

SỞ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH & XÃ HỘI HÀ NỘI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ TỔNG HỢP HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

**MÔN HỌC: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT -
LẠNH VÀ ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ**
**NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ**
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-TCNTH ngày ... tháng ... năm 2024
của Hiệu trưởng trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội*

Hà Nội, 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

Giáo trình *Cơ Sở Kỹ Thuật Nhiệt - Lạnh Và Điều Hòa Không Khí* là giáo trình được biên soạn ở dạng cơ bản và tổng quát cho học sinh, sinh viên ngành lạnh từ kiến thức nền cho đến kiến thức chuyên sâu. Do đó có một số nội dung mang tính chung không đi vào cụ thể. Giáo trình giúp học sinh, sinh viên có được kiến thức chung rất hữu ích khi cần phải nghiên cứu chuyên ngành sâu hơn. Mặc khác giáo trình cũng đã đưa vào các nội dung mang tính thực tế giúp học sinh, sinh viên gần gũi, dễ nắm bắt vấn đề khi va chạm trong thực tế. Ngoài ra giáo trình cũng có thể sử dụng cho các khối không chuyên muốn tìm hiểu thêm về ngành nhiệt lạnh và điều hòa không khí.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, tác giả đã tham khảo rất nhiều các tài liệu của các tác giả khác nhau cả trong và ngoài nước.

Tác giả cũng xin chân thành gửi lời cảm ơn đến lãnh đạo nhà trường Trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội đã tạo điều kiện giúp đỡ tác giả hoàn thành giáo trình này. Đặc biệt là sự giúp đỡ hỗ trợ nhiệt tình của tập thể giáo viên bộ môn ngành Nhiệt – điện lạnh của trường cũng như các bạn đồng nghiệp đã nhiệt tình đóng góp ý kiến trong quá trình biên soạn.

Hà Nội, ngày.....tháng.... năm 2024

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN.....	1
LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	5
CHƯƠNG 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT	11
1.1 NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT	11
1.1.1 Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới	11
1.1.1.1 Các khái niệm và định nghĩa	11
1.1.1.2 Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới	13
1.1.1.3 Nhiệt dung riêng và tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng	16
1.1.1.4 Công	19
1.1.2 Hơi và các thông số trạng thái của hơi	20
1.1.2.1 Các thể (pha) của vật chất	20
1.1.2.2 Quá trình hoá hơi đẳng áp	21
1.1.2.3 Các đường giới hạn và các miền trạng thái của nước và hơi	23
1.1.2.4 Cách xác định các thông số của hơi bằng bảng và đồ thị lgp-h	23
1.1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi	25
1.1.3.1 Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi trên đồ thị lgp-h	25
1.1.3.2 Quá trình lưu động và tiết lưu	27
1.1.3.3 Quá trình lưu động.....	27
1.1.4 Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt	29
1.1.4.1 Khái niệm và định nghĩa chu trình nhiệt động	29
1.1.4.2 Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt	33
1.1.4.3 Chu trình máy lạnh hấp thụ	35
1.2 TRUYỀN NHIỆT	36
1.2.1 Dẫn nhiệt.....	36
1.2.1.1 Các khái niệm và định nghĩa	36
1.2.1.2 Dòng nhiệt ổn định dẫn qua vách phẳng và vách trụ	39
1.2.1.3 Nhiệt trở của vách phẳng và vách trụ mỏng.....	45
1.2.2 Trao đổi nhiệt đối lưu	45
1.2.2.1 Các khái niệm và định nghĩa	45
1.2.2.2 Các nhân tố ảnh hưởng tới trao đổi nhiệt đối lưu.....	47
1.2.3 Trao đổi nhiệt bức xạ.....	47
1.2.3.1 Các khái niệm và định nghĩa	47
1.2.3.2 Dòng nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa các vật.....	52
1.2.3.3 Bức xạ của mặt trời (năng).....	54
1.2.4 Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt	55
1.2.4.1 Truyền nhiệt tổng hợp	55
1.2.4.2 Truyền nhiệt qua vách	56
1.2.4.3 Truyền nhiệt qua vách phẳng và vách trụ.....	56
1.2.4.4 Truyền nhiệt qua vách có cánh.....	57
1.2.4.5 Tăng cường truyền nhiệt và cách nhiệt	58

1.2.4.6 Thiết bị trao đổi nhiệt	59
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH	63
2.1 KHÁI NIỆM CHUNG	63
2.1.1 Ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật.....	63
2.1.2 Các phương pháp làm lạnh nhân tạo	65
2.2 MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH.....	67
2.2.1 Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh	67
2.2.2 Chất tải lạnh.....	73
2.2.3 Bài tập về môi chất lạnh và chất tải lạnh.....	74
2.3 CÁC HỆ THỐNG LẠNH THÔNG DỤNG.....	74
2.3.1 Hệ thống lạnh với một cấp nén.....	74
2.3.1.1 Sơ đồ 1 cấp nén đơn giản	74
2.3.1.2 Sơ đồ có quá nhiệt hơi hút, quá lạnh lỏng và hồi nhiệt	75
2.3.2 Sơ đồ 2 cấp nén có làm mát trung gian	78
2.3.3 Các sơ đồ khác.....	85
2.3.4 Bài tập.....	87
2.4 MÁY NÉN LẠNH	88
2.4.1 Khái niệm	88
2.4.1.1 Vai trò của máy nén lạnh.....	88
2.4.1.2 Phân loại máy nén lạnh.....	88
2.4.2 Máy nén pittông.....	93
2.4.2.1 Máy nén lí tưởng một cấp nén (không có không gian thừa)	93
2.4.2.2 Cấu tạo và chuyển vận.....	93
2.4.2.3. Các hành trình và đồ thị P-V	94
2.4.2.4. Máy nén có không gian thừa	94
2.4.2.5 Năng suất nén V khi có không gian thừa	95
2.4.2.6 Máy nén nhiều cấp có làm mát trung gian	95
2.4.2.7 Cấu tạo và nguyên lý làm việc	96
2.4.2.8 Đồ thị P-V.....	97
2.4.2.9 Tỉ số nén ở mỗi cấp	97
2.4.2.10 Lợi ích của máy nén nhiều cấp.....	98
2.4.2.11 Bài tập tính toán máy nén piston	98
2.4.3 Giới thiệu một số chủng loại máy nén khác	99
2.4.3.1 Máy nén rô to.....	99
2.4.3.2 Máy nén scroll (đĩa xoắn):.....	100
2.4.3.3 Máy nén trục vít.....	102
2.5 CÁC THIẾT BỊ KHÁC CỦA HỆ THỐNG LẠNH	103
2.5.1 Các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu.....	103
2.5.1.1 Thiết bị ngưng tụ	103
2.5.1.2 Vai trò của thiết bị trong hệ thống lạnh.....	103
2.5.1.3 Các kiểu thiết bị ngưng tụ thường gặp	103
2.5.1.4 Tháp giải nhiệt.....	111
2.5.1.5 Thiết bị bay hơi.....	112
2.5.1.6 Vai trò của thiết bị trong hệ thống lạnh.....	112
2.5.1.7 Các kiểu thiết bị bay hơi thường gặp.....	112

2. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí	116
2.5.2 Thiết bị tiết lưu (giảm áp).....	117
2.5.2.1 Giảm áp bằng ống mao.....	117
2.5.2.2 Van tiết lưu	118
2.5.3 Thiết bị phụ, dụng cụ và đường ống của hệ thống lạnh	121
2.5.3.1 Thiết bị phụ của hệ thống lạnh	121
2.5.3.2 Dụng cụ của hệ thống lạnh	126
2.5.3.3 Đường ống của hệ thống lạnh.....	128
CHƯƠNG 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ.....	131
3.1 KHÔNG KHÍ ẨM	131
3.1.1 Các thông số trạng thái của không khí ẩm	131
3.1.1.1 Thành phần của không khí ẩm.....	131
Phân loại không khí ẩm:	131
3.1.1.2 Các thông số trạng thái của không khí ẩm	132
3.1.2 Đồ thị I - d và d - t của không khí ẩm	135
3.1.2.1 Đồ thị I – d.....	135
3.1.2.2 Đồ thị t – d.....	136
3.1.3 Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK	137
3.1.4 Bài tập về sử dụng đồ thị	141
3.2 KHÁI NIỆM VỀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ.....	141
3.2.1 Khái niệm về thông gió và ĐHKK	141
3.2.1.1 Thông gió là gì?.....	141
3.2.1.2 Khái niệm về ĐHKK	142
3.2.1.3 Khái niệm về nhiệt thừa và tải lạnh cần thiết của công trình	142
3.2.2 Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản.....	144
3.2.3 Các hệ thống ĐHKK	146
3.2.3.1 Các khâu của hệ thống ĐHKK	146
3.2.3.2 Phân loại hệ thống ĐHKK.....	147
3.2.4 Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí	147
3.2.4.1 Làm lạnh không khí.....	149
3.2.4.2 Sưởi ấm.....	150
3.2.4.3 Khử ẩm	150
3.2.4.4 Tăng ẩm	151
3.2.4.5 Lọc bụi và tiêu âm	152
3.3 HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN VÀ PHÂN PHỐI KHÔNG KHÍ.....	154
3.3.1 Trao đổi không khí trong phòng.....	154
3.3.1.2 Các hình thức cấp gió và thải gió	160
3.3.1.3 Các kiểu miệng cấp và miệng hồi	163
3.3.2 Đường ống gió.....	164
3.3.2.1 Cấu trúc của hệ thống.....	164
3.3.2.2 Các loại trở kháng thủy lực của đường ống	166
3.3.3 Quạt gió	167
3.3.3.1 Phân loại quạt gió	167
3.3.3.2 Đường đặc tính của quạt và điểm làm việc trong mạng đường ống	168

3.4 CÁC PHẦN TỬ KHÁC CỦA HỆ THỐNG ĐHKK.....	170
3.4.1 Khâu tự động điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong phòng	170
3.4.1.1 Tự động điều chỉnh nhiệt độ.....	171
3.4.1.2 Tự động điều chỉnh độ ẩm trong một số hệ thống ĐHKK công nghệ	173
3.4.2 Lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK.....	173
3.4.2.1 Tác dụng của lọc bụi.....	173
3.4.2.2 Tiếng ồn khi có ĐHKK- nguyên nhân và tác hại	175
3.4.3 Cung cấp nước cho ĐHKK	177
3.4.3.1 Các sơ đồ cung cấp nước lạnh cho hệ thống Water Chiller	177
HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH.....	183
TÀI LIỆU THAM KHẢO	185

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: Cơ sở kỹ thuật nhiệt lạnh và điều hòa không khí

Mã số của mô đun: MH 11

Thời gian thực hiện môn học: 90 giờ

Giới thiệu môn học:

- Là môn học cơ sở ngành, sau khi học các môn vật liệu điện lạnh, an toàn lao động điện lạnh, kỹ thuật đo lường điện lạnh, chuẩn bị các kiến thức cần thiết cho các môn học, các môn học/mô đun kỹ thuật chuyên ngành tiếp theo.

