

ỦY BAN NHÂN DÂN HUYỆN CỬ CHI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI

GIÁO TRÌNH
MÔN HỌC/ MÔ ĐUN: CÔNG NGHỆ LÀM LẠNH MỚI
NGÀNH NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

Ban hành theo Quyết định 89/QĐ-TCNCC ngày 15 tháng 8 năm 2024 của Hiệu trưởng trường Trung cấp nghề Cử Chi

Cử Chi, năm 2024

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 và 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

.... ❧ 📖 ❧

Cùng với công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, ngành kỹ thuật lạnh đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Nền kinh tế phát triển làm cuộc sống ngày càng tốt hơn. Các loại thiết bị lạnh như máy lạnh, tủ lạnh, tủ kem, tủ trữ, tủ ướp... đã trở nên quen thuộc trong đời sống hàng ngày. Các nhà máy và thiết bị lạnh công nghiệp phục vụ cho tất cả các ngành của xã hội, đặc biệt là ngành đông lạnh thực phẩm đang phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây.

Để đáp ứng cho nhu cầu của xã hội, việc đào tạo và phát triển đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân lành nghề nói chung và ngành điện lạnh nói riêng đang là nhiệm vụ cần thiết.

Trường TCN Củ Chi với nhiệm vụ đào tạo các thợ lành nghề ở nhiều lĩnh vực, hàng năm cũng đã góp phần đào tạo ra nhiều công nhân lành nghề cho xã hội, trong đó có nghề sửa chữa điện lạnh.

Với mục đích nâng cao chất lượng đào tạo trong nhà trường và chuẩn hóa giáo trình giảng dạy. Tác giả được phân công biên soạn giáo trình thực hành Lạnh Căn Bản, giảng dạy cho hệ Trung Cấp Nghề.

Kết cấu giáo trình được chia thành 3 chương, các bài được sắp xếp theo thứ tự từ cơ bản đến nâng cao, nội dung của mỗi bài bao quát một vấn đề hoặc một phần trong hệ thống điều hòa không khí ô tô theo trình độ trung cấp nghề. Giáo trình không trình bày sâu về lý thuyết, chỉ khái quát các vấn đề cơ bản, tập trung chủ yếu vào các nội dung thực hành. Mặc dù tác giả đã cố gắng, nhưng do chủ quan giáo trình chắc chắn sẽ không tránh khỏi nhiều sai sót. Tác giả mong nhận được các ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và đọc giả để giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Điện lạnh, Trường TCN Củ Chi.

Củ Chi, ngày ... tháng ... năm 2024
Bộ môn Điện Lạnh.

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	4
Chương 1: MÁY LẠNH HẤP THỤ	7
1. Đại cương	7
2. Chu trình lý thuyết	7
3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ	8
4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H ₂ O/LiBr)	8
5. Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước	11
6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp	12
7. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán	13
8. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ	14
9. Câu hỏi ôn tập	15
Chương 2: MÁY LẠNH EJECTOR (ÊJECTO)	16
1. Khái niệm	16
2. Nguyên lý làm việc và chu trình lý thuyết của máy lạnh ÊJECTO	16
3. Tính toán nhiệt thiết bị lạnh ÊJECTO	19
4. Đặc điểm của chu trình thực trong máy lạnh ÊJECTO	19
5. Quá trình làm việc và kết cấu của máy lạnh ÊJECTO	19
6. Các phần tử cơ bản của hệ thống lạnh ÊJECTO	20
7. Câu hỏi ôn tập	22
Chương 3: THIẾT BỊ LẠNH DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	23
1. Khái niệm	23
2. Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời	25
3. Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ	26
4. Tính toán nhiệt	27
5. Hệ thống lạnh sản xuất nước đá	
27 6. Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng	
32	
7. Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời	34
8. Câu hỏi ôn tập	34
TÀI LIỆU THAM KHẢO	35

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC/ MÔ ĐUN

Tên môđun: CÔNG NGHỆ LÀM LẠNH MỚI

Mã môđun: MĐ 16

Thời gian thực hiện môn học: 90 giờ; (Lý thuyết: 25 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 60 giờ; Kiểm tra: 5 giờ) **Vị trí, tính chất của môđun:**

- Vị trí:

+ Là môđun cơ bản của nghề dành cho cả học sinh, sinh viên trung cấp nghề và cao đẳng nghề, được đưa vào học sau khi học sinh đã được học các môn học, môđun kỹ thuật cơ sở và chuyên môn.

+ Trên nền của môn Kỹ thuật lạnh cơ sở, Lạnh Cơ bản, các môđun hỗ trợ khác, môđun này sẽ cung cấp các kiến thức và kỹ năng cơ bản của về kỹ thuật cho máy điều hòa công nghệ mới. -

Tính chất: Là môđun đào tạo bắt buộc. **Mục tiêu của môđun:** - Về kiến thức:

+ Trình bày được chức năng, nhiệm vụ, cấu tạo, hoạt động của các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn.

+ Trình bày được cấu tạo nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn, máy lạnh ejector, máy lạnh dùng năng lượng mặt trời; tìm hiểu, đọc một số sơ đồ nguyên lý của máy lạnh này.

+ 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 - Về kỹ năng:

+ Phân tích ưu nhược điểm, phạm vi, và hướng phát triển của hệ thống máy lạnh này.

+ Lắp đặt các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn.

+ Bảo dưỡng các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn.

+ Sử dụng thành thạo các dụng cụ, đồ nghề chuyên dụng đúng mục đích và hiệu quả.

- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Đảm bảo an toàn lao động, cẩn thận, tỉ mỉ, tổ chức nơi làm việc gọn gàng, ngăn nắp, biết làm việc theo nhóm.

+ Rèn luyện ý thức kiên trì, cẩn thận, tỉ mỉ, sáng tạo, an toàn trong quá trình thực hành.

+ Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác.

NỘI DUNG MÔ ĐUN: 3 chương

Số TT	Tên các chương trong mô đun	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra*
I	<p>Máy lạnh hấp thụ</p> <p>Đại cương:</p> <p>Chu trình lý thuyết:</p> <p>Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ:</p> <p>Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H₂O/LiBr):</p> <p>Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước:</p> <p>Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp: Máy lạnh hấp thụ khuếch tán</p> <p>Máy lạnh hấp thụ chu kỳ:</p>	30	10	20	
II	<p>Máy lạnh ÊJECTƠ (Ejector)</p> <p>Khái niệm:</p> <p>Nguyên lý làm việc và chu trình lý thuyết của máy lạnh ÊJECTƠ:</p> <p>Tính toán nhiệt thiết bị lạnh ÊJECTƠ:</p> <p>Đặc điểm của chu trình thực trong máy lạnh ÊJECTƠ:</p> <p>Quá trình làm việc và kết cấu của máy lạnh ÊJECTƠ:</p> <p>Các phần tử cơ bản của hệ thống lạnh ÊJECTƠ:</p> <p>Kiểm tra:</p>	28	10	18	

III	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 Kiểm tra kết thúc	27 5	10	17	
	Cộng	90	30	55	5

CHƯƠNG 1: MÁY LẠNH HẤP THỤ

Giới thiệu:

Máy lạnh hấp thụ là loại máy lạnh đời mới, tiết kiệm năng lượng và không gây ô nhiễm môi trường. Máy lạnh hấp thụ là lựa chọn cho tương lai.

Chương này giới thiệu chu trình lý thuyết tổng quát nhất, ưu và nhược điểm của máy lạnh hấp thụ, và các loại máy lạnh hấp thụ đang được ứng dụng hiện nay.

Mục tiêu:

- + Về kiến thức:
 - Trình bày được sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ.
 - Trình bày được nguyên lý làm việc các loại máy lạnh hấp thụ.
- + Về kỹ năng:
 - Tính toán các chu trình máy lạnh hấp thụ.
 - Phân tích nguyên lý làm việc máy lạnh hấp thụ.
- + Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, cẩn thận, chính xác, nghiêm túc.
 - Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác.

1. Đại cương:

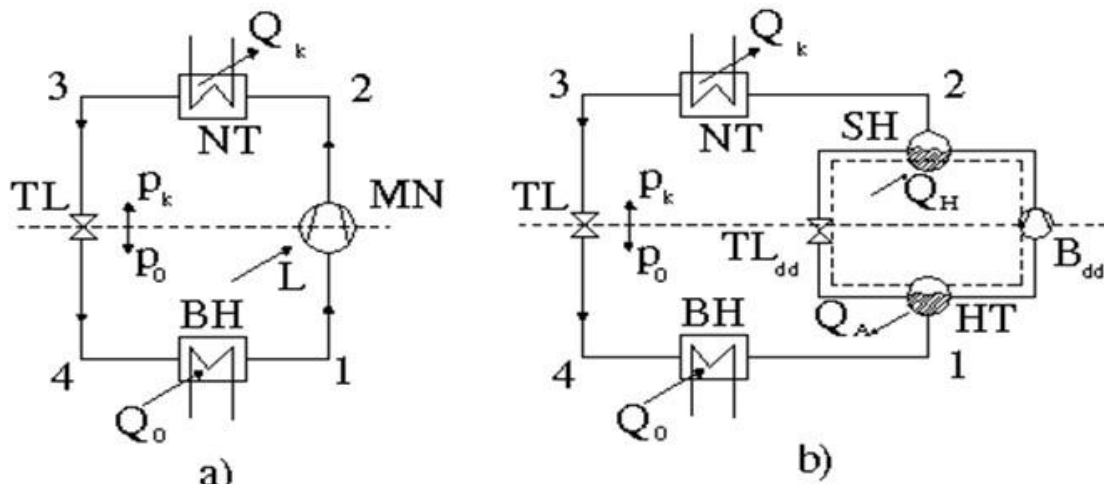
Máy lạnh hấp thụ thuộc nhóm các loại máy lạnh sử dụng nhiệt năng, đây là loại máy lạnh không sử dụng điện năng. Máy lạnh dùng hơi có máy nén phải tiêu tốn điện năng để chạy máy nén. Ở những nơi có khó khăn về nguồn điện năng thì lại dư thừa các nguồn năng lượng khác

(như than củi, khí thải, năng lượng mặt trời,...) thì ta dùng loại máy lạnh có tên gọi là máy lạnh hấp thụ.

Với máy lạnh hấp thụ, người ta thay thế quá trình nén hơi trong máy nén bằng bình hấp thụ để hấp thụ hơi môi chất ở áp suất p_1 thành dung dịch rồi bơm tăng áp suất đưa dung dịch lên bình tách hơi ở áp suất p_2 để tạo ra hơi ở áp suất này.

2. Chu trình lý thuyết:

Để hiểu rõ nguyên tắc hoạt động của máy lạnh hấp thụ ta có thể so sánh sơ đồ đơn giản của máy lạnh nén hơi và của máy lạnh hấp thụ biểu diễn trên hình.



Hình 1.1: Chu trình lý thuyết của máy lạnh hấp thụ.

Các quá trình ngưng tụ 2-3; tiết lưu 3-4 và bay hơi 4-1 so với máy lạnh nén hơi là hoàn toàn giống nhau. Riêng quá trình 1-2 là khác nhau. Ở máy lạnh nén hơi quá trình nén hơi 1-2 được thực hiện bằng máy nén cơ còn ở máy lạnh hấp thụ, quá trình nén 1-2 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 thiết bị trên được gọi là máy nén nhiệt.

Nguyên lý làm việc:

Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ hay của máy nén nhiệt như sau: bình hấp thụ HT “hút” hơi 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 tỏa 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. Quá trình diễn ra ở thiết bị ngưng tụ, tiết lưu và bay hơi giống như ở máy lạnh nén hơi. Bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước hoặc khí nóng. Toàn bộ các thiết bị phía trên của TL, TL_{dd} và bơm có áp suất p_k và 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 TL_{dd} trở về bình hấp thụ, khép kín vòng tuần hoàn dung dịch. **Phương trình cân bằng nhiệt :**

1) Của máy lạnh nén hơi:

$$q_k = q_0 + l$$

q_k : năng suất nhiệt riêng, kJ/kg q_0 : năng suất lạnh riêng, kJ/kg l : công nén riêng, kJ/kg

2) Của máy lạnh hấp thụ:

$$q_k + q_A = q_0 + q_H + q_B \text{ Trong đó:}$$

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

3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ:

Máy lạnh hấp thụ gồm có bình sinh hơi, bình ngưng, van tiết lưu, bình bốc hơi, bình hấp thụ, bơm dung dịch.

