

**ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH LONG AN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ LONG AN**



GIÁO TRÌNH

Môn: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Nghề: VẬN HÀNH, SỬA CHỮA THIẾT BỊ LẠNH

Trình độ: TRUNG CẤP

*Ban hành kèm theo Quyết định số:..... ngày tháng năm của
Hiệu trưởng Trường Cao Đẳng nghề Long An*

Lưu hành nội bộ

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 đổi mới công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước, kỹ thuật lạnh đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Tủ lạnh, máy lạnh thương nghiệp, công nghiệp, điều hòa nhiệt độ đã trở nên quen thuộc trong đời sống và sản xuất. Các hệ thống máy lạnh và điều hòa không khí phục vụ trong đời sống và sản xuất như: chế biến, bảo quản thực phẩm, bia, rượu, in ấn, điện tử, thông tin, y tế, thể dục thể thao, du lịch... đang phát huy tác dụng thúc đẩy mạnh mẽ nền kinh tế, đời sống đi lên.

Cùng với sự phát triển kỹ thuật lạnh, việc đào tạo phát triển đội ngũ kỹ thuật viên lành nghề được Đảng, Nhà nước, Nhà trường và mỗi công dân quan tâm sâu sắc để có thể làm chủ được máy móc, trang thiết bị của nghề. Muốn vậy việc đảm bảo an toàn lao động và nghề nghiệp cần phải quán triệt và thực hiện một cách nghiêm túc trong các lĩnh vực hoạt động của nghề.

Giáo trình “Cơ sở kỹ thuật lạnh” được biên soạn dùng cho chương trình dạy nghề **VẬN HÀNH SỬA CHỮA THIẾT BỊ LẠNH** đáp ứng cho nhu cầu này trong việc đào tạo nghề nghiệp cho học sinh, sinh viên hệ Trung cấp nghề.

Cùng giúp chủ biên biên soạn giáo trình là các giáo viên tổ môn Điện lạnh của Trường Cao đẳng nghề Long An.

Chắc chắn giáo trình 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 đóng góp xin gửi về Bộ môn nhiệt lạnh Trường Cao đẳng nghề Long An.

Xin trân trọng cảm ơn!

Long An, ngày tháng năm
Tham gia biên soạn

Trần Nhựt Quang

MỤC LỤC

	TRANG
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	1
MỤC LỤC	3
CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC.....	4
Chương 1: Các nguyên lý làm lạnh và ứng dụng.....	6
1. Lịch sử phát triển của kỹ thuật lạnh	6
2. Các phương pháp làm lạnh.....	8
3. Vai trò của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật	8
Chương 2: Môi chất lạnh- chất tải lạnh	12
1. Môi chất lạnh.....	12
2. Chất tải lạnh.....	16
3. Bảng và đồ thị của môi chất lạnh	16
Chương 3: Chu trình máy lạnh một cấp	18
1. Chu trình Carnot ngược chiều	18
2. Chu trình khô.....	19
3. Chu trình quá lạnh và quá nhiệt	20
4. Chu trình hồi nhiệt.....	22
5. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ.....	23
Chương 4: Chu trình máy lạnh 2 cấp và nhiều cấp	24
1. Sự cần thiết phải dùng máy nén nhiều cấp.....	24
2. Chu trình 2 cấp, một tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	24
3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	26
4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn	27
5. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu bình trung gian có ống trao đổi nhiệt.....	29

CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Mã số của môn học: MH 11

Thời gian của môn học: 60 giờ;

(Lý thuyết: 38 giờ; Thực hành: 17 giờ;

Kiểm tra: 5 giờ)

I. Vị trí, tính chất của môn học:

- Vị trí: Môn học Cơ sở kỹ thuật lạnh được bố trí học sau môn học Kỹ thuật nhiệt.

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc.

II. Mục tiêu môn học:

+ Về kiến thức:

- Trình bày được các tính chất của môi chất lạnh, chất tải lạnh;

- Trình bày được các chu trình máy lạnh một cấp, hai cấp và nguyên lý làm việc;

- Biểu diễn được các chu trình lạnh trên đồ thị LgP-h;

+ Về kỹ năng:

- Tính toán được các thông số của chu trình;

- Giải được các bài tập về kỹ thuật lạnh ;

+ Về thái độ:

- Rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ trong tính toán.

III. Nội dung môn học:

1. Nội dung tổng quát và phân phối thời gian:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra
1	Chương 1: Các nguyên lý làm lạnh và ứng dụng	8	8	0	0
	1. Lịch sử phát triển của kỹ thuật lạnh	1	1		
	2. Các phương pháp làm lạnh	5	5		
	3. Vai trò của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật	2	2		
2	Chương 2: Môi chất lạnh- chất tải lạnh	13	11	1	1*

	1. Môi chất lạnh	6	6		
	2. Chất tải lạnh	3	3		
	3. Bảng và đồ thị của môi chất lạnh	4	2	1	1*
3	Chương 3: Chu trình máy lạnh một cấp	15	9	5	1*
	1. Chu trình Carnot ngược chiều	1	1		
	2. Chu trình khô	2	1	1	
	3. Chu trình quá lạnh và quá nhiệt	4	2	2	
	4. Chu trình hồi nhiệt	4	2	2	
	5. Sự phụ thuộc của năng suất lạnh vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ	4	3		1*
4	Chương 4: Chu trình máy lạnh 2 cấp và nhiều cấp	22	10	11	1*
	1. Sự cần thiết phải dùng máy nén nhiều cấp	2	2		
	2. Chu trình 2 cấp, một tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	5	2	3	
	3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	5	2	2	1*
	4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn	5	2	3	
	5. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu bình trung gian có ống trao đổi nhiệt	5	2	3	
5	Kiểm tra kết thúc môn học	2			2
	Cộng	60	38	17	5*

* Ghi chú: Thời gian kiểm tra lý thuyết được tính vào giờ lý thuyết, kiểm tra thực hành được tính bằng giờ thực hành.

CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức cơ bản về kỹ thuật lạnh: các phương pháp làm lạnh, môi chất lạnh, chu trình lạnh và các thiết bị sử dụng trong hệ thống lạnh nói chung.

Mục tiêu:

- Nắm được các kiến thức cơ sở về máy và hệ thống lạnh.
- Nắm rõ các đặc điểm của môi chất lạnh.
- Ký hiệu môi chất lạnh.
- Nắm rõ các đặc điểm của chất tải lạnh.
- Các chu trình lạnh 1 cấp và 2 cấp.
- Nguyên lý hoạt động của các chu trình 1 cấp và 2 cấp.
- Cách thể hiện chu trình trên đồ thị lgp-h, t-s.
- Tính toán chu trình bằng bảng tra hoặc đồ thị.
- Cấu tạo máy nén nhiều cấp(2 cấp).
- Nguyên lý hoạt động của máy nén nhiều cấp.
- Các phương pháp điều chỉnh năng suất.
- Tính toán công suất máy nén 1 cấp và nhiều cấp.
- Các thiết bị trao đổi nhiệt (thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi, van tiết lưu, các thiết bị phụ trong hệ thống lạnh)
- Phân tích được nguyên lý làm việc của máy nén và các hệ thống lạnh thông dụng.
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, sáng tạo, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HSSV.

Nội dung chính:

Chương 1: Các nguyên lý làm lạnh và ứng dụng

1. Lịch sử phát triển của kỹ thuật lạnh:

Con người đã biết làm lạnh và sử dụng lạnh cách đây rất lâu. Ngành khảo cổ học đã phát hiện ra những hang động có mạch nước ngầm nhiệt độ thấp chảy qua dùng để chứa thực phẩm và lương thực khoảng từ 5000 năm trước.

Các tranh vẽ trên tường các kim tự tháp Ai Cập cách đây khoảng 2500 năm đã mô tả cảnh các nô lệ quạt các bình gốm xốp cho nước bay hơi làm mát không khí. Cách đây 2000 năm người Ấn Độ và Trung Quốc đã biết trộn muối vào nước hoặc nước đá để tạo nhiệt độ thấp hơn.

Nhưng kỹ thuật lạnh hiện đại bắt đầu phải kể từ khi giáo sư Black tìm ra nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt ẩn nóng chảy vào năm 1761 – 1764. Con người đã biết làm lạnh bằng cách cho bay hơi chất lỏng ở áp suất thấp.

Tiếp theo phát hiện quan trọng đó Clouet và Monge lần đầu tiên hóa lỏng được khí SO₂ vào năm 1780. Từ 1781 Cavallo bắt đầu nghiên cứu hiện tượng bay hơi

một cách có hệ thống.

Thế kỷ 19 là thời kì phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật lạnh. Năm 1823 Faraday bắt đầu cũng cố những công trình hóa lỏng khí SO_2 , H_2S , CO_2 , N_2O , C_2H_2 , NH_3 và HCl . Năm 1845 ông đã hóa lỏng hầu hết các loại khí kể cả etylen, nhưng cũng phải bó tay trước khí O_2 , N_2 , CH_4 , CO , NO và H_2 . Người ta cho rằng chúng là các khí không hóa lỏng được và luôn luôn chỉ ở thể khí nên gọi là khí vĩnh cửu, lý do là vì Natlêrev (Áo) đã nén chúng với áp lực cực lớn 3600atm mà vẫn không hóa lỏng được chúng. Mãi tới 1869 Andrew (Anh) giải thích được điểm tới hạn của khí hóa lỏng và nhờ đó Caillelet và Pictet (Pháp) hóa lỏng được khí vĩnh cửu O_2 và N_2 năm 1877, Dewar (Anh) hóa lỏng H_2 năm 1898, Linde (Đức) hóa lỏng O_2 và N_2 và tách bằng chưng cất, K.Onnes (Hà Lan) hóa lỏng được Heli.

Năm 1834, J.Perkins (Anh) đã đăng ký bằng phát minh đầu tiên về máy lạnh nén hơi với đầy đủ thiết bị như một máy lạnh nén hơi hiện đại gồm có máy nén, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi và van tiết lưu. Đến cuối thế kỷ 19 nhờ có một loạt cải tiến của Linde (Đức) với việc sử dụng Amoniac làm môi chất lạnh cho máy lạnh nén hơi, việc chế tạo và sử dụng máy lạnh nén hơi mới được phát triển rộng rãi trong nền kinh tế quốc dân.

