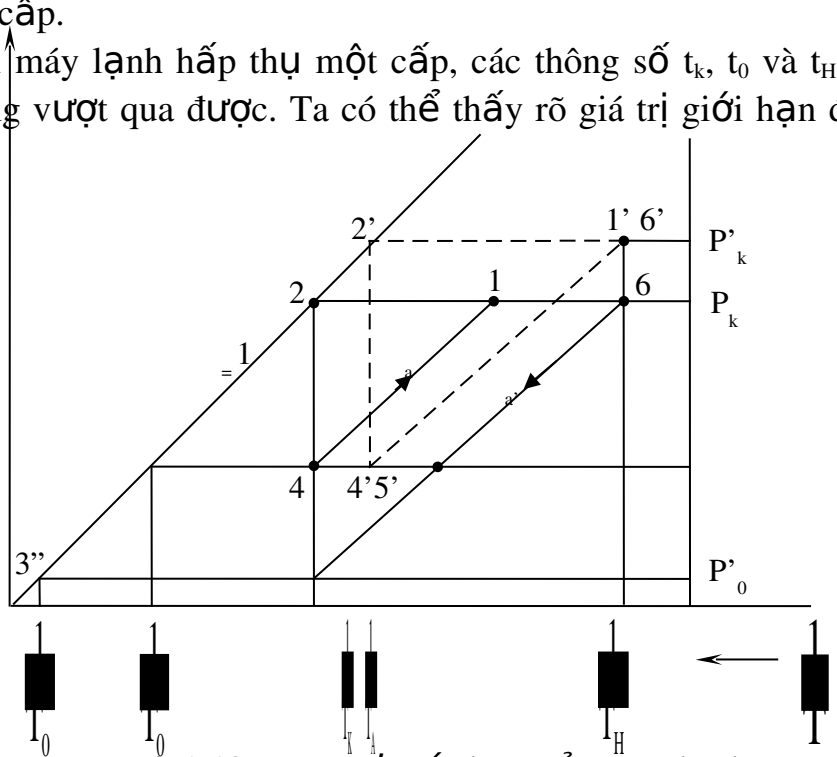
Điểm 12 nằm trên đường bão hòa lỏng có áp suất p_k. Nhiệt độ có thể xác định qua đường đẳng nhiệt đi qua điểm 12:

Từ đồ thị tra được: $t_{12} = 85^0C$.

6. MÁY LẠNH HẤP THỤ HAI VÀ NHIỀU CẤP:

Đối với máy lạnh hấp thụ, điều kiện vùng khử khí phải dương > 0 chỉ là điều kiện nhiệt động để duy trì máy lạnh hấp thụ hoạt động, nếu các điều kiện dẫn tới tỷ số nhiệt quá nhỏ thì người ta sử dụng máy lạnh hấp thụ hai hay nhiều cấp.

Đối với máy lạnh hấp thụ một cấp, các thông số t_k, t_0 và t_H có giá trị giới hạn không vượt qua được. Ta có thể thấy rõ giá trị giới hạn đó trên đồ thị lgp – (1/T).

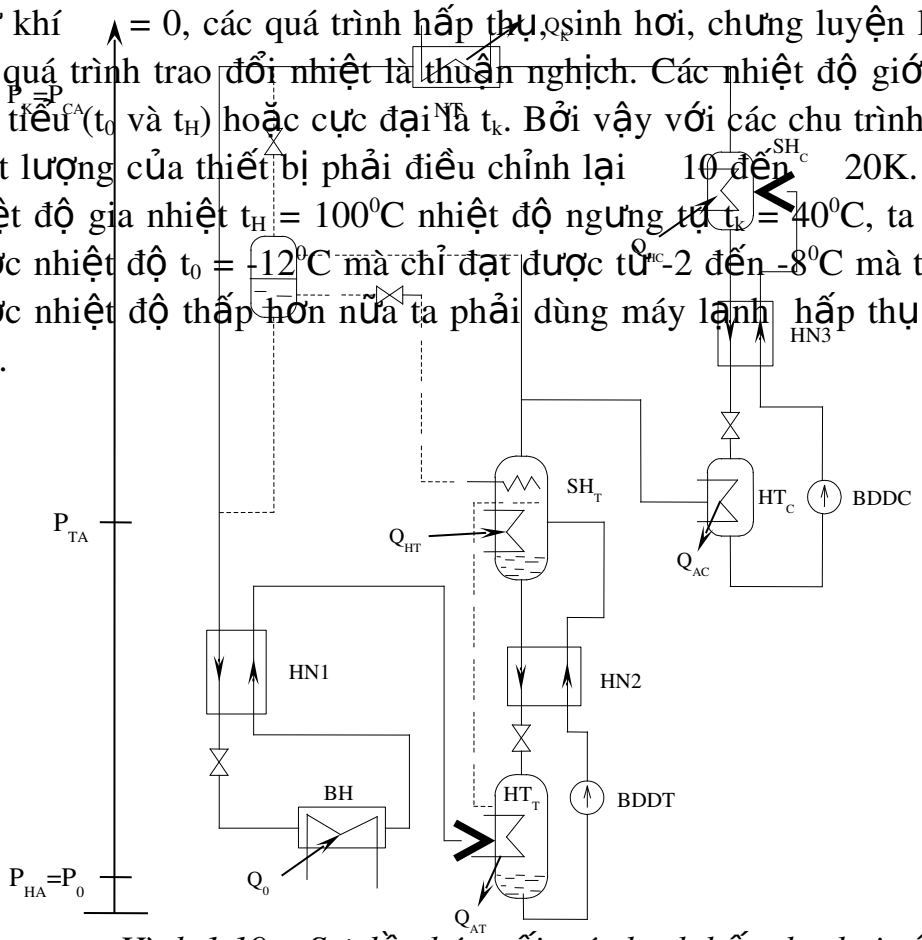


Hình 1.18 - Giá trị giới hạn của máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị lp – 1/T

Chu trình máy lạnh một cấp bình thường bao gồm quá trình sinh hơi 4 – 1 - 2 và 4 – 1 - 6.

Quá trình hấp thụ 6 – 5 - 4 và điểm 2 là ngưng tụ là 3 là bay hơi. Nếu giữ nguyên nhiệt độ gia nhiệt t_H khi t_k lớn lên, dịch dần về phía trái trong khi $_r$ nhỏ đi và dịch dần về phía phải. Khi nhiệt độ ngưng tụ tiến tới điểm 2' thì điểm 1' và 6' trùng lên nhau. Nồng độ dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng bằng nhau, vùng khử khí bằng không, như vậy p'_k và ứng với nó là t'_k là giới hạn áp suất và nhiệt độ ngưng tụ. Tương tự như vậy khi giữ nguyên t_H và t_k hạ t_0 xuống t''_0 thì nồng độ dung dịch đậm đặc sẽ tiến tới nồng độ dung dịch loãng. Vùng khử khí bằng không. t''_0 là giới hạn nhiệt độ bay hơi.

Từ phương pháp tính toán đó người ta có thể dựng được đồ thị các nhiệt độ giới hạn cho máy lạnh hấp thụ 1 cấp. Đồ thị các nhiệt độ giới hạn cho máy lạnh hấp thụ 1 cấp với cặp môi chất NH_3/H_2O được biểu diễn trên hình 1.17. Những đường nhiệt độ giới hạn được xác định với giả thiết vùng khử khí = 0, các quá trình hấp thụ, sinh hơi, chưng luyện là hoàn hảo và các quá trình trao đổi nhiệt là thuận nghịch. Các nhiệt độ giới hạn do đó là cực tiểu (t_0 và t_H) hoặc cực đại là t_k. Bởi vậy với các chu trình thực, tùy theo chất lượng của thiết bị phải điều chỉnh lại 10 đến 20K. Ví dụ đối với nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^0$C nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^0$C, ta không thể đạt được nhiệt độ $t_0 = -12^0$C mà chỉ đạt được từ -2 đến -8^0C mà thôi. Muốn đạt được nhiệt độ thấp hơn nữa ta phải dùng máy lạnh hấp thụ hai hay nhiều cấp.



Hình 1.19 - .Sơ đồ ghép nối máy lạnh hấp thụ hai cấp
Một tiết lưu và một cấp nhiệt độ bay hơi
—— Hai tiết lưu, hai cấp nhiệt độ bay hơi, có ngưng tụ hồi lưu cho bình sinh hơi cấp hạ áp

Các phương pháp lắp ghép các cấp của máy lạnh hấp thụ với nhau cũng tương tự như cách lắp ghép các cấp của máy lạnh nén hơi, trừ trường hợp ghép tầng rất ít được sử dụng trong máy lạnh hấp thụ. Ngoài ra có thể ghép máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ thông thường với máy lạnh hấp thụ … để đạt nhiệt độ thấp hơn. Phương pháp lắp ghép máy lạnh 2 cấp đơn giản nhất được biểu diễn trên hình 1.19

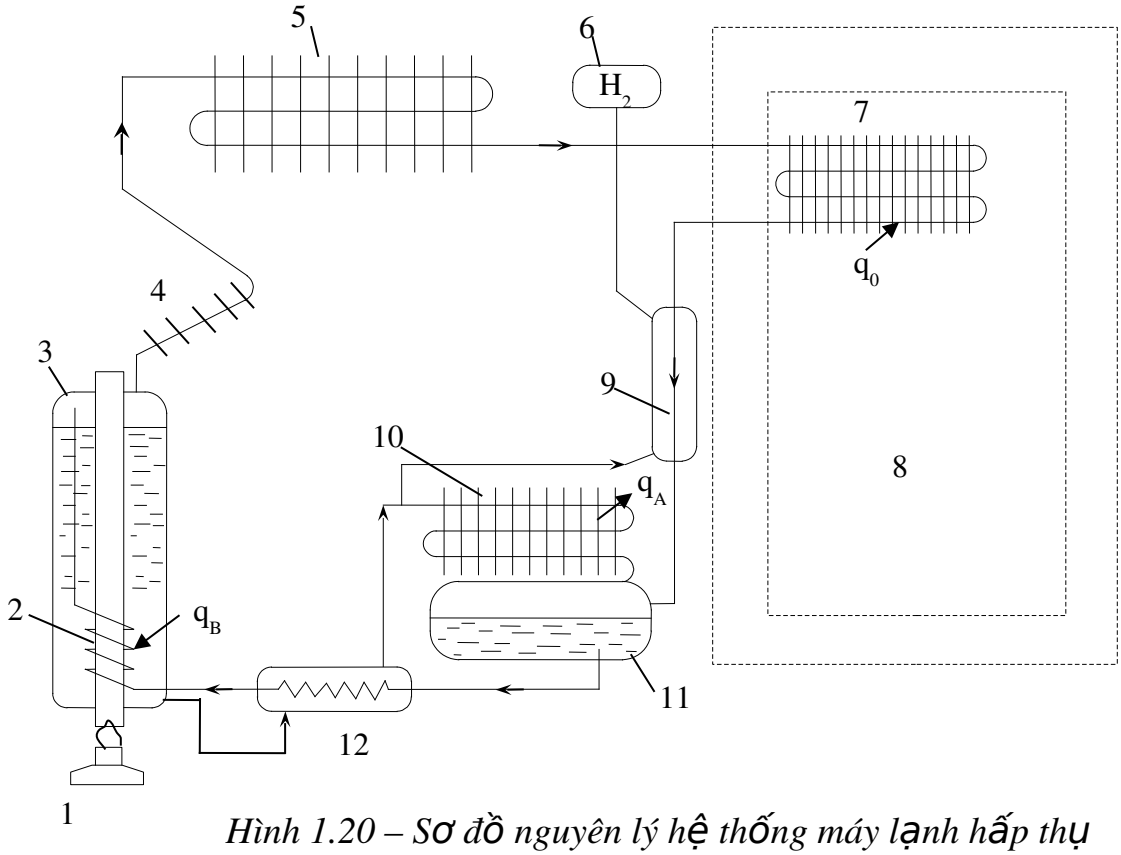
Chu trình gồm hai bình sinh hơi và hai bình hấp thụ ứng với hai cấp áp suất thấp áp và cao áp SH_C, SH_T và HT_T, HT_C. Hơi môi chất sinh ra ở bình sinh hơi cao áp SH_C được đưa vào dàn ngưng tụ, hơi môi chất sinh ra ở bình sinh hơi thấp áp SH_T được đưa vào bình hấp thụ cao áp HT_C. Bình hấp thụ thấp áp HT_T hấp thụ hơi môi chất đi ra từ bình bay hơi. Ba thiết bị hồi nhiệt HN1, HN2, HN3 làm nhiệm vụ trao đổi nhiệt, tăng hiệu suất nhiệt cho chu trình lạnh. Trong trường hợp một tiết lưu và một chế độ bay hơi thì môi chất ra từ bình ngưng tụ sẽ đi thẳng tới HN1 qua tiết lưu rồi vào dàn bay hơi. Trường hợp có hai chế độ bay hơi thì cần hai van tiết lưu. Đầu tiên môi chất lỏng qua van tiết lưu thứ nhất vào bình trung gian có áp suất trung gian. Từ đây một phần lỏng bay hơi ở bình bay hơi nhiệt độ cao. Hơi này được dẫn trực tiếp vào bình hấp thụ cao áp. Phần lỏng còn lại dẫn qua HN1 rồi qua van tiết lưu 2 để bay hơi ở dàn bay hơi có nhiệt độ thấp hơn. Ở sơ đồ này người ta thường tách một phần lỏng từ bình trung gian để thực hiện ngưng tụ hồi lưu ở bình sinh hơi áp thấp. Như vậy bình ngưng và bình sinh hơi cao áp có áp suất cao p_k. Bình hấp thụ thấp áp và bình bay hơi nhiệt độ thấp có áp suất thấp p_0. Các thiết bị như bình trung gian, bình bay hơi ở nhiệt độ cao, bình sinh hơi thấp áp, bình hấp thụ cao áp có áp suất trung gian p_{tg}. Thường người ta tính chọn p_{tg} sao cho tỷ số nhiệt đạt cực đại.