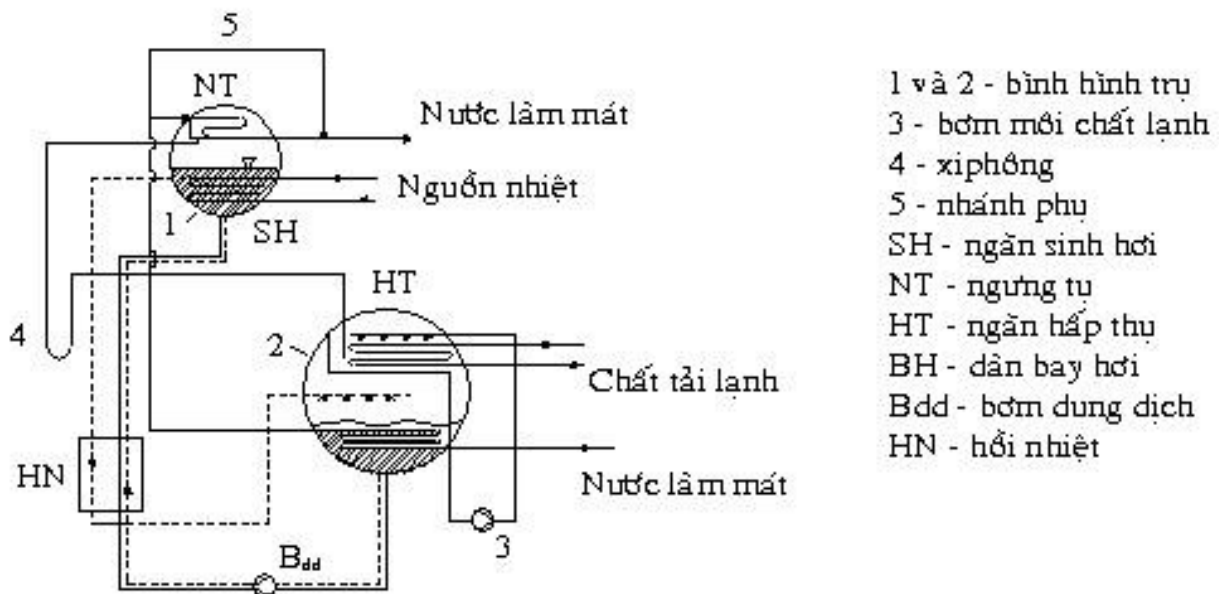
Môi chất của máy lạnh hấp thụ là dung dịch của hai đơn chất. Môi chất được dùng trong máy lạnh hấp thụ là dung dịch của hai thành phần có nhiệt độ sôi khác nhau ở cùng một áp suất: thành phần sôi ở nhiệt độ thấp làm chức năng của môi chất lạnh, thành phần thứ hai làm môi chất hấp thụ. Người ta thường hay gọi đó là cặp môi chất của máy lạnh hấp thụ.

Cặp môi chất thường được sử dụng là NH_3/H_2O và $H_2O/LiBr$. Trong đó NH_3 là môi chất làm lạnh và nước là chất hấp thụ, dùng trong máy lạnh hấp thụ có nhiệt độ từ $0^\circ C - 45^\circ C$; và với cặp $H_2O/LiBr$ thì H_2O là môi chất làm lạnh và $LiBr$ là chất hấp thụ.

4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti ($H_2O/LiBr$):

4.1. Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ tác dụng đơn:

Nguyên lý cấu tạo:



Hình 1.2: Nguyên lý cấu tạo máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti tác dụng đơn. **Nguyên lý làm việc:**

Nguyên lý làm việc như đã nêu ở phần trên. Đây là loại máy lạnh 1 cấp đơn giản. Trong thực tế người ta bố trí thêm hồi nhiệt để đạt hiệu quả nhiệt cao hơn. Vì loại máy này có áp suất chân không cao nên thường được bố trí vào 2 vỏ, đôi khi 1 vỏ.

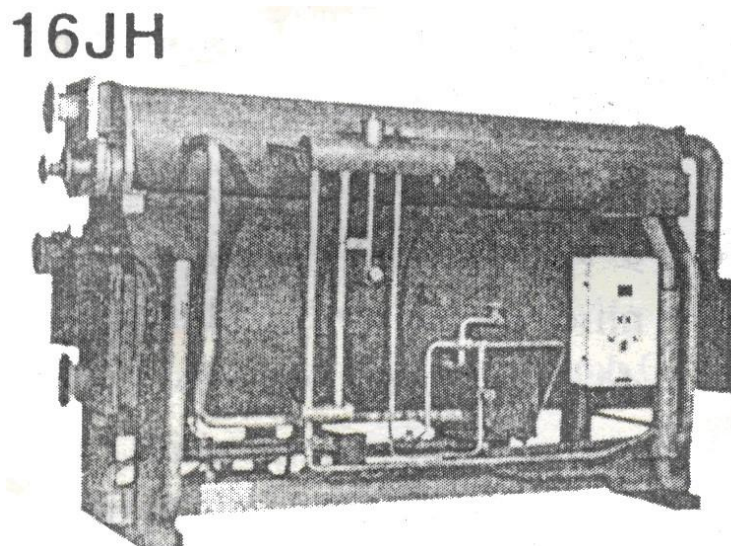
Những thiết bị chính được bố trí trong hai bình trụ 1 và 2 để dễ dàng duy trì chân không trong hệ thống. Bình 1 có áp suất ngưng tụ và bình 2 có áp suất bay hơi. Trong bình 1 có bố trí dàn ngưng tụ và bộ phận sinh hơi. Trong bình 2 có bố trí dàn bay hơi BH và bộ hấp thụ HT, giữa các thiết bị trên có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

nhệt, ở bình 2 là nhiệt độ bay hơi và hấp thụ nhưng không cần cách nhiệt vì chân không cao trong thiết bị đã là cách nhiệt lý tưởng.

Nguồn nhiệt hơi nước, khí thải được đưa vào bình sinh hơi SH để gia nhiệt cho dung dịch đậm đặc $H_2O/LiBr$ (nhiệt độ $\geq 80^{\circ}C$). Hơi nước sinh ra bay lên trên dàn ngưng NT 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 HT trong bình 2. Vì vòi phun làm nhiệm vụ giảm áp nên không cần van tiết lưu đặc biệt nữa.

Nước sau khi ngưng tụ ở dàn ngưng sẽ chảy qua xiphông 4 để cân bằng áp suất rồi chảy vào dàn bay hơi. Do áp suất ở đây rất thấp nước bay hơi để sinh lạnh. Hơi nước được tạo ra ở dàn bay hơi sẽ được dung dịch loãng hấp thụ ở bộ phận hấp thụ. Nhiệt lượng tỏa ra do quá trình hấp thụ sẽ được nước làm mát lấy đi. Lạnh sinh ra ở dàn bay hơi sẽ được chất tải lạnh (cũng là nước) đưa đến nơi tiêu dùng).

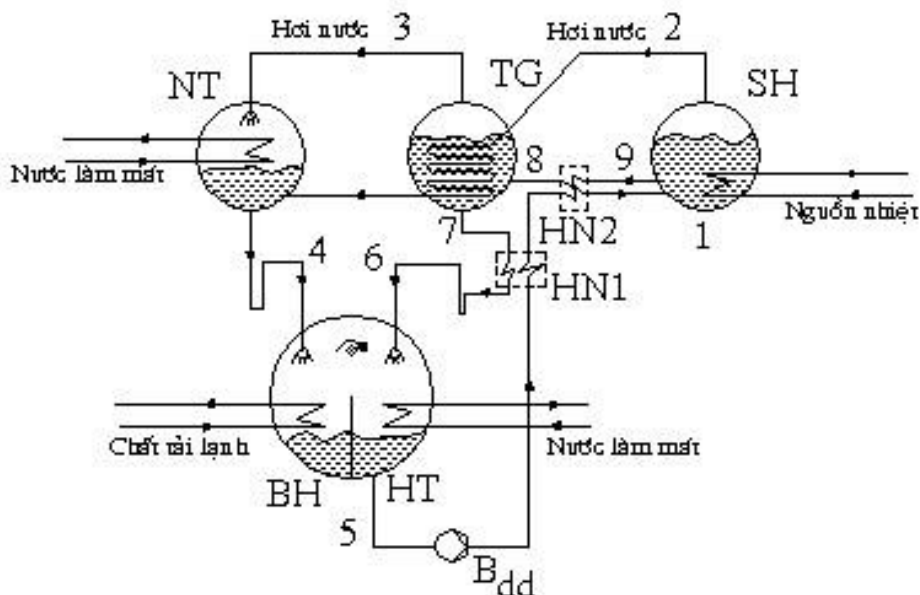
Dung dịch đậm đặc sau quá trình hấp thụ sẽ được bơm dung dịch B_{dd} bơm lên bình sinh hơi. Dung dịch loãng chảy từ bình sinh hơi trở lại bình hấp thụ. Heli nhiệt HN dùng để nâng cao hiệu suất nhiệt. Ở đây dung dịch loãng được làm nguội đi và dung dịch đậm đặc được làm nóng lên.



Hình 1.3: Máy lạnh hấp thụ nước/bromaliti tác dụng đơn thực tế.

4.2. Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ tác dụng kép: Nguyên

Lý cấu tạo:

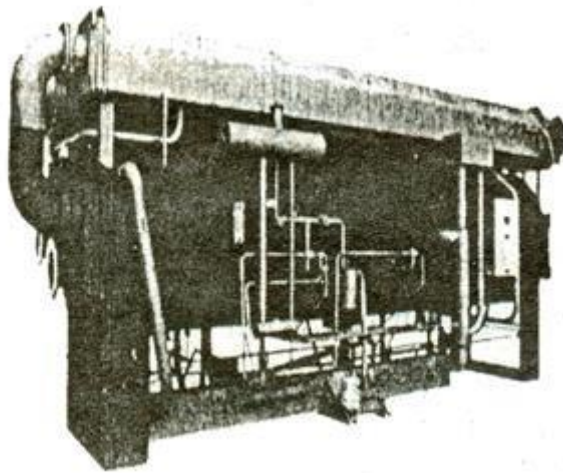


Hình 1.4: Nguyên lý cấu tạo máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti tác dụng kép. **Nguyên lý làm việc:**

Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ tác dụng đơn có nhược điểm rất lớn là khi tăng nhiệt độ nguồn nhiệt thì hệ số lạnh tăng không đáng kể, mà gần như dừng lại ở con số 0,76.

Để khai thác triệt để hiệu suất của các nguồn nhiệt người ta đã đi tới một sơ đồ khác gọi là sơ đồ tác dụng kép. Sơ đồ này làm việc rất hiệu quả với phương pháp cấp nhiệt là khí đốt và đang được sử dụng rộng rãi để làm lạnh nước cho điều hoà không khí. Hình trên giới thiệu một sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ kiểu này. Sơ đồ này được gọi là loại cấp dịch nối tiếp. Trong sơ đồ này ta thấy có thêm bình trung gian TG làm nhiệm vụ vừa sinh hơi vừa ngưng tụ. Do nguồn nhiệt có nhiệt độ cao cấp vào bình sinh hơi SH, hơi thoát ra ở dạng quá nhiệt. Hơi quá nhiệt đi bên trong ống xoắn trong bình trung gian TG, nhả nhiệt cho dung dịch bên ngoài ngưng tụ lại và chảy về bình ngưng tụ. Do nhiệt nhả ra từ dàn ngưng trong bình trung gian nên có thêm một lượng môi chất lạnh (nước) bay hơi bổ sung đi vào bình ngưng tụ. Đây chính là hiệu quả do bình trung gian mang lại, làm tăng thêm hiệu suất nhiệt. Các quá trình khác trong các bình bay hơi BH và hấp thụ HT giống như đã trình bày ở phần máy lạnh tác dụng đơn. Chính có thêm phần sinh hơi và ngưng tụ ở bình trung gian nên máy có 2 lần sinh hơi, 2 lần ngưng tụ, cũng vì vậy người ta đặt tên là tác dụng kép.

Hình dưới đây giới thiệu hình dáng bên ngoài một máy lạnh hấp thụ tác dụng kép để sản xuất nước lạnh của hãng EBARA (Nhật) với năng suất lạnh 315 – 17500kW (90 – 5000 tấn lạnh Mỹ) ký hiệu RCV – RAV.



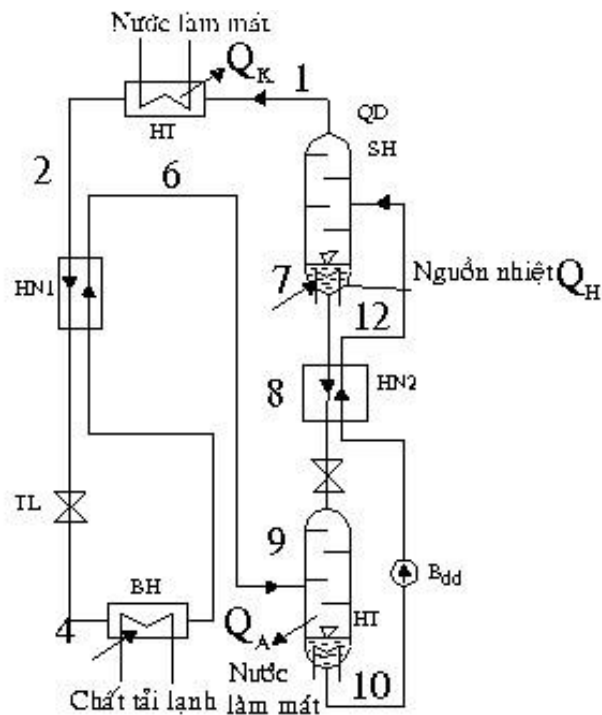
Hình 1.5: Nguyên lý cấu tạo máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti tác dụng kép thực tế.

5. Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước:

Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước 1 cấp:

Nguyên lý cấu tạo:

Được thể hiện trên hình vẽ.



Hình 1.6: Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước 1 cấp.

Nguyên lý làm việc:

Hình 11.1b biểu diễn sơ đồ nguyên lý của một 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 11.13 biểu diễn sơ đồ hoàn chỉnh của máy lạnh hấp thụ liên tục với cặp môi chất NH_3/H_2O .

Như trong máy lạnh nén hơi, thiết bị trao đổi nhiệt I nhằm mục đích quá lạnh môi chất trước khi vào van tiết lưu để nâng cao năng suất lạnh. Thiết bị trao đổi nhiệt thứ II 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.