Máy lạnh hấp thụ đầu tiên do Leslie (Pháp) đưa ra vào năm 1810 là máy lạnh hấp thụ chu kì môi chất $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$. Đến giữa thế kỷ 19 nó được phát triển một cách rậm rộ nhờ kĩ sư tài ba Carre (Pháp) với hàng loạt bằng phát minh máy lạnh hấp thụ chu kì và liên tục với các cặp môi chất khác nhau.

Máy lạnh hấp thụ khuếch tần hoàn toàn không có chi tiết chuyển động được Gepperl (Đức) đăng kí bằng phát minh 1899 và được Platen và Munters (Thụy Điển) hoàn thiện vào năm 1922 được nhiều nước trên thế giới sản xuất chế tạo hàng loạt và nó vẫn có giá trị quan trọng cho đến ngày nay.

Máy lạnh nén khí đầu tiên do bác sĩ người Mĩ Gorrie dựa vào các kết quả nghiên cứu của các nhà lý thuyết, bác sĩ Gorrie đã thiết kế chế tạo thành công máy lạnh nén khí dùng để điều tiết không khí cho trạm xá chữa bệnh sốt cao của ông. Nhờ thành tích đặc biệt này mà ông và trạm xá của ông trở nên nổi tiến thế giới.

Máy lạnh ejectơ hơi nước đầu tiên do Leiblanc chế tạo năm 1910. Đây là một sự kiện có ý nghĩa hết sức trọng đại và máy lạnh ejectơ hơi nước rất đơn giản. Năng lượng tiêu tốn cho nó là nhiệt năng do đó có thể tận dụng các nguồn năng lượng phế thải để làm lạnh.

Một sự kiện quan trọng nữa của lịch sử phát triển ngành lạnh là việc sản xuất và ứng dụng các freon ở Mĩ năm 1930. Freon thực chất là các chất hữu cơ hydrocacbua no hoặc chưa no như metan (CH_4), etan (C_2H_6) ... được thay thế một phần hoặc toàn bộ các nguyên tử hydro bằng các nguyên tử gốc halogen như Clo, Flo hoặc Brom. Các chất này được sản xuất ở xưởng Duponl Kinetic Chemical Inc với cái tên thương mại là freon. Đây là môi chất lạnh có nhiều tính chất quý báu như không cháy, không nổ, không độc, phù hợp với chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi do đó nó đã góp phần tích cực vào việc thúc đẩy kỹ thuật lạnh phát triển, nhất là kỹ thuật điều tiết không khí.

Ngày nay kỹ thuật lạnh hiện đại đã tiến những bước rất xa, có trình độ kỹ thuật ngang với các ngành kỹ thuật tiên tiến khác. Phạm vi nhiệt độ của kỹ thuật lạnh

ngày nay được mở rộng rất nhiều. Người ta đang tiến dần đến nhiệt độ không tuyệt đối. Phía nhiệt độ cao của thiết bị ngưng tụ, nhiệt độ có thể đạt 100°C dùng cho các mục đích bơm nhiệt như sưởi ấm, chuẩn bị nước nóng, sấy.v.v.. Đây là ứng dụng của bơm nhiệt góp phần thu hồi nhiệt thải, tiết kiệm năng lượng sơ cấp.

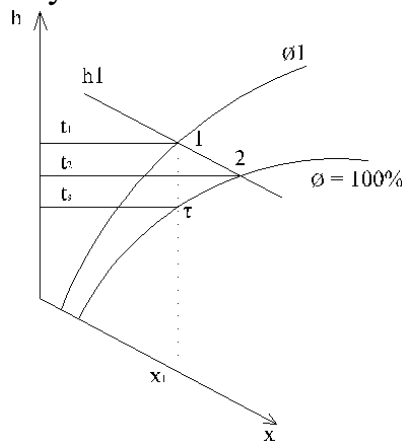
Công suất lạnh của các tổ hợp máy lạnh cũng được mở rộng: từ những máy lạnh sử dụng trong phòng thí nghiệm chỉ có công suất từ vài mW đến các tổ hợp có công suất hàng triệu W ở các trung tâm điều tiết không khí.

Hiệu suất máy tăng lên đáng kể, chi phí vật tư và chi phí năng lượng cho một đơn vị lạnh giảm xuống rõ rệt. tuổi thọ và độ tin cậy tăng lên. Mức độ tự động hóa của các hệ thống lạnh và máy lạnh tăng lên rõ rệt. Những thiết bị lạnh hoạt động hoàn toàn bằng điện vì điện tử dần dần thay thế các thiết bị thao tác tay.

2. Các phương pháp làm lạnh:

2.1. Phương pháp bay hơi khuếch tán:

Một thí dụ điển hình của bay hơi khuếch tán là nước bay hơi vào không khí



Hình 2.1: Đồ thị h - x của không khí ẩm

t_1 - nhiệt độ khô, t_2 - nhiệt độ ướt, t_s - nhiệt độ đọng sương

Điểm 1 là trạng thái ban đầu của không khí. Khi phun nước liên tục vào không khí khô, nước sẽ bay hơi khuếch tán vào không khí và trạng thái không khí sẽ biến đổi theo đường đẳng enthalpy $h = \text{const}$, độ ẩm tăng từ φ_1 đến $\varphi_{\text{max}} = 100\%$. Bằng cách này ta đã thực hiện quá trình làm lạnh không khí từ t_1 giảm xuống t_2

2.2. Phương pháp hòa trộn lạnh:

Cách đây 2000 năm, người Trung Quốc và Ấn Độ đã biết làm lạnh bằng cách hòa trộn muối và nước.

Ví dụ : Nếu hòa trộn 31g NaNO_3 và 31g NH_4Cl với 100g nước (10°C) thì hỗn hợp sẽ giảm đến -12°C. Hay hòa trộn 200g CaCl_2 với 100g nước đá vụn, nhiệt độ sẽ giảm từ 0°C xuống -42°C...

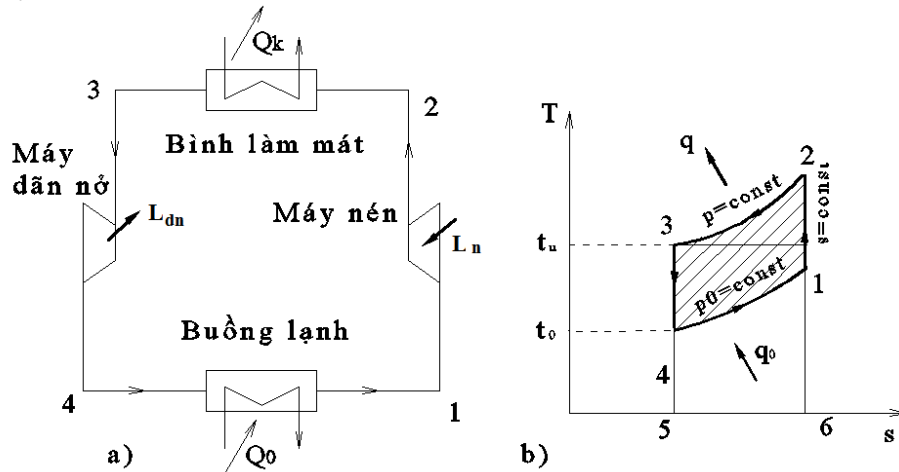
Ngày nay người ta vẫn sử dụng nước đá muối để ướp cá mới đánh bắt khi cần bảo quản cá ở nhiệt độ dưới 0°C

2.3. Phương pháp dẫn nở khí có sinh ngoại công:

Đây là phương pháp làm lạnh nhân tạo quan trọng. Các máy lạnh làm việc theo nguyên lý dẫn nở khí có sinh ngoại công gọi là máy lạnh nén khí có máy dẫn nở. Phạm vi ứng dụng rất rộng lớn từ máy điều tiết không khí cho đến các máy sử dụng

trong kỹ thuật cryô để sản xuất nitơ, oxi lỏng, hóa lỏng không khí.

Nguyên lý làm việc:



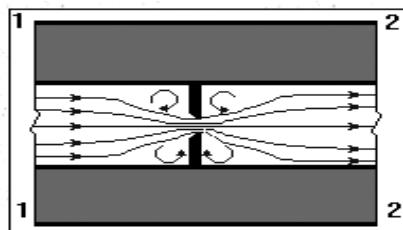
Hình 2.2: Máy điều hòa không khí bay hơi nước
a) Sơ đồ thiết bị ; b) Chu trình lạnh biểu diễn trên đồ thị T-s

Máy lạnh nén khí gồm 4 thiết bị chính: máy nén, bình làm mát, máy dẫn nở và buồng lạnh. Môi chất lạnh là không khí hoặc một chất khí bất kỳ, không biến đổi pha trong chu trình. Không khí được nén đoạn nhiệt $s_1 = \text{const}$ từ trạng thái 1 đến trạng thái 2. Ở bình làm mát, không khí thải nhiệt cho môi trường ở áp suất không đổi đến trạng thái 3, sau đó được dẫn nở đoạn nhiệt $s_3 = \text{const}$ xuống trạng thái 4 có nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Trong phòng lạnh không khí thu nhiệt của môi trường ở áp suất không đổi và nóng dần lên điểm 1, khép kín vòng tuần hoàn. Như vậy chu trình máy lạnh nén khí gồm 2 quá trình nén và dẫn nở đoạn nhiệt với 2 quá trình thu và thải nhiệt đẳng áp nhưng không đẳng nhiệt.

2.4. Phương pháp tiết lưu không sinh ngoại công:

Quá trình tiết lưu là quá trình giảm áp suất do ma sát mà không sinh ngoại công khi môi chất chuyển động qua những chỗ có trở lực cục bộ đột ngột.

Ví dụ : môi chất chuyển động qua nghẽn van tiết lưu



Hình 2.3: Tiết lưu không sinh ngoại công của một dòng môi chất

2.5. Hiệu ứng nhiệt điện, hiệu ứng Peltier:

Hiệu ứng nhiệt điện hay hiệu ứng Peltier: Khi có dòng điện chạy qua một vòng dây dẫn kín gồm 2 kim loại khác nhau được nối với nhau thì một đầu nối tỏa nhiệt còn đầu kia hấp thụ nhiệt.