7. MÁY LẠNH HẤP THỤ KHUẾCH TÁN:

Có hai loại máy lạnh hấp thụ khuếch tán. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán của Mauri người Thụy Điển có công suất lớn sử dụng trong công nghiệp. Máy này có nhiệt độ sôi thay đổi phù hợp với việc hạ thấp nhiệt độ không khí dần xuống nhiệt độ yêu cầu nhằm nâng cao hiệu suất máy lạnh. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán công suất lớn vẫn có bơm dung dịch là chi tiết chuyển động.

Nhưng ngày nay nói đến loại máy lạnh hấp thụ khuếch tán người ta thường nghĩ đến tủ lạnh hấp thụ gia đình, với công suất lạnh nhỏ. Sự ra đời của máy lạnh hấp thụ kiểu này xuất phát từ ý nghĩ chế tạo một máy lạnh hấp thụ hoàn toàn không có chuyển động. Để thực hiện điều đó phải dùng một loại khí trơ nạp vào hệ thống để cân bằng áp suất bay hơi với phần ngưng tụ và sinh hơi. Sự tuần hoàn dung dịch trong hệ thống được thực hiện bằng bơm xiphông do sự sai khác nhiệt độ dẫn tới độ chênh lệch khối lượng riêng và độ chênh cột lỏng.

Đầu tiên người ta sử dụng nitơ làm khí trơ nhưng thất bại vì nó có phần tử lượng gần bằng của amoniắc. Ngày nay người ta dùng hyđrô. Hyđrô có tính khuếch tàn tốt. Phân tử lượng nhỏ hơn nhiều của amôniắc. Trong cùng áp suất và nhiệt độ amôniắc có xu thế lắng xuống còn hyđrô chuyển động lên do tỷ trọng khác nhau. Đó là điều kiện tiên quyết cho việc tuần hoàn chất trong hệ thống và cũng là lý do thử nghiệm thành công đối với hyđrô để cân bằng áp suất của hai kỹ sư Thụy Điển Platen và Munter.



Hình 1.20 – Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy lạnh hấp thụ khuếch tán

1 - Đèn; 2 - Xiphông; 3 - Bình sinh hơi; 4 - Ngưng tụ hồi lưu; 5 - Dàn ngưng; 6 - Bình chứa H_2; 7 - Dàn bay hơi; 8 - Buồng lạnh; 9 - Hồi nhiệt dòng hơi; 10 - Dàn hấp thụ; 11 - Bình chứa dung dịch; 12 - Hồi nhiệt dung dịch lỏng.

* Nguyên tắc hoạt động:

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán có 3 vòng tuần hoàn:

1 - Vòng tuần hoàn thứ nhất: Vòng tuần hoàn môi chất lạnh amôniăc

Môi chất lạnh từ bình sinh hơi vào dàn ngưng, ngưng tụ rồi chảy vào dàn bay hơi hay còn gọi là dàn khuếch tán. Hơi NH_3 sẽ khuếch tán vào khí H_2 từ áp suất riêng phần bằng không lên đến áp suất tương ứng với nhiệt độ buồng lạnh sau đó theo khí H_2 lắng dần về dàn hấp thụ vì hỗn hợp $NH_3 + H_2$

nặng hơn. Sau khi được hấp thụ NH_3 dung dịch trở thành đậm đặc và được bơm xiphông bơm trở lại bình sinh hơi.

2 - Vòng tuần hoàn thứ 2: là vòng tuần hoàn của dung dịch.

Vòng tuần hoàn này cũng giống như ở máy lạnh hấp thụ bình thường. Dung dịch đậm đặc được bơm xiphông bơm xiphông bơm từ dàn hấp thụ vào bình sinh hơi. Dung dịch sau khi sinh hơi amôniăc, trở thành dung dịch loãng. Do chênh lệch cột lỏng dung loãng tự chảy về dàn hấp thụ.

3 - Vòng tuần hoàn 3: Vòng tuần hoàn của hyđrô

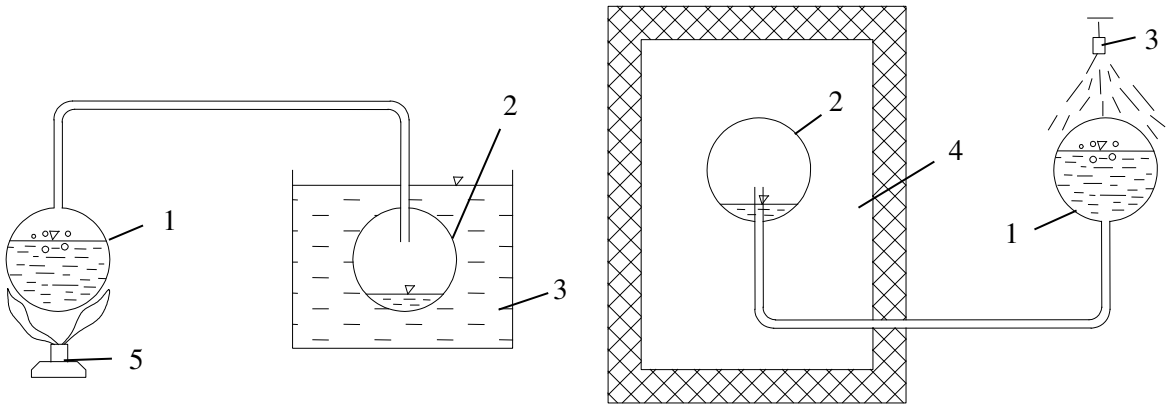
Khí hyđrô trong dàn khuếch tán theo hơi NH_3 lắng dần về dàn hấp thụ. Hơi NH_3 được dung dịch hấp thụ dần. Hỗn hợp càng ít hơi NH_3 càng nhẹ. Dòng hỗn hợp chuyển động dần lên đỉnh dàn hấp thụ. Khi hết hơi NH_3, hyđrô chuyển động trở lại dàn bay hơi. Bình chứa hyđrô dùng để cân bằng áp suất khi nhiệt độ bên ngoài thay đổi.

Trong máy lạnh hấp thụ khuếch tán có bố trí hai thiết bị hồi nhiệt, một giữa NH_3, H_2 vào và ra khỏi dàn bay hơi, một cho dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc vào và ra khỏi bình sinh hơi. Bơm xiphông làm việc theo nguyên tắc thay đổi tỷ trọng. Dung dịch được đốt nóng sinh ra những giọt hơi nhỏ, bọt hơi có tác dụng kéo theo cả lỏng chảy vào bình sinh hơi.

Trong thực tế người ta không thể đạt được các vòng tuần hoàn lý tưởng. Ví dụ ở dàn ngưng lý thuyết là không có hyđrô nhưng thực tế là vẫn có lẫn một ít hyđrô, hoặc khi ra khỏi dàn hấp thụ hơi đó là hơi hyđrô tinh khiết nhưng thực chất vẫn có lẫn hơi amôniăc và nước, tuy nhiên vẫn có thể bỏ qua khi tính toán.

8. MÁY LẠNH HẤP THỤ CHU KỲ:

Máy lạnh hấp thụ chu kỳ là loại máy lạnh đơn giản làm việc gián đoạn. Do nhược điểm là hệ số nhiệt nhỏ, khó tự động hóa, máy lạnh hấp thụ chu kỳ hầu như không được ứng dụng ngoài mục đích kết hợp với năng lượng mặt trời hoặc nhiệt thải công nghiệp.



Hình 1.21 - Nguyên tắc hoạt động của máy lạnh hấp thụ chu kỳ (Carre)

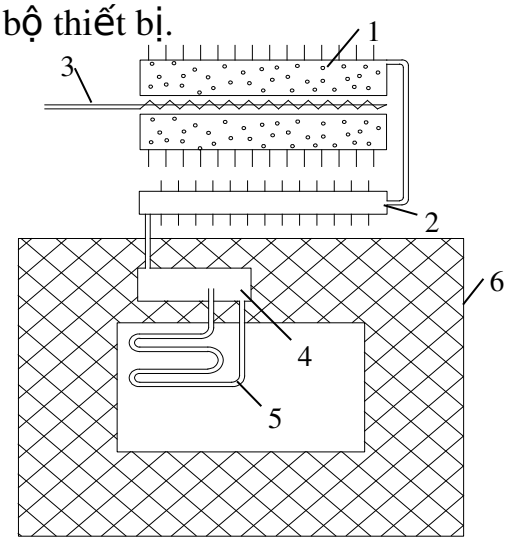
(a) Chu kỳ đốt nóng: 1 - Sinh hơi; 2 - Ngưng tụ; 3 - Nước làm mát; 5 - Đèn cồn. (b) Chu kỳ làm lạnh: 1 - Hấp thụ; 2 – Bay hơi; 3 - Nước làm mát; 4 - Buồng lạnh

Hình 1.21 mô tả thiết bị lạnh chu kỳ của Carré (Pháp) chế tạo vào giữa thế kỷ 19 dùng cặp môi chất NH_3 và H_2O. Thiết bị gồm hai bình chứa nối thông nhau bằng một đường ống . Bình 1 chứa đựng dung dịch đậm đặc, làm nhiệm vụ của bình sinh hơi và hấp thụ còn bình 2 là ngưng tụ và bay hơi. Ở chu kỳ đốt nóng, bình 1 (sinh hơi) được gia nhiệt bằng đèn còn bình 2 (ngưng tụ) được làm mát bằng nước. Hơi amôniăc sinh ra ở bình 1 được ngưng tụ lại ở bình 2. Trong hệ thống có áp suất ngưng tụ. Đến chu kỳ làm lạnh, toàn bộ thiết bị được quay ngược lại. Bình 1 được làm mát bằng nước và trở thành bình hấp thụ, bình 2 trở thành bình bay hơi và đặt vào buồng cần làm mát để thu nhiệt của môi trường hay chất tải lạnh. Nhờ có ống nối bố trí sâu xuống giữa bình nên khi lật ngược lại NH_3 lỏng không thoát về bình hấp thụ được mà chỉ có hơi NH_3 thoát về. Do cách bố trí đầu ống phía bình 1 nên hơi dễ dàng đi vào bình ngưng tụ ở chu kỳ đốt nóng và lại sục qua dung dịch ở chu kỳ làm lạnh, làm tăng tốc độ hấp thụ lên rất nhiều.