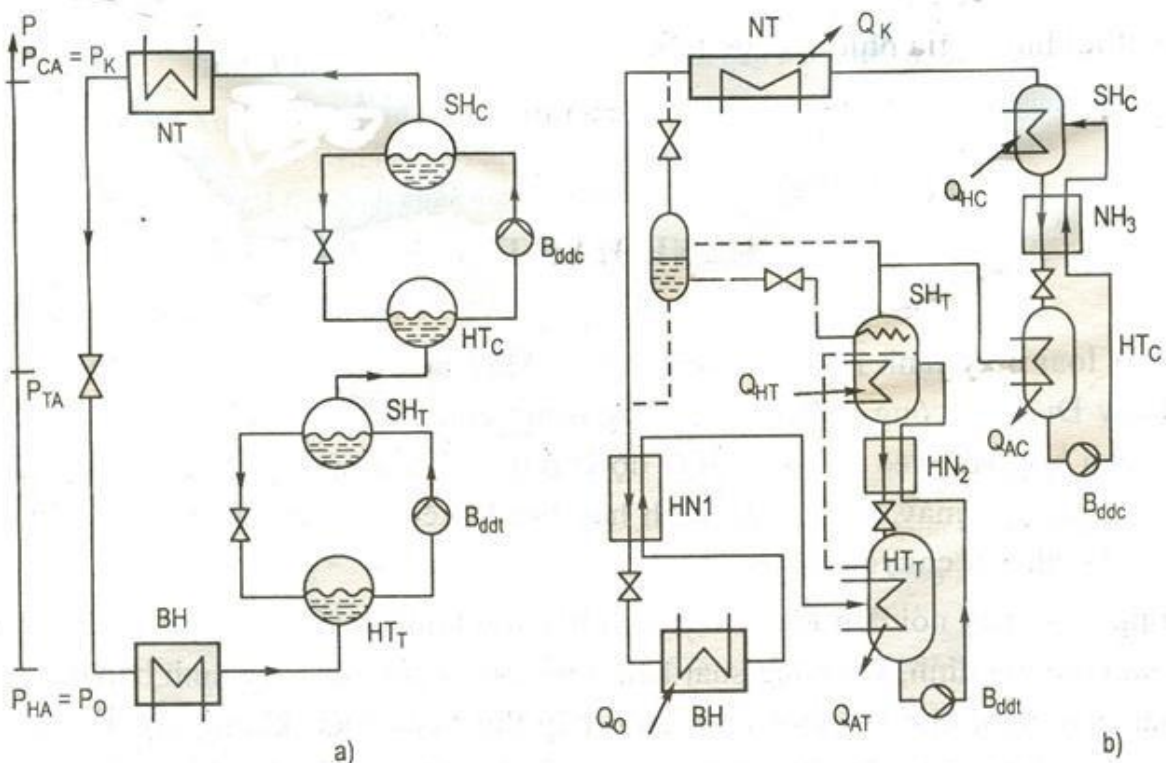
Trong bình sinh hơi có bố trí thiết bị tinh luyện tách hơi nước ra khỏi hơi amoniac. Ta có thể coi amoniac đi vào bình ngưng là nguyên chất. Để tinh luyện hơi NH_3 cần phải bố trí thiết bị ngưng tụ hồi lưu Q_D . Chính vì vậy nhiệt lượng dùng để gia nhiệt cho bình sinh hơi Q_H cũng phải lớn thêm một lượng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

6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp:

Đối với máy lạnh nén hơi NH_3 , khi tỷ số áp suất p_k/p_0 bằng hoặc lớn hơn 9 thì người ta chuyển sang máy lạnh hai cấp nén. Đối với máy lạnh hấp thụ, nếu các điều kiện dẫn tới tỷ số nhiệt quá nhỏ thì người ta sử dụng máy lạnh hấp thụ hai hay nhiều cấp.

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 Ejector, máy lạnh tái hấp thụ... để đạt nhiệt độ thấp hơn.

Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ 2 cấp được biểu diễn trên hình dưới đây.



Hình 1.7: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh 2 cấp.

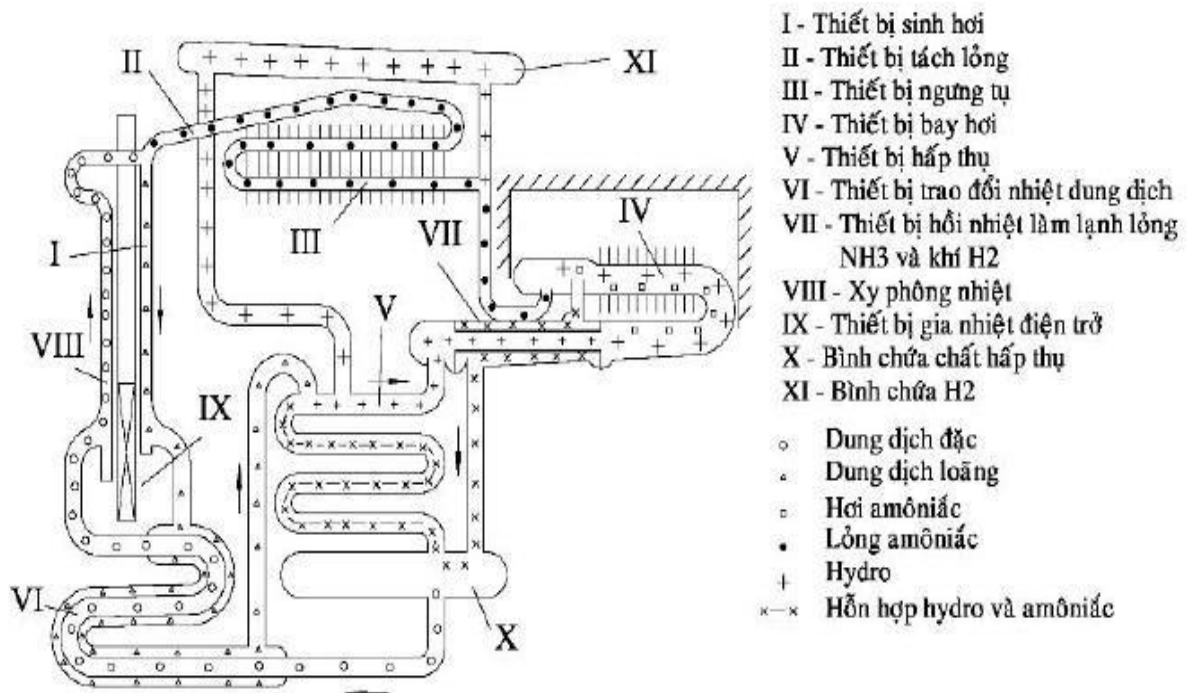
a) Sơ đồ đơn giản; b) Sơ đồ hồi nhiệt.

————— : 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 cho cấp hạ áp.

Chu trình gồm hai bình sinh hơi và hai bình hấp thụ tương ứng hai cấp áp suất thấp áp và cao áp SH_C, SH_T và HT_C, HT_T . Hơi môi chất sinh ra ở bình sinh hơi cao áp SH_C được đưa vào dàn ngưng tụ thì 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 HN_1, HN_2, HN_3 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 lỏng môi chất ra từ bình ngưng tụ sẽ đi thẳng tới NH_1 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 HN_1 rồi qua van tiết lưu 2 để bay hơi ở dàn bay hơi có nhiệt độ thấp hơn. Ôu 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} .

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 dàn 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.



Hình 1.8: Máy lạnh hấp thụ khuếch tán.

Hình trên mô tả sơ đồ nguyên lý và hình dạng bên ngoài máy lạnh hấp thụ khuếch tán. Trong máy lạnh hấp thụ khuếch tán có 3 vòng tuần hoàn.

- 1) Vòng tuần hoàn thứ nhất là của môi chất lạnh amoniac. 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 $\text{NH}_3 + \text{H}_2$ 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 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 từ dàn hấp thụ vào bình sinh hơi. Dung dịch sau khi sinh hơi amoniac, trở thành dung dịch loãng. Do chênh lệch cột lỏng dung dịch loãng tự chảy về dàn hấp thụ.
- 3) Vòng tuần hoàn thứ 3 là của hydro. Khí hydro trong dàn khuếch tán theo hơi NH_3 lắng 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 , hydro chuyển động trở lại dàn bay hơi. Bình chứa hydro 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.

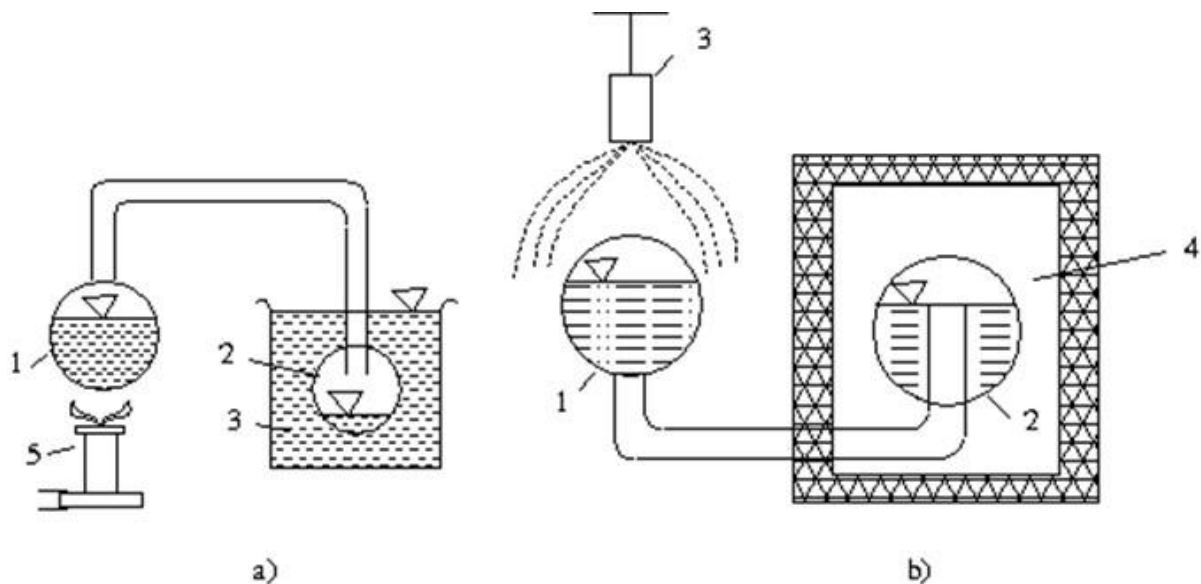
Bơm xiphông làm việc theo nguyên tắc thay đổi tỷ trọng. Dung dịch được đốt nóng sinh ra những bọt hơi nhỏ, bọt hơi có tác dụng kéo theo cả lỏng chảy vào bình sinh hơi.

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 hoá, 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 11.20 mô tả thiết bị lạnh chu kỳ của Carré (Pháp) chế tạo vào giữa thế kỉ 19 dùng cặp môi chất amoniac và nước. Thiết bị gồm 2 bình chứa nối thông với nhau bằng một đường ống như hình vẽ. Bình 1 chứa 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 amoniac 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 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 xuống sâu ở giữa bình nên khi lật ngược lại amoniac lỏng không thoát về bình hấp thụ được mà chỉ có hơi amoniac 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 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.



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 1.9:** Máy lạnh hấp thụ chu kỳ.

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

- + Khó tự động hoá chu trình do đặc điểm vận hành
- + Nước bị tích tụ 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 sạch vào dung dịch ở chu kỳ làm lạnh. Ôu trên người ta phải lật toàn bộ thiết bị.

Ngày nay có nhiều máy lạnh hấp thụ chu kỳ giải quyết được các tồn tại như nguy cơ gây nổ, phương pháp bố trí đường hơi về, sự tích tụ nước trong dàn bay hơi và vấn đề tự động hoá.

9. CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Trình bày chu trình lý thuyết của máy lạnh hấp thụ.
- 2/ Trình bày về môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ.
- 3/ Trình bày nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti ($H_2O/LiBr$).
- 4/ Trình bày nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước.
- 5/ Trình bày nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ khuếch tán.
- 6/ Trình bày nguyên lý cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ chu kỳ.

CHƯƠNG 2: MÁY LẠNH ÊJECTƠ (EJECTOR)

Giới thiệu:

Máy lạnh ÊJECTƠ hoạt động theo nguyên lý của chu trình ngược, nhưng trong trường hợp này, quá trình nén hơi môi chất lạnh được thực hiện nhờ ÊJECTƠ. Về nguyên lý máy lạnh ÊJECTƠ có thể dùng bất cứ loại môi chất nào, nhưng hiện nay người ta thường dùng nước làm môi chất lạnh.

Chương này giới thiệu sơ đồ nguyên lý, nguyên lý làm việc, quá trình làm việc, kết cấu và các phần tử cơ bản của máy lạnh ÊJECTƠ hoàn chỉnh.