Sử dụng hấp thụ nhiệt của một đầu nối ở nhiệt độ thấp để lấy nhiệt của vật cần làm lạnh là nguyên lý của chu trình máy lạnh điện - nhiệt.

2.6. Tan chảy hoặc thăng hoa vật rắn:

Hoá lỏng hoặc thăng hoa vật rắn để làm lạnh là phương pháp chuyển pha của các chất như nước đá và đá khô.

Nước đá tan ở 0°C thu một nhiệt lượng 333 kJ/kg.

Đá khô là CO_2 ở thể rắn khi chuyển từ dạng rắn qua dạng hơi thu 1 nhiệt lượng 572,2 kJ/kg ($-78,5^{\circ}\text{C}$).

2.7. Bay hơi chất lỏng:

Quá trình bay hơi chất lỏng bao giờ cũng gắn liền với quá trình thu nhiệt. Nhiệt lượng cần thiết để bay hơi 1 kg chất lỏng gọi là nhiệt ẩn bay hơi r.

Ví dụ: Khi tắm xong đứng trước quạt ta thấy mát lạnh vì nước bay hơi trên bề mặt da thu nhiệt của cơ thể tạo cảm giác mát lạnh.

Chất lỏng bay hơi đóng vai trò là môi chất lạnh và chất tải lạnh quan trọng trong kỹ thuật lạnh. Các môi chất lỏng cho máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejector là amoniac, nước, các freon đều thực hiện quá trình thu nhiệt ở môi trường lạnh bằng quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp, và thải nhiệt ra môi trường bằng quá trình ngưng tụ ở áp suất cao và nhiệt độ cao.

3. Vai trò của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật

3.1. Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm:

Theo thống kê thì khoảng 80% công suất lạnh được sử dụng trong công nghệ bảo quản thực phẩm. Đây là lĩnh vực quan trọng nhất của kỹ thuật lạnh, nhằm đảm bảo cho các thực phẩm: rau, quả, thịt, cá, sữa, ... không bị phân hủy (thối rữa) do vi khuẩn gây ra. Đặc biệt những nước có thời tiết nóng và ẩm như nước ta thì quá trình phân hủy (thối rữa) sẽ diễn ra càng nhanh. Vì thế việc áp dụng kỹ thuật lạnh vào việc bảo quản thực phẩm là hết sức cần thiết

Các kho lạnh bảo quản, kho lạnh chế biến phân phối, các máy lạnh thương nghiệp đến tủ lạnh gia đình; các nhà máy sản xuất nước đá, máy lạnh lắp trên tàu thủy hay phương tiện vận tải không còn xa lạ; kể cả ngành công nghiệp rượu bia, bánh kẹo, nước uống, sữa..

3.2. Ứng dụng lạnh trong công nghiệp:

Hóa lỏng không khí bao gồm các chất khí là sản phẩm của công nghiệp hóa học như: clo, amoniac, cacbonic, các loại khí đốt, các loại khí sinh học...

Oxi, Nitơ được sử dụng nhiều như hàn, cắt kim loại

Các loại khí trơ He, Ar, Xe... được sử dụng trong nghiên cứu vật lý, sản xuất bóng đèn

3.3. Ứng dụng lạnh trong nông nghiệp:

Nhằm bảo quản giống, lai tạo giống, điều hoà khí hậu cho các trại chăn nuôi trồng trọt, bảo quản và chế biến cá, nông sản thực phẩm.

Hóa lỏng không khí thu nitơ sản xuất phân đạm

3.4. Ứng dụng lạnh trong điều tiết không khí:

Ngày nay người ta không thể tách rời kỹ thuật điều tiết không khí với các ngành cơ khí chính xác, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật phim ảnh, quang học...

Để đảm bảo chất lượng cao của sản phẩm cần có những yêu cầu nghiêm ngặt về điều kiện và thông số của không khí như: nhiệt độ, độ ẩm, độ chứa bụi...

3.5. Ứng dụng lạnh trong y tế:

Trong y tế người ta ứng dụng lạnh để bảo quản thuốc và các phẩm vật y tế... kỹ thuật lạnh được sử dụng trong y tế ngày càng nhiều và càng đem lại những hiệu quả hết sức to lớn. Phần lớn những loại thuốc quý, hiếm đều cần được bảo quản lạnh ở nhiệt độ thích hợp: như các loại vaccine, kháng sinh, gây mê....

3.6. Ứng dụng lạnh trong thể dục thể thao:

Nhờ có kỹ thuật lạnh mà người ta có thể tạo ra sân trượt băng, đường đua trượt băng và trượt tuyết nhân tạo cho các vận động viên luyện tập hoặc cho các đại hội thể thao ngay cả khi nhiệt độ không khí còn rất cao, hoặc có thể để sưởi ấm bể bơi.

3.7. Ứng dụng lạnh trong đời sống:

Sản xuất nước đá và dùng nước đá cho việc trữ lạnh khi vận chuyển, bảo quản nông sản, thực phẩm, cho chế biến thủy sản và cho sinh hoạt của con người, nhất là ở các vùng nhiệt đới để làm mát và giải khát.

3.8. Một số ứng dụng khác:

Trong ngành hàng không, vũ trụ hay quốc phòng, máy bay hoặc tàu vũ trụ phải làm việc trong những điều kiện khác nhau. Nhiệt độ có khi tăng lên hàng ngàn độ nhưng cũng có lúc hạ xuống dưới -1000°C . Oxy và hydro lỏng là nhiên liệu cho tàu vũ trụ.

Chương 2: Môi chất lạnh- chất tải lạnh

Mục tiêu:

- Nắm rõ các đặc điểm của môi chất lạnh.
- Ký hiệu môi chất lạnh.
- Nắm rõ các đặc điểm của chất tải lạnh.

1. Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh:

* Định nghĩa:

Môi chất lạnh (tác nhân lạnh hay gas lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt môi trường có nhiệt độ thấp và thải ra môi trường có nhiệt độ cao.

* Ký hiệu môi chất lạnh:

1.1. Các frêon:

Các frêon là các chất hữu cơ no hoặc chưa no mà các Hydro(H₂) được thay thế một phần hay toàn bộ bằng các nguyên tử Cl, Br hay F

Các frêon thường được ký hiệu chữ đầu tiên là R.

Xét: R 1 2 3 _____ Số lượng nguyên tử F

_____ Số lượng nguyên tử Hydro +1

_____ Số lượng nguyên tử C - 1

* Ví dụ 1: Môi chất có công thức hoá học CCl₂F₂. Tìm ký hiệu

Số thứ nhất: số nguyên tử C -1 = 1-1 = 0

Số thứ 2: số nguyên tử H +1 = 0+1 = 1

Số thứ 3: số nguyên tử F =2

Vậy môi chất có ký hiệu: R012 hoặc R12.

* Ví dụ 2: môi chất có công thức hoá học CHClF₂. Tìm ký hiệu

Số thứ nhất: số nguyên tử C -1 = 1-1 = 0

Số thứ 2: số nguyên tử H +1 = 1+1 = 2

Số thứ 3: số nguyên tử F =2

Vậy môi chất có ký hiệu: R022 hoặc R22

* Ví dụ 3: môi chất có kí hiệu R114 tìm công thức hoá học của môi chất đó

Số thứ nhất: số nguyên tử C -1 = 1 ⇒ C =2

Số thứ 2: số nguyên tử H + 1 = 1 ⇒ H = 0

Số thứ 3: số nguyên tử F = 4

Vậy môi chất có công thức hoá học: C₂Cl₂F₄

Số lượng nguyên tử Cl xác định được nhờ hoá trị còn lại của nguyên tử từ Cacbon: 2 Cacbon ⇒ C₂H₆, có 4 F ⇒ có 2 Cl.

1.2. Các chất vô cơ:

Các chất vô cơ có ký hiệu đầu tiên là R và sau đó là 3 chữ số, chữ số đầu tiên là 7 còn lại hai chữ số sau là phân tử lượng của chất đó:

* Ví dụ: môi chất NH₃: R717

H₂O: R718

CO₂: R744

Không khí: R729

1.3. Yêu cầu đối với môi chất lạnh:

a. Tính chất hoá học:

Bền vững về mặt hoá học trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, không được phân huỷ và polyme hóa.

Phải trơ, không ăn mòn các vật liệu chế tạo máy, dầu bôi trơn...

An toàn, không dễ cháy nổ

b. Tính chất lý học:

Áp suất ngưng tụ P_k không được quá cao: giảm chiều dày các thiết bị.

Áp suất bay hơi P_o không được quá nhỏ, phải lớn hơn áp suất khí quyển để hệ thống không bị chân không, dễ rò lọt không khí vào hệ thống

Nhiệt độ đông đặc nhỏ hơn nhiệt độ bay hơi.

Nhiệt độ tới hạn phải cao hơn nhiệt độ ngưng tụ

Nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt dung riêng càng lớn càng tốt.

Năng suất lạnh riêng thể tích càng lớn càng tốt.

Độ nhớt càng nhỏ càng tốt.

Hệ số dẫn nhiệt càng lớn càng tốt.

Khả năng hoà tan nước càng lớn càng tốt.

Không được dẫn điện

c. Tính chất sinh lý:

Môi chất không được độc hại với con người và cơ thể sống, không gây phản ứng với cơ quan hô hấp.

Môi chất phải có mùi đặc trưng để dễ dàng phát hiện rò rỉ.

Nếu cần có thể pha thêm chất có mùi đặc trưng vào môi chất với điều kiện chất đó không ảnh hưởng đến các tính chất khác của môi chất.

Không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản.

d. Tính kinh tế:

Giá thành phải rẻ, Dễ kiếm nghĩa là môi chất được sản xuất công nghiệp, vận chuyển và bảo quản dễ dàng.

e. Tính an toàn và cháy nổ:

Phải an toàn, không dễ cháy nổ.

* Kết luận:

Không có môi chất lạnh lý tưởng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên mà chỉ có thể đáp ứng ít hay nhiều các yêu cầu trên mà thôi. Tùy trường hợp ứng dụng có thể

chọn một loại môi chất này hay môi chất kia cho phù hợp.