- Là môn học kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

Mục tiêu môn học:

* Về kiến thức:

- Trình bày được kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật Nhiệt - Lạnh và điều hòa không khí, cụ thể là: Các hiểu biết về chất môi giới trong hệ thống máy lạnh và ĐHKK, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy lạnh, cấu trúc cơ bản của hệ thống máy lạnh và ĐHKK;

* Về kỹ năng:

- Tra bảng được các thông số trạng thái của môi chất, sử dụng được đồ thị, biết chuyển đổi một số đơn vị đo và giải được một số bài tập đơn giản;

* Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- Rèn luyện khả năng tư duy logic của sinh viên; các ứng dụng trong thực tế vận dụng để tiếp thu các kiến thức chuyên ngành.

Nội dung chính của môn học:

CHƯƠNG 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT

Mục tiêu:

- Trình bày được các kiến thức chung nhất về kỹ thuật Nhiệt - Lạnh.
- Phân tích được các khái niệm về nhiệt động lực học.
- Trình bày được các kiến thức về hơi và thông số trạng thái hơi.
- Trình bày được các quá trình nhiệt động của hơi.
- Trình bày được các chu trình nhiệt động.
- Trình bày được các quá trình dẫn nhiệt và truyền nhiệt và các thiết bị trao đổi nhiệt.
- Phân tích được các quá trình, nguyên lý làm việc của máy lạnh và các quy luật truyền nhiệt nói chung;
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HSSV.

Nội dung:

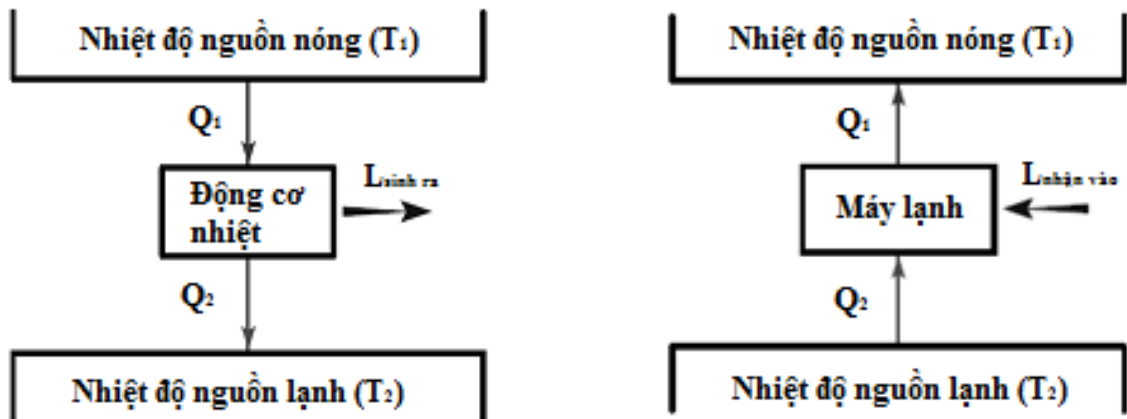
1.1 NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT

1.1.1 Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

1.1.1.1 Các khái niệm và định nghĩa

a) Thiết bị nhiệt : là loại thiết bị có chức năng chuyển đổi giữa nhiệt năng và cơ năng. Thiết bị nhiệt được chia thành 2 nhóm: *động cơ nhiệt* và *máy lạnh*.

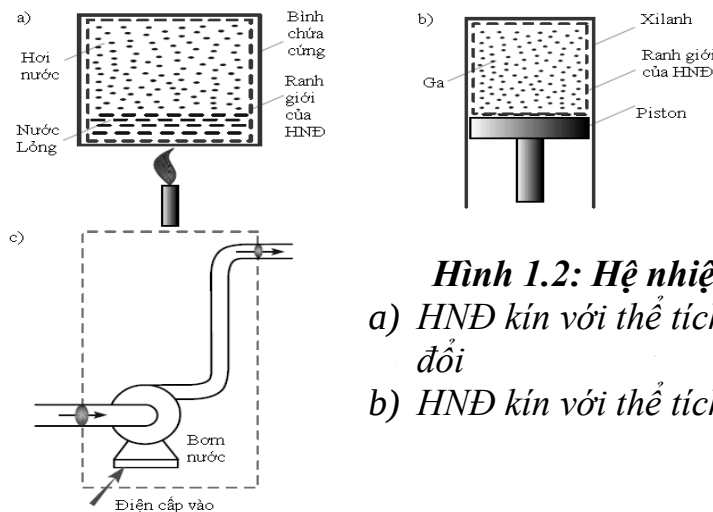
- **Động cơ nhiệt:** Có chức năng chuyển đổi nhiệt năng thành cơ năng như động cơ hơi nước, turbine khí, động cơ xăng, động cơ phản lực, v.v.
- **Máy lạnh:** có chức năng chuyển nhiệt năng từ nguồn lạnh đến nguồn nóng.



Hình 1.1: Nguyên lý làm việc của động cơ nhiệt và máy lạnh, bơm nhiệt

b) Hệ nhiệt động: (HND) là hệ gồm một hoặc nhiều vật được tách riêng ra khỏi các vật khác để nghiên cứu các tính chất nhiệt động của chúng. Tất cả những vật ngoài HND được gọi là *môi trường xung quanh*. Vật thực hoặc tưởng tượng ngăn cách hệ nhiệt động với môi trường xung quanh được gọi là *ranh giới của HND*.

Hệ nhiệt động được phân loại như sau :



Hình 1.2: Hệ nhiệt động

- a) HND kín với thể tích không đổi
b) HND kín với thể tích thay đổi

- **Hệ nhiệt động kín** - HND trong đó không có sự trao đổi vật chất giữa hệ và môi trường xung quanh.
- **Hệ nhiệt động hở** - HND trong đó có sự trao đổi vật chất giữa hệ và môi trường xung quanh.
- **Hệ nhiệt động cô lập** - HND được cách ly hoàn toàn với môi trường xung quanh.

1.1.1.2 Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

a) Khái niệm chất môi giới (CMG):

Chất môi giới hay môi chất công tác được sử dụng trong thiết bị nhiệt là chất có vai trò trung gian trong quá trình biến đổi giữa nhiệt năng và cơ năng.

Thông số trạng thái của CMG là các đại lượng vật lý đặc trưng cho trạng thái nhiệt động của CMG.

b) Các thông số trạng thái của chất môi giới

1. Nhiệt độ

Nhiệt độ (T) - số đo trạng thái nhiệt của vật. Theo thuyết động học phân tử, nhiệt độ là số đo động năng trung bình của các phân tử.

$$\frac{m_{\mu} \cdot \omega^2}{3} = kT \quad [1-1]$$

Trong đó: m_{μ} - khối lượng phân tử

ω - vận tốc trung bình của các phân tử

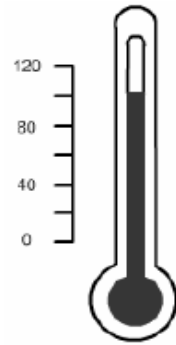
k - hằng số Bonzman, $k = 1,3805 \cdot 10^{-18}$ J/độ

T - nhiệt độ tuyệt đối.

- **Nhiệt kế** : Nhiệt kế hoạt động dựa trên sự thay đổi một số tính chất vật lý của vật thay đổi theo nhiệt độ, ví dụ : chiều dài, thể tích, màu sắc, điện trở , v.v.

- **Thang nhiệt độ**

- 1) Thang nhiệt độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
- 2) Thang nhiệt độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)
- 3) Thang nhiệt độ Kelvin (K)
- 4) Thang nhiệt độ Rankine ($^{\circ}\text{R}$)



Hình 1.3: Nhiệt kế

Mối quan hệ giữa các đơn vị đo nhiệt độ:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \cdot ^{\circ}\text{R} - 273$$

2. Áp suất

- **Khái niệm**

Áp suất của lưu chất (p) - lực tác dụng của các phân tử theo phương pháp tuyến lên một đơn vị diện tích thành chứa.

$$p = \frac{F}{A} \quad [1-2]$$

Theo thuyết động học phân tử :

$$p = \alpha \cdot n \cdot \frac{m_{\mu} \omega^2}{3} \quad [1-3]$$

trong đó : p - áp suất ;

F - lực tác dụng của các phân tử ;

A - diện tích thành bình chứa ;

n - số phân tử trong một đơn vị thể tích ;

α - hệ số phụ thuộc vào kích thước và lực tương tác của các phân tử.

• Đơn vị áp suất

1) N/m^2 ; 5) mm Hg (tor - Torricelli, 1068-1647)

2) Pa (Pascal) ; 6) mm H₂O

3) at (Technical Atmosphere) ; 7) psi (Pound per Square Inch)

4) atm (Physical Atmosphere) ; 8) psf (Pound per Square Foot)

Mối quan hệ giữa các đơn vị đo áp suất:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg (at } 0^{\circ} \text{C)} = 10,13 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 2116 \text{ psf (lbf/ft}^2\text{)}$$

$$1 \text{ at} = 2049 \text{ psf}$$

$$1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 10 \text{ mH}_2\text{O} = 735,5 \text{ mmHg} = 14,7 \text{ psi}$$

• Phân loại áp suất

1) *Áp suất khí quyển* (p_0) - áp suất của không khí tác dụng lên bề mặt các vật trên trái đất.

2) *Áp suất dư* (p_d) – là phần áp suất tuyệt đối lớn hơn áp suất khí quyển

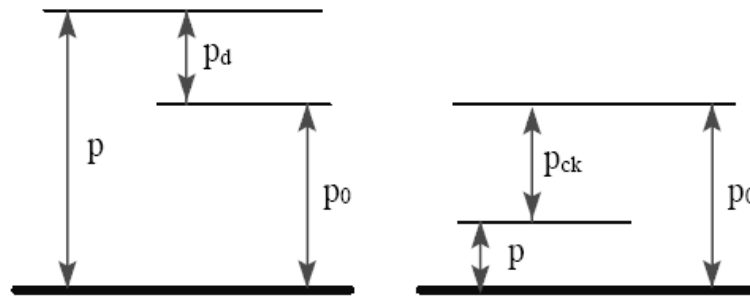
$$p_d = p - p_0 \quad [1-4]$$

3) *Áp suất tuyệt đối* (p) - áp suất của lưu chất so với chân không tuyệt đối.

$$p = p_d + p_0 \quad [1-5]$$

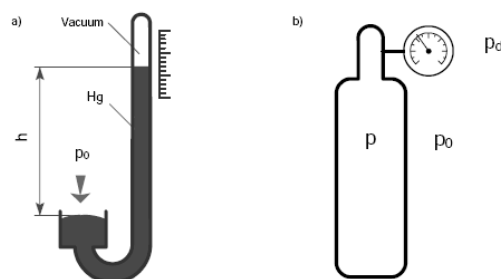
4) *Áp suất chân không* (p_{ck}) - phần áp suất tuyệt đối nhỏ hơn áp suất khí quyển.

$$p_{ck} = p_0 - p \quad [1-6]$$



Hình 1.4: Các loại áp suất

• **Áp kế**



Hình 1.5: Dụng cụ đo áp suất

a) Barometer, b) Áp kế

Ghi chú : Khi đo áp suất bằng áp kế thủy ngân, chiều cao cột thủy ngân cần được hiệu chỉnh về nhiệt độ 0°C .

$$h_0 = h (1 - 0,000172 \cdot t) \quad [1-7]$$

trong đó : t - nhiệt độ cột thủy ngân, $^{\circ}\text{C}$

h_0 - chiều cao cột thủy ngân hiệu chỉnh về nhiệt độ 0°C

h - chiều cao cột thủy ngân ở nhiệt độ $t^{\circ}\text{C}$

3. Thể tích riêng và khối lượng riêng

• *Thể tích riêng* (v) - Thể tích riêng của một chất là thể tích ứng với một đơn vị khối lượng chất đó : $v = \frac{V}{m}$ $[\text{m}^3/\text{kg}]$ [1-8]

• *Khối lượng riêng* (ρ) - Khối lượng riêng - còn gọi là *mật độ* - của một chất là khối lượng ứng với một đơn vị thể tích của chất đó :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad [1-9]$$

4. Nội năng

Nội nhiệt năng (u) - gọi tắt là *nội năng* - là năng lượng do chuyển động của các phân tử bên trong vật và lực tương tác giữa chúng.