Cũng chính lý do hai chức năng ở chu kỳ đốt nóng và làm lạnh nên bình 1 còn được gọi là bình hấp thụ - sinh hơi, bình 2 là bình bay hơi - ngưng tụ.

Máy lạnh hấp thụ chu kỳ dùng chất hấp thụ lỏng có một số nhược điểm cơ bản là:

- Do đặc điểm vận hành nên khó tự động hóa chu trình
- Nước bị tích tụ lại ở dàn bay hơi sau nhiều chu kỳ làm việc
- Có nguy cơ gây nổ nếu quên chuyển chu kỳ đốt nóng sang chu kỳ làm lạnh
- Khó bố trí đường hơi sục vào dung dịch ở chu kỳ làm lạnh. Ở trên người ta phải lật toàn bộ thiết bị.



Hình 1.22 - Nguyên tắc tủ lạnh Protos của Normeli

1 - Bình sinh hơi - hấp thụ

2 - Dàn ngưng

3 - Dây điện trở4- Bình chứa

5 - Dàn bay hơi

6 - Vỏ cách nhiệt tủ lạnh

Ngày nay máy lạnh hấp thụ chu kỳ có thể được giải quyết các tồn tại như nguy cơ gây nổ, phương pháp bố trí đường hơi, sự tích tụ nước trong dàng bay hơi và vấn đề tự động hóa. Sử dụng các chất hấp thụ rắn cũng có thể khắc phục được một số nhược điểm trên.

Hình 1.22 giới thiệu máy lạnh chu kỳ đơn giản của Normelli (Thụy Điển) do hãng Simens chế tạo.

Máy lạnh này sử dụng cặp môi chất $NH_3/CaCl_2$ nên loại trừ được nguy cơ gây nổ khi kéo dài chu kỳ đốt nóng quá mức cũng như sự tích tụ dung dịch ở dàn bay hơi… Dây đốt điện đặt ở giữa bình sinh hơi - hấp thụ có nhiệm vụ gia nhiệt cho liên kết hóa học $CaCl_2$ (2…8) NH_3 để sinh hơi NH_3. Hơi NH_3 sinh ra đi vào dàn ngưng tụ không khí, ngưng tụ lại và được chứa vào bình chứa. Đến chu kỳ làm lạnh, ngắt mạch điện cấp cho bình sinh hơi - hấp thụ. Nhiệt hấp thụ cũng được thải ra cho không khí làm mát bằng cánh tỏa nhiệt. Ở đây, có thể nhận ra ngay nhược điểm về mặt năng lượng của máy lạnh là: Nhiệt cấp cho bình sinh hơi trong chu kỳ đốt nóng sẽ bị tổn thất ra môi trường qua cánh tản nhiệt, hơi lạnh sôi trong dàn bay hơi cũng bị cánh tản nhiệt dàn ngưng làm nóng lên trước khi đi vào bình hấp thụ. Nhưng phải chấp nhận những nhược điểm đó để máy lạnh có kết cấu đơn giản như hình vẽ.

*** Các bước và cách thức thực hiện công việc:**

1. THIẾT BỊ, DỤNG CỤ, VẬT TƯ:

(Mỗi học sinh phải trang bị)

TT	*Loại trang thiết bị*	*Số lượng*
1	Giấy vở học sinh, bút viết	1quyển, chiếc
2	Máy tính	1 chiếc
3	Giáo trình: Hệ thống máy lạnh khác	1 cuốn

2. QUI TRÌNH THỰC HIỆN:

2.1. Qui trình tổng quát:

TT	***Tên các bước công việc***	***Thiết bị - dụng cụ, vật tư***	***Tiêu chuẩn thực hiện công việc***	***Lỗi thường gặp, cách khắc phục***
1	Đại cương	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	Trình bày được sự ra đời của máy lạnh hấp thụ, các ưu nhược điểm của nó.	Trình bày chưa đủ các ưu nhược điểm
2	Chu trình lý thuyết	Giấy vở học sinh, bút viết,	- Trình bày được nguyên tắc làm việc của máy lạnh hấp thụ	So sánh không hết các ưu nhược điểm

		máy tính, giáo trình	- So sánh được các ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh nén hơi.	
3	Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Trình bày được các tính chất của cặp môi chất sử dụng trong máy lạnh hấp phụ, hấp phụ. - Tra thành thạo các loại đồ thị của các cặp môi chất này.	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
4	Máy lạnh hấp thụ nước/Bromuali ti (H_2O/LiBr)	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được đồ thị chu trình - Giải được một số dạng bài tập liên quan đến chu trình	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
5	Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được đồ thị chu trình - Giải được một số dạng bài tập liên quan đến chu trình	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
6	Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
7	Máy lạnh hấp thụ khuếch tán	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
8	Máy lạnh hấp thụ chu kỳ:	Giấy vở học sinh, bút viết,	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa

		máy tính, giáo trình	tắc hoạt động của chu trình.	đủ nguyên tắc hoạt động

2.2. Qui trình cụ thể:

1. Đại cương
2. Chu trình lý thuyết
3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ
4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H_2O/LiBr)
5. Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước
6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp
7. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán
8. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ:
9. Kiểm tra

*** Bài tập thực hành của học sinh, sinh viên:**

1. Các dạng bài tập:

Bài 1: Xác định chu trình máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr cho biết:

- Máy lạnh hấp thụ dùng để sản xuất nước lạnh $t_0^* \quad 8^0C$ cho điều hòa không khí,
- Nước làm mát vào có nhiệt độ $t_{W1} = 30^0C$,
- Nước nóng dùng gia nhiệt bình sinh hơi chó nhiệt độ $t_H^* \quad 90^0C$,
- Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong các thiết bị trao đổi nhiệt $t_{min} = 5K$,
- Năng suất lạnh $Q_0 = 100$ kW.

Hãy xác định lưu lượng môi chất lạnh và lưu lượng dung dịch tuần hoàn cũng như các điều kiện cực đoan của t_{W1} và t_H^* với các điều kiện tương tự để máy lạnh hấp thụ vẫn có khả năng hoạt động được về mặt nhiệt động.

Bài 2: Cho máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O có nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^0C$ với dòng nhiệt cấp công suất $Q_H = 1$ MW. Hãy xác định năng suất lạnh của máy lạnh trong 2 trường hợp.

a) $t_0 = 5^0C$

b) $t_0 = -30^0C$

Nhiệt độ ngưng tụ trong cả hai trường hợp là $t_K = 25^0C$ và hiệu suất exergi $= 0,3$.

Bài 3: Cho biết máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O vận hành với $t_H = 130^0C$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 30^0C$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -15^0C$. Giả sử quá trình chưng cất làm việc hoàn thiện tới $_d = 1$ kg/kg và nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng tụ, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

Hãy xác định các chế độ làm việc của các thiết bị cao áp và hạ áp, giả thiết các chế độ làm việc không có tổn thất cũng như nồng độ của dung dịch đậm đặc và loãng.

Bài 4: Xác định thông số các điểm nút cho máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O hình 1.6, chu trình được biểu diễn trên hình 1.17 cho biết:

- $t_H = 130^0C$; $t_k = 30^0C$; $t_0 = -15^0C$

- Tháp tinh luyện làm việc hoàn thiện đến $_d = 1$ kg/kg

- Nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

- Các hồi nhiệt I và II tính toán với $t_{min} = 5K$

Bài 5: Máy lạnh êjectơ hơi nước dùng để làm lạnh nước cung cấp cho các hệ thống điều hòa không khí có công suất lạnh $Q_0 = 350$ kW. Nhiệt độ nước lạnh ra khỏi thiết bị bay hơi $t_0 = 5^0C$, nhiệt độ nước làm mát vào thiết bị ngưng tụ $t_{w1} = 23^0C$. Hơi sử dụng là hơi nước bão hòa khô lấy từ lò hơi có hiệu suất = 80%, áp suất $p_H = 5$bar. Xác định các thông số nhiệt động cơ bản của máy lạnh và trình bày chu trình hoạt động trên đồ thị h – s.

2. Chia nhóm: Cả lớp

3. Thực hiện qui trình tổng quát và cụ thể.

*** Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập:**

Mục tiêu	***Nội dung***	***Điểm***
Kiến thức	Vẽ đúng sơ đồ nguyên lý và đồ thị của chu trình Thuyết minh đúng nguyên tắc hoạt động Giải được các bài tập	***4***
Kỹ năng	Phân tích được các ưu nhược điểm của từng chu trình So sánh được ưu nhược điểm giữa các chu trình với nhau Biểu diễn quá trình và tra thành thạo các thông sốtrên đồ thị	***4***
Thái độ	- Cẩn thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, nghiêm túc, cẩn thận, tỷ mỉ, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp.	***2***
Tổng		***10***

*** Ghi nhớ:**

1 - Tính chất của các cặp môi chất

2 - Biểu diễn các thông số trên đồ thị

3 - Sơ đồ nguyên lý và đồ thị biểu diễn chu trình

4 - Nguyên tắc hoạt động của các chu trình

5 - Các phương pháp giải bài tập liên quan đến các chu trình

*** Kiểm tra cuối bài:**

Giảng viên thực hiện kiểm tra 1 tiết cả lý thuyết và bài tập.

CHƯƠNG 2: THIẾT BỊ LẠNH DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Mã chương: MH36 – 01

Giới thiệu:

Năng lượng mặt trời là một trong các nguồn năng lượng sạch và vô tận và nó là nguồn gốc các nguồn năng lượng khác trên trái đất. Con người đã biết sử dụng nguồn năng lượng này từ rất lâu, một trong những ứng dụng đó là làm lạnh và điều hòa không khí. Các hệ thống này rất phù hợp ở những vùng xa xôi hẻo lánh thuộc các nước đang phát triển không có lưới điện quốc gia.

Mục tiêu :

- Trình bày được sơ đồ nguyên lý của một số hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời.
- Trình bày được nguyên tắc hoạt động của các hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời.
- Giải được các bài toán đơn giản liên quan đến hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời.
- Giải thích được các ưu nhược điểm của hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời
- Tra đồ thị p - t của máy lạnh hấp phụ rắn thành thạo
- Tra các thông số tính toán trong các bảng, biểu thành thạo
- Kỹ năng giải các bài toán máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời
- Rèn tính cẩn thận, chính xác, trung thực, có ý thức tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

Nội dung chính:

1. KHÁI NIỆM:

Năng lượng mặt trời là một trong các nguồn năng lượng sạch và vô tận và nó là nguồn gốc các nguồn năng lượng khác trên trái đất. Con người đã biết sử dụng nguồn năng lượng này từ rất lâu, một trong những ứng dụng đó là làm lạnh và điều hòa không khí. Các hệ thống này rất phù hợp ở những vùng xa xôi hẻo lánh thuộc các nước đang phát triển không có lưới điện quốc gia và giá nhiên liệu quá đắt so với thu nhập trung bình của người dân. Với các máy lạnh làm việc nhờ pin mặt trời (photovoltaic) là thuận tiện nhất, nhưng trong giai đoạn hiện nay giá thành pin mặt trời quá cao. Ngoài ra các hệ thống lạnh còn được sử dụng năng lượng mặt trời dưới dạng nhiệt năng để chạy máy lạnh hấp thụ, loại thiết bị này ngày càng được ứng dụng nhiều trong thực tế, tuy nhiên hiện nay các hệ thống này vẫn chưa được thương mại hóa và sử dụng rộng rãi vì giá thành chế tạo cao mà hiệu suất làm việc của máy lạnh còn thấp, diện tích lắp đặt các bộ thu năng lượng mặt trời cần rất lớn chưa phù hợp với yêu cầu thực tế. Đã có một số nhà khoa học nghiên

cứu tối ưu hóa bộ thu năng lượng mặt trời kiểu hộp phẳng mỏng cố định có gương phản xạ để ứng dụng trong kỹ thuật lạnh, với loại bộ thu này có thể tạo được nhiệt độ cao để cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ, nhưng diện tích mặt bằng cần lắp đặt hệ thống cần phải rộng.

Máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời thường có hai loại: Máy lạnh hấp phụ rắn, tức là dùng chất hấp phụ rắn như than hoạt tính, silicagel…; Máy lạnh hấp thụ dùng các cặp môi chất hấp thụ lỏng như NH_3 /H_2O; H_2O/$LiBr_2$…

2. MÁY LẠNH HẤP PHỤ RẮN DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI:

Đối với máy lạnh hấp phụ thì việc lựa chọn vật liệu làm chất hấp phụ và môi chất lạnh làm chất bị hấp phụ là rất quan trọng. Vật liệu hấp phụ thường là các loại vật liệu dạng hạt từ 6 đến 12 mm, có độ rỗng lớn được hình thành do các mạch mao quản li ti nằm bên trong khối vật liệu. Đường kính của mao quản chỉ lớn hơn một số ít lần đường kính phân tử của chất bị hấp phụ thì vật liệu mới có tác dụng tốt. Do chứa nhiều mao quản nên bề mặt tiếp xúc của vật liệu rất lớn. Ví dụ than hoạt tính có bề mặt hiệu quả lên đến 1500m^2/g. Ngoài bề mặt tiếp xúc ra, vật liệu hấp phụ còn còn có một số tính chất hóa học cần thiết tùy thuộc vào thành phần hóa học của chúng. Ví dụ như than hoạt tính có ái lực rất mạnh với hyđrocacbon, trong lúc silicagel lại có tính chất hút nước rất mạnh. Than hoạt tính và cả silicagel đều có khả năng hồi phục tốt. Vật liệu hấp phụ cần đáp ứng các yêu cầu.

+ Có khả năng hấp phụ cao tức là hút được một lượng lớn các khí cần khử từ pha khí.

+ Phạm vi hấp phụ rộng, khử được nhiều loại khí khác nhau.

+ Có độ bền cơ học cần thiết.

+ Có khả năng hoàn nguyên dễ dàng.

+ Giá thành rẻ.

Hiện nay có hai loại vật liệu hấp phụ phổ biến là than hoạt tính và silicagel

2.2.1 Than hoạt tính:

Nguyên liệu để làm than hoạt tính là những vật có chứa cacbon như gỗ, than bùn, xương động vật. Than hoạt tính là một chất hấp phụ rất tốt, nó được ứng dụng chủ yếu trong việc thu hồi các dung môi hữu cơ và để làm sạch khí. Nhược điểm của than hoạt tính là dễ cháy ở nhiệt độ cao, thường không được dùng than ở nhiệt độ lớn hơn 200^{0}C. Để khắc phục nhược điểm đó, người ta thường trộn silicagel với than hoạt tính nhưng điều đó lại làm giảm hoạt tính của than. Với đặc tính về đường kính mao quản than hoạt tính thường có thể hấp thụ với các chất sau đây.

- Hơi axít, metanol, benzen, toluen etylaxetat với mức độ hấp thụ bằng 50% trọng lượng bản thân.

- Axeton, acrolein, Cl, H_2S với mức độ 10 đến 25%
- CO_2, etylen mức độ thấp.

2.2.2. Silicagel:

Silicagel là axit silic kết tủa khi cho tác dụng với H_2SO_4 hay HCl hay là muối của chúng với silicat natri, kết tủa đó đem rửa sạch và sấy ở nhiệt độ 115 đến 130^{0}C, đến độ ẩm 5 đến 7%. Silicagel được ứng dụng ở dạng hạt có kích thước từ 0,2 đến 0,7 mm. Bề mặt hấp phụ đạt đến 600m^2/g. Ứng dụng chủ yếu của silicagel là để sấy khí (hút hơi nước trong hỗn hợp khí).

Bảng 2.1 Các thông số kỹ thuật của các chất hấp phụ thông dụng:

Vật liệu	**Khối lượng đơn vị đổ đống, kg/m^2**	**Đường kính lỗ rỗng, m**	**Thể tích lỗ rỗng tổng cộng, cm^3/g**	**Bề mặt lỗ rỗng, m^2/g**
Than hoạt tính	380 600	(20 40).10^{-10}	0,6 0,8	500 1500
Silicagel	400 900	(30 200).10^{-10}	0,4	200 600
Alumogel	1000	90.10^{-10}	0,39	175

Chất bị hấp phụ thường dùng là Metanol. Metanol (CH_3OH) là rượu metylic không màu, rất độc, dễ cháy, pha với nước thành dung dịch có mùi cồn, được sản xuất bằng phương pháp tổng hợp xúc tác ở áp suất cao (250bar, 380^{0}C) từ cacbon monoôxit và hyđrô.

- Ưu điểm: Không ăn mòn kim loại chế tạo máy.
- Nhược điểm: Đắt tiền, dễ bay hơi, tổn thất vào không khí khi hệ thống không hoạt động và dễ cháy, nổ, độc hại với cơ thể con người.

Trong máy lạnh hấp phụ dùng năng lượng mặt trời người ta thường dùng cặp môi chất là than hoạt tính và metanol.

3. CẤU TẠO THIẾT BỊ MÁY LẠNH HẤP PHỤ:

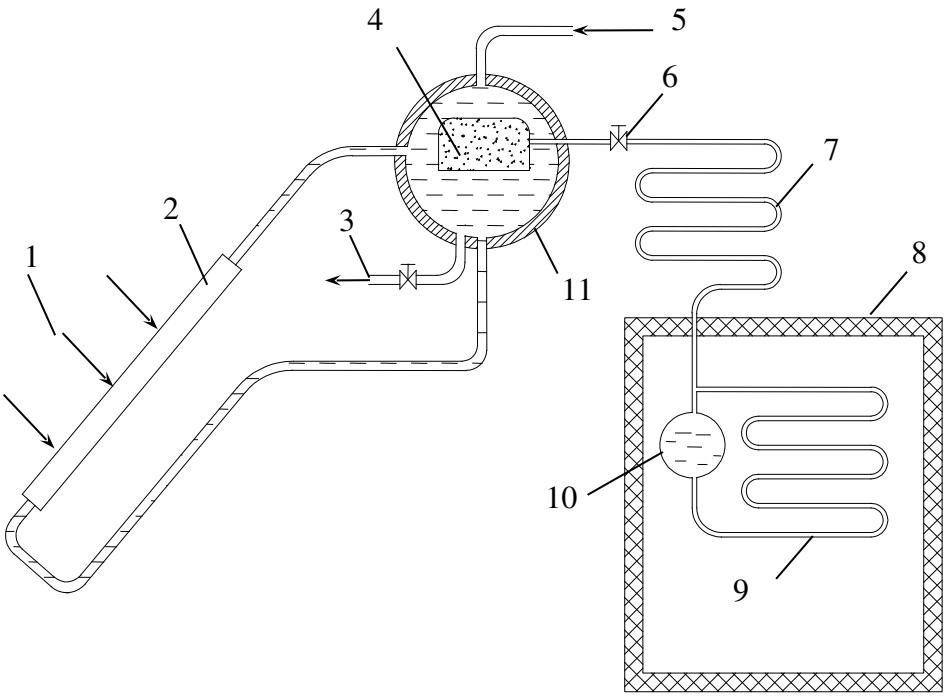
3.1. Sơ đồ nguyên lý:

Tổ hợp hệ thống gồm hai hệ thống đun nước và hệ thống làm lạnh kiểu hấp thụ ghép với nhau hình 2.1. Hệ thống cung cấp nước nóng dùng năng lượng mặt trời ở đây dùng collector kiểu ống có gương parbolic phản xạ để nước nóng thu được đạt nhiệt độ 80^{0}C đến 90^{0}C. Hệ thống máy lạnh dùng chất hấp phụ rắn kiểu gián tiếp (năng lượng mặt trời cấp nhiệt cho môi chất trung gian là nước và nước nóng cấp nhiệt cho bộ hấp phụ). Chất hấp phụ là than hoạt tính và môi chất lạnh là methanol.

3.2. Nguyên tắc hoạt động:

Nguyên tắc hoạt động của hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng NLMT được chia làm hai giai đoạn, giai đoạn thứ nhất bay hơi - ngưng tụ

môi chất vào ban ngày và giai đoạn thứ hai bay hơi - hấp thụ thực hiện quá trình làm lạnh vào ban đêm.



Hình 2.1 - Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng NLMT

1 - Bức xạ mặt trời
2 - Bộ thu NLMT
3 - Đường lấy nước nóng
4 - Bộ hấp phụ5 - Nước lạnh vào
6 - Van chặn
7 - Dàn ngưng tụ
8 - Buồng lạnh9 - Dàn lạnh
10 - Bình chứa môi chất
11 - Bình nước nóng

* Giai đoạn bay hơi - ngưng tụ môi chất vào ban ngày:

Collector (2) hấp thụ NLMT làm nóng nước. Nhiệt độ nước trong bình chứa nước nóng (11) tăng lên và làm tăng nhiệt độ của bộ hấp phụ (4). Nhiệt độ môi chất trong bộ hấp phụ tăng lên đến nhiệt độ bay hơi T_{g1} và môi chất thoát ra khỏi chất hấp phụ làm cho áp suất trong hệ thống tăng lên đến áp suất ngưng tụ p_k. Hơi môi chất thoát ra đi vào dàn ngưng (7) thải nhiệt cho môi trường làm mát là không khí rồi ngưng tụ chảy vào bình chứa môi chất (10). Nhiệt độ của nước và bộ phận hấp thụ tiếp tục tăng lên do nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời và đạt đến nhiệt độ cực đại T_{g2} khoảng 80^0C đến 90^0C, lượng nhiệt bức xạ này sẽ giảm dần vào buổi chiều nhưng nhiệt độ nước trong bình (11) vẫn cao. Vào cuối chiều môic chất trong bộ hấp phụ (4) đã bay hơi và ngưng tụ hết vào bình chứa (10) lúc này van chặn (6) được khóa lại.

* Giai đoạn thứ hai bay hơi - hấp thụ thực hiện quá trình làm lạnh vào ban đêm:

Vào ban đêm toàn bộ lượng nước nóng trong bình chứa (11) được xả hết hoặc xả đến một bình chứa khác. Bình (11) lại được cấp nước lạnh theo đường cấp (5) bên ngoài vào để làm lạnh bộ phận hấp thụ. Nhiệt độ bộ hấp thụ (4) giảm xuống đột ngột từ T_{g2} đến T_{a1}, áp suất trong bộ hấp thụ cũng giảm xuống đến áp suất bay hơi p_0, van (6) được mở ra, quá trình bay hơi của môi chất xảy ra trong dàn bay hơi (9) và thực hiện quá trình làm lạnh buồng lạnh (8), hơi môi chất được than hoạt tính trong hấp phụ (4) hấp phụ lại. Quá trình bay hơi diễn ra liên tục cho đến khi môi chất trong bình chứa (10) bay hơi hết. Do quá trình hấp phụ là quá trình thải nhiệt nên nhiệt độ nước lạnh trong bình chứa sẽ tăng lên từ T_0 đến T_{a2}, tuy nhiên lượng nhiệt này không ảnh hưởng nhiều đến quá trình hấp phụ và nó có thể tốt hơn đối với các thiết bị hấp thụ làm mát kiểu đối lưu tự nhiên bình thường do vòng tuần hoàn ngược của bộ thu xảy ra làm cho nước của bình chứa được làm mát. Quá trình làm lạnh sẽ tiếp tục xảy ra trong suốt đêm cho đến khi collector có thể nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời vào hôm sau. Chu trình cứ lặp lại như vậy.