1.4. Môi chất lạnh thường dùng:

a. Amoniac (NH_3):

Amoniac có công thức hoá học NH_3 và ký hiệu môi chất là R717 là một chất khí không màu có mùi hắc đặc trưng

Ở áp suất khí quyển có $t_s = -33,4^\circ\text{C}$. Có tính chất nhiệt động tốt phù hợp với máy lạnh nén hơi dùng máy nén piston

* Tính chất hóa học:

NH_3 bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc. NH_3 chỉ phân huỷ thành N_2 và H_2 ở 260°C .

Khi có nước và thép làm chất xúc tác thì NH_3 phân huỷ ngay ở nhiệt độ $110 \div 120^\circ\text{C}$. Vì vậy cần làm mát tốt ở đầu xilanh và hạn chế nhiệt độ cuối tầm nén càng thấp càng tốt.

NH_3 không ăn mòn các kim loại dùng chế tạo máy nhưng ăn mòn đồng và các hợp kim của đồng, ngoại trừ đồng thau phốt phát. Do đó không sử dụng đồng và các hợp kim của đồng trong máy lạnh NH_3 .

* Tính chất vật lý:

Ở điều kiện ngưng tụ làm mát bằng nước nếu $t_{\text{nước}} = 25^\circ\text{C}$. nhiệt độ nước ra khỏi ngưng tụ $t = 37^\circ\text{C}$ thì $t_k = 42^\circ\text{C}$ và $P_k = 16,5 \text{ bar}$.

Nhiệt độ cuối tầm nén rất cao nên phải làm mát bằng nước.

Áp suất bay hơi lớn hơn 1 bar (áp suất khí quyển) nên máy lạnh làm việc ít bị chân không. Chỉ bị chân không khi nhiệt độ bay hơi nhỏ hơn $-33,4^\circ\text{C}$.

Năng suất lạnh riêng thể tích lớn nên máy nén và thiết bị gọn nhẹ (năng suất lạnh riêng thể tích là năng suất lạnh của 1 đơn vị thể tích môi chất)

Độ nhớt nhỏ, tính lưu động cao nên tổn thất áp suất trên đường ống nhỏ.

Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt lớn nên thuận lợi cho việc tính toán chế tạo thiết bị bay hơi và ngưng tụ.

Hoà tan nước không hạn chế nên van tiết lưu không bị tắc ảm.

Không hoà tan dầu nên khó bôi trơn các chi tiết chuyển động cơ của máy nén và hệ thống máy lạnh phải bố trí bình tách dầu.

Dẫn điện nên không sử dụng cho máy nén kín

* Tính chất sinh lý:

Nhược điểm cơ bản nhất của NH_3 là gây độc hại đối với con người và cơ thể sống. Ở nồng độ 1% trong không khí gây ngất sau 1 phút.

Có mùi đặc trưng khó chịu nên dễ phòng tránh.

Làm giảm chất lượng sản phẩm cần bảo quản.

* Tính kinh tế:

Là môi chất lạnh dễ tìm, rẻ tiền, dễ vận chuyển và bảo quản

* Tính an toàn cháy nổ:

Gây cháy nổ trong không khí ở nồng độ $13,5 \div 16\%$ với nhiệt độ cháy 651°C .

Vì vậy các gian máy NH₃ không được dùng ngọn lửa trần và các gian máy phải thông thoáng.

* Kết luận:

Qua các tính chất trên ngày nay NH₃ trở thành môi chất quan trọng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực từ nhiệt độ bay hơi +10 ÷ - 60°C.

b. R12:

Môi chất lạnh R12 có công thức hoá học là CCl₂F₂, là một chất khí không màu có mùi thơm rất nhẹ, nặng hơn không khí khoảng 4 lần ở 30°C. Ở áp suất khí quyển có nhiệt độ sôi -28,9°C.

* Tính chất hoá học:

Bền vững trong phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc.

Không phản ứng hoá học với dầu bôi trơn và vật liệu phụ trong hệ thống lạnh.

Không ăn mòn kim loại đen, màu và phi kim loại nhưng làm trương phồng một số chất hữu cơ như cao su và một số chất dẻo.

Bắt đầu phân huỷ ở nhiệt độ 540 ÷ 565°C khi có chất xúc tác, đến 760°C thì phân huỷ hoàn toàn.

* Tính chất lý học:

Áp suất ngưng tụ thuộc loại trung bình, ở nhiệt độ ngưng tụ 42°C thì áp suất ngưng tụ P_k= 10 bar.

Nhiệt độ cuối tâm nén thấp.

Áp suất bay hơi lớn hơn 1 bar (áp suất khí quyển).

Năng suất lạnh riêng khối lượng nhỏ, chỉ bằng 1/8 đến 1/10 NH₃ nên lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống lớn

Năng suất lạnh riêng thể tích bằng khoảng 60% của NH₃ nên hệ thống công kênh hơn.

Độ lưu động kém nên đường ống cửa van phải làm to.

Không dẫn điện nên sử dụng được cho máy nén kín và nửa kín.

Hoà tan dầu hoàn toàn nên rất thuận lợi cho việc bôi trơn.

Không hoà tan nước nên nhược điểm rất lớn là gây tắc ẩm ở bộ phận tiết lưu.

Có đặc tính rửa sạch cặn bẩn, cát bụi, gỉ sắt trên thành máy nén và thiết bị nên phải bố trí phin lọc cẩn thận.

Có khả năng rò rỉ rất cao, có thể rò rỉ qua cả gang có cấu trúc tinh thể thô.

* Tính chất sinh lý:

Không độc hại đối với con người và cơ thể sống.

Với nồng độ 30% gây ngạt vì thiếu dưỡng khí.

Không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản.

* Tính kinh tế:

Giá thành đắt tuy dễ kiểm, dễ bảo quản và vận chuyển.

Do phá huỷ tầng ôzôn nên cấm sử dụng ở các nước công nghiệp từ 1/1/1996 và các nước đang phát triển từ 1/1/2006

* Tính an toàn cháy nổ:

Không gây cháy nổ nên được gọi là môi chất lạnh an toàn.

c. R22:

Là môi chất lạnh có công thức hoá học CHClF_2 , là chất khí không màu có mùi thơm rất nhẹ.

Ở áp suất khí quyển có $t_s = -40,8^\circ\text{C}$.

* Tính chất hoá học:

Bền vững ở phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc.

Khi có chất xúc tác là thép, phân huỷ ở 550°C .

Không tác dụng với kim loại và phi kim loại chế tạo máy nhưng hoà tan và làm trương phồng một số chất hữu cơ (cao su, chất dẻo).

* Tính chất lý học:

Ở điều kiện ngưng tụ làm mát bằng nước, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 42^\circ\text{C}$, $P_k = 16,1$ bar là môi chất có P_k khá cao. Nhiệt độ cuối tâm nén trung bình.

Ở áp suất khí quyển có $t_s = -40,8^\circ\text{C}$ nên áp suất bay hơi thường lớn hơn áp suất khí quyển.

Năng suất lạnh riêng thể tích lớn gần NH_3 nên máy gọn nhẹ.

Độ nhớt nhỏ, tính lưu động lớn.

Hoà tan hạn chế dầu nên gây khó khăn cho quá trình bôi trơn.

Không hoà tan nước nhưng mức độ hoà tan lớn gấp 5 lần của R12 nên nguy cơ tắc ẩm giảm đi.

Không dẫn điện nên có thể dùng cho máy nén kín và nửa kín.

* Tính chất sinh lý:

Không độc hại đối với cơ thể sống, khi nồng độ quá cao sẽ gây ngạt do thiếu dưỡng khí.

Không ảnh hưởng xấu đến sản phẩm bảo quản.

* Tính kinh tế:

Đắt tiền tuy dễ kiếm, dễ bảo quản và dễ vận chuyển.

* Tính an toàn cháy nổ:

Không cháy và không nổ tuy tính an toàn thấp hơn R12.

2. Chất tải lạnh:

Là môi chất trung gian, nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi cấp cho chất lạnh sôi. Chất tải lạnh còn gọi là môi chất lạnh thứ cấp.

2.1. Các yêu cầu đối với chất tải lạnh:

Giống như môi chất lạnh, chất tải lạnh lý tưởng cũng cần có các tính chất sau đây:

* Tính chất hoá học:

Không ăn mòn thiết bị.

Bền vững, không phân huỷ trong phạm vi làm việc.

* Tính chất vật lý:

Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh là 5°C

Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển phải cao để khi dừng máy, nhiệt độ chất tải lạnh nâng lên bằng nhiệt độ môi trường thì chất tải lạnh không bị bay hơi.

Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt phải lớn.

Nhiệt dung riêng càng lớn càng tốt

Độ nhớt và khối lượng càng nhỏ càng tốt vì giảm được tổn thất thủy lực.

* Tính chất sinh lý:

Không độc hại với con người và cơ thể sống.

Không tác động xấu đến thực phẩm.

* Tính kinh tế:

Phải rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển và bảo quản.

* Tính an toàn cháy nổ:

Không gây cháy nổ.

Không làm ô nhiễm môi trường.

2.2. Các chất tải lạnh thường dùng:

* Nước:

Là chất tải lạnh lý tưởng, nó đáp ứng hầu hết các yêu cầu đã nêu. Nhược điểm duy nhất là đông đặc ở 0°C .

* Dung dịch nước muối NaCl:

Đáp ứng khá đầy đủ yêu cầu trên. Nhược điểm chủ yếu là ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.

* Dung dịch nước muối CaCl_2 :

Có các tính chất gần giống NaCl tuy khó tìm.

2.3. Bài tập về môi chất lạnh và chất tải lạnh:

Câu 1: Nêu cách ký hiệu môi chất lạnh frêon ?

Câu 2: Môi chất có kí hiệu R114. Tìm công thức hoá học của môi chất đó ?

Câu 3: Tìm ký hiệu của môi chất lạnh NH_3 , CO_2 , không khí ?