Nội năng gồm 2 thành phần : nội động năng (u_d) và nội thế năng (u_p).

- Nội động năng liên quan đến chuyển động của các phân tử nên nó phụ thuộc vào nhiệt độ của vật.

- Nội thế năng liên quan đến lực tương tác giữa các phân tử nên nó phụ thuộc vào khoảng cách giữa các phân tử. Như vậy, nội năng là một hàm của nhiệt độ và thể tích riêng : $u = u(T, v)$

Đối với khí lý tưởng, lực tương tác giữa các phân tử bằng 0 nên nội năng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Lượng thay đổi nội năng của khí lý tưởng được xác định bằng các biểu thức:

$$du = C_v dT \quad \text{và} \quad \Delta u = C_v(T_2 - T_1) \quad [1-10]$$

Đối với 1kg môi chất, nội năng kí hiệu là u , đơn vị là J/kg; Đối với Gkg môi chất, nội năng kí hiệu là U , đơn vị là J. Ngoài ra nội năng còn có một số đơn vị khác như: kCal; kWh; Btu...

$$1\text{kJ} = 0,239 \text{ kcal} = 277,78 \cdot 10^{-6} \text{ kWh} = 0,948 \text{ Btu}$$

5. Enthalpy

Enthalpy (i) - là đại lượng được định nghĩa bằng biểu thức :

$$i = u + p.v \quad [1-11]$$

Như vậy, cũng tương tự như nội năng, enthalpy của khí thực là hàm của các thông số trạng thái. Đối với khí lý tưởng, enthalpy chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

6. Entropy

Entropy (s) là một hàm trạng thái được định nghĩa bằng biểu thức :

$$ds = \frac{dq}{T} \quad [J/^{\circ}K] \quad [1-12]$$

1.1.1.3 Nhiệt dung riêng và tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng

a) Các khái niệm chung

- **Nhiệt năng (nhiệt lượng):** là dạng năng lượng truyền từ vật này sang vật khác do sự chênh lệch nhiệt độ.

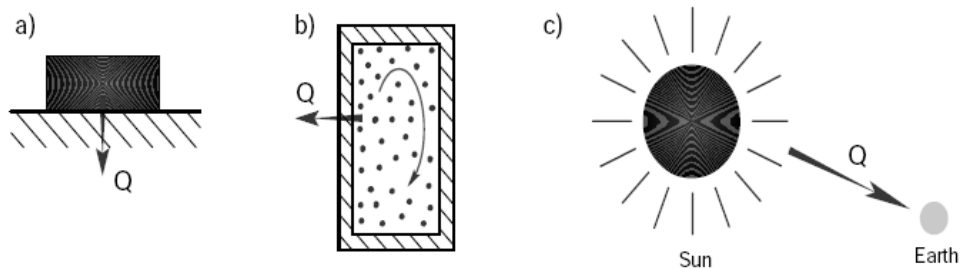
Đơn vị đo nhiệt năng :

1) *Calorie (Ca)* - 1 Ca là nhiệt năng cần thiết để làm nhiệt độ của 1 gam nước tăng từ $14.5^{\circ}C$ đến $15.5^{\circ}C$.

2) *British thermal unit (Btu)* - 1 Btu là nhiệt năng cần thiết để làm nhiệt độ của 1 pound nước tăng từ $59.5^{\circ}F$ lên $60.5^{\circ}F$.

3) Joule (J) - 1 [J]

1 Ca = 4.187 J 1 Btu = 252 Ca = 1055 J



Hình 1.6: Các hình thức truyền nhiệt

- Nhiệt dung và nhiệt dung riêng

Nhiệt dung của một vật là lượng nhiệt cần cung cấp cho vật hoặc từ vật tỏa ra để nhiệt độ của nó thay đổi 1° .

$$C = \frac{dQ}{dt} \quad [\text{J/độ}] \quad [1-13]$$

Nhiệt dung riêng (NDR) - còn gọi là *Tỷ nhiệt* - là lượng nhiệt cần cung cấp hoặc tỏa ra từ 1 đơn vị số lượng vật chất để nhiệt độ của nó thay đổi 1° .

• *Phân loại NDR theo đơn vị đo lường vật chất :*

1) Nhiệt dung riêng khối lượng $c = \frac{C}{m}$, [J/kg . độ] [1-14]

2) Nhiệt dung riêng thể tích $c' = \frac{C}{V_{tc}}$, [J/m³_{tc} . độ] [1-15]

3) Nhiệt dung riêng mol $c_{\mu} = \frac{C}{N}$ [J/kmol . độ]

[1-16] • *Phân loại NDR theo quá trình nhiệt động :*

1) NDR đẳng tích $c_v, c_v', c_{\mu v}$

2) NDR đẳng áp $c_p, c_p', c_{\mu p}$

• *Công thức Maye :*

$$c_p - c_v = R \quad [1-17]$$

$$c_{\mu p} - c_{\mu v} = R_{\mu} = 8314 \text{ [J/kmol.độ]} \quad [1-18]$$

• *Chỉ số đoạn nhiệt :*

$$k = \frac{c_p}{c_v} \quad [1-19]$$

Trị số k của khí thực phụ thuộc vào loại chất khí và nhiệt độ. Đối với khí lý tưởng, k chỉ phụ thuộc vào loại chất khí.

- Quan hệ giữa c , k và R :

$$c_v = \frac{1}{k-1} \cdot R; c_p = \frac{k}{k-1} \cdot R \quad [1-20]$$

- Nhiệt dung riêng của khí thực :

NDR của khí thực phụ thuộc vào bản chất của chất khí, nhiệt độ, áp suất và quá trình nhiệt động :

$$c = f(T, p, \text{quá trình}).$$

Trong phạm vi áp suất thông dụng, áp suất có ảnh hưởng rất ít đến NDR. Bởi vậy có thể biểu diễn NDR dưới dạng một hàm của nhiệt độ như sau :

$$c = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + \dots + a_n \cdot t^n \quad [1-21]$$

- Nhiệt dung riêng của khí lý tưởng :

NDR của khí lý tưởng chỉ phụ thuộc vào loại chất khí mà không phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất.

Bảng 1.1: Chỉ số đoạn nhiệt và nhiệt dung riêng của khí lý tưởng

Loại khí	k	$c_{\mu v} [kJ/kmol. deg]$	$c_{\mu p} [kJ/kmol. deg]$
Khí 1 nguyên tử	1,6	12,6	20,9
Khí 2 nguyên tử	1,4	20,9	29,3
Khí nhiều nguyên tử	1,3	29,3	37,4

- Nhiệt dung riêng của hỗn hợp khí

$$c = \sum_{i=1}^n g_i \cdot c_i; c = \sum_{i=1}^n r_i \cdot c_i; c = \sum_{i=1}^n r_i \cdot c_{\mu i} \quad [1-22]$$

b) Tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng trung bình

❖ Tính NDR trung bình trong khoảng nhiệt độ $t_1 \div t_2$ khi biết NDR trung bình trong khoảng nhiệt độ $0 \div t$:

- NDR trung bình trong khoảng nhiệt độ $0 \div t$:

$$c|_0^t = a_0 + a_1 \cdot t$$

- Theo định nghĩa NDR : $c = dq/dt$

- Nhiệt trao đổi trong quá trình 1 - 2 : $q|_{t_1}^{t_2} = \int_{t_1}^{t_2} c \cdot dt = c|_{t_1}^{t_2} \cdot (t_2 - t_1)$

- Mặt khác có thể viết :

$$q|_{t_1}^{t_2} = q|_0^{t_2} - q|_0^{t_1} = c|_0^{t_2} \cdot (t_2 - 0) - c|_0^{t_1} \cdot (t_1 - 0) = c|_0^{t_2} \cdot t_2 - c|_0^{t_1} \cdot t_1$$

• Từ đó ta có :

$$c|_{t_1}^{t_2} = \frac{c|_0^{t_2} \cdot t_2 - c|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} = a_0 + a_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

[1-23]

❖ *Tính nhiệt dung riêng trung bình trong khoảng nhiệt độ $t_1 \div t_2$ khi biết*

NDR thực $c = a_0 + a_1 \cdot t$:

$$c|_{t_1}^{t_2} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} c \cdot dt}{t_2 - t_1} = \frac{\left(a_0 \cdot t_2 + a_1 \cdot \frac{t_2^2}{2} \right) - \left(a_0 \cdot t_1 + a_1 \cdot \frac{t_1^2}{2} \right)}{t_2 - t_1}$$

$$c|_{t_1}^{t_2} = a_0 + a_1 \cdot \frac{t_2 + t_1}{2} \quad [1-24]$$

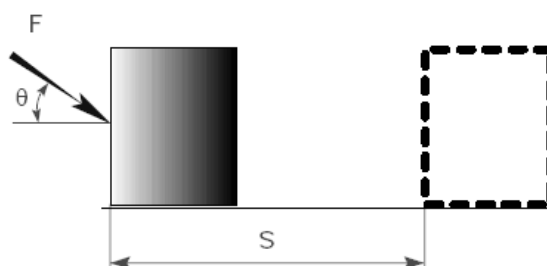
❖ *Tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng trung bình*

$$q = \int_{t_1}^{t_2} c \cdot dt = c|_{t_1}^{t_2} \cdot (t_2 - t_1) \quad [1-25]$$

1.1.1.4 Công

Công - còn gọi là *cơ năng* - là dạng năng lượng hình thành trong quá trình biến đổi năng lượng trong đó có sự dịch chuyển của lực tác dụng. Về trị số, công bằng tích của thành phần lực cùng phương chuyển động và quãng đường dịch chuyển.

$$L = (F \cdot \cos\theta) \cdot S$$



Hình 1.7

Đơn vị

Công là một dạng năng lượng nên đơn vị của công là đơn vị của năng lượng. Đơn vị thông dụng là *Joule* (J). 1 J là công của lực 1 N tác dụng trên quãng đường 1 m.

Phân loại công

1) *Công thay đổi thể tích (l)* - còn gọi là *công cơ học* - là công do CMG sinh ra khi giãn nở hoặc nhận được khi bị nén. Công thay đổi thể tích gắn liền với sự dịch chuyển ranh giới của HNĐ.

Công thay đổi thể tích được xác định bằng biểu thức :

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv \Rightarrow dl = p \cdot dv \quad [1-26]$$

2) *Công kỹ thuật (l_{kt})* - là công của dòng khí chuyển động được thực hiện khi áp suất của chất khí thay đổi.