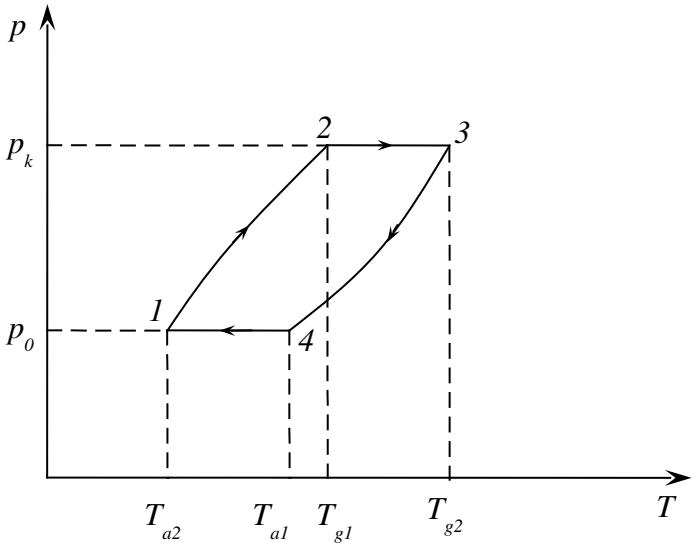
Chu trình nhiệt động của máy lạnh có thể biểu diễn trên đồ thị p – T như hình 2.2:

+ Quá trình 1-2: Cấp nhiệt đẳng khối lượng. Nhiệt độ và áp suất của hệ thống tăng do nhận nhiệt từ bộ hấp thụ.

+ Quá trình 2-3: Quá trình ngưng tụ. Metanol bắt đầu tách ra khỏi than hoạt tính và ngưng tụ trong dàn ngưng rồi chảy xuống bình chứa.

+ Quá trình 3-4: Làm mát đẳng khối lượng. Bức xạ mặt trời giảm, bộ hấp thụ được làm mát nhờ nước lạnh, nhiệt độ và áp suất của hệ thống giảm.

+ Quá trình 4-1: Bay hơi và hấp thụ. Môi chất bay hơi trong dàn bay hơi nhiệt nhiệt của vật cần làm lạnh và bị than hoạt tính hút về trong bộ hấp thụ.



Hình 2.2 - Đồ thị p - T của máy lạnh hấp phụ rắn sử dụng NLMT

4. TÍNH TOÁN NHIỆT:

4.1. Tính toán nhiệt cho dàn bay hơi:

Tính toán nhiệt chính là để xác định công suất lạnh cần thiết cung cấp cho dàn bay hơi và lượng môi chất cần thiết nạp vào hệ thống.

Công suất lạnh của thiết bị bay hơi được xác định bằng công thức:

$$Q = Q_1 + Q_2 , \quad W$$

Trong đó:

Q_1 - Dòng nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che của thiết bị, W

Q_2 - Dòng nhiệt do đông đá và làm lạnh khuôn (nếu hệ thống làm đá), W

Dòng nhiệt qua kết cấu bao che Q_1

Dòng nhiệt truyền qua kết cấu bao che bao gồm dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ. Vì quá trình làm lạnh xảy ra khi mặt trời lặn nên nhiệt tổn thất do bức xạ bằng 0.

Vậy tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che Q_1 được xác định bằng công thức sau:

$$Q_1 = k.F. \quad t , \quad W$$

$$k \quad \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \quad \sum_{i\ 1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad \frac{1}{\alpha_2}} , \ W/m^2K$$

Trong đó:

k - hệ số truyền nhiệt qua kết cấu bao che , W/m^2K

$_1$, $_2$ - Hệ số tỏa nhiệt đối lưu trên bề mặt vách , W/m^2K

$_i$ - Chiều dày lớp vật liệu thứ i , m

$_i$ - Hệ số dẫn nhiệt lớp vật liệu thứ i , m

F - Diện tích cấu kết cấu bao che , m^2

t - Độ chênh nhiệt độ giữa môi trường bên trong và bên ngoài, K

Tổn thất nhiệt do làm đông đá và làm lạnh khuôn Q_2:

$$Q_2 \quad Q_đ \quad Q_{kh} \quad G\frac{q_0}{\tau} \quad M\frac{C_{kh}(t_{kh1} \quad t_{kh2})}{\tau}, \quad W$$

Trong đó:

$Q_đ$ - Tổn thất nhiệt do làm đông đá, W

Q_{kh} - Tổn thất nhiệt do làm lạnh khuôn, W

G - Năng suất làm đá, kg

- Thời gian làm đông đá, s

q_0 - nhiệt lượng cần làm lạnh 1 kg nước từ nhiệt độ ban đầu đến khi đông đá hoàn toàn, J/kg

M - Tổng khối lượng khuôn, kg

C_{kh} - Nhiệt dung riêng của khuôn, J/kg

t_{k1} - Nhiệt độ khuôn lúc ban đầu,

t_{k2} - Nhiệt độ khuôn lúc đã đông đá hoàn toàn lấy bằng -13^0

Vậy năng suất lạnh của hệ thống được xác định bằng công thức:

$$Q_0 \quad \frac{k.Q}{b}, W$$

Trong đó:

k – Hệ số tính đến tổn thất trên đường ống và thiết bị hệ thống. Hệ số này đối với hệ thống làm lạnh trực tiếp phụ thuộc vào nhiệt độ bay hơi của môi chất, với $t_0 = -15^0C$ chọn k = 1,05.

b - Hệ số thời gian làm việc . Đối với hệ thống lạnh nhỏ chọn b = 0,7.

Nhiệt lượng cần thiết để cung cấp cho dàn bay hơi trong suất thời gian làm việc của hệ thống:

$$Q' = Q_0. \ , \quad J$$

Lượng methanol cần cung cấp là:

$$M_{mc} \quad \frac{Q'}{r}, \quad kg$$

Trong đó: r - Nhiệt ẩn hóa hơi của methanol, J/kg

4.2. Tính toán nhiệt thiết bị ngưng tụ:

Thiết bị ngưng tụ sử dụng cho máy lạnh hấp thụ sử dụng NLMT thường là loại dàn ngưng có cánh tản nhiệt, trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên với môi trường không khí bên ngoài. Do đó hiệu nhiệt độ ngưng tụ t_k giữa môi chất lạnh ngưng tụ và môi trường chọn:

$$t_k = t_k - t_{mt} = 15^0C$$

Khi đó diện tích trao đổi nhiệt của dàn ngưng được tính theo công thức:

$$F \quad \frac{Q_k}{k.\Delta t_k}, \ m^2$$

Trong đó:

Q_k - Nhiệt thải ngưng tụ (với hệ thống này chọn $Q_k = Q_0$, W).

k - hệ số truyền nhiệt, chọn k = 30 W/m^2K

F - Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của dàn ngưng, m^2

* Tính toán quá trình hấp phụ:

Theo lí thuyết của Eucken và Poljani, người ta có thể tính được đẳng nhiệt hấp phụ của hơi ở nhiệt độ T_2 nếu đã biết đẳng nhiệt hấp phụ của một thành phần hơi bất kỳ ở nhiệt độ T_1. Đường hấp phụ đẳng nhiệt hấp phụ được biểu thị theo đồ thị p - a.

+ Tính tung độ a:

$$a_2 \quad a_1 \frac{V_1}{V_2}$$

Trong đó:

a_1 - tung độ của cấu tử chuẩn, thường chọn là benzen, kg/kg than

a_2 - tung độ cấu tử cần tính, kg/kg than

V_1, V_2 - Thể tích mol của cấu tử chuẩn và cấu tử cần tính, m^3/kmol

$$V \quad \frac{M}{\rho}$$

Trong đó:

M – Khối lượng phân tử, kg/kmol (của benzen là M_1 = 78 kg/kmol; của methanol là M_2 = 32 kg/kmol)

- Khối lượng riêng, kg/m^3 (của benzen là $_1$ = 879 kg/m^3; của methanol là $_2$ = 792 kg/m^3)

Suy ra: $V_1 \quad \frac{M_1}{\rho_1} \quad \frac{78}{879} \quad 0{,}0887$, m^3/kmol

$$V_2 \quad \frac{M_2}{\rho_2} \quad \frac{32}{792} \quad 0{,}0404 \text{ , } m^3/\text{kmol}$$

+ Hoành độ p được tính theo công thức:

$$\lg p_2 \quad \lg p_{S\,2} \quad \beta_a . \frac{T_1}{T_2} \lg \frac{p_{S\,1}}{p_1}$$

Trong đó:

p_1, p_2 - Hoành độ của các điểm có áp suất của cấu tử chuẩn và cấu tử cần tính, mmHg

p_{S-1} - Áp suất hơi bão hòa của cấu tử benzen ở nhiệt độ T_1 , mmHg (p_{S-1} = 75 mmHg)

p_{S-2} - Áp suất hơi bão hòa của cấu tử cần tính ở nhiệt độ T_2 , mmHg

Suy ra:

$$\lg p \quad a_0 \quad a_1.[T^{\,1} \quad (7{,}9151 \quad 2{,}6726 \lg T).10^{\,3} \quad 8{,}625.10^{\,7}.T] \text{ , Pa}$$

Trong đó:

T - Nhiệt độ methanol , K.

$a_0 = 9,1716$ và $a_1 = -2,7596.10^3$

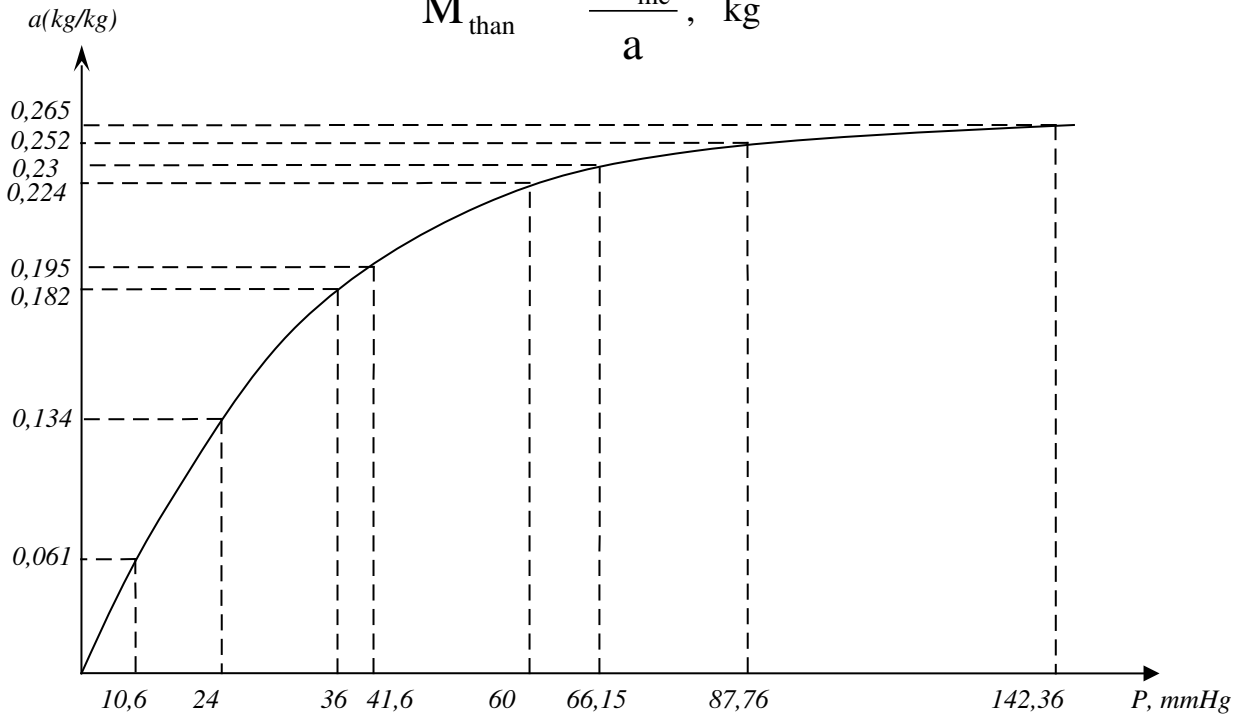
T_1 - Nhiệt độ hấp phụ của benzen, K. Chọn $T_1 = 20^0C = 293$ K.