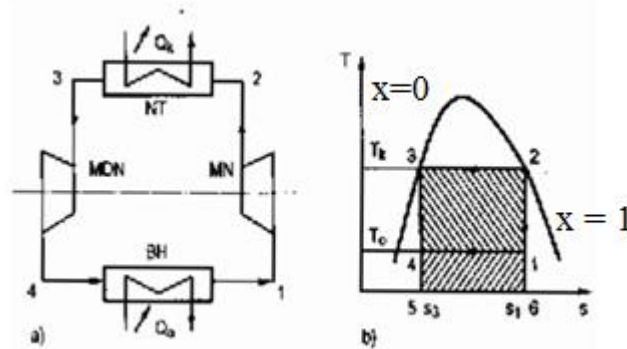
Chương 3: Chu trình máy lạnh một cấp

Mục tiêu:

- Nắm rõ các chu trình lạnh 1 cấp và 2 cấp.
- Nguyên lý hoạt động của các chu trình 1 cấp và 2 cấp.
- Cách thể hiện chu trình trên đồ thị lgp-h, t-s.
- Tính toán chu trình bằng bảng tra hoặc đồ thị.

1. Chu trình Carnot ngược chiều:

Chu trình Carnot ngược chiều được coi là chu trình lạnh đơn giản nhất. Đơn giản không phải về mặt thiết bị mà chỉ bao gồm 2 quá trình đoạn nhiệt và 2 quá trình đẳng nhiệt xen kẽ. Trên đồ thị T-s nó đơn giản là một hình chữ nhật



Hình 5.1 chu trình Carnot ngược chiều

Quá trình 1-2 là quá trình nén đoạn nhiệt. Hơi được hút về máy nén ở trạng thái 1 trong vùng hơi ẩm. Hơi ra khỏi máy nén có trạng thái bão hòa khô 2 ($x = 1$). Quá trình nén coi là đoạn nhiệt thuận nghịch $s_1 = s_2$ hoặc $\Delta s = 0$.

Quá trình 2-3 là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt ($t_2 = t_3 = t_k$) khi môi chất thải nhiệt cho môi trường làm mát là nước hoặc không khí. Điểm 3 nằm trên đường bão hòa ẩm ($x = 0$).

Quá trình 3-4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt có sinh ngoại công của môi chất trong máy giãn nở: $s_3 = s_4$

Quá trình 4-1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt ($t_4 = t_1 = t_0$), trong thiết bị bay hơi để sinh lạnh (thu nhiệt của môi trường lạnh hoặc của chất tải lạnh)

Năng suất lạnh riêng q_0 của chu trình Carnot biểu diễn trên đồ thị T-s là diện tích 6-1-4-5 còn trên đồ thị lgp-h là đoạn thẳng 4-1:

$$q_0 = i_1 - i_4, \text{ kJ/kg}$$

công nén riêng l và công giãn nở có ích l_{dn}

$$l = i_2 - i_1, \text{ kJ/kg}$$

$$l_{dn} = i_3 - i_4, \text{ kJ/kg}$$

công tiêu tốn cho chu trình l_c

$$l_c = l - l_{dn}, \text{ kJ/kg}$$

công tiêu tốn cho chu trình biểu diễn trên đồ thị T-s là diện tích 1-2-3-4

nhiệt thải ra ở thiết bị ngưng tụ q_k biểu diễn trên đồ thị lgp-h

$$q_k = i_2 - i_3, \text{ kJ/kg}$$

và trên đồ thị T-s là diện tích 6-2-3-5 hoặc bằng diện tích q_0 công với l_c

Hệ số lạnh

$$\varepsilon_c = \frac{q_0}{l_c} = \frac{T_0 \Delta s}{(T_k - T_0) \Delta s} = \frac{T_0}{T_k - T_0} = \frac{Q_0}{N_s}$$

Chu trình Carnot ngược chiều có hệ số lạnh lớn nhất nên được coi là hệ số lạnh lý tưởng và dùng để so sánh hiệu quả lạnh với các chu trình lạnh khác nhau dưới khái niệm hiệu suất exergy.

$$v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} = \varepsilon \frac{T_k - T_0}{T_0}$$

trong đó: ε – hệ số lạnh của một chu trình thực nào đó

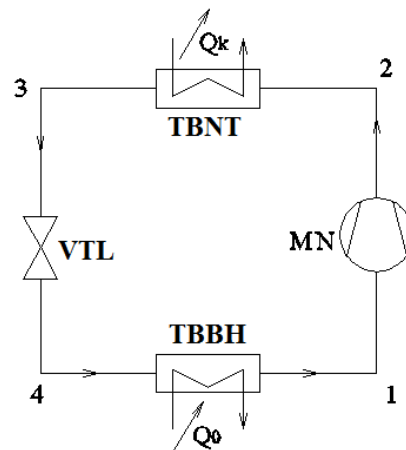
ε_c – hệ số lạnh của chu trình Carnot

vì ε bao giờ cũng nhỏ hơn ε_c nên v bao giờ cũng nhỏ hơn 1. Nếu v càng gần tới 1 thì chu trình càng gần chu trình lý tưởng

2. Chu trình khô

Sơ đồ 1 cấp nén đơn giản hay còn gọi là chu trình khô. Chu trình khô là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hòa khô.

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.4: Chu trình khô

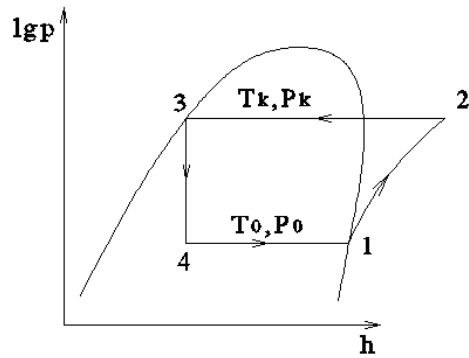
TBBH - Thiết bị bay hơi ; TBNT - Thiết bị ngưng tụ ;

MN - Máy nén ; VTL - Van tiết lưu

b) Nguyên lý làm việc:

Hơi bão hòa khô sau TBBH được máy nén hút về nén đoạn nhiệt, đẳng entropy theo quá trình 1-2 thành hơi quá nhiệt cao áp có thông số trạng thái tại 2 đẩy vào TBNT. Tại TBNT, hơi quá nhiệt cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 2-3 thành lỏng cao áp. Lỏng cao áp với thông số trạng thái 3 đi đến van tiết lưu tiết lưu đẳng enthalpy thành hơi bão hòa ẩm hạ áp với thông số trạng thái 4 đi vào TBBH. Tại TBBH, hơi hạ áp nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi đẳng áp. Hơi sau TBBH tiếp tục được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

c) Đồ thị:



Hình 2.5 : Đồ thị $T - s$ và $lgp - h$

d) Tính toán chu trình:

- Công nén riêng : $l = h_2 - h_1$ [2-1]

- Nhiệt lượng nhận được ở THBH : $q_o = h_1 - h_4$ [2-2]

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT : $q_k = h_2 - h_3$ [2-3]

$q_k = l + q_o$ [2-4]

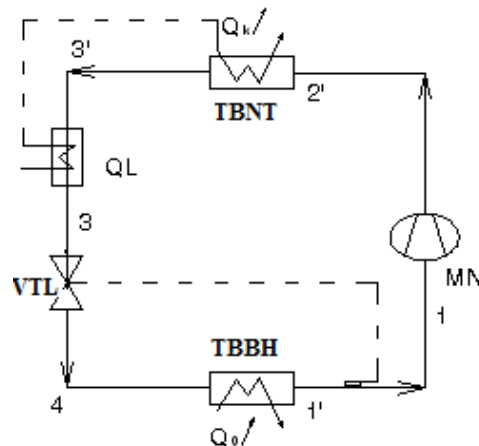
- Hệ số lạnh: $\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ [2-5]

3. Sơ đồ có quá nhiệt hơi hút, quá lạnh lỏng:

a) Chu trình có quá nhiệt hơi hút, quá lạnh lỏng:

Gọi là chu trình quá lạnh lỏng khi nhiệt độ của môi chất lỏng cao áp trước khi đi vào van tiết lưu nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ và gọi chu trình quá nhiệt hơi hút khi nhiệt độ hơi hút về máy nén lớn hơn nhiệt độ bay hơi (nằm trong vùng hơi quá nhiệt). Chu trình có quá lạnh và quá nhiệt hơi hút có cả hai đặc điểm trên.

* Sơ đồ nguyên lý :



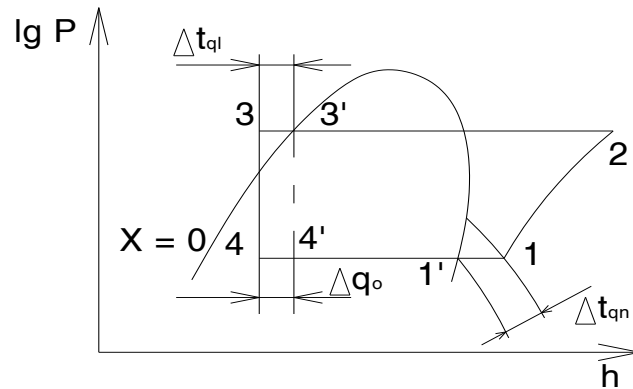
Hình 2.6: Chu trình quá lạnh, quá nhiệt

* Nguyên lý làm việc:

Hơi môi chất sau khi ra khỏi TBBH được quá nhiệt ($t_1 > t_1'$) nhờ van tiết lưu nhiệt và được máy nén hút về nén lên thành hơi quá nhiệt cao áp đẩy vào TBNT. Tại TBNT, hơi quá nhiệt cao áp nở nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp thành lỏng cao áp ứng với trạng thái 3' và được làm quá lạnh nhờ thiết bị quá lạnh (t_3

< t_3'). Lỏng môi chất sau khi được quá lạnh qua van tiết lưu nhiệt tiết lưu thành hơi bão hòa ẩm có nhiệt độ, áp suất thấp đưa vào TBBH. Tại TBBH, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi đẳng áp đến trạng thái 1' sau đó được quá nhiệt và được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

* Đồ thị lgp - h:



Hình 2.7: Đồ thị $T - s$ và $lgp - h$

* Tính toán chu trình:

- Nhiệt lượng nhận được ở THBH : $q_o = h_{1'} - h_4$ [2-6]

- Năng suất lạnh riêng thể tích q_{ov} : $q_{ov} = q_o / v_1$ [2-7]

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT : $q_k = h_2 - h_{3'}$ [2-8]

- Công nén riêng l : $l = h_2 - h_1$ [2-9]

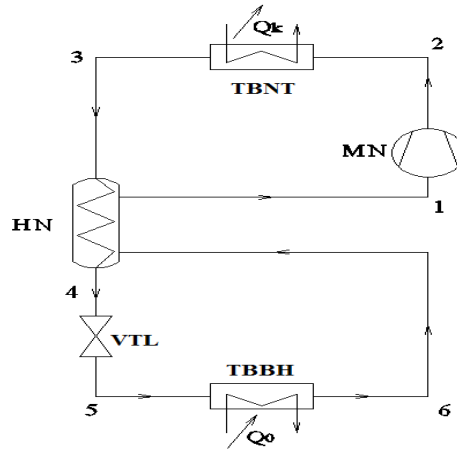
- Tỷ số nén π : $\pi = \frac{p_k}{p_o}$ [2-10]

- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{q_o}{l}$ [2-11]

4. Chu trình hồi nhiệt

Chu trình hồi nhiệt là chu trình có thiết bị trao đổi nhiệt giữa môi chất lỏng nóng trước khi vào van tiết lưu và hơi lạnh trước khi về máy nén.