Công kỹ thuật được xác định bằng biểu thức :

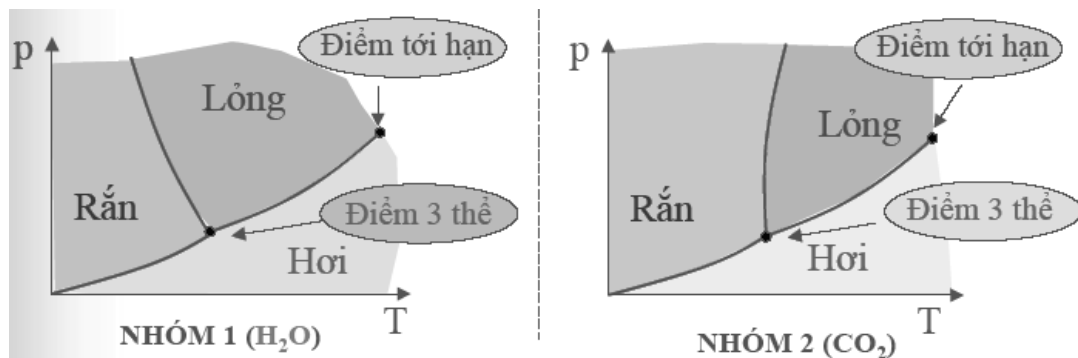
$$l_{kt} = - \int_{p_1}^{p_2} v \cdot dp \Rightarrow dl_{kt} = - v \cdot dp \quad [1-27]$$

Qui ước : Công do HNĐ sinh ra mang dấu (+), công do môi trường tác dụng lên HNĐ mang dấu (-).

1.1.2 Hơi và các thông số trạng thái của hơi

1.1.2.1 Các thể (pha) của vật chất

Chất môi giới là chất có vai trò trung gian trong các quá trình biến đổi năng lượng trong các thiết bị nhiệt. ***Dạng đồng nhất về vật lý của CMG được gọi là pha.*** Ví dụ, nước có thể tồn tại ở pha lỏng, pha rắn và pha hơi (khí). Thiết bị nhiệt thông dụng thường sử dụng CMG ở pha khí vì chất khí có khả năng thay đổi thể tích rất lớn nên có khả năng thực hiện công lớn.



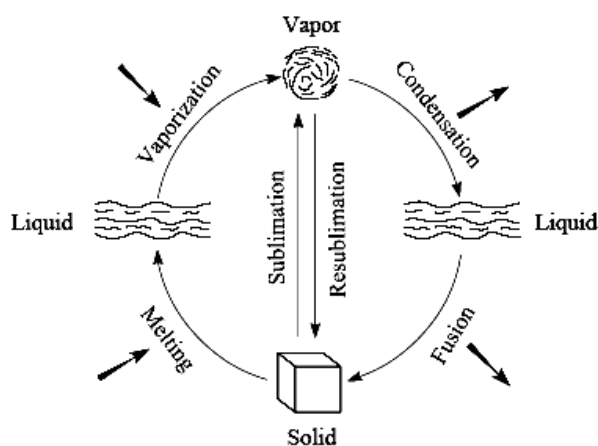
Hình 1.8: Đồ thị biểu diễn pha của chất thuần khiết

Ví dụ các quá trình chuyển pha của nước:

- **Sự hóa hơi và ngưng tụ** : Hóa hơi là quá trình chuyển từ pha lỏng sang pha hơi. Ngược lại, quá trình chuyển từ pha hơi sang pha lỏng gọi là ngưng tụ. Để hóa hơi, phải cấp nhiệt cho CMG. Ngược lại, khi ngưng tụ

CMG sẽ nhả nhiệt. Nhiệt lượng cấp cho 1kg CMG lỏng hóa hơi hoàn toàn gọi là nhiệt hóa hơi (r_{hh}), nhiệt lượng tỏa ra khi 1kg CMG ngưng tụ gọi là nhiệt ngưng tụ (r_{nt}). Nhiệt hóa hơi và nhiệt ngưng tụ có trị số bằng nhau. Ở áp suất khí quyển, nhiệt hóa hơi của nước là 2258 kJ/kg.

- **Sự nóng chảy và đông đặc** : Nóng chảy là quá trình chuyển từ pha rắn sang pha lỏng, quá trình ngược lại được gọi là đông đặc. Cần cung cấp nhiệt để làm nóng chảy CMG. Ngược lại, khi đông đặc CMG sẽ nhả nhiệt. Nhiệt lượng cần cung cấp để 1 kg CMG nóng chảy gọi là nhiệt nóng chảy (r_{nc}), nhiệt lượng tỏa ra khi 1 kg CMG đông đặc gọi là nhiệt đông đặc (r_{dd}). Nhiệt nóng chảy và nhiệt đông đặc có trị số bằng nhau. Ở áp suất khí quyển, nhiệt nóng chảy của nước bằng 333 kJ/kg.



Hình 1.9: Các quá trình chuyển pha của nước

- **Sự thăng hoa và ngưng kết** : thăng hoa là quá trình chuyển trực tiếp từ pha rắn sang pha hơi. Ngược lại với quá trình thăng hoa là ngưng kết. CMG nhận nhiệt khi thăng hoa và nhả nhiệt khi ngưng kết. Nhiệt thăng hoa (r_{th}) và nhiệt ngưng kết (r_{nk}) có trị số bằng nhau. Ở áp suất $p = 0,006$ bar, nhiệt thăng hoa của nước bằng 2818 kJ/kg.

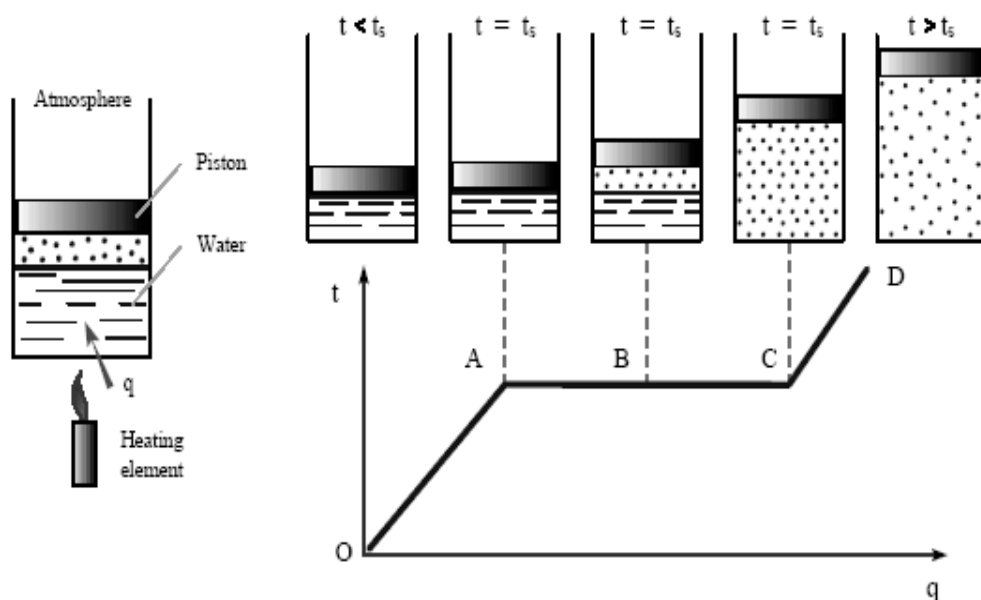
1.1.2.2 Quá trình hoá hơi đẳng áp

Giả sử có 1 kg nước trong xylanh, trên bề mặt nước có một piston có khối lượng không đổi. Như vậy, áp suất tác dụng lên nước sẽ không đổi trong quá trình hóa hơi. Giả sử nhiệt độ ban đầu của nước là t_0 , nếu ta cấp nhiệt cho nước, quá trình hóa hơi đẳng áp sẽ diễn ra. Hình 1.10 thể hiện quá trình hóa hơi đẳng áp, trong đó nhiệt độ phụ thuộc vào lượng nhiệt cấp : $t = f(q)$.

- Đoạn OA biểu diễn quá trình đốt nóng nước từ nhiệt độ ban đầu t_0 đến nhiệt độ sôi t_s . Nước ở nhiệt độ $t < t_s$ gọi là nước chưa sôi. Khi chưa sôi, nhiệt độ của nước sẽ tăng khi tăng lượng nhiệt cấp vào.
- Đoạn AC thể hiện quá trình sôi. Trong quá trình sôi, nhiệt độ của nước không đổi ($t_s = \text{const}$), nhiệt được cấp vào được sử dụng để biến đổi pha mà không làm tăng nhiệt độ của chất lỏng. Thông số trạng thái của nước ở điểm A được ký hiệu là : $i', s', u', v', \dots$. Hơi ở điểm C gọi là hơi bão hòa khô, các thông số trạng thái của nó được ký hiệu là : $i'', s'', u'', v'', \dots$. Hơi ở trạng thái giữa A và C được gọi là hơi bão hòa ẩm, các thông số trạng thái của nó được ký hiệu là $i_x, s_x, u_x, v_x, \dots$
- Sau khi toàn bộ lượng nước được hóa hơi, nếu tiếp tục cấp nhiệt thì nhiệt độ của hơi sẽ tăng (đoạn CD). Hơi có nhiệt độ $t > t_s$ gọi là hơi quá nhiệt. Hơi bão hòa ẩm là hỗn hợp của nước sôi và hơi bão hòa khô. Hàm lượng hơi bão hòa khô trong hơi bão hòa ẩm được đánh giá bằng đại lượng độ khô (x) hoặc độ ẩm (y) :

$$x = \frac{G_h}{G_x} = \frac{G_h}{G_n + G_h} \quad [1-28]$$

Trong đó : x - độ khô; y - độ ẩm; G_x - lượng hơi bão hòa ẩm; G_h - lượng hơi bão hòa khô; G_n - lượng nước sôi.

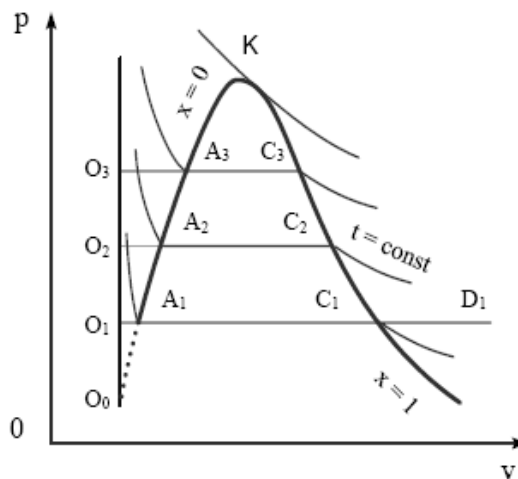


Hình 1.10: Quá trình hóa hơi đẳng áp của nước

1.1.2.3 Các đường giới hạn và các miền trạng thái của nước và hơi

Tương tự, nếu tiến hành quá trình hóa hơi đẳng áp ở những áp suất khác nhau ($p_1, p_2, p_3, \dots$) và cùng biểu diễn trên đồ thị trạng thái $p - v$, sẽ được các đường, điểm và vùng đặc trưng biểu diễn trạng thái của nước như sau :

- Đường trạng thái của nước chưa sôi : đường nối các điểm $O_0, O_1, O_2, O_3 \dots$ gần như thẳng đứng vì thể tích của nước thay đổi rất ít khi tăng hoặc giảm áp suất.
- Đường giới hạn dưới : đường nối các điểm $\dots A_1, A_2, A_3 \dots$ biểu diễn trạng thái nước sôi độ khô $x = 0$.
- Đường giới hạn trên : đường nối các điểm $\dots C_1, C_2, C_3 \dots$ biểu diễn trạng thái hơi bão hòa khô có độ khô $x = 1$.