T_2 - Nhiệt độ hấp phụ của metanol, K. Chọn $T_2 = 30^0C = 303$ K.

Bằng cách tính toán như trên có thể xây dựng được đường hấp phụ đẳng nhiệt của than hoạt tính đối với metanol hình 2.3. Và cũng từ đường hấp phụ đẳng nhiệt này có thể tính được lượng than hoạt tính bằng cách tính áp suất bay hơi của metanol rồi căn cứ vào đồ thị đường hấp phụ để có được hoạt độ tĩnh a của metanol.

Lượng than cần thiết để hấp phụ hết môi chất metanol được tính bằng công thức.

$$M_{than} \quad \frac{M_{mc}}{a}, \ kg$$



Hình 2.3 - Đường hấp phụ đẳng nhiệt của metanol

5. HỆ THỐNG LẠNH SẢN XUẤT NƯỚC ĐÁ:

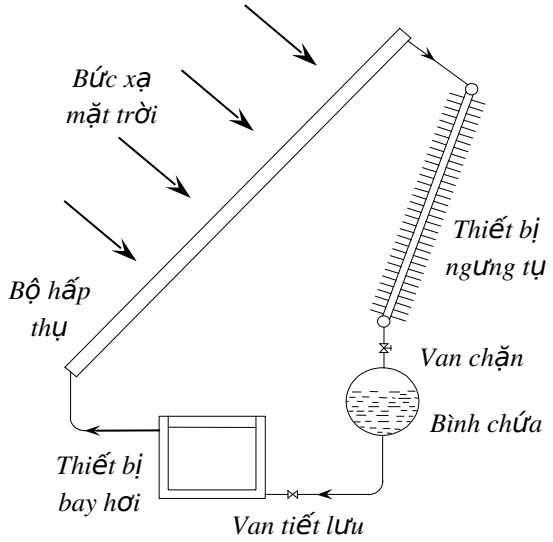
5.1. Sơ đồ hệ thống:

5.2. Nguyên tắc hoạt động:

Hệ thống sản xuất nước đá dùng năng lượng mặt trời dạng máy lạnh hấp phụ là thiết bị hoạt động theo chu kỳ với nguyên tắc hoạt động như sau:

Ban ngày van chặn mở, van tiết lưu đóng. Bộ hấp phụ nhận năng lượng bức xạ mặt trời làm cho nhiệt độ trong bộ hấp phụ tăng lên, môi chất (metanol) trong than hoạt tính bốc hơi áp suất trong bộ hấp phụ tăng (trong bộ hấp phụ chứa chất hấp phụ rắn là than hoạt tính), sau khi bốc hơi ra khỏi

chất hấp phụ, môi chất vào thiết bị ngưng tụ thải nhiệt ra môi trường không khí ngưng tụ lại thành lỏng và chảy xuống bình chứa. Quá trình diễn ra liên tục cho đến khi bức xạ mặt trời giảm van chặn đóng lại. Bình chứa được thiết kế chế tạo sao cho trong một ngày phải chứa hết lượng môi chất lạnh được thoát ra từ chất hấp phụ.



Hình 2.4 - Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh sản xuất nước đá

Nửa chu kỳ sau môi chất làm việc vào ban đêm. Khi hết bức xạ mặt trời van chặn được đóng lại. Bộ hấp phụ lúc này sẽ bức xạ nhiệt và nhờ quá trình bức xạ này mà nhiệt độ của bộ hấp phụ giảm xuống, khả năng hấp thụ của chất hấp phụ tăng, áp suất trong bộ hấp phụ giảm xuống, đến khi toàn bộ collector được làm mát đến nhiệt độ môi trường thì lúc này có thể mở từ từ van tiết lưu, lỏng môi chất qua tiết lưu chảy vào thiết bị bay hơi, tại đây môi chất sẽ nhận nhiệt của nước làm đá và bay hơi đi lên bộ hấp phụ. Nước mất nhiệt sẽ hóa rắn còn hơi môi chất sẽ được than hoạt tính trong bộ hấp phụ hấp phụ lại.

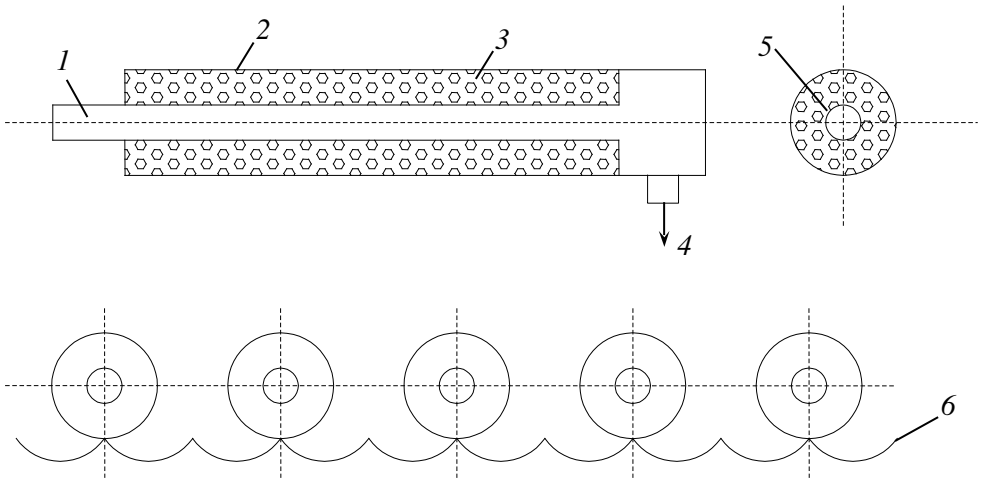
5.3. Cấu tạo của các thiết bị:

* Bộ hấp phụ:

Là một trong các thiết bị rất quan trọng, nó quyết định đến hiệu suất của máy lạnh. Cấu tạo của bộ hấp phụ bao gồm các ống hình trụ được sơn màu đen trên bề mặt, bên trong ống trụ là lớp than hoạt tính và lớp lưới sắt, không gian bên trong để thoát hơi môi chất xuống dàn ngưng tụ hình 2.5

Bề mặt ống thép nhận bức xạ mặt trời trực tiếp, bên trong có lớp than hoạt tính ngậm môi chất lạnh, khi nhận nhiệt môi chất sẽ bay hơi và thoát

qua lớp lưới thép vào không gian bên trong ống trụ và thoát xuống thiết bị ngưng tụ. Bộ hấp thụ gồm các module nối song song với nhau. Bộ hấp thụ được tính toán thiết kế phù hợp với công suất lạnh của máy.



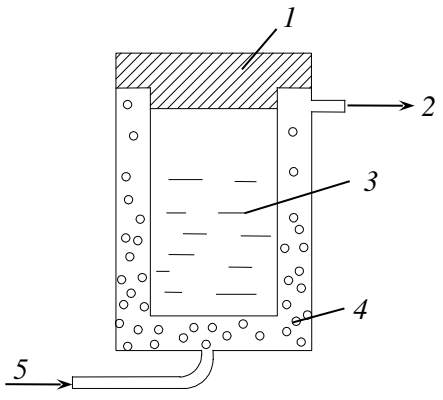
Hình 2.5 - Cấu tạo bộ hấp phụ NLMT
1 - Đường hơi môi chất; 2 - Ống hình trụ có sơn đen bề mặt; 3 - Than hoạt tính; 4 - Đường hơi môi chất đi vào dàn ngưng tụ; 5 - Lớp lưới thép; 6 - Gương phản xạ.

* Thiết bị bay hơi:

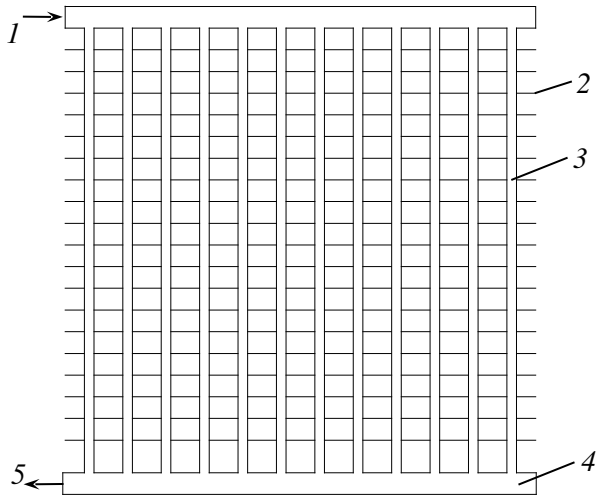
Thiết bị bay hơi có cấu tạo dạng ống lồng ống, lỏng môi chất được cấp vào không gian giữa các ống, bên trong chứa nước làm đá. Môi chất từ bình chứa qua tiết lưu xuống áp suất thấp và được đưa vào thiết bị bay hơi từ phía dưới (5), môi chất lỏng sẽ nhận nhiệt của nước làm đá và bay hơi qua đường 2 trở về bộ hấp phụ.

* Thiết bị ngưng tụ:

Thiết bị ngưng tụ có cấu tạo gồm tổ hợp các ống thép được ghép song song nhau rồi đưa vào ống góp chung, bề mặt dàn có cánh tản nhiệt để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt hình 2.7.