* Sơ đồ nguyên lý:

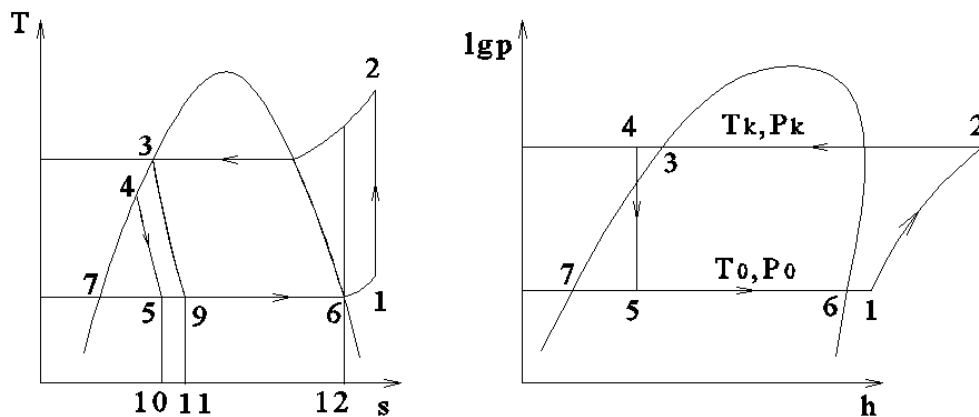


Hình 2.8: Chu trình hồi nhiệt
HN: thiết bị hồi nhiệt.

* Nguyên lý làm việc:

Hơi quá nhiệt với thông số trạng thái 1 được máy nén hút về nén đoạn nhiệt - đẳng entropy theo quá trình 1 - 2 thành hơi quá nhiệt cao áp với thông số trạng thái 2 đẩy vào TBNT. Tại TBNT hơi quá nhiệt cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 2 - 3 thành lỏng cao áp. Lỏng cao áp với thông số trạng thái 3 đi đến thiết bị HN nhả nhiệt cho hơi từ TBBH đến thành lỏng quá lạnh. Lỏng với thông số trạng thái 4 đi qua van tiết lưu tiết lưu đẳng enthalpy thành hơi bão hòa ẩm hạ áp với thông số trạng thái 5 đi vào TBBH. Tại TBBH, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi đẳng áp thành hơi có thông số trạng thái 6 rồi đi đến thiết bị HN. Tại thiết bị HN, hơi nhận nhiệt đẳng áp từ lỏng sau TBNT trở thành hơi quá nhiệt và được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

* Đồ thị:



Hình 2.9: Đồ thị

* Tính toán chu trình:

- Nhiệt lượng nhận được ở TBBH : $q_0 = h_6 - h_5$ [2-12]

- Năng suất lạnh riêng thể tích q_{ov} : $q_{ov} = q_o/v_1$ [2-13]

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT : $q_k = h_2 - h_3$ [2-14]

- Công nén riêng l : $l = h_2 - h_1$ [2-15]

- Tỷ số nén π : $\pi = \frac{p_k}{p_o}$ [2-16]

- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{q_o}{l}$ [2-17]

Chương 4: Chu trình máy lạnh 2 cấp và nhiều cấp

1. Sự cần thiết phải dùng máy nén nhiều cấp

Đối với máy nén piston tỉ số nén càng cao, thì hệ số cấp càng nhỏ, nhiệt độ cuối quá trình nén càng cao, nhất là đối với môi chất amoniac. Như vậy, tỉ số nén cao dẫn đến những điều kiện làm việc không thuận lợi của máy nén. Khi tỉ số nén lớn hơn 9 đối với NH_3 hoặc 13 đối với freon phải chuyển chu trình một cấp nén sang 2 hoặc nhiều cấp nén có làm mát trung gian. Tuy vậy việc lựa chọn 1 hoặc 2 cấp nén còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện của từng trường hợp cụ thể vì một cấp nén ngược lại có ưu điểm so với hai cấp nén là đơn giản, dễ sử dụng, ít thiết bị và giá thành rẻ hơn. Đây cũng là một bài toán tối ưu về kinh tế, nhưng chọn máy nén một cấp cần phải không chế chế độ làm việc của máy nén và các thiết bị không được vượt quá những giới hạn cho phép về nhiệt độ, độ bền và an toàn do đơn vị chế tạo thiết bị quy định.

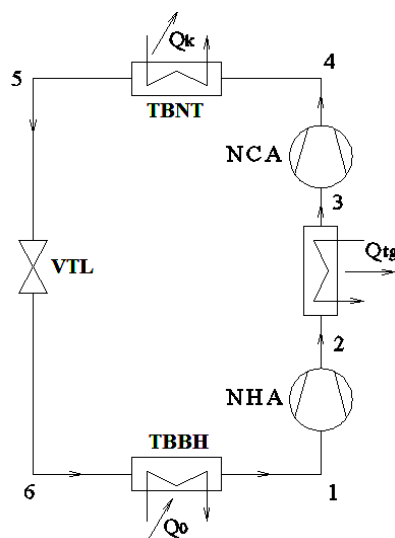
Nếu số giờ hoạt động của máy trong năm nhỏ hoặc rất nhỏ, thường người ta chọn máy nén một cấp nén, phải chấp nhận hệ số lạnh nhỏ nhưng giảm được đáng kể số vốn đầu tư, lắp đặt và ngược lại.

Có rất nhiều chu trình 2 cấp nén với cách bố trí thiết bị khác nhau. Ở đây, một số chu trình 2 cấp nén cơ bản và thông dụng, chu trình 3 cấp nén để sản xuất đá khô và chu trình ghép tầng sẽ được giới thiệu.

2. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn:

Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hoà khô, riêng quá trình nén được phân thành 2 cấp. Hơi sinh ra ở máy nén hạ áp được làm mát trung gian.

* Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.10 : Sơ đồ nguyên lý

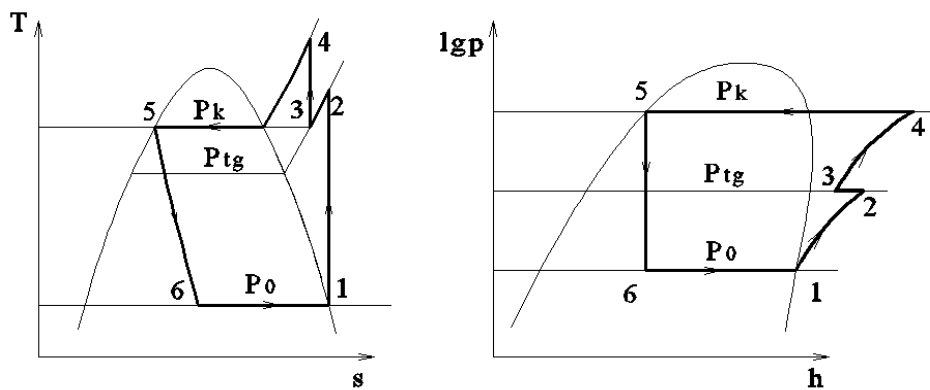
NHA : Máy nén hạ áp ; NCA : Máy nén cao áp ;

Q_{tg} : Thiết bị làm mát trung gian

* Nguyên lý làm việc:

Hơi bão hoà khô sau khi ra TBBH có thông số trạng thái tại 1 được máy nén hạ áp hút về nén đoạn nhiệt – đẳng entropy thành hơi quá nhiệt trung gian có thông số trạng thái 2, hơi quá nhiệt trung gian sau đó được đưa vào thiết bị làm mát trung gian, môi chất nhả nhiệt cho môi trường làm mát không hoàn toàn theo quá trình 2 - 3. Hơi quá nhiệt trung áp ở trạng thái 3 được máy nén cao áp hút về nén đoạn nhiệt – đẳng entropy thành hơi quá nhiệt cao áp đẩy vào TBNT. Tại TBNT, hơi quá nhiệt cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp thành lỏng cao áp ở trạng thái 5. Lỏng sau TBNT được đưa đến van tiết lưu tiết lưu thành hơi bão hoà ẩm có nhiệt độ, áp suất thấp với trạng thái 6 rồi đi vào TBBH. Tại TBBH, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi trở về trạng thái 1. Hơi này được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

* Đồ thị:



Hình 2.11: Đồ thị

* Tính toán chu trình :

- Công nén riêng: $l = l_{NHA} + l_{NCA} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) , \text{kJ/kg} \quad [2-18]$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{tg} = h_2 - h_3 , \text{kJ/kg} \quad [2-19]$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_4 - h_5 , \text{kJ/kg} \quad [2-20]$

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_6 , \text{kJ/kg} \quad [2-21]$

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_o}{v_1} , \text{kJ/m}^3 \quad [2-22]$