Hình 1.11: Quá trình hóa hơi đẳng áp của nước trên đồ thị $p-v$

- Điểm tới hạn K : điểm gặp nhau của đường giới hạn dưới và giới hạn trên. Trạng thái tại K gọi là trạng thái tới hạn, ở đó không còn sự khác nhau giữa chất lỏng sôi và hơi bão hòa khô. Các thông số trạng thái tại K gọi là các thông số trạng thái tới hạn. Nước có các thông số trạng thái tới hạn : $p_k = 221 \text{ bar}$, $t_k = 374^\circ \text{C}$, $v_k = 0,00326 \text{ m}^3/\text{kg}$.
- Vùng chất lỏng chưa sôi ($x = 0$): vùng bên trái đường giới hạn dưới .
- Vùng hơi bão hòa ẩm ($0 < x < 1$) : vùng giữa đường giới hạn dưới và trên.
- Vùng hơi quá nhiệt ($x = 1$) : vùng bên phải đường giới hạn trên.

1.1.2.4 Cách xác định các thông số của hơi bằng bảng và đồ thị $\lg p-h$

Hơi của các chất lỏng thường phải được xem như là khí thực, nếu sử dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho hơi thì sai số sẽ khá lớn. Trong tính

toán kỹ thuật cho hơi người ta thường dùng các bảng số hoặc đồ thị đã được xây dựng sẵn cho từng loại hơi.

a) Bảng hơi nước

Trạng thái của CMG được xác định khi biết hai thông số trạng thái độc lập.

Đối với nước sôi ($x = 0$) và hơi bão hòa khô ($x = 1$) chỉ cần biết áp suất (p) hoặc nhiệt độ (t) sẽ xác định được trạng thái vì đã biết trước độ khô. Đối với nước chưa sôi và hơi quá nhiệt người ta thường chọn áp suất (p) và nhiệt độ (t) là hai thông số độc lập để xây dựng bảng trạng thái. Các bảng trạng thái của nước (chưa sôi, nước sôi, hơi bão hòa khô, hơi quá nhiệt) và một số chất lỏng thông dụng thường được cho trong phần phụ lục.

Đối với hơi bão hòa ẩm, người ta không lập bảng trạng thái mà xác định trạng thái của nó trên cơ sở độ khô và các thông số trạng thái của nước sôi và hơi bão hòa khô như sau :

$$v_x = v' + x (v'' - v') \quad [1-29]$$

$$i_x = i' + x (i'' - i') \quad [1-30]$$

$$s_x = s' + x (s'' - s') \quad [1-31]$$

$$u_x = u' + x (u'' - u') \quad [1-32]$$

Nội năng không có trong các bảng và đồ thị. Nội năng được xác định theo enthalpy bằng công thức sau :

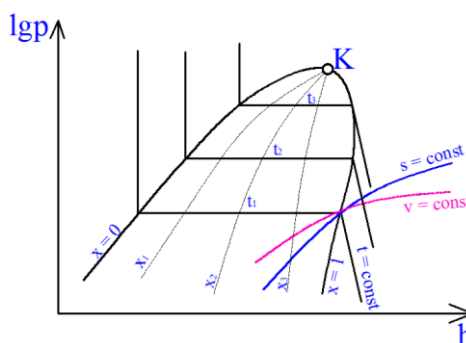
$$u = i - pv \quad [1-33]$$

b) Đồ thị $\ln p - h$

Bên cạnh việc dùng bảng, người ta có thể sử dụng các đồ thị trạng thái để tính toán cho hơi.

Hình 1.12: Đồ thị $\ln p - h$ của hơi nước

Trên đồ thị $\ln p - h$ các đường đẳng áp là đường thẳng song song với trục hoành. Các

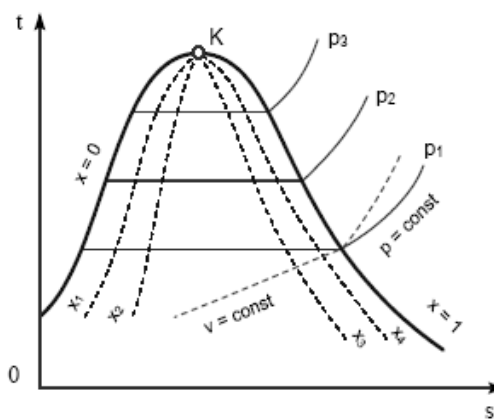


đường đẳng nhiệt trong vùng hơi bão hòa ẩm trùng với các đường đẳng áp tương ứng, ở vùng hơi quá nhiệt là những đường cong hướng xuống gần như thẳng đứng trong khi đó ở vùng lỏng chưa sôi có thể xem là đường thẳng đứng song

song với trục tung. Chiều tăng của nhiệt độ cùng với chiều tăng của áp suất. Các đường đẳng entropy và đẳng tích là các đường cong có bề lồi quay về phía trên nhưng đường đẳng entropy dốc hơn so với đường đẳng tích. Các đường có độ khô không đổi ($x = \text{const}$) xuất phát từ điểm tới hạn K tỏa xuống phía dưới.

c) Đồ thị T - s của hơi nước

Trên đồ thị T-s (Hình 1.13), các đường đẳng áp $p = \text{const}$ trong vùng nước chưa sôi hầu như trùng với đường giới hạn dưới ($x = 0$), trong vùng hơi bão hòa ẩm là các đoạn thẳng nằm ngang và trùng với đường đẳng nhiệt ($T = \text{const}$), trong vùng hơi quá nhiệt là các đường cong đi lên. Chiều tăng của áp suất cùng với chiều tăng của nhiệt độ



Hình 1.13: Đồ thị T - s của hơi nước

1.1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi

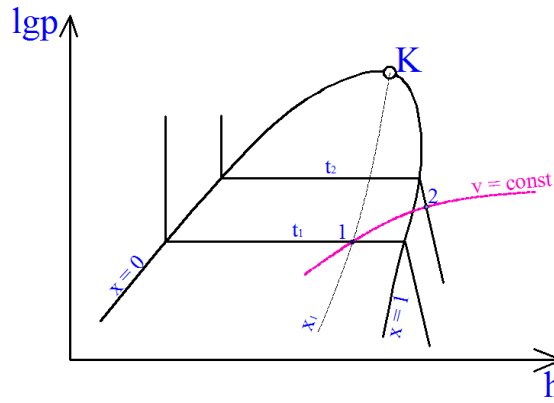
1.1.3.1 Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi trên đồ thị lgp-h

Các quá trình cơ bản của chất thuần khiết cũng được khảo sát thông qua nước và hơi nước.

Để khảo sát một quá trình nào đó, ta thường phải tiến hành các bước sau:

- Xác định điểm biểu diễn trạng thái đầu của quá trình trên đồ thị tương ứng.
- Từ đặc điểm của quá trình và một thông số trạng thái đã biết của điểm cuối ta xác định được điểm biểu diễn trạng thái cuối.
- Kết hợp giữa bảng và đồ thị ta sẽ xác định được các thông số trạng thái cần thiết, và qua đó tính được lượng nhiệt và công trao đổi giữa chất môi giới và môi trường.

a) Quá trình đẳng tích ($v = \text{const}$)



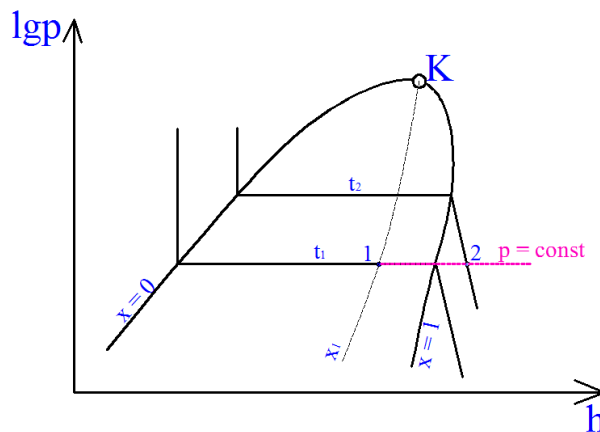
Hình 1.14: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng tích

- Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 \cdot v_2) - (i_1 - p_1 \cdot v_1)$ [1-34a]

- Công của trong quá trình: $l = \int_1^2 p \cdot dv = 0$ [1-34b]

- Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $\Delta q = \Delta u + l = \Delta u$ [1-34c]

b) Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$)



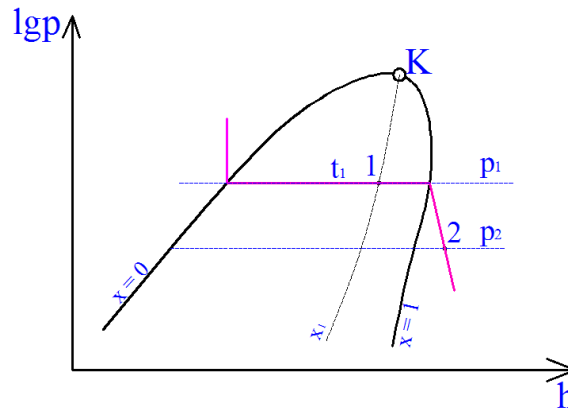
Hình 1.15: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng áp

- Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 \cdot v_2) - (i_1 - p_1 \cdot v_1)$ [1-35a]

- Công của trong quá trình: $l = \int_1^2 p \cdot dv = p(v_2 - v_1)$ [1-35b]

- Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $\Delta q = \Delta u + l = i_2 - i_1$ [1-35c]

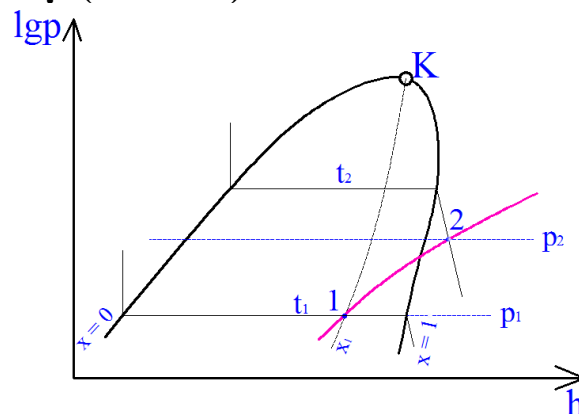
c) Quá trình đẳng nhiệt ($t = \text{const}$)



Hình 1.16: Đồ thị biểu diễn quá trình đẳng nhiệt

- Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 \cdot v_2) - (i_1 - p_1 \cdot v_1)$ [1-36a]
- Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $q = T(s_2 - s_1)$ [1-36b]
- Công của trong quá trình: $l = q - \Delta u$ [1-36c]

d) Quá trình đoạn nhiệt ($s = \text{const}$)