Mục tiêu:

- + Về kiến thức:
 - Trình bày được sơ đồ nguyên lý máy lạnh ÊJECTƠ.
 - Trình bày được nguyên lý làm việc máy lạnh ÊJECTƠ.
- + Về kỹ năng:
 - Tính toán các chu trình máy lạnh ÊJECTƠ.
 - Phân tích nguyên lý làm việc máy lạnh ÊJECTƠ.
- + Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, cẩn thận, chính xác, nghiêm túc.
 - Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác

1. Khái niệm:

Các khái niệm chung:

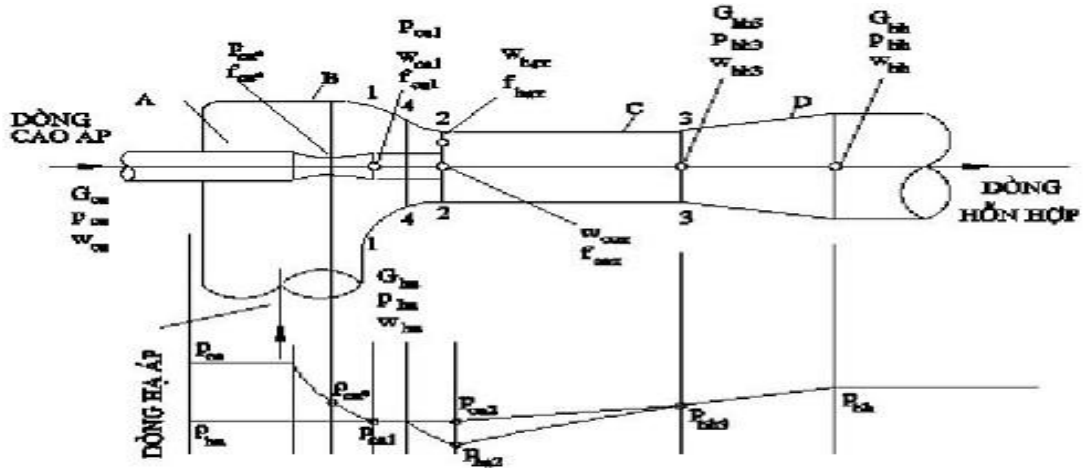
Máy lạnh ÊJECTƠ thuộc loại máy lạnh sử dụng nhiệt năng. Cấu tạo máy lạnh có thể phân tích thành 2 chu trình: chu trình thuận sinh công, chu trình ngược tiêu thụ công mà chu trình thuận sinh ra. Các hệ số sử dụng năng lượng của máy lạnh ÊJECTƠ thấp hơn so với máy lạnh piston do các tổn thất không thuận nghịch rất lớn ở thiết bị ÊJECTƠ. Ngoại trừ bơm nước còn tất cả các bộ phận khác của hệ thống đều không có bộ phận chuyển động cơ học, cấu trúc đơn giản dễ vận hành, vốn đầu tư ban đầu ít, thời gian làm việc các thiết bị lớn, khối lượng bé, kích thước phủ bì nhỏ, có thể để ngoài trời không cần bao che, có thể sử dụng các nguồn nhiệt lượng có thể năng nhỏ nên thực tế kỹ thuật máy lạnh ejector vẫn được sử dụng.

Các môi chất làm lạnh ở máy lạnh ÊJECTƠ có thể dùng H₂O, NH₃, Freon, song thực tế chỉ sử dụng máy lạnh ÊJECTƠ hơi nước.

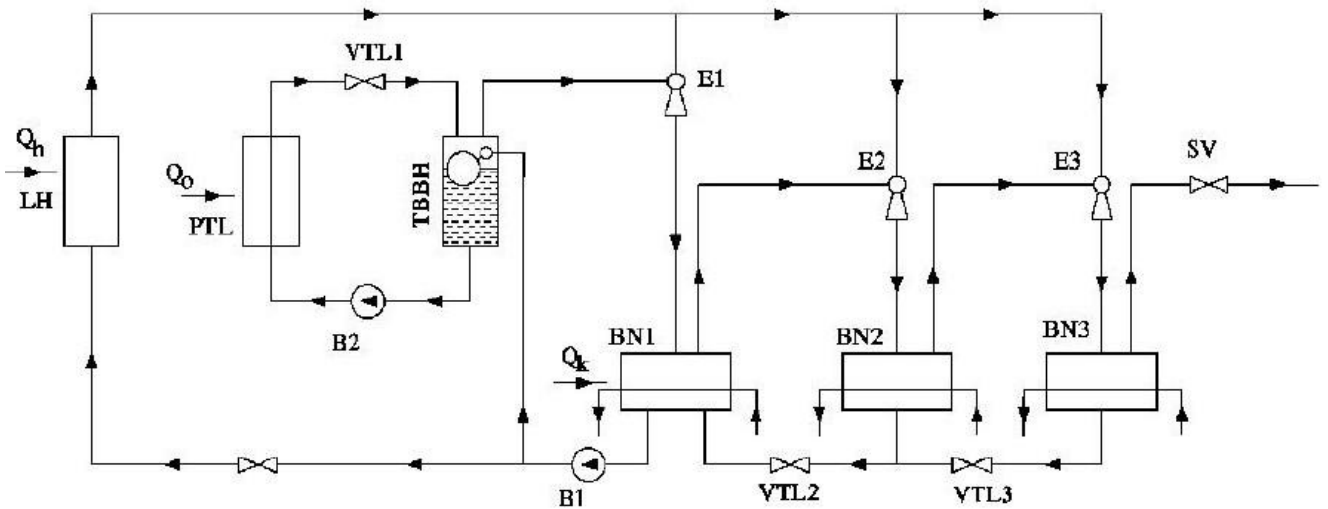
Chúng ta chỉ nghiên cứu máy lạnh ejector hơi nước 1 cấp loại ngưng tụ bề mặt; không nghiên cứu loại pha dòng.

2. Nguyên lý làm việc và chu trình lý thuyết của máy lạnh ÊJECTƠ:

2.1. Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.1: Thiết bị ÊJECTƠ.



Hình 2.2: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh ÊJECTƠ hơi nước.

- Ejectơ E_1 : nhiệm vụ thực hiện quá trình dẫn nổ, thế năng của dòng biến thành động năng, dòng hơi đi ra khỏi ống Lavan có vận tốc lớn hút luồng hơi môi chất vào buồng thu hơi sau đó đi vào buồng hỗn hợp. Rồi tới ống tăng áp tại đây áp suất tăng lên p_k .
- Ejectơ E_2 E_3 : Nhiệm vụ của 2 ejectơ phụ này là để lọc lấy khí không ngưng (không khí ngoài trời rò vào hệ thống) và thải khí không ngưng ra ngoài bỏ.
- BN_1 : là bình ngưng chính còn bình ngưng 2, 3 là bình ngưng phụ. Kèm theo đó là van tiết lưu 2, 3 tiết lưu làm nhiệm vụ tiết lưu lượng lỏng từ bình ngưng 2, 3 về bình ngưng 1.
- SV: Van xả khí không ngưng của hệ thống.
- LH: lò hơi có nhiệm vụ sinh hơi có nhiệt độ cao (hơi quá nhiệt) cấp cho hệ thống.
- Cụm B_1 Van phao và TBBH tạo thành một nhóm điều chỉnh. Van phao để điều chỉnh mức lỏng trong TBBH.

- VTL₁: Nhằm tránh hiện tượng sôi ở các dàn của PTL (phụ tải lạnh) □ B₂: Để cấp lạnh cho các phụ tải lạnh được thuận tiện hơn.

2.2. Nguyên lý làm việc:

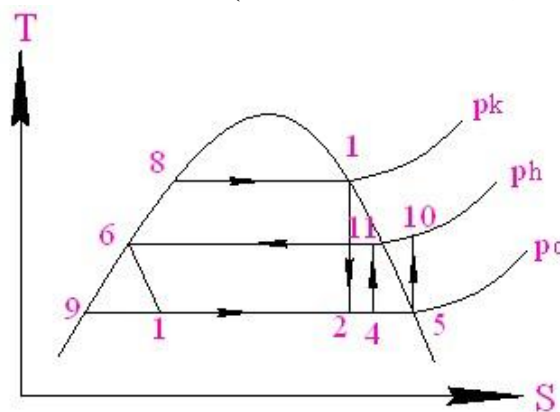
Hơi từ LH đi vào thiết bị ejector E₁ và thực hiện quá trình dẫn nở, năng lượng của dòng hơi biến thành động năng, luồng hơi ra khỏi ống tăng tốc Lavan có vận tốc lớn hút luồng hơi môi chất ở TBBH vào buồng thu hồi hơi lúc này hỗn hợp hơi có áp suất p_h sau đó vào buồng hỗn hợp và vào ống tăng tốc tại đây vận tốc của dòng hơi giảm nên áp suất tăng lên p_k và được dẫn đến TBNT 1, tại đây hơi môi chất được nước giải nhiệt làm mát nên hơi này ngưng tụ lại và được B₁ bơm theo 2 ngã phần ít vào TBBH có Van phao điều khiển lượng nước cho TBBH.

Phần lớn còn lại đi qua van cấp nước cho lò hơi tạo thành vòng tuần hoàn. Ở TBBH để cấp để cấp nước lạnh cho các phụ tải nhiệt người ta lắp đặt B₂ bơm tới phụ tải nhiệt sau đó qua VTL₁ và trở về TBBH.

Hơi từ LH qua 2 ejector 2 và 3 kết hợp với lượng hơi và khí không ngưng ở thiết bị NT₁ nén lên p_k ở thiết bị NT 2 và 3 sau đó qua VTL 2 và 3 làm giảm nhiệt độ và áp suất, sau đó vào BN₁ còn khí không ngưng được thải ra ngoài qua van xả khí.

Chú ý:

- Áp suất p_h > p_k > p_o.
- P_{NT1} < P_{NT2} < P_{NT3}; P_{NT3} > P = B- áp suất khí quyển.
- Nhiệt độ nước ở TBBH t_o < 0°C, thông thường t = 4 – 5°C. Do đó áp suất ở TBBH p_o < 1bar (tức nhỏ hơn áp suất khí quyển) nên không khí bên ngoài dễ lọt vào hệ thống do chênh lệch áp suất.
- Chu trình máy lạnh ÉJECTO được phân tích làm 2 chu trình sau.
 - ✓ Chu trình thuận: 1-11-6-8-1
 - ✓ Chu trình nghịch: 3-10-6-7-3 (xem trên đồ thị T-S)



Hình 2.3: Đồ thị T-S của chu trình máy lạnh ÉJECTO.

Giải thích:

1. Hơi bão hòa sau lò hơi.
2. Thông số trạng thái sau vòi phun Lavan.
3. Hơi bão hòa ở TBBH.

4. Thông số trạng thái không khí ở buồng hỗn hợp.
 5. Thông số trạng thái sau E_1 , trước BN_1 .
 6. Thông số trạng thái lỏng ở BN_1 .
 7. Thông số trạng thái sau van phao tiết lưu ở TBBH.
 8. Thông số trạng thái trong Lò Hơi.
 9. Thông số trạng thái lỏng ở BH.
 10. Thông số trạng thái lỏng để phân tích.
 11. Quá trình dẫn nở đoạn nhiệt trong ống Lavan. 24 & 34: là quá trình hỗn hợp 2 dòng hơi.
- 45: Quá trình tăng áp ở ống tăng áp. **3.**

Tính toán nhiệt thiết bị lạnh ÊJECTO:

Tính toán máy lạnh ÊJECTO thông thường dựa vào các đồ thị và các bảng cho sẵn theo các kết quả thực nghiệm, phụ thuộc rất lớn vào cấu tạo, đặc tính làm việc của các thiết bị ÊJECTO.

Thường thì chúng ta chỉ áp dụng công thức sau: Nguồn nhiệt cấp vào :

+ Ở lò hơi: Q_h

+ Ở thiết bị bay hơi: Q_o

Nguồn nhiệt nhả ra ở bình ngưng: Q_k

Hệ số nguồn nhiệt của hệ thống: $\eta_t = Q_o / Q_h = (14 \div 18)\%$. **4.**

Đặc điểm của chu trình thực trong máy lạnh ÊJECTO:

Ejector là các thiết bị sử dụng động lực học chất lỏng. Hay nói cách khác, chúng không chứa bất kỳ bộ phận cơ khí nào có thể bị hao mòn, và do đó các tính toán phải chính xác và riêng lẻ để máy bơm hoạt động đúng tin cậy.

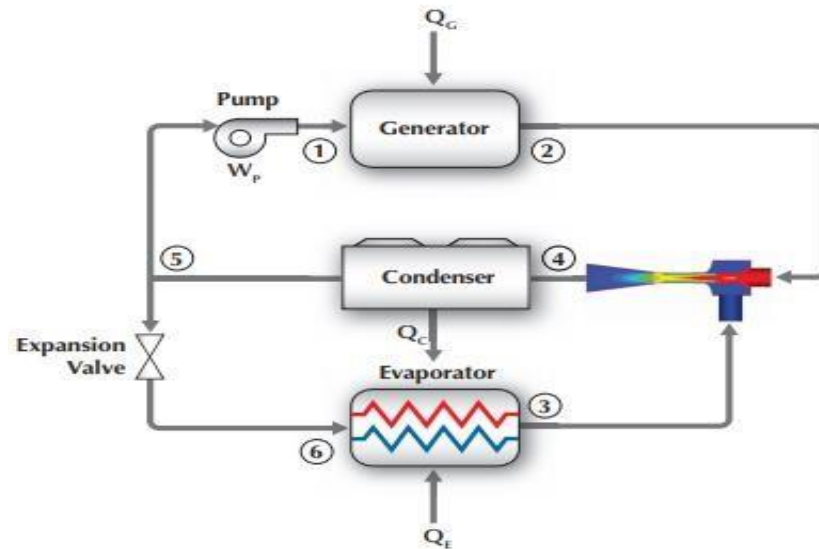
Công nghệ này đơn giản liên quan đến việc thay đổi áp lực và tốc độ của môi trường bên trong ejector, tuân theo định luật Bernoulli và thay đổi xung lực.

Các sơ đồ cho thấy trạng thái lưu động bên trong vòi phun và tốc độ dòng chảy gia tăng làm giảm áp suất hệ thống.