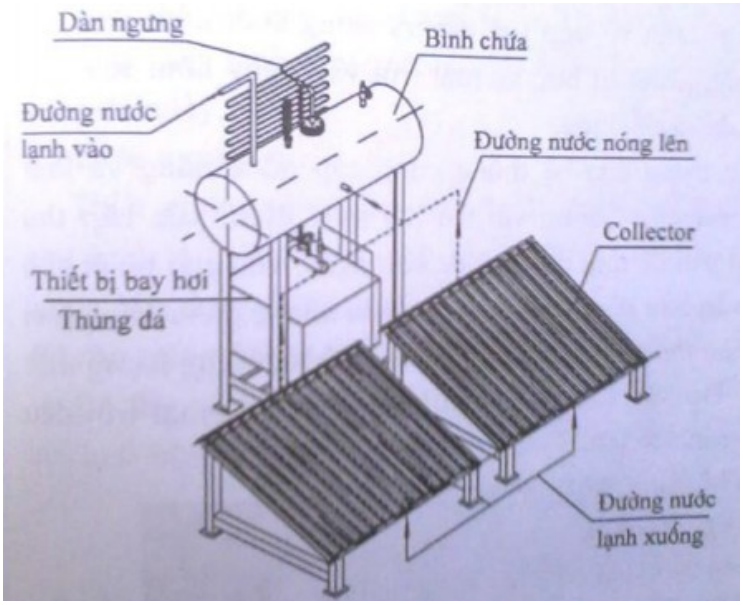
Hình 2.6 - Cấu tạo thiết bị bay hơi
1 - Nắp đậy; 2 - Hơi môi chất ra khỏi thiết bị bay hơi lên bộ hấp phụ; 3 - Nước làm đá; 4 - Môi chất lạnh; 5 - Lỏng môi chất từ bình chứa



Hình 2.7 - Cấu tạo dàn ngưng
1 - Hơi môi chất vào; 2 - Cánh tản nhiệt; 3 - Ống dẫn môi chất; 4 - Ống góp; 5 - Đường lỏng môi chất ra

6. TỔ HỢP HỆ THỐNG SẢN XUẤT NƯỚC ĐÁ VÀ NƯỚC NÓNG:

6.1. Sơ đồ hệ thống:



Hình 2.8. Sơ đồ tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng

6.2. Nguyên tắc hoạt động:

Collector hấp thụ năng lượng mặt trời và làm nóng nước, nhiệt độ nước trong bình chứa tăng lên và làm tăng nhiệt độ của thiết bị hấp thụ đặt trong bình chứa. Khi nhiệt độ chất hấp phụ trong bộ phận hấp phụ tăng thì môi chất lạnh sẽ bốc hơi khỏi chất hấp phụ và làm cho áp suất trong hệ thống tăng lên đến áp suất ngưng tụ. Hơi môi chất thoát ra được ngưng tụ lại ở dàn ngưng và chảy xuống thiết bị bay hơi. Nhiệt độ của nước trong bình chứa và bộ phận hấp thụ tiếp tục tăng do nhận nhiệt bức xạ mặt trời từ collector theo nguyên lý đối lưu tuần hoàn tự nhiên và đạt đến nhiệt độ khoảng (80^0C 95^0C). Quá trình bốc hơi và ngưng tụ xảy ra từ sáng đến tối (lúc không còn ánh nắng mặt trời). Khi nước nóng trong bình chứa được dẫn

đi sử dụng vào ban đêm hoặc dẫn đến một bình chứa khác thì nước trong bình chứa được tự động bổ sung bằng nguồn nước lạnh từ bên ngoài (nhiệt độ nước lạnh khoảng 15^0C), nước lạnh vào làm mát bộ phận hấp thụ, nhiệt độ bộ phận hấp thụ giảm xuống một cách đột ngột, áp suất môi chất trong bộ phận hấp thụ cũng giảm xuống đến dưới áp suất bay hơi của môi chất lạnh lúc đó quá trình bay hơi của môi chất lạnh xảy ra và nước đá sẽ được tạo thành trong thùng đá. Trong quá trình sản xuất nước đá, collector đóng vai trò là thiết bị giải nhiệt. Quá trình làm lạnh tiếp tục xảy ra trong suốt đêm đến khi collector nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời vào ngày hôm sau, lúc đó có thể lấy nước đá ra để dùng.

Ưu điểm đặc trưng của hệ thống cung cấp nước nóng và làm lạnh kiểu này là collector đóng vai trò hai mục đích: Vừa hấp thụ nhiệt từ bức xạ mặt trời để làm nóng nước ban ngày, vừa giải nhiệt cho quá trình hấp thụ vào ban đêm. Mà đây cũng chính là nhược điểm làm giảm hiệu quả của các hệ thống cung cấp nước nóng bằng năng lượng mặt trời bình thường). Do vậy hầu như toàn bộ năng lượng mặt trời đều được sử dụng một cách có ích.

6.3. Cấu tạo của các thiết bị:

* Thiết bị hấp thụ - bình chứa:

Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng có thiết bị hấp thụ được cấu tạo dạng bình hình trụ nằm ngang, bên trong có than hoạt tính, chất hấp thụ được gia nhiệt bởi nước nóng và được làm mát bằng nước lạnh. Thiết bị hấp thụ được tính toán thiết kế dựa trên lượng than hoạt tính, lượng than này phải hấp thụ hết lượng môi chất methanol để làm đông 5 kg nước đá.

* Thiết bị bay hơi:

Thiết bị bay hơi của tổ hợp có cấu tạo tương tự hình 2.6

* Bộ thu năng lượng mặt trời:

Bộ thu năng lượng mặt trời trong hệ thống có dạng kiểu ống có gương phản xạ parabol trụ cố định đối lưu không khí tự nhiên. Với bộ thu này hệ thống hoạt động không cần thêm bất kỳ nguồn năng lượng nào ngoài năng lượng mặt trời. Tính toán với sản lượng 5 kg nước đá /ngày, được bộ thu cần thiết khoảng 2 m^2. Nước nóng trong hệ thống có thể đạt được 90^0C.

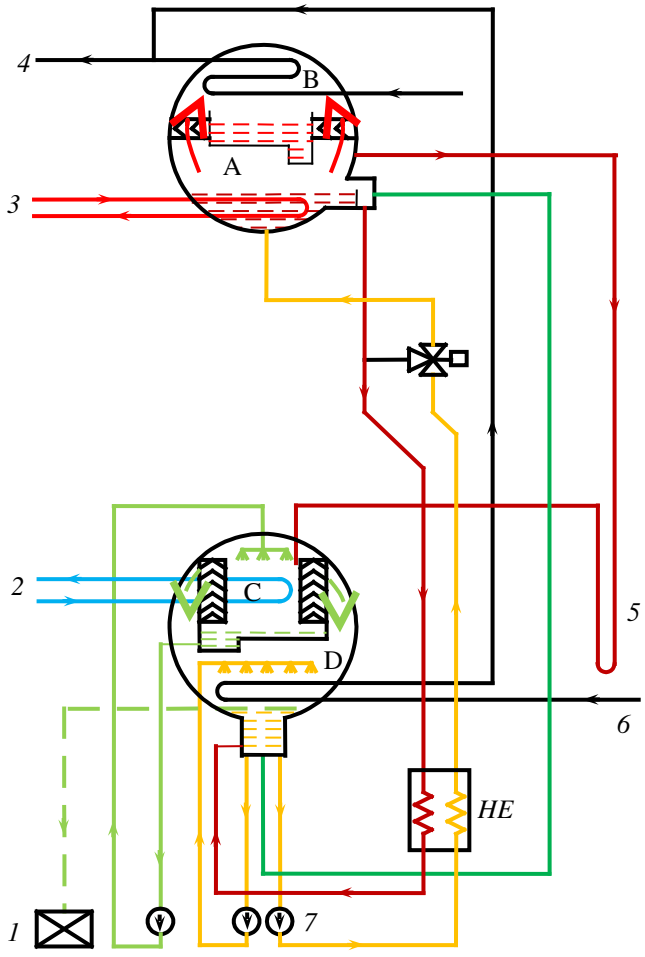
7. MÁY LẠNH HẤP THỤ DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI:

Năng lượng mặt trời cũng có thể cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ, hình 2.9 là sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr loại tác dụng đơn.

Quá trình thực hiện của máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr dựa vào đặc tính của dung dịch H_2O - LiBr ở nhiệt độ thấp nó hấp thụ nó hấp thụ hơi nước rất

mạnh, còn ở nhiệt độ cao lại giải phóng hơi nước đã hấp thụ. Dựa vào đặc tính này để hoàn thành chu trình lạnh.

Những thiết bị chính được bố trí trong hai bình hình trụ 1 và 2 để dễ dàng duy trì chân không trong hệ thống. Bình 1 có áp suất ngưng tụ và bình 2 có áp suất bay hơi. Trong bình 1 có bố trí dàn ngưng tụ B và bộ phận sinh hơi A, bình 2 bố trí dàn bay hơi C và bộ hấp thụ D, giữa các thiết bị trên có độ chênh nhiệt độ đáng kể như ở bình 1 là nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ gia nhiệt, ở bình 2 là nhiệt độ bay hơi và hấp thụ nhưng không cần cách nhiệt và chân không cao trong thiết bị là cách nhiệt lý tưởng.



Hình 2.9 - Máy lạnh hấp thụ H_2O/LiBr loại tác dụng đơn

1 - Bơm chân không; 2 - Chất tải lạnh; 3 - Nguồn nhiệt cấp; 4 - Đường ra nước làm mát; 5 - Ống giảm áp (Xiphông); 6 - Đường nước làm mát vào; 7 - Bơm dung dịch; HE - Thiết bị hồi nhiệt; A - Thiết bị sinh hơi; B - Ngưng tụ; C - Bay hơi; D - Hấp thụ.

Nguồn nhiệt được đưa vào bình sinh hơi A để gia nhiệt cho dung dịch đậm đặc H_2O/LiBr (nhiệt độ $\geq 80^0$C). Hơi nước sinh ra bay lên trên dàn ngưng B, thải nhiệt cho nước làm mát và ngưng tụ lại. Dung dịch đậm đặc khi mất

nước trở thành dung dịch loãng và được đưa trở lại dàn hấp thụ trong bình 2. Vì vòi phun làm nhiệm vụ giảm áp nên không cần van tiết lưu đặc biệt nữa. Nhiều khi người ta phải có những biện pháp phụ để đưa dung dịch loãng đến dàn hấp thụ.

Nước sau khi ngưng tụ ở dàn ngưng B sẽ chảy qua ống giảm áp để cân bằng áp suất rồi được bơm qua vòi phun vào dàn bay hơi C. Do áp suất ở đây rất thấp nước bay hơi để sinh lạnh. Hơi nước được sinh ra ở dàn bay hơi C sẽ được dung dịch loãng hấp thụ ở bộ phận hấp thụ D. Nhiệt lượng tỏa ra do quá trình hấp thụ sẽ được nước làm mát lấy đi. Lạnh sinh ra ở dàn bay hơi C sẽ được chất tải lạnh (cũng là nước) đưa đến nơi tiêu dùng.

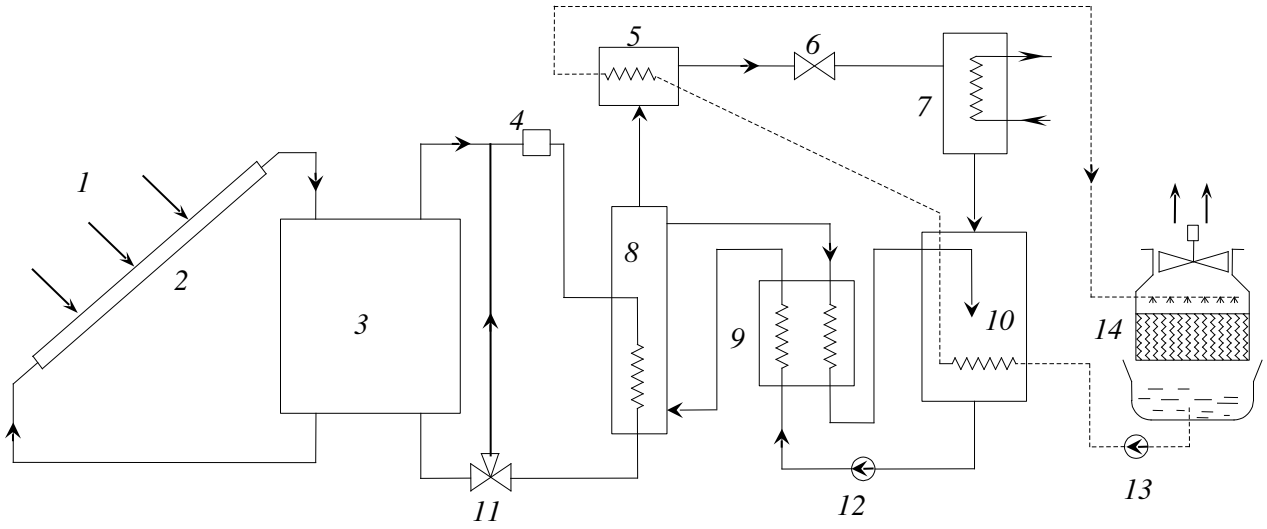
Dung dịch đậm đặc sau quá trình hấp thụ sẽ được bơm bơm lên bình sinh hơi A qua thiết bị trao đổi nhiệt HE. Dung dịch loãng chảy từ bình sinh hơi trở lại bình hấp thụ. Thiết bị trao đổi nhiệt HE dùng để nâng cao hiệu suất nhiệt. Ở đây dung dịch loãng được làm nguội và dung dịch đậm đặc được làm nóng.