Hình 1.17: Đồ thị biểu diễn quá trình đoạn nhiệt

- Nội năng: $\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - p_2 \cdot v_2) - (i_1 - p_1 \cdot v_1)$ [1-37a]
- Nhiệt lượng tham gia trong quá trình: $q = 0$ [1-37b]
- Công của trong quá trình: $l = q - \Delta u = - \Delta u$ [1-37c]
- Công kỹ thuật của quá trình : $l_{kt} = - \Delta i = i_1 - i_2$ [1-37d]

1.1.3.2 Quá trình lưu động và tiết lưu

1.1.3.3 Quá trình lưu động

a) Khái niệm: Trong thực tế kỹ thuật, tùy theo mục tiêu kỹ thuật, ta có thể gặp rất nhiều các quá trình lưu động với các dạng khác nhau trong các thiết bị. Ví dụ: trong một số động cơ hiện nay khi yêu cầu tốc độ động cơ lớn, nếu sử dụng động cơ piston sẽ gặp một số hạn chế như: sức bền không cho phép, công suất thừa... Để khắc phục người ta sử dụng loại động cơ có cánh (Tuabin) dung

trong máy phát điện, động cơ phản lực... Trong trường hợp này dòng khí hoặc hơi có chuyển động tương đối lớn nên ta không thể bỏ qua động năng của chúng được. Sự chuyển động của dòng khí hoặc hơi như vậy gọi là quá trình lưu động.

b) Giả thiết khi nghiên cứu quá trình lưu động:

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu quá trình lưu động, ta dựa trên một số các giả thiết sau:

- Chuyển động của dòng trong kênh dẫn là đoạn nhiệt.
- Tất cả các thông số đặc trưng cho trạng thái của CMG ở mỗi tiết diện đều là hằng số.
- Tốc độ dòng ở mỗi tiết diện ngang đều là hằng số.
- Điều kiện chuyển động trong kênh dẫn không thay đổi theo thời gian, lưu lượng qua tiết diện là hằng số.

1.1.3.4 Quá trình tiết lưu

a) Khái niệm: Thực nghiệm cho thấy khi dòng lưu chất chuyển động trong ống nếu gặp trở lực đột ngột (van, ống mao, van tiết lưu...) thì áp suất phía sau tiết diện bị thu hẹp sẽ thấp hơn áp suất phía trước. Quá trình này gọi là quá trình tiết lưu.

b) Đặc điểm

- Quá trình tiết lưu là quá trình không thuận nghịch và là quá trình đoạn nhiệt nên không phải là quá trình đẳng entropy (trao đổi nhiệt giữa CMG và môi trường rất nhỏ).
- Khi qua tiết lưu áp suất giảm nhưng không sinh công ngoài mà để thắng sức cản do ma sát và xoáy.

Từ định luật nhiệt động 1 cho dòng khí ta có:

$$dq = di + d(\omega^2/2) = 0 \text{ (đoạn nhiệt)}$$

$$\Rightarrow di = -\omega \cdot d\omega$$

Tích phân từ 0 đến 1 ta được:

$$i_0 - i_1 = (\omega_1^2 - \omega_0^2)/2 \quad [1-38]$$

Theo thực nghiệm vận tốc trước và sau tiết lưu xem như không đổi nên $\omega_1 = \omega_0$, do đó $i_0 = i_1$.

Vậy quá trình tiết lưu là quá trình có enthalpy của chất môi giới không bị thay đổi.

- Đối với khí lý tưởng ta có:

$$di = c_p \cdot dT = 0$$

Nên quá trình tiết lưu đối với khí lý tưởng có nhiệt độ không đổi.

1.1.4 Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt

1.1.4.1 Khái niệm và định nghĩa chu trình nhiệt động

a) Định nghĩa về chu trình:

Trong các máy nhiệt, để sinh công một cách liên tục, CMG sau khi giãn nở cần phải tạo ra quá trình để đưa CMG về trạng thái ban đầu. Nó có nghĩa CMG phải tạo các quá trình kín, hay nói cách khác là nó thực hiện một chu trình.

b) Chu trình thuận chiều

** Định nghĩa:*

Chu trình thuận chiều là chu trình mà môi chất nhận nhiệt từ nguồn nóng nhả cho nguồn lạnh và biến một phần nhiệt thành công, còn được gọi là chu trình sinh công. Qui ước: công của chu trình thuận chiều $l > 0$. Đây là các chu trình được áp dụng để chế tạo các động cơ nhiệt.

Hay nói cách khác: chu trình thuận chiều là chu trình có các quá trình tiến hành theo cùng chiều kim đồng hồ.

** Hiệu quả chu trình:*

Để đánh giá hiệu quả biến đổi nhiệt thành công của chu trình thuận chiều, người ta dùng hệ số η_{ct} , gọi là hiệu suất nhiệt của chu trình.

Hiệu suất nhiệt của chu trình bằng tỷ số giữa công chu trình sinh ra với nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn nóng.

$$\eta_{ct} = \frac{1}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} \quad [1-39]$$

Ở đây: q_1 là nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn nóng,

q_2 là nhiệt lượng mà môi chất nhả ra cho nguồn lạnh,

l là công chu trình sinh ra, hiệu nhiệt lượng mà môi chất trao đổi với nguồn nóng và nguồn lạnh. Vậy ta có: $l = q_1 - |q_2|$, vì $\Delta u = 0$.

c) Chu trình ngược chiều

** Định nghĩa:*

Chu trình ngược chiều là chu trình mà môi chất nhận công từ bên ngoài để lấy nhiệt từ nguồn lạnh nhả cho nguồn nóng, công tiêu tốn được qui ước là công âm, $l < 0$.

Hay nói cách khác: chu trình ngược chiều là chu trình có các quá trình tiến hành theo ngược chiều kim đồng hồ.

** Hệ số làm lạnh:*

Để đánh giá hiệu quả biến đổi năng lượng của chu trình ngược chiều, người ta dùng hệ số ε , gọi là hệ số làm lạnh của chu trình.

Hệ số làm lạnh của chu trình là tỷ số giữa nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn lạnh với công tiêu tốn cho chu trình.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{q_2}{|q_1| - q_2} \quad [1-40a]$$

Trong đó: q_1 là nhiệt lượng mà môi chất nhả cho nguồn nóng,

q_2 là nhiệt lượng mà môi chất nhận được từ nguồn lạnh,

l là công chu trình tiêu tốn, $l = |q_1| - q_2$, vì $\Delta u = 0$.

Còn đối với chu trình bơm nhiệt ta có hệ số bơm nhiệt φ

$$\varphi = \frac{|q_1|}{l} = \frac{|q_1|}{|q_1| - q_2} \quad [1-40b]$$

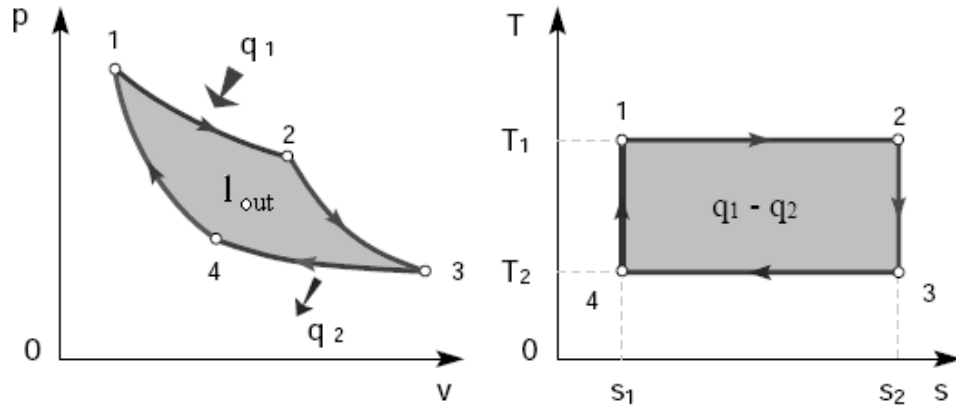
Mối quan hệ giữa φ và ε : $\varphi = 1 + \varepsilon$

d) Chu trình Carno:

- ***Chu trình carno thuận nghịch thuận chiều***

Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno thuận chiều được biểu diễn trên hình 1.18.

- 4-1 là quá trình nén đoạn nhiệt, nhiệt độ môi chất tăng từ T_2 đến T_1 ;
- 1-2 là quá trình dẫn nở đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn nóng có nhiệt độ T_1 không đổi và nhận từ nguồn nóng một nhiệt lượng là $q_1 = T_1(s_2 - s_1)$;
- 2-3 là quá trình dẫn nở đoạn nhiệt, sinh công l , nhiệt độ môi chất giảm từ T_1 đến T_2 ;
- 3-4 là quá trình nén đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 không đổi và nhả cho nguồn lạnh một nhiệt lượng là $q_2 = T_2(s_3 - s_4)$.



Hình 1.18: Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno thuận chiều

Hiệu suất nhiệt của chu trình thuận chiều được tính theo công thức [1-39]. Khi thay các giá trị q_1 và $|q_2|$ vào ta có hiệu suất nhiệt của chu trình Carno thuận nghịch thuận chiều là:

$$\eta_{ct} = \frac{1}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} = \frac{T_1(s_2 - s_1) - T_2(s_3 - s_4)}{T_1(s_2 - s_1)} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad [1-41]$$

* *Nhận xét:*

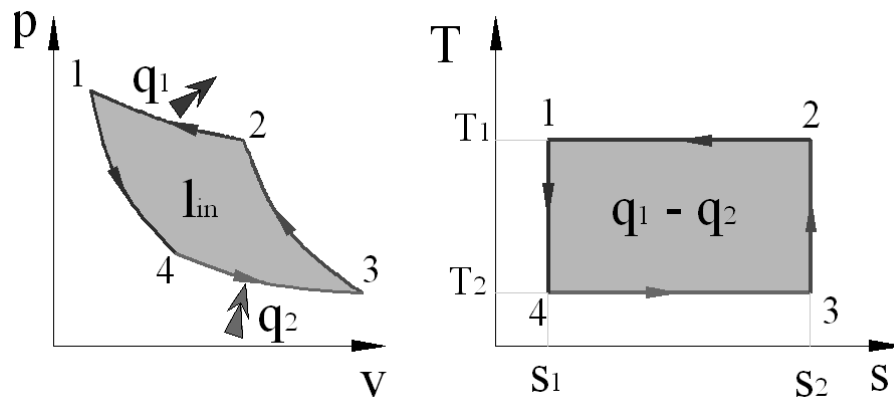
- Hiệu suất nhiệt của chu trình Carno thuận chiều chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nguồn nóng T_1 và nhiệt độ nguồn lạnh T_2 mà không phụ thuộc vào bản chất của môi chất.
- Hiệu suất nhiệt của chu trình Carno càng lớn khi nhiệt độ nguồn nóng càng cao và nhiệt độ nguồn lạnh càng thấp.
- Hiệu suất nhiệt của chu trình Carno luôn nhỏ hơn một vì nhiệt độ nguồn nóng không thể đạt vô cùng và nhiệt độ nguồn lạnh không thể đạt đến không.
- Hiệu suất nhiệt của chu trình Carno thuận nghịch lớn hơn hiệu suất nhiệt của chu trình khác khi có cùng nhiệt độ nguồn nóng và nhiệt độ nguồn lạnh.