Điểm áp suất thấp nhất được tìm thấy ngay phía sau vòi phun. Đây là khu vực mà dòng hút vào đầu phun qua mặt bích hút. Bằng cách trao đổi xung giữa điểm 2 và 3, cụ thể là giữa dòng chuyển động và dòng hút, cả hai dòng này được tích hợp mạnh đến điểm 4. Trong bộ khuếch tán tiếp theo - điểm 4 đến điểm 5 - vận tốc chậm đến mức mong muốn áp suất đầy đạt được tại điểm 5.

Do đó, hiệu suất của các Ejector được xác định và tính toán bằng cách tính toán các riêng của các dòng chảy.

5. Quá trình làm việc và kết cấu của máy lạnh ÊJECTO: 5.1. Quá trình làm việc của máy lạnh ÊJECTO

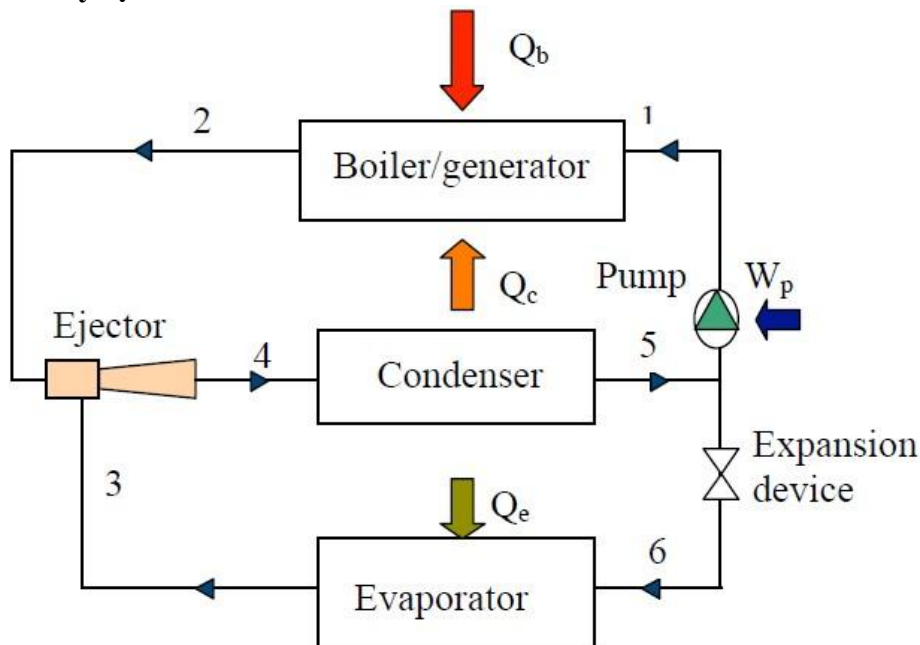


Hình 2.4: Quá trình làm việc máy lạnh ÊJECTO.

Các đầu phun là các đầu nén tĩnh được kích hoạt nhiệt và bao gồm một vòi phun (một bộ tách phân hợp chính) được nhúng vào một thân chính có hình trụ. Hiệu ứng nén là kết quả từ sự tương tác của hai dòng chất lỏng. Dòng động lực ở áp suất cao và được tạo ra trong một máy phát điện sử dụng nguồn nhiệt. Nguồn nhiệt này có thể đến từ nhiệt độ thấp.

Do đó, các vòi phun có lợi thế là chúng có thể được điều khiển bằng nhiệt thải, và được sử dụng như máy bơm nhiệt trong các chu kỳ thích hợp để tạo ra các hiệu ứng nâng cấp, làm lạnh hoặc tạo hiệu ứng lạnh, với điều kiện nguồn nhiệt có sẵn.

5.2. Kết cấu của máy lạnh ÊJECTO



Hình 2.5: Kết cấu máy lạnh ÊJECTO.

Kết cấu của máy lạnh ÊJECTO: bao gồm

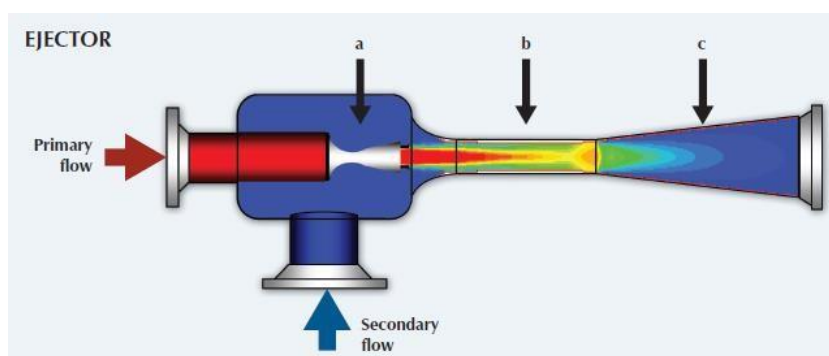
1. Bơm (Pump).
2. Máy phát (Boiler/generator).
3. Ejector. (ÊJECTO)
4. Dàn nóng (Condenser).

5. Dàn lạnh (Evaporator).
6. Van tiết lưu (Expansion device).

6. Các phần tử cơ bản của hệ thống lạnh ÊJECTO:

6.1. ÊJECTO

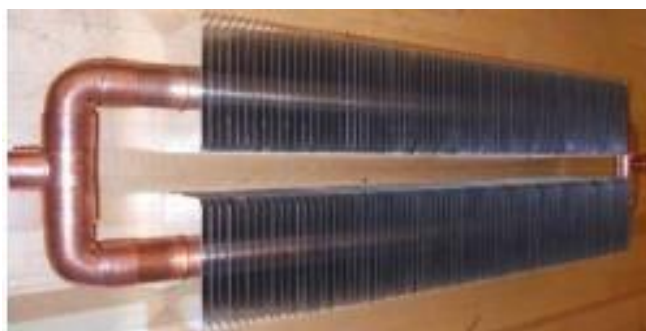
Nguyên lý hoạt động của ejector dựa trên hiệu ứng Venturi của vòi phun phân kỳ hội tụ để chuyển đổi năng lượng áp suất của chất lỏng chuyển động (dòng chính) sang động năng để hút chất lỏng hút (dòng thứ cấp), sau đó nén lại chất lỏng hỗn hợp bằng cách chuyển động năng lượng trở lại thành năng lượng áp lực.



Hình 2.6: ÊJECTO.

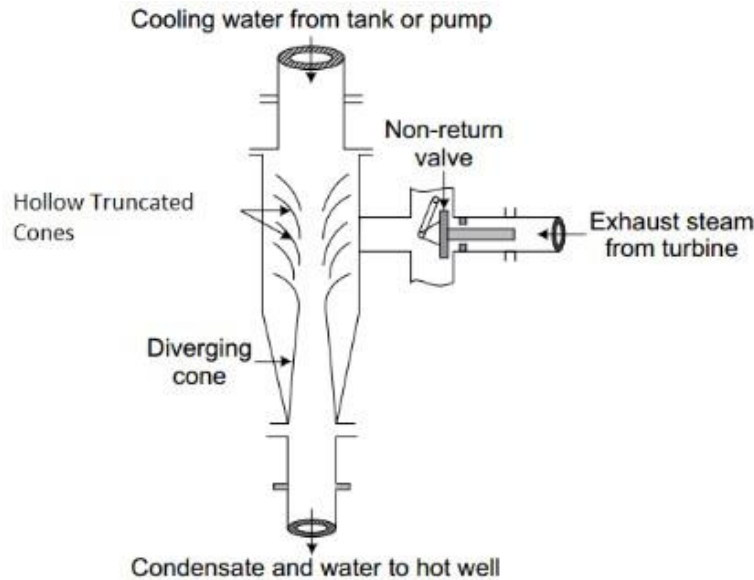
6.2. Thiết bị bay hơi

Khái niệm thiết kế cho thiết bị bay hơi là ống hình trụ có các cánh tản nhiệt ở bên ngoài, được thể hiện trong hình 2.7. Thiết kế này đã chứng minh làm giảm đáng kể độ dài cần thiết khi so sánh với hình trụ đơn giản. Ống có các cánh tản nhiệt từ nguồn gốc hấp thu nhiệt từ bên ngoài được đề cập ở đây. Để xác định chiều dài, hệ số truyền nhiệt tổng thể của ống có cánh tản nhiệt được tính toán bằng bảng thông số kỹ thuật do nhà sản xuất cung cấp. Thiết bị bay hơi là hai ống có cánh tản nhiệt được nối song song với các khớp vòng cung.



Hình 2.7: Thiết bị bay hơi ÊJECTO.

6.3. Thiết bị ngưng tụ



Hình 2.8: Thiết bị ngưng tụ ÉJECTƠ.

Trong loại bình ngưng này, động lượng của chất lỏng rơi xuống được sử dụng để chiết xuất hoặc đẩy không khí ra khỏi các chất ngưng tụ. Buồng ngưng tụ bao gồm một ống thẳng đứng trung tâm, trong đó có một chuỗi nhiều tế bào hình nón hoặc các vòi phun hội tụ. Hơi nước thải đi vào từ phía bên của buồng ngưng hình trụ. Các ống trung tâm được cung cấp với số lượng wholes hoặc miệng hơi nước. Nước làm mát rơi trên vòi phun hội tụ ở tốc độ cao. Nước này chảy qua các vòi phun hội tụ theo từng lớp. Khi hơi nước này tiếp xúc với nước làm mát, hơi nước ngưng tụ và tạo ra một phần chân không. Do chân không này ngày càng nhiều hơi nước đi vào các ống thẳng đứng thông qua các cổng hơi nước và được cô đặc và kết quả hút chân không. Hỗn hợp của nước làm mát, hơi nước ngưng tụ, hơi nước không ngưng tụ và không khí ẩm ướt đi xuống vòi phun phân kỳ phía dưới như thể hiện trong hình.

Bình ngưng Ejector thường được trang bị với một van không trở lại trong đầu vào hơi nước thải như được hiển thị để ngăn chặn một đột ngột ngược dòng nước vào ống xả tuabin trong trường hợp thất bại đột ngột cung cấp nước cho bình ngưng.

7. CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Trình bày khái niệm máy lạnh ÉJECTƠ.
- 2/ Nguyên lý làm việc và chu trình lý thuyết của máy lạnh ÉJECTƠ.
- 3/ Hãy tính toán nhiệt thiết bị lạnh ÉJECTƠ.
- 4/ Hãy nêu đặc điểm của chu trình thực trong máy lạnh ÉJECTƠ.
- 5/ Nêu quá trình làm việc và kết cấu của máy lạnh ÉJECTƠ.
- 6/ Trình bày cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các phần tử cơ bản trong hệ thống lạnh ÉJECTƠ:
 - a) ÉJECTƠ.
 - b) Thiết bị bay hơi.

c) Thiết bị ngưng tụ.

CHƯƠNG 3: THIẾT BỊ LẠNH DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Giới thiệu:

Hệ thống máy lạnh năng lượng mặt trời hiện nay là một hệ thống tận dụng năng lượng mặt trời như là một nguồn nhiệt năng bổ xung thêm phân năng lượng cần thiết duy trì quá trình làm lạnh trong hệ thống máy lạnh điện hình nhằm mục đích làm giảm điện năng tiêu thụ cần có để chạy lốc nén.

Chương này trình bày sơ đồ nguyên lý, nguyên lý làm việc, chu trình máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời. **Mục tiêu:**

+ Về kiến thức:

- Trình bày được sơ đồ nguyên lý chu trình máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời.
- Trình bày được nguyên lý làm việc chu trình máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời.

+ Về kỹ năng:

- Tính toán nhiệt chu trình máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời.
- Phân tích nguyên lý làm việc chu trình máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời.

+ Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

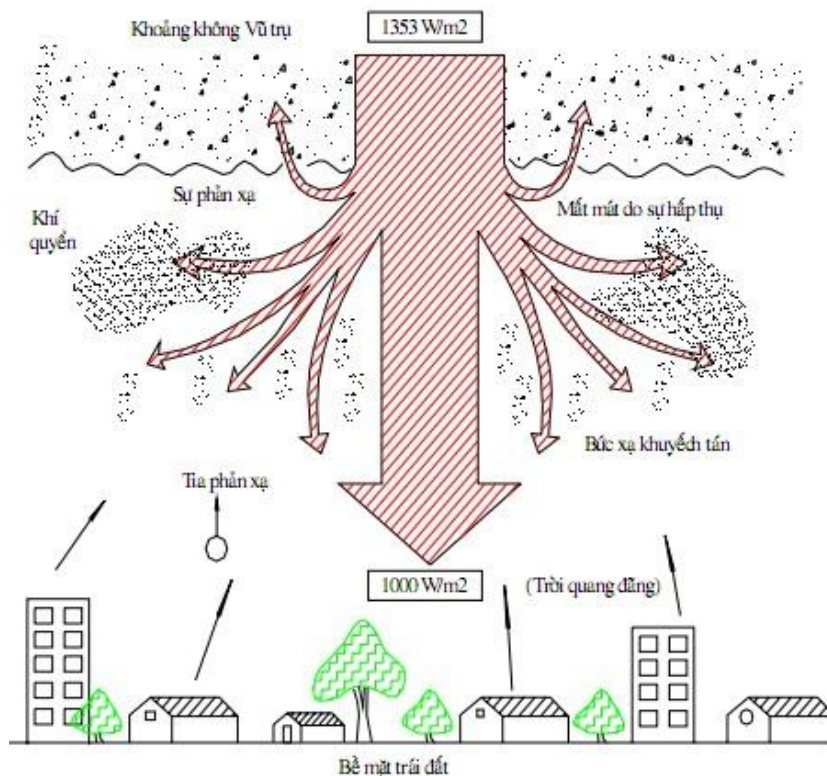
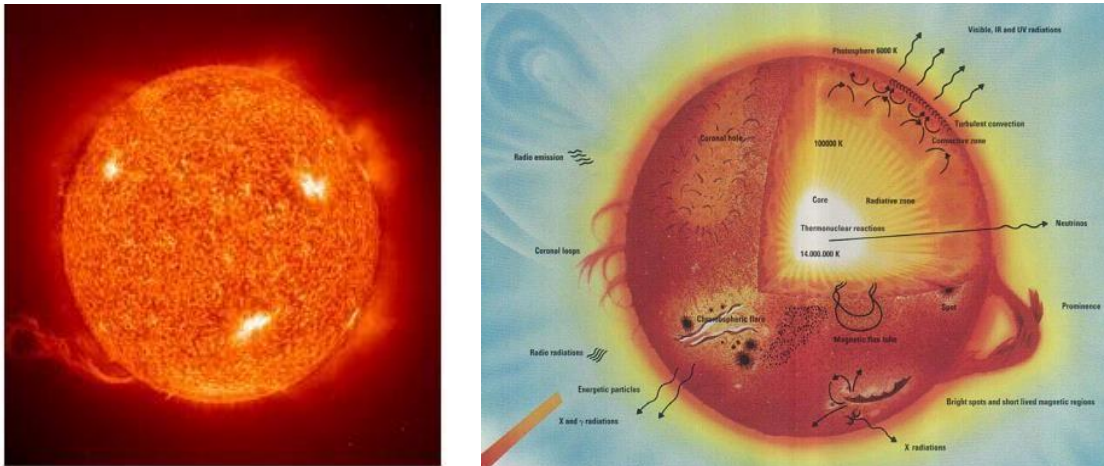
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, cẩn thận, chính xác, nghiêm túc.
- Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác

1. Khái niệm:

Mặt trời là ngôi sao ở trung tâm của hệ mặt trời, chiếm khoảng 99,86% khối lượng của hệ mặt trời. Mặt trời là một khối khí hình cầu có đường kính $1,390.10^6$ km, cách xa trái đất

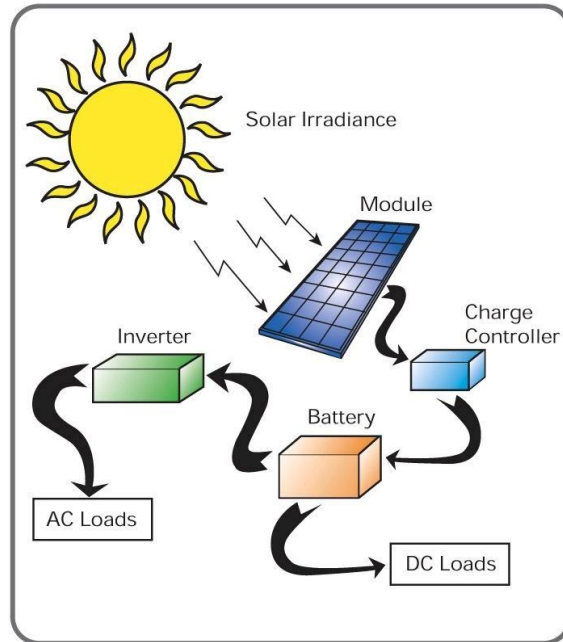
150.10⁶ km. Khối lượng mặt trời khoảng 2.10³⁰ kg, khoảng cách trung bình giữa mặt trời và trái đất xấp xỉ 149,6.10⁶ Km.

Năng lượng Mặt Trời ở dạng ánh sáng hỗ trợ cho hầu hết sự sống trên Trái Đất. Thành phần của mặt trời gồm hydro khoảng 74% khối lượng, heli khoảng 24% khối lượng và một lượng nhỏ các nguyên tố khác. Quầng nóng của Mặt trời liên tục mở rộng trong không gian và tạo ra gió mặt trời là các dòng hạt có vận tốc gấp 5 lần vận tốc âm thanh-mở rộng nhật mãn tới khoảng cách xấp xỉ 100 AU.



Hình 3.1: Năng lượng mặt trời chiếu tới Trái Đất.

Phần năng lượng bức xạ mặt trời truyền tới bề mặt trái đất trong những ngày không có mây ở thời điểm cao nhất khoảng 1000 W/m²



Hình 3.2: Ứng dụng của pin năng lượng mặt trời.

Khi tiến hành thiết kế hệ thống điện mặt trời, phải đảm bảo cung cấp đủ năng lượng cho tải trong suốt cả năm, cần phải tiến hành chọn giá trị có cường độ sáng thấp nhất trong năm làm cơ sở. Khi đó vào các tháng mùa hè, năng lượng sẽ dư thừa và có thể gây lãng phí lớn nếu không dùng thêm các phụ tải. Ta có thể dùng các bộ trích trữ năng lượng như acquy để trích trữ năng lượng trong các tháng mùa hè để dùng trong các tháng mùa đông vì không kinh tế. **2.**

Máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời:

2.1 Than hoạt tính

Than hoạt tính là một dạng của carbon được xử lý để có những lỗ rỗng bé thể tích nhỏ để tăng diện tích bề mặt cho hấp phụ hoặc phản ứng hóa học. Do mức độ vi mao quản cao, chỉ một gam than hoạt tính có diện tích bề mặt vượt quá 800 - 1000 m², được xác định bởi phương pháp hấp phụ khí. Một mức độ hoạt hóa đủ cho ứng dụng có ích có thể đạt được duy nhất từ diện tích bề mặt cao, hơn nữa, sự xử lý hóa học thường làm tăng tính chất hấp phụ. Than hoạt tính thường thu từ than củi và thỉnh thoảng là than sinh học. Những loại thu được từ than đá hay cốc thì được gọi là than đá hoạt tính hoặc cốc hoạt tính.

Về mặt hóa học gồm chủ yếu là nguyên tố carbon ở dạng vô định hình (bột), một phần nữa có dạng tinh thể vụn grafit. Ngoài carbon thì phần còn lại thường là tàn tro, mà chủ yếu là các kim loại kiềm và vụn cát). Than hoạt tính có diện tích bề mặt ngoài rất lớn nên được ứng dụng như một chất lý tưởng để lọc hút nhiều loại hóa chất.

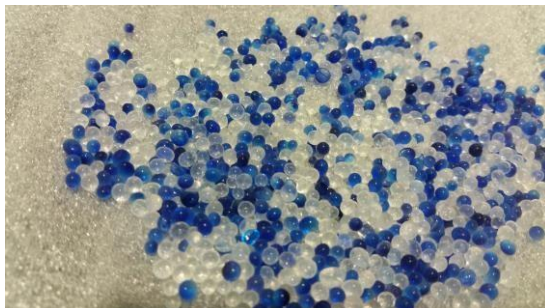


Hình 3.3: Than hoạt tính.

2.2 Silicagel

Silica gel hay gel axit silixic là một chất rất sẵn có trong tự nhiên, cộng thêm với tính năng ưu việt của nó trong các quá trình hóa học tạo nên cho silica gel một vị thế đáng được trân trọng. Silica gel thực chất là điôxit silic, ở dạng hạt cứng và xốp (có vô số khoang rỗng li ti trong hạt). Công thức hóa học đơn giản của nó là $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n < 2$), nó được sản xuất từ natri orthosilicat (Na_2SiO_4) hoặc Silic TetraClorua (SiCl_4). Hiện nay silica gel có vai trò rất quan trọng trong công nghệ hóa học từ đơn giản đến phức tạp. Silica gel được dùng rất nhiều làm xúc tác trong tổng hợp hữu cơ hóa dầu, lọc nước,...

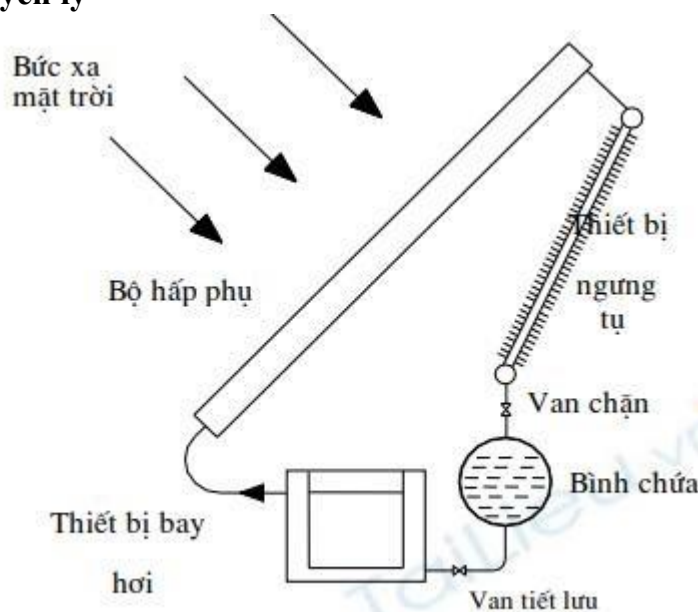
Silica gel có hiệu quả hút ẩm và tính kinh tế cao so với các loại hút ẩm khác. Nơi sản xuất silica gel nhiều nhất là Thượng Hải, Thanh Đảo của Trung Quốc.



Hình 3.4: Silicagel.

3. Cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ:

3.1 Sơ đồ nguyên lý



Hình 3.5: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp phụ.

3.2 Nguyên tắc hoạt động

Công nghệ làm lạnh hấp phụ là các hệ thống điều khiển nhiệt, trong đó máy nén thông thường của chu kỳ nén hơi thông thường được thay thế bằng một “máy nén nhiệt” và một chất hấp phụ. Chất hấp phụ có thể là chất rắn trong trường hợp hệ thống hấp phụ hoặc chất lỏng cho hệ thống hấp thụ. Khi chất hấp phụ được đun nóng, nó hấp thụ hơi môi chất lạnh ở áp suất ngưng tụ. Hơi sau đó được hóa lỏng trong bình ngưng, chảy qua một van mở rộng và đi vào thiết bị bay hơi. Khi chất hấp phụ được làm mát, nó hấp thụ hơi và do đó duy trì áp suất thấp trong thiết bị bay

hoi. Các chất làm lạnh hóa lỏng trong thiết bị bay hơi hấp thụ nhiệt từ không gian làm lạnh và bốc hơi, tạo ra hiệu ứng làm mát.

Hấp phụ lạnh không giống như hấp thụ và hệ thống nén hơi, là một quá trình vốn có chu kỳ và nhiều lớp hấp phụ là cần thiết để cung cấp công suất liên tục. Các hệ thống hấp phụ vốn đòi hỏi các bề mặt truyền nhiệt lớn để truyền nhiệt đến và từ các vật liệu hấp phụ tự động làm cho chi phí trở thành một vấn đề. Các hệ thống hiệu quả cao đòi hỏi nhiệt hấp phụ được thu hồi để cung cấp một phần nhiệt cần thiết để tái tạo chất hấp phụ. Các chu trình tái sinh này cần đến bội số của bộ trao đổi nhiệt hai lớp qua các vòng truyền nhiệt phức tạp và điều khiển để phục hồi và sử dụng nhiệt thải như chu trình trao đổi nhiệt giữa chất hấp phụ và chất làm lạnh.

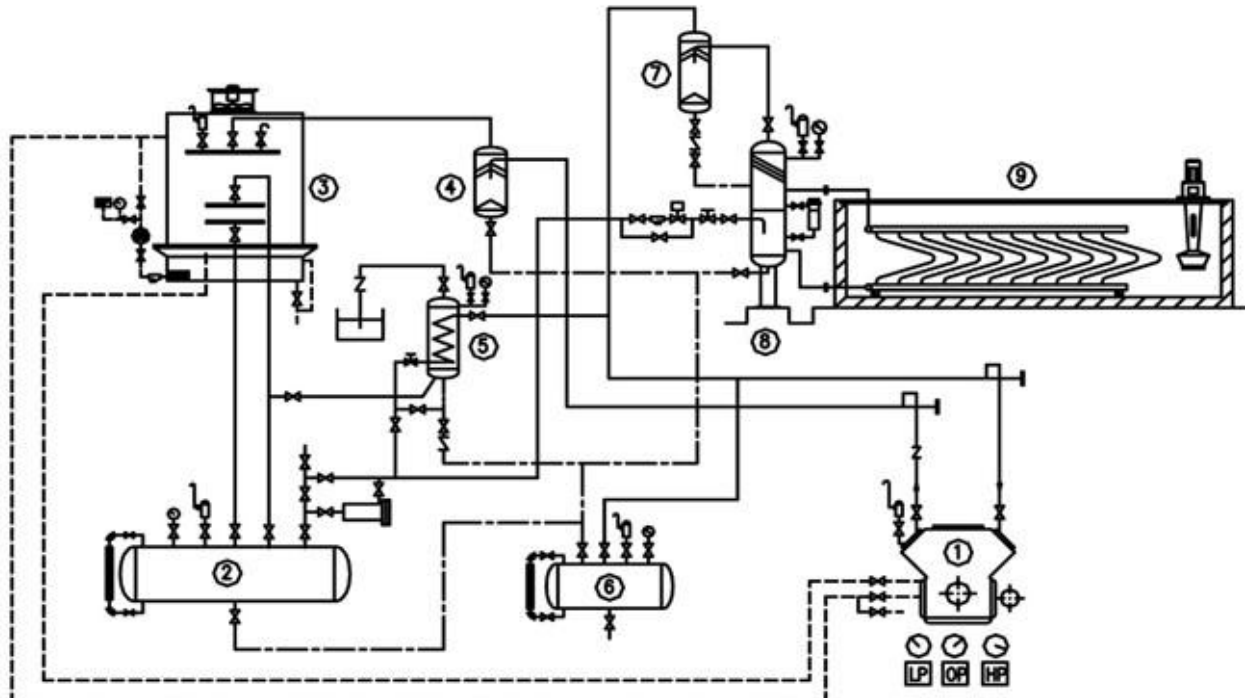
4. Tính toán nhiệt:

Nhiệt hấp phụ liên quan đến cường độ mà các phân tử hấp phụ được liên kết với bề mặt hoạt động. Nhiệt hấp phụ dễ dàng thu được từ dữ liệu được thu thập từ ASAP 2010. Nói cách khác, đó là nguồn gốc được thiết kế để thu thập dữ liệu chính xác để tính toán phân tích bài nhiệt hấp phụ. Nguyên nhân là do dữ liệu chính được thu thập ở áp suất rất thấp là tuân theo cơ chế hấp phụ. Phân tích được thực hiện ở các nhiệt độ khác nhau, do đó, thu được các đẳng nhiệt hấp phụ khác nhau, từ đó các đồng vị hấp phụ được xác định. Sau đó, phương trình Clausius – Clapeyron được áp dụng để tạo được một hàm nhiệt tính toán nhiệt hấp phụ. Và việc tính toán này được thực hiện thủ công bằng các phép tính nhiệt động.