Để làm tăng hệ số trao đổi nhiệt ở bình bay hơi C các ống xoắn của chất tải lạnh được tưới môi chất lạnh liên tục nhờ bơm tuần hoàn. Khi nhiệt độ bay hơi hạ xuống 3 4^{0}C thì nhiệt độ chất tải lạnh đạt 7 8^{0}C .

Nước làm mát đầu tiên đi qua bình hấp thụ, sau đó mới đến bình ngưng, do đó nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ hấp thụ một chút. Nhánh nước phụ có nhiệm vụ điều chỉnh nhiệt độ ngưng tụ và hấp thụ tùy ý không phụ thuộc vào nhau.

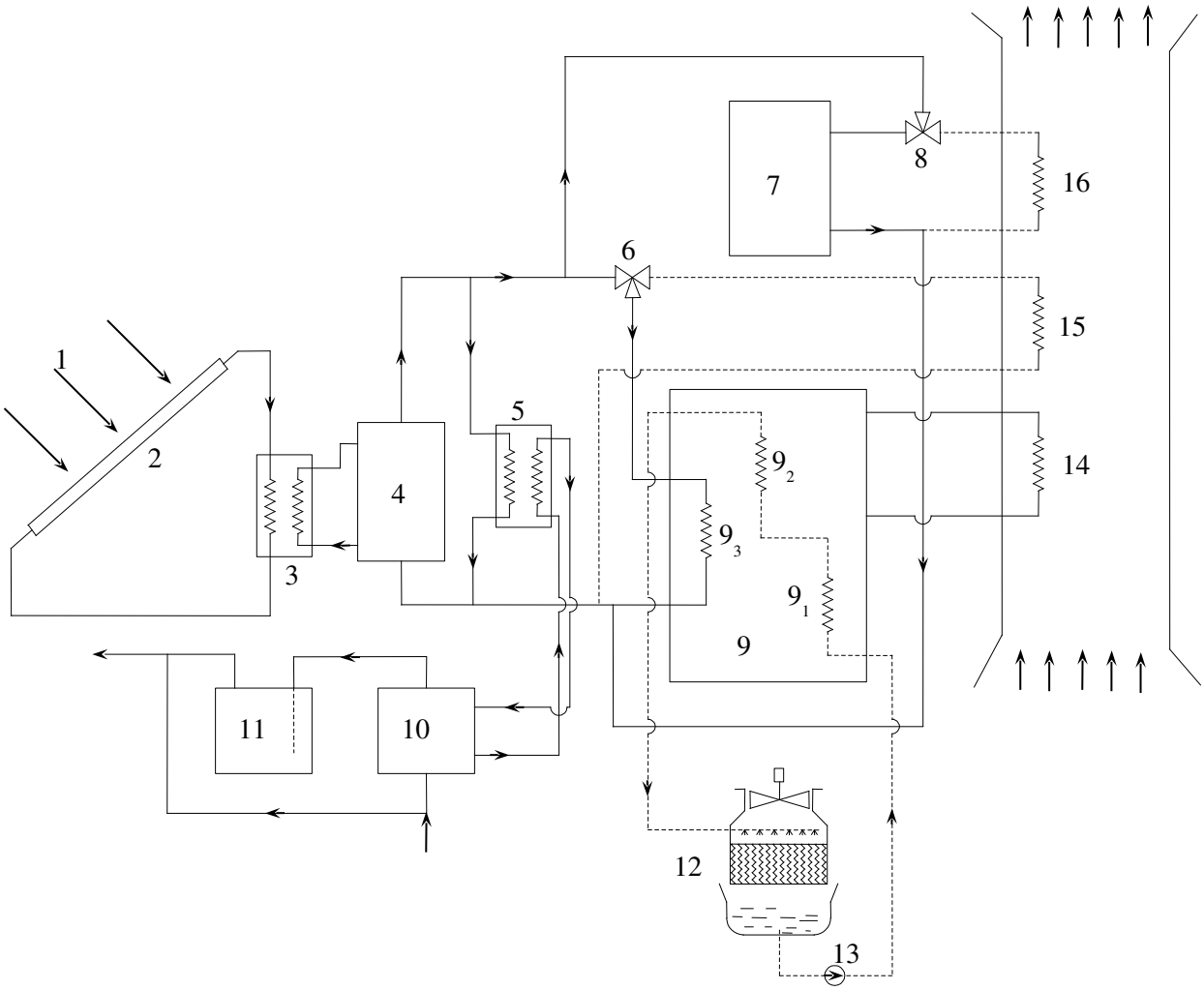
Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời có thể sử dụng ở nhiều mục đích khác nhau như làm lạnh sản phẩm trong công nghiệp (cấp đông hoặc bảo quản) hoặc điều hòa không khí. Hình 2.10 là một loại máy lạnh như vậy. Collector 2 nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời 1 làm nóng nước. Nước nóng được chứa trong bình chứa 3, nước nóng trong bình 3 được chảy vào thiết bị sinh hơi 8, làm cho nhiệt độ dung dịch đậm đặc tăng, hơi môi chất sinh ra bay hơi lên thiết bị ngưng tụ 5 và ngưng tụ thành lỏng, lỏng môi chất qua tiết lưu 6 có áp suất giảm sẽ nhận nhiệt của chất tải lạnh và bay hơi trong thiết bị bay hơi 7. Hơi môi chất sẽ được dung dịch loãng hấp thụ lại trong bình hấp thụ 10 sẽ trơe thành dung dịch đậm đặc được bơm dung dịch bơm trả lại bình sinh hơi 8. Hơi môi chất sau khi bay hơi trong bình sinh hơi 8 dung dịch loãng sẽ tự chảy về bình hấp thụ để tiếp tục hấp thụ hơi môi chất sinh ra từ thiết bị bay hơi làm lạnh 7. Tháp giải nhiệt có vai trò giải nhiệt nước làm mát sau khi nhận nhiệt trong thiết bị hấp thụ và ngưng tụ, nước lại được bơm tuần hoàn thực hiện vòng tuần hoàn kín.

Trong trường hợp nước trong bình chứa 3 không đủ nhiệt độ cấp cho bình sinh hơi thì cần một năng lượng phụ trợ 4 để thực hiện chu trình.



Hình 2.10 - Hệ thống làm mát không khí dùng năng lượng mặt trời
1 - Bức xạ mặt trời; 2 - Collector; 3 - Bình chứa; 4 - Nguồn năng lượng phụ trợ; 5 - Thiết bị ngưng tụ; 6 - Tiết lưu; 7 - Thiết bị bay hơi; 8 - Bình sinh hơi; 9 - Thiết bị hồi nhiệt; 10 - Bình hấp thụ; 11 - Van 3 ngả; 12 - Bơm dung dịch; 13 - Bơm nước làm mát; 14 - Tháp giải nhiệt.

Đối với những vùng vừa có nhu cầu làm mát không khí vào mùa nóng, sưởi ấm vào mùa lạnh thì ta có thể sử dụng hệ thống cung cấp nước nóng, sưởi ấm và điều hòa không khí như hình 2.11



Hình 2.10 - Hệ thống cung cấp nước nóng, sưởi ấm và điều hòa không khí sử dụng NLMT

1 - Bức xạ mặt trời; 2 - Collector; 3 - Thiết bị trao đổi nhiệt; 4 - Bình chứa; 5 - Thiết bị hồi nhiệt; 6,8 - Van 3 ngả; 7 - Nguồn năng lượng phụ trợ; 9 - Hệ thống làm lạnh (9_1 - Hấp thụ; 9_2 - Ngưng tụ; 9_3 - Sinh hơi); 10 - Thiết bị nấu nước; 11 - Bình nước nóng; 12 - Tháp giải nhiệt; 13 - Bơm nước; 14 - Dàn lạnh; 15 - Sưởi ấm; 16 - Dàn phụ trợ.

*** Các bước và cách thức thực hiện công việc:**

1. THIẾT BỊ, DỤNG CỤ, VẬT TƯ:

(Mỗi học sinh phải trang bị)

TT	*Loại trang thiết bị*	*Số lượng*
1	Giấy vở học sinh, bút viết	1quyển, chiếc
2	Máy tính	1 chiếc
3	Giáo trình: Hệ thống máy lạnh khác	1 cuốn

2. QUI TRÌNH THỰC HIỆN:

2.1. Qui trình tổng quát:

TT	*Tên các bước công việc*	*Thiết bị - dụng cụ, vật tư*	*Tiêu chuẩn thực hiện công việc*	*Lỗi thường gặp, cách khắc phục*
1	Khái niệm	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	Trình bày được sự ra đời của máy lạnh hấp thụ rắn sử dụng năng lượng mặt trời, các ưu nhược điểm của nó.	Trình bày chưa đủ các ưu nhược điểm
2	Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Trình bày được nguyên tắc làm việc của máy lạnh hấp phụ rắn - Phân tích được cặp môi chất dùng trong hệ thống	Trình bày không đủ nguyên tắc hoạt động
3	Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được đồ thị chu trình	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
4	Tính toán nhiệt	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Tính toán được và đầy đủ các lượng nhiệt tổn thất của hệ thống	Tính toán chưa đầy đủ các lượng nhiệt
5	Hệ thống lạnh sản xuất nước đá	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được sơ đồ hệ thống	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
6	Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
7	Máy lạnh hấp	Giấy vở	- Vẽ được sơ đồ nguyên	Vẽ sai sơ đồ

	thụ dùng năng lượng mặt trời	học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động

2.2. Qui trình cụ thể:

1. Khái niệm
2. Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời
3. Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ
4. Tính toán nhiệt
5. Hệ thống lạnh sản xuất nước đá
6. Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng
7. Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời

*** Bài tập thực hành của học sinh, sinh viên:**

1. Các dạng bài tập:

Bài 1: Tính toán hệ thống lạnh sử dụng năng lượng mặt trời sản suất nước đá với khối lượng 5kg/mẻ.

Bài 2: Tính toán quá trình hấp thụ giữa than hoạt tính và methanol. Biết T_1 - Nhiệt độ hấp phụ của benzen, K. $T_1 = 20^0C = 293$ K ; T_2 - Nhiệt độ hấp phụ của metanol, K. $T_2 = 30^0C = 303$ K.

2. Chia nhóm: Cả lớp

3. Thực hiện qui trình tổng quát và cụ thể.

*** Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập:**

Mục tiêu	*Nội dung*	*Điểm*
Kiến thức	Vẽ đúng sơ đồ nguyên lý và đồ thị của chu trình Thuyết minh đúng nguyên tắc hoạt động Giải được các bài tập	***4***
Kỹ năng	Phân tích được các ưu nhược điểm của từng chu trình So sánh được ưu nhược điểm giữa các chu trình với nhau Biểu diễn quá trình và tra thành thạo các thông sốtrên đồ thị	***4***
Thái độ	- Cẩn thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, nghiêm túc, cẩn thận, tỷ mỉ, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp.	***2***
Tổng		***10***

*** Ghi nhớ:**

1 - Tính chất của các cặp môi chất

2 - Biểu diễn các thông số trên đồ thị

3 - Sơ đồ nguyên lý và đồ thị biểu diễn chu trình

4 - Nguyên tắc hoạt động của các chu trình

5 - Các phương pháp giải bài tập liên quan đến các chu trình

*** Kiểm tra cuối bài:**

`Thực hiện kiểm tra 1 tiết cả lý thuyết và bài tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Kỹ Thuật lạnh cơ sở, Nhà Xuất bản GD – Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy
2. Bài tập kỹ thuật lạnh, Nhà Xuất bản GD – Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy
3. Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật – Hoàng Dương Hùng