- ***Chu trình carno thuận nghịch ngược chiều***

Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno ngược chiều được biểu diễn trên hình 1.19.

- 4-3 là quá trình giãn nở đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 không đổi và nhận từ nguồn lạnh một nhiệt lượng là $q_2 = T_2(s_3 - s_4)$;
- 3-2 là quá trình nén đoạn nhiệt, tiêu tốn công nén là l , nhiệt độ môi chất tăng từ T_2 đến T_1 ;

- 2-1 là quá trình nén đẳng nhiệt, môi chất tiếp xúc với nguồn nóng có nhiệt độ T_1 không đổi và nhả cho nguồn nóng một nhiệt lượng là $q_1 = T_1(s_2 - s_1)$;
- 1-4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt, nhiệt độ môi chất giảm từ T_1 đến T_2 .



Hình 1.19: Đồ thị p-v và T-s của chu trình Carno ngược chiều

Hệ số làm lạnh của chu trình ngược chiều:

Khi thay các giá trị $|q_1|$ và q_2 vào ta có hệ số làm lạnh của chu trình Carno thuận nghịch ngược chiều là:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l} = \frac{q_2}{|q_1| - q_2} = \frac{T_2(s_3 - s_4)}{T_1(s_2 - s_1) - T_2(s_3 - s_4)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1} \quad [1-42]$$

* Nhận xét:

- Hệ số làm lạnh của chu trình Carno ngược chiều chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nguồn nóng T_1 và nhiệt độ nguồn lạnh T_2 mà không phụ thuộc vào bản chất của môi chất.
- Hệ số làm lạnh của chu trình Carno càng lớn khi nhiệt độ nguồn nóng càng thấp và nhiệt độ nguồn lạnh càng cao.
- Hệ số làm lạnh của chu trình Carno có thể lớn hơn 1.

e) Định luật nhiệt động II

- Khi nhiệt độ $T_1 = T_2 = T$ thì hiệu suất $\eta_{ct} = 0$, nghĩa là không thể nhận công từ một nguồn nhiệt. Muốn biến nhiệt thành công thì động cơ nhiệt phải làm việc theo chu trình với hai nguồn nhiệt có nhiệt độ khác nhau. Trong đó một nguồn cấp nhiệt cho môi chất và một nguồn nhận nhiệt môi chất nhả ra. Điều đó có nghĩa là không thể biến đổi toàn bộ nhiệt nhận được từ nguồn nóng thành công hoàn toàn, mà luôn phải mất đi một lượng nhiệt thải cho nguồn lạnh. Có

thể thấy được điều đó vì: $T_1 < \infty$ và $T_2 > 0$, do đó $\eta_{ct} < \eta_{ctCarno} < 1$, nghĩa là không thể biến hoàn toàn nhiệt thành công.

❖ Các hệ quả của định luật nhiệt động II

- Khi hoạt động giữa các giới hạn nhiệt độ như nhau, không thể có bất kì 1 chu trình nhiệt động thuận chiều thực tế nào có hiệu suất nhiệt lớn hơn hoặc bằng hiệu suất nhiệt của chu trình Carno.

$$\max \eta_{ct} = \eta_{ctCarno} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Tất cả các chu trình Carno thuận chiều đều có hiệu suất nhiệt bằng nhau nếu cùng hoạt động giữa các nguồn nóng và nguồn lạnh như nhau.

- Khi tiến hành 1 chu trình thuận nghịch bất kỳ (bao gồm các quá trình thuận nghịch), ta luôn có:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

- Khi tiến hành 1 chu trình không thuận nghịch bất kỳ (bao gồm các quá trình không thuận nghịch), ta luôn có:

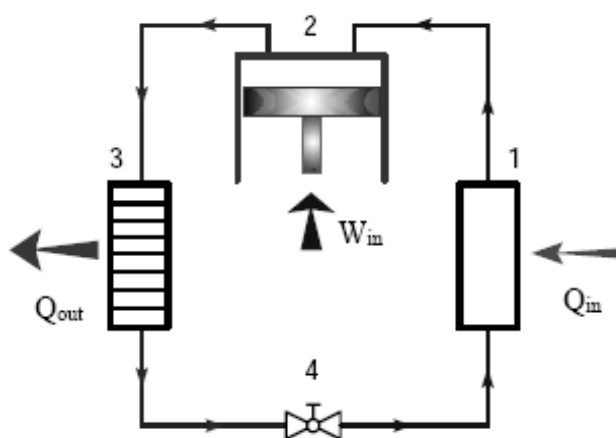
$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$$

Vậy: Hiệu suất nhiệt của chu trình không thuận nghịch nhỏ hơn hiệu suất nhiệt của chu trình thuận nghịch.

$$\eta_{kTN} < \eta_{TN}$$

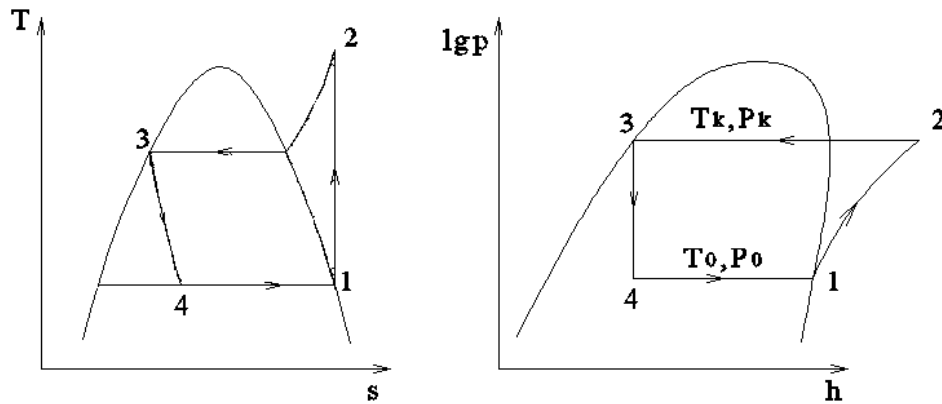
1.1.4.2 Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 1.20: Nguyên lý hoạt động của máy lạnh và bơm nhiệt dùng tác nhân lạnh là chất lỏng dễ bay hơi

1- Thiết bị bay hơi, 2- Máy nén, 3- Thiết bị ngưng tụ, 4- Thiết bị tiết lưu
b) Đồ thị



Hình 1.21: Đồ thị T-s và lg p-h

Trong đó :

- 1-2 : quá trình nén đoạn nhiệt đẳng entropy ở máy nén
- 2-3 : quá trình nhả nhiệt đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ
- 3-4 : quá trình tiết lưu đẳng enthalpy ở thiết bị tiết lưu
- 4-1 : quá trình nhận nhiệt đẳng áp ở thiết bị bay hơi

c) Hệ số làm lạnh và bơm nhiệt :

- Công nén riêng :

$$l = h_2 - h_1 \quad [1-43]$$

- Nhiệt lượng nhận được ở THBH :

$$q_o = h_1 - h_4 \quad [1-44]$$

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT :

$$q_1 = q_k = h_2 - h_3 \text{ hay } q_k = l + q_o \quad [1-45]$$

- Hệ số lạnh:

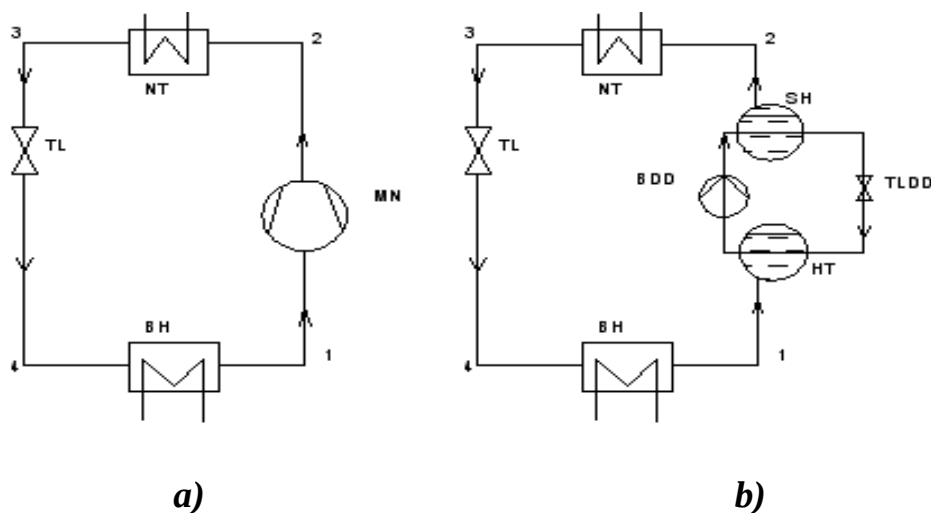
$$\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad [1-46]$$

- Tương tự hệ số bơm nhiệt của chu trình:

$$\varphi = \frac{|q_1|}{l} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad [1-47]$$

1.1.4.3 Chu trình máy lạnh hấp thụ

Để dễ hiểu chúng ta quan sát nguyên lý làm việc của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ biểu diễn trên hình 1.22. Hình 1.22a là máy lạnh nén hơi đơn giản, trong đó quá trình 1-2 là quá trình nén hơi từ áp suất p_o lên p_k ; 2-3 là quá trình ngưng tụ từ hơi thành lỏng; 3-4 là quá trình tiết lưu từ áp suất p_k xuống áp suất p_o và 4-1 là quá trình bay hơi thu nhiệt của môi trường lạnh tạo hiệu ứng lạnh



Hình 1.22: Sơ đồ nguyên lý của máy lạnh

MN – máy nén; NT – thiết bị ngưng tụ; TL – van tiết lưu; BH – thiết bị bay hơi; SH – bình sinh hơi; TLDD – van tiết lưu dung dịch; HT – bình hấp thụ; BDD – bơm dung dịch.

So sánh 2 sơ đồ a và b ta thấy các quá trình 2-3; 3-4; 4-1 là giống nhau. Riêng quá trình nén hơi của 1-2 của máy lạnh hấp thụ được thay bằng “máy nén nhiệt” với 4 thiết bị là bình sinh hơi, bình hấp thụ bơm dung dịch và tiết lưu dung dịch. Quá trình nén hơi như sau: Hơi sinh ra ở thiết bị bay hơi được bình hấp thụ “hút” về nhờ quá trình hấp thụ hơi vào dung dịch loãng. Dung dịch loãng sau hấp thụ hơi trở thành đậm đặc và được bơm lên bình sinh hơi, ở đây dung dịch được nung nóng lên $120^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$, hơi sinh ra đi vào thiết bị ngưng tụ, còn dung dịch trở thành loãng và được tiết lưu trở lại bình hấp thụ. Như vậy dung dịch đã thực hiện một vòng tuần hoàn khép kín HT – BDD – SH – TLDD – HT để nén hơi gas lạnh từ áp suất bay hơi lên áp suất ngưng tụ và đẩy vào thiết bị ngưng tụ. Bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước nóng, khí nóng hoặc dây điện trở và có áp suất cao p_k . Ưu điểm của máy lạnh hấp thụ là:

- Không cần dùng điện nên có thể sử dụng ở những vùng không có điện. Có thể chạy bằng hơi nước thừa, khí thải, than củi.