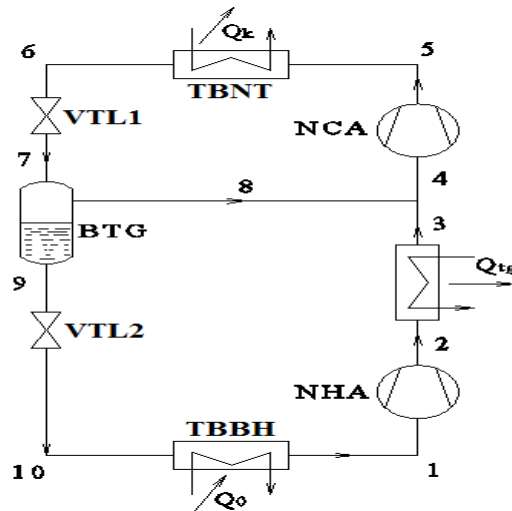
- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k} \quad [2-23]$

- Tỷ số nén : $\pi = \frac{P_k}{P_0} \quad [2-24]$

- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{q_o}{l} \quad [2-25]$

3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn:

* Sơ đồ nguyên lý:

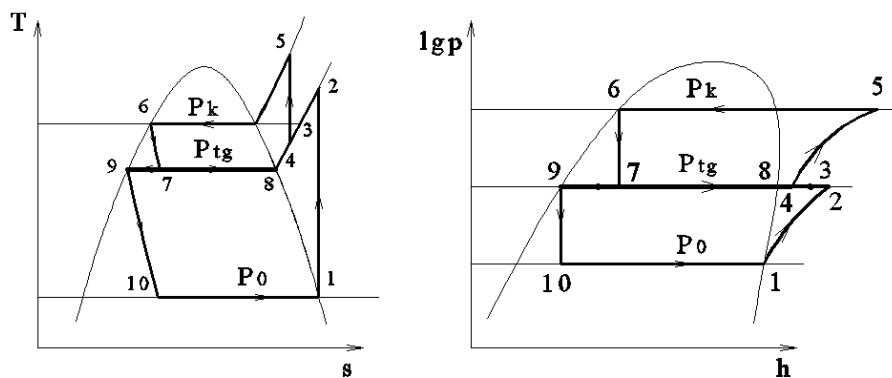


Hình 2.12: Sơ đồ nguyên lý
BTG : Bình trung gian

* Nguyên lý hoạt động:

Hơi sau TBBH có thông số trạng thái 1 được máy nén hạ áp hút về nén đoạn nhiệt – đẳng entropy thành hơi quá nhiệt trung gian có thông số tại trạng thái 2, hơi quá nhiệt trung gian sau đó được đưa vào thiết bị làm mát trung gian, môi chất nhận nhiệt cho môi trường làm mát theo quá trình 2-3. Sau khi ra khỏi thiết bị làm mát trung gian, hơi quá nhiệt trung gian tại 3 được hỗn hợp với hơi từ bình trung gian thành hỗn hợp hơi có số trạng thái 4. Hơi tại 4 được máy nén cao áp hút về nén đoạn nhiệt – đẳng entropy thành hơi quá nhiệt cao áp đẩy vào TBNT. Tại TBNT, hơi quá nhiệt cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp thành lỏng cao áp ở trạng thái 6. Lỏng này qua VTL 1 tiết lưu đến trạng thái 7. Phần hơi sinh ra sau VTL 1 với thông số trạng thái 8 được đưa trở lại đầu hút máy nén cao áp, phần lỏng với trạng thái 9 đi qua VTL 2 tiết lưu thành hơi bão hòa ẩm có nhiệt độ áp suất thấp đưa vào TBBH. Tại TBBH, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi thành hơi ở trạng thái 1, hơi này được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

* Đồ thị:



Hình 2.13: Đồ thị

* Tính toán chu trình:

Gọi m_1 là lượng môi chất vào NHA

m_4 là lượng môi chất vào NCA

Ta có lượng môi chất bão hoà khô ra khỏi BTG là m_8 và lượng lỏng môi chất ra khỏi BTG vào van tiết lưu 2 là m_1

Vậy tại bình trung gian ta có:

* Cân bằng chất : $m_4 = m_1 + m_8$ (1)

* Cân bằng Enthalpy: $m_4 h_7 = m_8 h_8 + m_1 h_9$ (2)

→ $m_4 h_7 = (m_4 - m_1) h_8 + m_1 h_9$

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_8 - h_9}{h_8 - h_7}$$

- Công nén riêng: $l = l_{NHA} + l_{NCA} = (h_2 - h_1) + (h_5 - h_4)$, kJ/kg [2-26]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{tg} = h_2 - h_3$, kJ/kg [2-27]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_5 - h_6$, kJ/kg [2-28]

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_{10}$, kJ/kg [2-29]

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_o}{v_1}$, kJ/m³ [2-30]

- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$ [2-31]

- Tỉ số nén : $\pi = \frac{P_k}{P_0}$ [2-32]

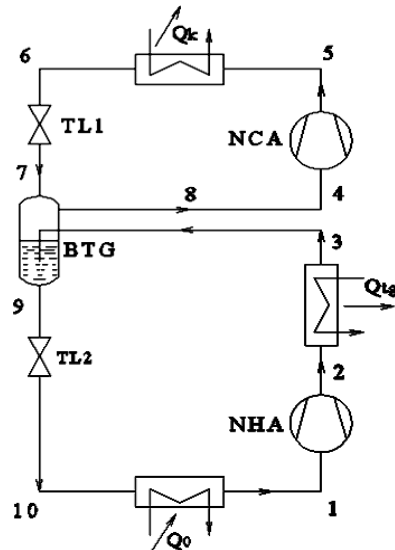
- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{m_1 q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_2} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_2}$ [2-33]

4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn:

Nhược điểm chính của chu trình 2 cấp làm mát trung gian không hoàn toàn là hơi hút về máy nén chưa phải là hơi bão hoà khô → công nén chưa giảm tối đa và nhiệt độ cuối tầm nén cao.

Để khắc phục nhược điểm trên, người ta cho sục thẳng hơi quá nhiệt trung gian vào bình trung gian để làm mát hoàn toàn hơi nén hạ áp sau thiết bị làm mát trung gian.

* Sơ đồ nguyên lý:

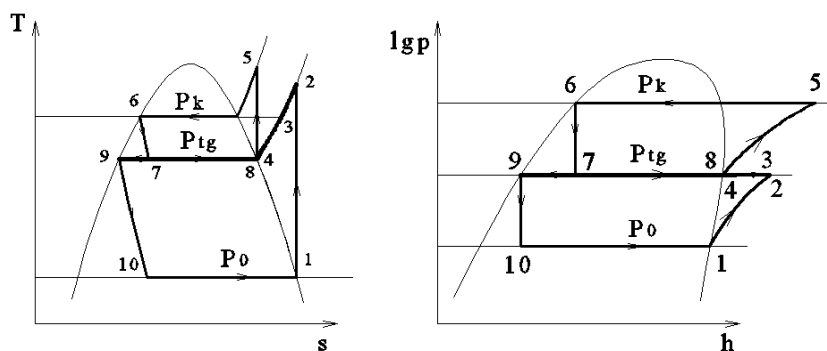


Hình 2.14: Sơ đồ nguyên lý

* Nguyên lý hoạt động:

Hơi sau TBBH có thông số trạng thái 1 được máy nén hạ áp hút về nén đoạn nhiệt- đẳng entropy thành hơi quá nhiệt trung gian có thông số tại trạng thái 2, hơi quá nhiệt trung gian sau đó được đưa vào thiết bị làm mát trung gian, môi chất nhả nhiệt cho môi trường làm mát theo quá trình 2-3. Hơi sau thiết bị làm mát trung gian ở trạng thái 3 được sục thẳng vào bình trung gian. Tại đây hơi sẽ được một phần lỏng sau VTL 1 thu nhiệt bay hơi và làm mát tới trạng thái bão hoà khô ứng với thông số trạng thái 8. Hơi sau bình trung gian tiếp tục được máy nén cao áp hút về nén đoạn nhiệt – đẳng entropy thành hơi quá nhiệt cao áp đẩy vào TBNT. Tại TBNT, hơi quá nhiệt cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng tụ đẳng áp thành lỏng cao áp ở trạng thái 6. Lỏng này qua VTL 1 tiết lưu đến trạng thái 7 đổ vào bình trung gian. Phần hơi sinh ra sau VTL 1 với thông số trạng thái 8 và phần lỏng bay hơi để làm mát hơi từ máy nén hạ áp được đưa trở lại đầu hút máy nén cao áp. Phần lỏng với trạng thái 9 đi qua VTL 2 tiết lưu thành hơi bão hoà ẩm có nhiệt độ áp suất thấp đưa vào TBBH. Tại TBBH, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh sôi và hóa hơi thành hơi ở trạng thái 1, hơi này được máy nén hút về, chu trình cứ thế tiếp diễn.