5. Hệ thống lạnh sản xuất nước đá:

5.1 Sơ đồ hệ thống

Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy đá cây :



Hình 3.6: Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh máy đá cây.

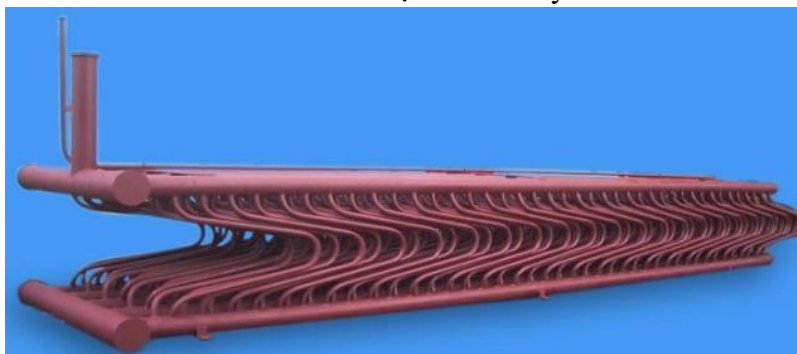
Trên hình 3.6 là sơ đồ nguyên lý của hệ thống lạnh máy đá cây được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Hệ thống có các thiết bị chính sau:

1- Máy nén: Máy nén 1 cấp, sử dụng môi chất NH₃ hoặc R22.

- 2- Bình chứa cao áp.
- 3- Dàn ngưng: Có thể sử dụng dàn ngưng tụ bay hơi, bình ngưng, dàn ngưng tụ kiểu tưới và có thể sử dụng dàn ngưng không khí.
- 4- Bình tách dầu.
- 5- Bình tách khí không ngưng.
- 6- Bình thu hồi dầu (sử dụng trong hệ thống NH3).
- 7- Bình tách lỏng.
- 8- Bình giữ mức- tách lỏng.
- 9- Bể nước muối làm đá, cùng bộ cánh khuấy và dàn lạnh kiểu xương cá.



Hình 3.6: Bộ cánh khuấy.



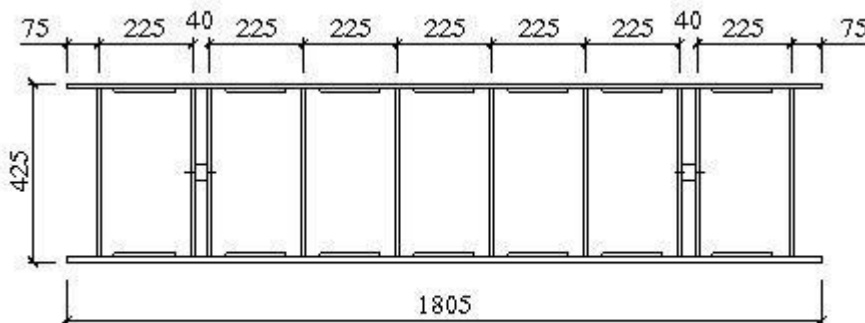
Hình 3.7: Dàn lạnh xương cá.

5.2 Nguyên tắc hoạt động

Cách sản xuất nước đá cây:

Để sản xuất nước đá cây, các cơ sở xây dựng một hệ thống làm lạnh các khuôn chứa nước hình lập phương lớn. Khi đông đặc thành nước đá, các *khuôn nước đá* sẽ được kéo lên, nhúng và xối nước để các thanh nước đá to lớn trôi ra khỏi khuôn. Mỗi khối nước đá thành phẩm có thể nặng đến 50kg hoặc nhiều hơn.

Thông thường cây đá nặng 50kg có kích thước 200*250*1000mm, tùy thuộc vào sản lượng đá sx ra mà chọn số khuôn trong một linh đá.



Hình 3.8: Một linh đá hoàn chỉnh.

5.3 Cấu tạo của các thiết bị

Phương pháp sản xuất đá cây là một trong những phương pháp cổ điển nhất. Đá cây được sản xuất trong các bể dung dịch muối lạnh, có nhiệt độ khoảng -10°C . Nước được đặt trong các khuôn có kích thước nhất định, theo yêu cầu sử dụng. Khối lượng thường gặp nhất của các cây đá là 12,5 kg; 25 kg; 50 kg. Ưu điểm của phương pháp sản xuất đá cây là đơn giản, dễ thực hiện, đá có khối lượng lớn nên vận chuyển bảo quản được lâu ngày, đặc biệt dùng cho việc bảo quản cá, thực phẩm khi vận chuyển đi xa. Ngoài ra đá cây cũng được sử dụng làm đá sinh hoạt và giải khát của nhân dân.

Tuy nhiên, đá cây có một số nhược điểm quan trọng như: chi phí đầu tư, vận hành lớn, các chỉ tiêu về vệ sinh không cao do có nhiều khâu không đảm bảo vệ sinh, tính chủ động trong sản xuất thấp do thời gian đông đá lâu. Đi kèm theo hệ thống máy đá cây phải trang bị thêm nhiều hệ thống thiết bị khác như: Hệ thống cầu chuyển, Hệ thống cấp nước khuôn đá, bộ nhúng đá, bàn lật đá, kho chứa đá, máy xay đá. Vì vậy ngày nay trong kỹ thuật chế biến thực phẩm người ta ít sử dụng đá cây. Nếu có trang bị cũng chỉ nhằm bán cho tàu thuyền đánh cá để bảo quản lâu ngày.

Do khối đá lớn nên sản xuất đá cây thường có thời gian làm đá khá lâu từ 17 đến 20 tiếng, vì vậy để giảm thời gian làm đá người ta có các biện pháp sau:

- Làm lạnh sơ bộ nước trước khi cho vào khuôn đá.
- Bỏ phần lõi chưa đóng băng, phần nước có nhiều muối hòa tan. Với phương pháp này thời gian làm đông đá giảm 40- 50%.
- Giảm nhiệt độ nước muối xuống -15°C , thời gian giảm 25%, nhưng chi phí điện năng lớn.

Một trong những điểm khác của sản xuất đá cây, là để lấy đá ra khỏi khuôn cần phải nhúng trong bể nước cho tan một phần đá mới có thể lấy ra được. Để làm tan đá có thể lấy nước nóng từ thiết bị ngưng tụ. Do phải làm tan đá nên có tổn thất một phần lạnh nhất định. Thiết bị quan trọng nhất của hệ thống máy đá cây là bể muối. Thông thường bể muối được xây dựng từ gạch thẻ và có lớp cách nhiệt dày 200mm, bên trong bể là hệ thống khung đỡ các linh đá, dàn lạnh. Đại bộ phận các thiết bị trong bộ đá là thép nên quá trình ăn mòn tương đối mạnh, sau một thời gian làm việc nhất định nước muối đã nhuộm màu vàng của rỉ sắt, chất lượng vệ sinh không cao.

Trong khi sản xuất nhớ chú ý nước vào khuôn chỉ chiếm khoảng 9/10 thể tích, để khi làm lạnh nước giãn nở và không thể tràn ra bể, làm giảm nồng độ muối, ảnh hưởng tới nhiệt độ đông đặc của nước đá trong bể.

Sản xuất đá cây không thể thực hiện liên tục và tự động hoá cao được, do các khâu ra đá, cấp nước cho các khuôn đá, chiếm thời gian khá lâu và khó tự động. Hệ thống còn có nhiều khâu phải làm bằng tay như vào nước, ra đá, vận chuyển, bóc xếp đá, xay đá.

Trong hệ thống lạnh máy đá có 2 thiết bị có thể coi là đặc thù của hệ thống. Đó là dàn lạnh xương cá và bình giữ mức – tách lỏng.

- Ưu và nhược điểm của hệ thống máy đá cây : +

Ưu điểm :

- Vì có dạng khối lớn nên có khả năng tích trữ lâu, rất tiện lớn cho việc vận chuyển đi xa và dùng bảo quản thực phẩm lâu ngày.
- Dễ dàng chế tạo, các thiết bị của hệ thống có thể chế tạo trong nước, không đòi hỏi phải có thiết bị đặc biệt.

+ Nhược điểm :

- Chi phí vận hành lớn: Chi phí nhân công vận hành, vào nước, ra đá, vận chuyển đá, xay đá, chi phí điện năng (mô tơ khuấy, cầu đá, máy xay đá).
- Chi phí đầu tư lớn: Bể đá, cầu đá, bể nhúng nước, bàn lật, hệ thống cấp vào nước khuôn đá, kho bảo quản đá, máy xay đá vv...
- Thời gian làm đá lâu nên không chủ động sản xuất và chế biến.
- Khi xuất đá thì đá ra hàng loạt nên cần kho bảo quản.
- Không bảo đảm vệ sinh: Bể muối và khâu xay đá.
- Tổn thất nhiệt lớn: Quá trình từ sản xuất đến sử dụng qua rất nhiều khâu nên tổn thất nhiệt lớn, ngoài ra khi xay đá và nhúng khuôn đá còn gây ra mất mát cơ học.

Do có nhiều nhược điểm như vậy nên hiện nay người ta ít sử dụng máy đá cây trong chế biến thực phẩm, mà chủ yếu sản xuất để bán cho ngư dân đánh cá và cho sinh hoạt. Đối với các xí nghiệp chế biến thủy sản một trong những điều kiện để được cấp code EU nhập hàng vào các nước E.U thì phải sử dụng đá vảy để chế biến.

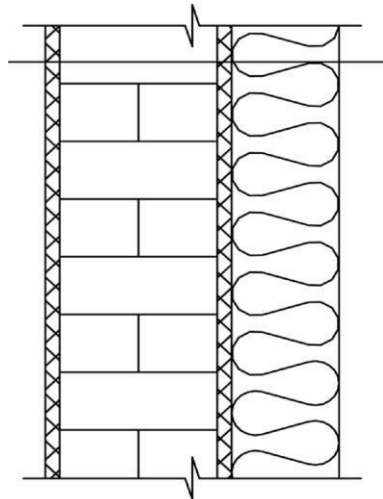
- Kết cấu bể đá:

Bể đá được chia thành 2 hoặc 3 ngăn, trong đó có 01 ngăn để đặt dàn lạnh, các ngăn còn lại đặt các khuôn đá. Bể có 01 bộ cánh khuấy, bố trí thẳng đứng hay nằm ngang tùy ý. Bố trí thẳng đứng tiện lợi hơn, tránh rò rỉ nước muối ra bên ngoài nên hay được lựa chọn. Các khuôn đá được ghép lại thành các linh đá. Mỗi linh đá có từ 5 đến 7 khuôn đá hoặc lớn hơn. Có nhiều cách bố trí linh đá, các linh đá bố trí cố định hoặc có thể di chuyển dòn đến hai đầu nhờ hệ thống xích. Khi bố trí như vậy rất tiện lợi khi cầu linh đá ra ngoài.

Bên trên bể đá có bố trí hệ thống cần trục và cầu để cầu các linh đá lên khỏi bể, đem nhúng vào bể nước để tách đá, sau đó đặt lên bàn để lật đá xuống sàn. Trên bể nhúng người ta bố trí hệ thống vòi cung cấp nước để nạp nước vào các khuôn sau khi đã ra đá. Việc cung cấp nước cho các khuôn đã được định lượng trước để khi cấp nước chỉ chiếm khoảng 90% thể tích khuôn.

Nước muối thường sử dụng là NaCl hoặc CaCl₂ và đôi khi người ta sử dụng cả MgCl₂. Bể muối được xây bằng gạch thẻ và bên trong người ta tiến hành bọc cách nhiệt và trong cùng là lớp thép tấm. Cấu tạo cách nhiệt bể muối được dẫn ra ở các bảng bên dưới.