* Đồ thị:



Hình 2.1 : Đồ thị

* Tính toán chu trình:

Gọi m_1 là lượng môi chất vào NHA

m_4 là lượng môi chất vào NCA,
 $m_4 =$ lượng môi chất vào NHA (m_1) + lượng hơi hình thành sau van tiết lưu 1 (m_8) + lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để làm mát hoàn toàn hơi trung áp (m_9)

Vậy tại bình trung gian ta có:

- Cân bằng chất: $m_4 = m_1 + m_8$ (1)

- Cân bằng Entanpi: $m_1 h_9 + m_4 h_8 = m_1 h_3 + m_4 h_7$ (2)

$$\Rightarrow \frac{m_4}{m_1} = \frac{h_3 - h_9}{h_8 - h_7}$$

- Công nén riêng: $l = l_{NHA} + l_{NCA} = (h_2 - h_1) + (h_5 - h_4)$, kJ/kg [2-36]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{tg} = h_2 - h_3$, kJ/kg [2-37]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_5 - h_6$, kJ/kg [2-38]

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_{10}$, kJ/kg [2-39]

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_o}{v_1}$, kJ/m³ [2-40]

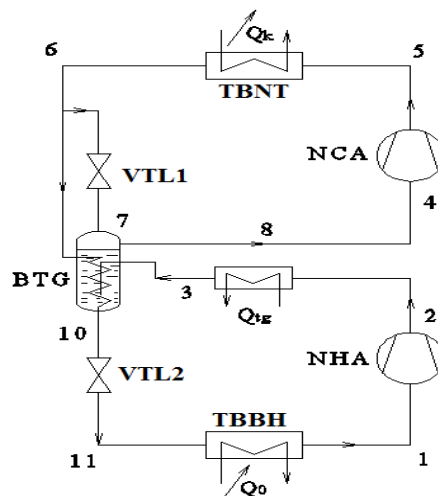
- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$ [2-41]

- Tỉ số nén : $\pi = \frac{P_k}{P_0}$ [2-42]

- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{m_1 q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_2} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_2}$ [2-43]

5. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian ống xoắn:

* Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.16: Sơ đồ nguyên lý

* Nguyên lý hoạt động:

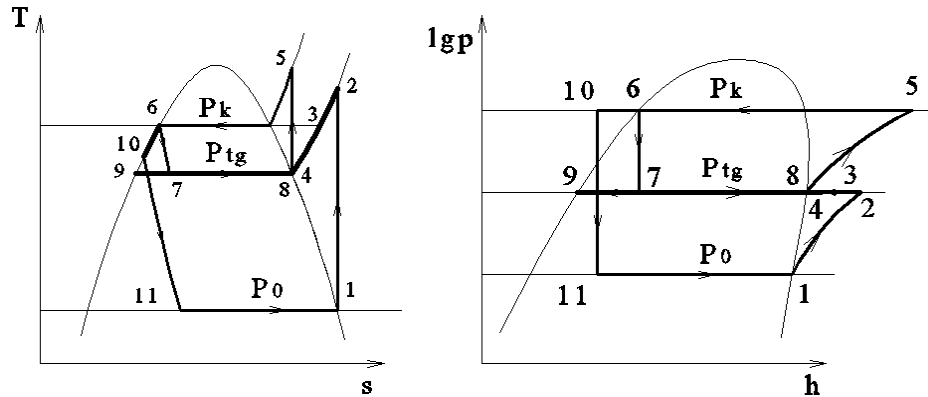
Chu trình cơ bản giống chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn.

Sự khác biệt cơ bản là dòng môi chất từ TBNT đi ra chia làm 2 nhánh:

Nhánh 1: qua VTL 1 tiết lưu thành hơi bão hòa ẩm trung gian đổ vào bình trung gian ống xoắn. Hơi sinh ra sau VTL 1 cùng với lượng lỏng bay hơi để làm mát hơi từ máy nén hạ áp đến và lượng lỏng bay hơi để quá lạnh lỏng cao áp với thông số trạng thái 8 được đưa trở lại đầu hút máy nén cao áp.

Nhánh 2: phần lớn lượng môi chất qua nhánh này đi qua ống xoắn trong bình trung gian và được làm quá lạnh trước khi qua VTL2 tiết lưu thành hơi bão hòa ẩm có nhiệt độ áp suất thấp đưa vào TBBH.

* Đồ thị:



Hình 2.17: Đồ thị

* Tính toán chu trình:

Gọi m_1 là lượng môi chất vào NHA

m_4 là lượng môi chất vào NCA,

$m_4 =$ lượng môi chất vào NHA + lượng hơi hình thành sau van tiết lưu 1 + lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để làm mát hoàn toàn hơi trung áp + lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để quá lạnh lỏng cao áp.

Theo phương trình cân bằng Entanpi tại bình trung gian:

$$m_1 h_6 + m_1 h_2 + (m_4 - m_1) h_7 = m_1 h_{10} + m_4 h_8$$

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_6 + h_2 - (h_7 + h_{10})}{h_8 - h_7}$$

- Công nén riêng: $l = l_{NHA} + l_{NCA} = (h_2 - h_1) + (h_5 - h_4)$, kJ/kg [2-44]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{tg} = h_2 - h_3$, kJ/kg [2-45]

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_5 - h_6$, kJ/kg [2-46]

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_{10}$, kJ/kg [2-47]

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_0}{v_1}$, kJ/m³ [2-48]

- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$ [2-49]

- Tỷ số nén: $\pi = \frac{P_k}{P_0}$ [2-50]

- Hệ số làm lạnh ε :

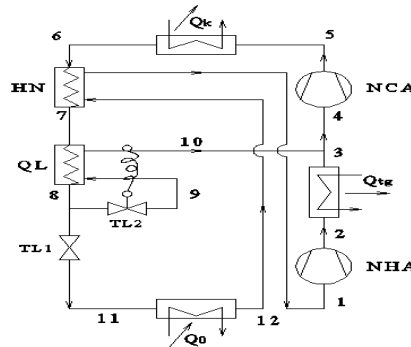
$$\varepsilon = \frac{m_1 q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_2} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_2} \quad [2-51]$$

3.3. Các sơ đồ khác:

6. Chu trình 2 cấp, có quá lạnh, quá nhiệt:

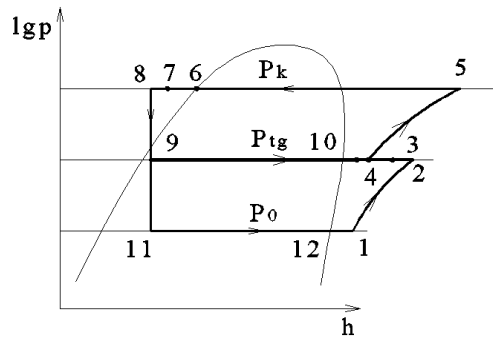
Đây là chu trình hai cấp nén, làm mát trung gian không hoàn toàn, tiết lưu thẳng từ p_k xuống p_o , tiết lưu thứ hai sử dụng môi chất lỏng bay hơi ở áp suất trung gian làm quá lạnh lỏng, có thiết bị hồi nhiệt giữa hơi hút về máy nén hạ áp và lỏng trước khi vào thiết bị quá lạnh, sử dụng chủ yếu cho môi chất frêon.

* Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.18: Sơ đồ nguyên lý

* Đồ thị:



Hình 2.19: Đồ thị

* Nguyên lý hoạt động:

Đặc điểm của sơ đồ này là có thiết bị hồi nhiệt và thiết bị quá lạnh lỏng bằng tiết lưu môi chất lỏng xuống áp suất trung gian bằng van tiết lưu nhiệt. Sau van tiết lưu 2 môi chất có trạng thái 9. Khi ra khỏi thiết bị quá lạnh môi chất ở trạng thái hơi quá nhiệt 10. Độ quá nhiệt 10 được khống chế bằng van tiết lưu nhiệt 2.

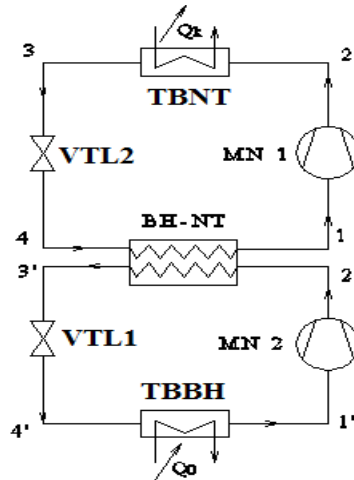
7. Chu trình máy lạnh ghép tầng:

Nguyên lý của chu trình ghép tầng là ghép các chu trình lạnh đơn giản một cấp với nhau theo kiểu: thiết bị bay hơi của cấp trên dùng làm thiết bị ngưng tụ của cấp dưới

Toàn bộ nhiệt thải ra ở thiết bị ngưng tụ ở tầng dưới phải được thải cho thiết bị bay hơi của tầng trên nên năng suất nhiệt tầng dưới phải bằng năng suất lạnh tầng trên. Để đảm bảo sự truyền nhiệt, nhiệt độ ngưng tụ tầng dưới phải lớn hơn nhiệt độ

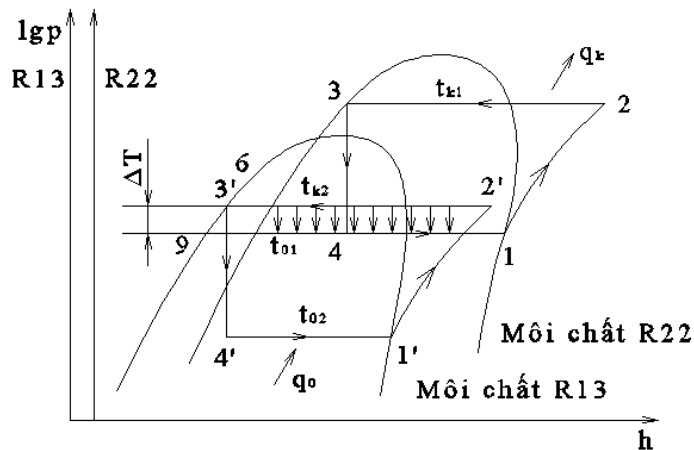
bay hơi tầng trên. Trong máy lạnh ghép tầng, môi chất tầng trên thường là R22 và tầng dưới là R13. Vì vậy, áp suất vận hành trong máy lạnh ghép tầng không quá cao ở thiết bị ngưng tụ và quá thấp ở thiết bị bay hơi như máy lạnh hai hoặc ba cấp nén.

* Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.20: Sơ đồ nguyên lý
BH – NT: Thiết bị bay hơi – ngưng tụ

* Đồ thị:



Hình 2.2 : Sơ đồ nguyên lý

3.4. Bài tập:

Câu 1 : Một máy lạnh nén hơi amoniác cỡ trung có thể tích hút lý thuyết $V_{lt} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$. Biết nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 42^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -10^\circ\text{C}$. Xác định các thông số tại các điểm nút của chu trình? Biết chu trình được tiến hành theo chu trình khô.

Câu 2 : Một máy làm đá làm việc theo chu trình hồi nhiệt, sử dụng môi chất R22, $Q_0 = 100 \text{ kW}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$, $t_0 = -15^\circ\text{C}$. Hãy xác định thông số tại các điểm nút của chu trình?

Câu 3: Tính toán chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn. Biết chu trình sử dụng môi chất R22 :

- a) $Q_0 = 150 \text{ kW}$
 $t_k = 40^\circ\text{C}$
 $t_0 = -35^\circ\text{C}$

- b) $Q_0 = 150 \text{ kW}$
 $t_k = 40^\circ\text{C}$
 $t_0 = -50^\circ\text{C}$