+ Kết cấu cách nhiệt tường:

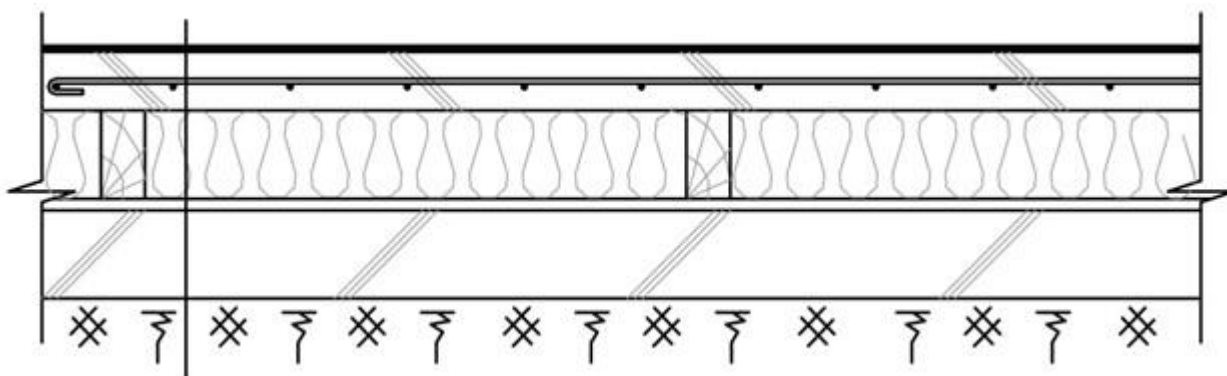


+ Kết cấu cách nhiệt tường bê đá.

Thông số các lớp cách nhiệt bê đá cây.

TT	Lớp vật liệu	Chiều dày (mm)	Hệ số dẫn nhiệt, (W/m.K)
1	Lớp vữa xi măng	10÷20	0,78
2	Lớp gạch thẻ	110÷220	0,23 ÷ 0,29
3	Lớp vữa xi măng	10÷20	0,78
4	Lớp hắc ín quét liên tục	0,1	0,70
5	Lớp giấy dầu chống thấm	1÷2	0,175
6	Lớp cách nhiệt	100÷200	0,018 ÷ 0,020
7	Lớp giấy dầu chống thấm	1÷2	0,175
8	Lớp thép tấm	5÷6	45,3

+ Kết cấu cách nhiệt nền:



+ Kết cấu cách nhiệt nền bê đá.

Các lớp cách nhiệt nền bê đá.

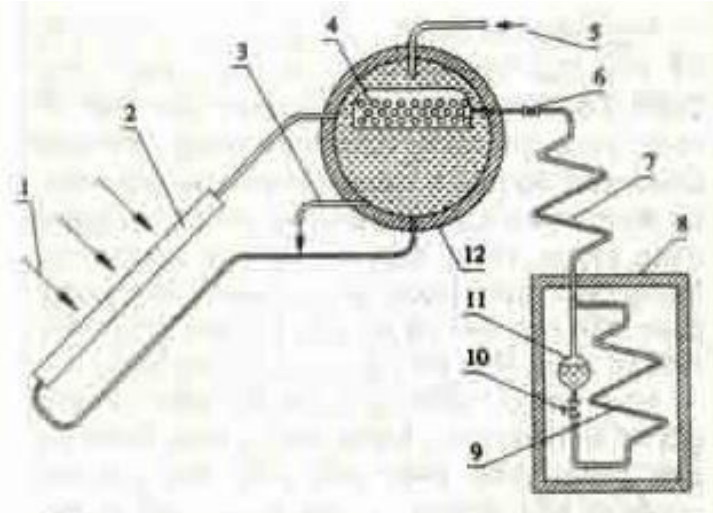
TT	Lớp vật liệu	Chiều dày (mm)	Hệ số dẫn nhiệt, (W/m.K)
1	Lớp thép tấm	5÷6	45,3
2	Lớp cát lót mỏng	10÷15	0,19
3	Lớp bê tông cốt thép	60÷100	1,28
4	Lớp giấy dầu chống thấm	1÷2	0,175
5	Lớp cách nhiệt	100÷200	0,018 ÷ 0,020
6	Lớp giấy dầu chống thấm	1÷2	0,175
7	Lớp hắc ín quét liên tục	0,1	0,7
8	Lớp bê tông đá dăm	150÷200	1,28
	M200		
9	Lớp đá làm nền và đất đầm kỹ	-	

+ Kết cấu nắp bể đá:

Để tiện lợi cho việc ra vào đá, nắp bể đá được đặt bằng các tấm đan gỗ dày 30mm, $\lambda=0,2$ W/m.K, trên cùng phủ thêm lớp vải bạt. Do đó tổn thất nhiệt ở nắp bể khá lớn.

6. Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng:

6.1. Sơ đồ hệ thống



Hình 3.9: Sơ đồ hệ thống tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng.

1- Bức xạ mặt trời; 2-Collector; 3-Đường nước nóng; 4-Bộ phận hấp thụ; 5- Đường cấp nước lạnh; 6-Van 3 ngã; 7-Bộ phận ngưng tụ; 8-Buồng lạnh; 9-Bộ phận bay hơi; 10-Van tiết lưu; 11- Bình chứa lỏng; 12-Bình chứa nước nóng.

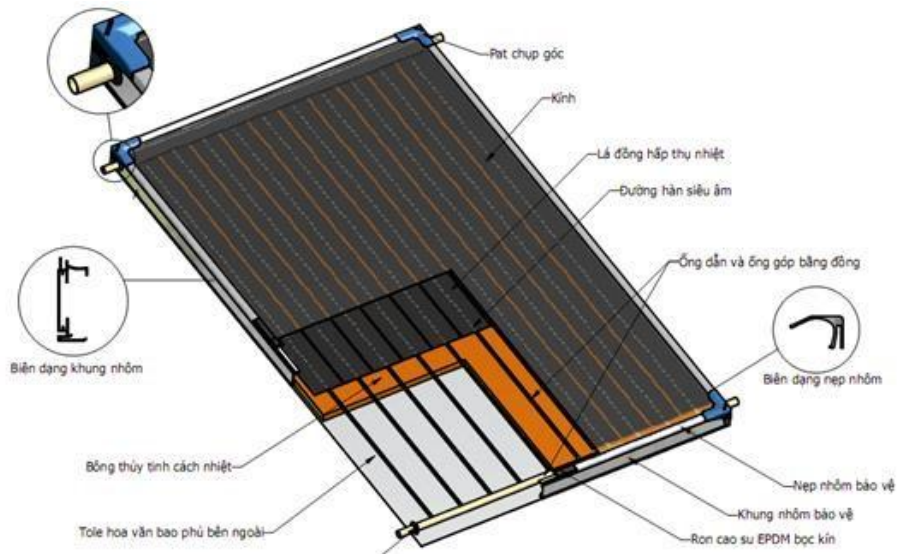
6.2. Nguyên tắc hoạt động

Collector hấp thụ năng lượng mặt trời làm nóng nước. Nhiệt độ nước trong bình chứa tăng lên và làm tăng nhiệt độ của thiết bị hấp thụ. Khi nhiệt độ trong bộ phận hấp thụ tăng lên, làm cho áp suất trong máy lạnh tăng lên đến áp suất ngưng tụ p_k . Hơi môi chất thoát ra và ngưng tụ lại ở bộ phận ngưng tụ và được dẫn về bình chứa, chất lỏng lạnh được đưa vào bộ phận bay hơi qua van tiết lưu hoặc ống mao. Nhiệt độ của nước và bộ phận hấp thụ tiếp tục tăng do nhận nhiệt từ bức xạ mặt trời và đạt đến nhiệt độ cực đại khoảng 95°C . Nước nóng trong bình chứa được dẫn đi sử dụng vào ban đêm hoặc dẫn vào bình chứa khác khi nhiệt độ đạt cực đại. Nước trong bình chứa được bổ sung bằng nguồn nước lạnh bên ngoài, nước lạnh được dẫn vào và làm lạnh

bộ phận hấp thụ, khi đó nhiệt độ bộ phận hấp thụ giảm xuống 1 cách đột ngột áp suất môi chất trong bộ phận hấp thụ cũng giảm xuống đến dưới áp suất bay hơi p_0 , Khi ta mở van 6 thì quá trình bay hơi môi chất xảy ra và nước đá được tạo thành trong buồng lạnh.

6.3. Cấu tạo của các thiết bị

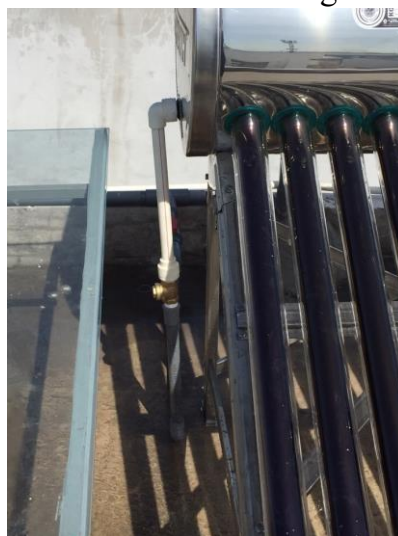
Collector:



Hình 3.10: Collector của Tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng.

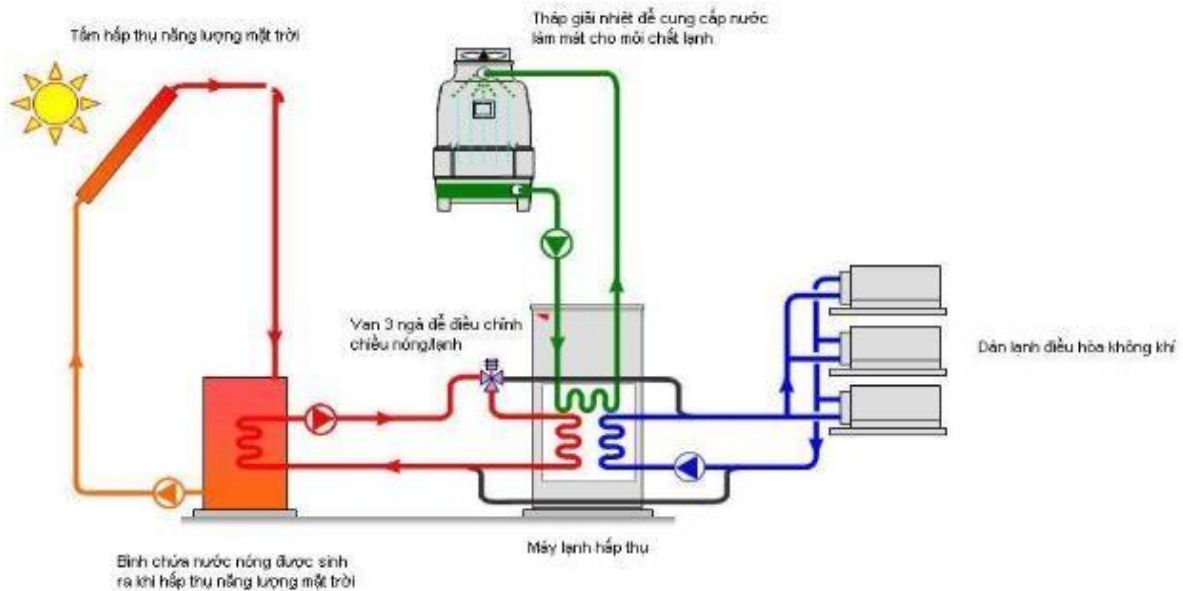


Hình 3.11: Van 3 ngã.



Hình 3.12: Đường ống trong hệ thống.

7. Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời:



Hình 3.9: Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời.

Năng lượng mặt trời được chứng minh là một nguồn lý tưởng cho các ứng dụng gia nhiệt thấp. Ba phương pháp tiếp cận được biết đến sử dụng năng lượng mặt trời để cung cấp lạnh ở nhiệt độ dưới 0 độ bao gồm quang điện (PV) hoạt động lạnh, năng lượng mặt trời cơ khí, và hấp thụ lạnh. Cả hai chu kỳ vận hành bằng PV và năng lượng mặt trời đều dựa vào chu kỳ làm lạnh nén hơi trong khi đó việc làm lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng nhiệt làm đầu vào chính cho chu kỳ. Trong ba phương pháp này, hệ thống quang điện là phương tiện khả thi và phù hợp nhất cho các hệ thống di động công suất nhỏ nằm trong khu vực không gần các nguồn năng lượng thông thường.

CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Trình bày khái niệm máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời .
- 2/ Trình bày cấu tạo than hoạt tính. 3/ Trình bày cấu tạo Silicagel.
- 4/ Trình bày cấu tạo thiết bị máy lạnh hấp phụ .
- 5/ Trình bày tính chất các loại môi chất dung cho máy lạnh hấp phụ.
- 6/ Trình bày sơ đồ nguyên lý và nguyên tắc hoạt động máy lạnh hấp phụ rắn dùng năng lượng mặt trời.
- 7/ Trình bày phương pháp tính toán nhiệt cho dàn bay hơi.
- 8/ Trình bày phương pháp tính toán nhiệt cho dàn ngưng tụ.
- 9/ Trình bày sơ đồ hệ thống và nguyên tắc hoạt động của hệ thống lạnh sản xuất nước đá
- 10/ Trình bày sơ đồ hệ thống và nguyên tắc hoạt động của tổ hợp hệ thống sản xuất nước đá và nước nóng
- 11/ Trình bày máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Dương Hùng – *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng* – NXB Khoa Học Kỹ Thuật
2. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy – *Kỹ thuật lạnh ứng dụng* – NXB giáo dục
3. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy – *Kỹ thuật lạnh cơ sở* – NXB giáo dục.
4. Nguyễn Đức Lợi , Phạm Văn Tuy – *Môi chất lạnh* – NXB giáo dục.
5. Nguyễn Đức Lợi , Phạm Văn Tuy – *Bài tập kỹ thuật lạnh* – NXB giáo dục.
6. Nguyễn Đức Lợi – *Hệ thống Máy lạnh hấp thụ* – NXB giáo dục.