- Máy rất đơn giản vì phần lớn chỉ là các thiết bị trao đổi nhiệt, trao đổi chất, dễ dàng chế tạo, vận hành;

- Không gây ồn ào vì bộ phận chuyển động duy nhất là bơm dung dịch.

Trong máy lạnh hấp thụ bao giờ cũng phải có gas lạnh và chất hấp thụ. Chất hấp thụ, có khả năng hấp thụ gas lạnh ở áp suất thấp và ở nhiệt độ môi trường, sinh hơi (nhả) gas lạnh ở nhiệt độ và áp suất cao. Chính vì vậy thường người ta gọi chúng là cặp môi chất của máy lạnh hấp thụ. Hai cặp môi chất thường sử dụng là amôniac/nước ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$), trong đó amôniac là gas lạnh, nước là chất hấp thụ và nước/bromualiti ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$) trong đó nước là gas lạnh và Bromualiti là chất hấp thụ.

1.2 TRUYỀN NHIỆT

1.2.1 Dẫn nhiệt

1.2.1.1 Các khái niệm và định nghĩa

a) Trường nhiệt độ:

Nhiệt độ là một thông số trạng thái biểu thị mức độ nóng lạnh của một vật. Trong trường hợp tổng quát nhiệt độ t là hàm số của tọa độ x, y, z và thời gian τ , tức là:

$$t = f(x, y, z, \tau)$$

Đây cũng chính là biểu thức toán học diễn tả trường nhiệt độ tổng quát nhất. Tập hợp giá trị nhiệt độ của tất cả các điểm khác nhau trong không gian tại một thời điểm nào đó gọi là trường nhiệt độ.

Trường nhiệt độ có thể phân thành trường nhiệt độ ổn định (trường nhiệt độ không biến thiên theo thời gian) và trường nhiệt độ không ổn định (trường nhiệt độ biến thiên theo thời gian).

Phương trình trường nhiệt độ ổn định có dạng:

$$t = f(x, y, z) \quad \frac{\partial t}{\partial \tau} = 0 \quad [1-48a]$$

Phương trình trường nhiệt độ không ổn định có dạng:

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad \frac{\partial t}{\partial \tau} \neq 0 \quad [1-48b]$$

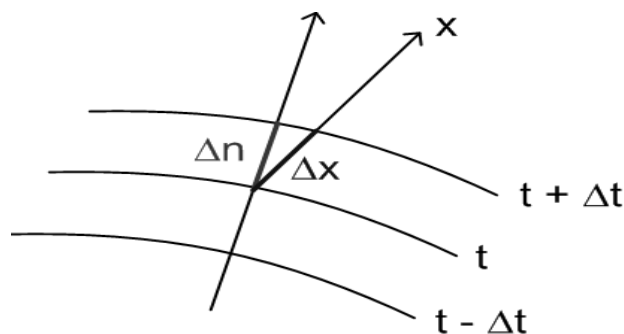
Trường nhiệt độ biến thiên theo 3 tọa độ gọi là trường nhiệt độ ba chiều:

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad [1-49a]$$

Trường nhiệt độ biến thiên theo 2 tọa độ gọi là trường nhiệt độ hai chiều:

$$t = f(x, y, \tau) \quad \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \quad [1-49b]$$

Trường nhiệt độ biến thiên theo 1 tọa độ gọi là trường nhiệt độ một chiều:



Hình 1.23: Mặt đẳng nhiệt

thời

$$t = f(x, \tau) \quad \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \quad [1-49c]$$

Đơn giản nhất là trường nhiệt độ ổn định một chiều:

$$t = f(x) \quad \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0 \quad [1-50]$$

b) Gradient nhiệt độ

Mặt đẳng nhiệt:

Tại một thời điểm nào đó, tập hợp tất cả các điểm của vật có nhiệt độ như nhau ta được những mặt gọi là mặt đẳng nhiệt, hay nói cách khác mặt đẳng nhiệt chính là quỹ tích của các điểm có nhiệt độ như nhau tại một thời điểm nào đó. Bởi vì một điểm trong vật không thể tồn tại hai nhiệt độ do đó các mặt đẳng nhiệt không cắt nhau, nó chỉ cắt bề mặt vật hoặc khép kín bên trong vật.

Gradient nhiệt độ:

Nhiệt độ trong vật chỉ thay đổi theo phương cắt các mặt đẳng nhiệt, đồng thời sự biến thiên nhiệt độ trên một đơn vị độ dài theo phương pháp tuyến với bề mặt đẳng nhiệt là lớn nhất.

Độ tăng nhiệt độ theo phương tiếp tuyến bề mặt đẳng nhiệt được đặc trưng bằng Gradient nhiệt độ. Vậy gradient nhiệt độ là một vectơ có phương trùng với phương pháp tuyến của bề mặt đẳng nhiệt và có chiều dài là chiều tăng nhiệt độ, về giá trị nó bằng đạo hàm của nhiệt độ theo phương đó, nghĩa là:

$$\overrightarrow{grad}t = \overrightarrow{n_0} \frac{\partial t}{\partial n} \quad [1-51]$$

Với: $\overrightarrow{n_0}$: vectơ đơn vị theo phương pháp tuyến với bề mặt đẳng nhiệt và có chiều dài là chiều tăng nhiệt độ.

$\frac{\partial t}{\partial n}$: đạo hàm của nhiệt độ theo phương pháp tuyến n.

c) Mật độ dòng điện :

Mật độ dòng nhiệt: là lượng nhiệt truyền qua một đơn vị diện tích bề mặt đẳng nhiệt vuông góc với hướng truyền nhiệt trong một đơn vị thời gian – q (W/m²)

Dòng nhiệt: là lượng nhiệt truyền qua toàn bộ diện tích bề mặt đẳng nhiệt trong một đơn vị thời gian – Q (W)

$$dQ = qdF; \quad Q = \int_F qdF \quad [1-52]$$

d) Định luật Fourier về dẫn nhiệt

Định luật: *mật độ dòng nhiệt tỉ lệ thuận với gradient nhiệt độ.*

$$q = -\lambda \times grad(t) = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}; [W/m^2] \quad [1-53]$$

Véc tơ mật độ dòng nhiệt có phương trùng với phương của grad(t), chiều dương là chiều giảm nhiệt độ (ngược chiều với grad(t)).

e) Hệ số dẫn nhiệt :

Là nhiệt lượng truyền qua một đơn vị diện tích bề mặt đẳng nhiệt trong một đơn vị thời gian khi grad(t) = 1

$$\lambda = -\frac{q}{\frac{\partial t}{\partial n}} [W/mK] \quad [1-54]$$

Hệ số dẫn nhiệt λ đặc trưng cho khả năng dẫn nhiệt của vật. Hệ số dẫn nhiệt phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Phụ thuộc vào bản chất của các chất

$$\lambda_{\text{rắn}} > \lambda_{\text{lỏng}} > \lambda_{\text{khí}}$$

- Phụ thuộc vào nhiệt độ

$$\lambda = \lambda_0(1 + bt)$$

λ_0 - hệ số dẫn nhiệt ở 0°C

b - hệ số thực nghiệm

**Tính chất của hệ số dẫn nhiệt:*

λ của kim loại nguyên chất và hầu hết chất lỏng (trừ nước và Glyxerin) giảm khi t tăng

Chất cách nhiệt và chất khí có λ tăng khi t tăng

λ của vật liệu xây dựng còn phụ thuộc vào độ xốp và độ ẩm.

$\lambda \leq 0,2 \text{ W/mK}$ có thể làm chất cách nhiệt.

f) Phương trình vi phân dẫn nhiệt :

Để thiết lập phương trình vi phân dẫn nhiệt ta có các giả thuyết sau:

Vật đồng chất và đẳng hướng.

Thông số vật lý là hằng số.

Vật xem là hoàn toàn cứng, nghĩa là sự thay đổi thể tích do nhiệt độ gây nên rất bé.

Các phần tử mô của vật không có sự chuyển động tương đối với nhau.

Nguồn nhiệt bên trong phân bố đều là $q_v = f(x, y, z, \tau)$

Dựa trên cơ sở định luật bảo toàn năng lượng và định luật Fourier để thiết lập phương trình vi phân dẫn nhiệt trong trường hợp khảo sát. Định luật bảo toàn năng lượng trong trường hợp cụ thể này có thể phát biểu dưới dạng sau: “ *Nhiệt lượng dQ đưa vào phần tử thể tích dv sau khoảng thời gian $d\tau$ do dẫn nhiệt và nguồn nhiệt bên trong phát ra bằng sự biến thiên nội năng trong phần tử thể tích vật.* ”

Hay $dQ_1 + dQ_2 = dQ$

trong đó:

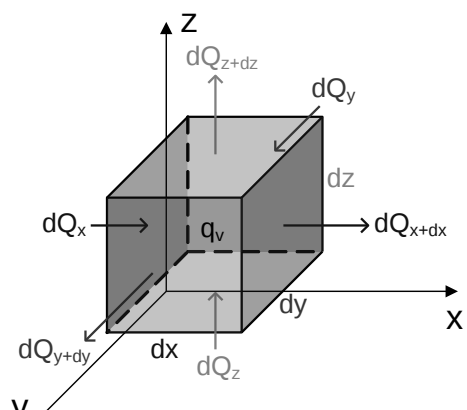
dQ_1 : nhiệt lượng đưa vào phần tử thể tích bằng dẫn nhiệt sau khoảng thời gian $d\tau$

dQ_2 : nhiệt lượng tỏa ra trong phần tử thể tích sau khoảng thời gian $d\tau$ do nguồn nhiệt bên trong.

dQ : độ biến thiên nội năng trong phần tử thể tích dv sau khoảng thời gian $d\tau$.

Phương trình vi phân có dạng tổng quát:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{C\rho}$$



$$\text{Đặt } \nabla^2 t = \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$$

Phương trình viết gọn lại như sau:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{C\rho} \quad [1-55]$$

Trong đó: $a = \frac{\lambda}{C\rho}$: hệ số khuếch tán nhiệt, nó là thông số vật lý tồn tại trong quá trình dẫn nhiệt không ổn định và đặc trưng cho tốc độ biến thiên nhiệt độ của vật.

q_v (W/m³): năng suất phát nhiệt của nguồn nhiệt bên trong

C (kJ/kg.K): nhiệt dung riêng của vật

ρ (kg/m³): khối lượng riêng của vật.

Phương trình [1-55] gọi là phương trình vi phân dẫn nhiệt, nó thiết lập quan hệ giữa nhiệt độ tại một điểm bất kỳ trong vật biến thiên theo không gian và thời gian trong quá trình dẫn nhiệt.

g) Các điều kiện đơn trị :

Điều kiện thời gian: cho sự phân bố nhiệt độ tại thời điểm ban đầu.

Điều kiện hình học: cho biết hình dạng, kích thước của vật đang khảo sát.

Điều kiện biên:

Loại 1: phân bố nhiệt độ trên bề mặt của vật ở thời điểm bất kỳ.

Loại 2: mật độ dòng nhiệt qua bề mặt vật ở thời điểm bất kỳ.

Loại 3: quy luật trao đổi nhiệt giữa bề mặt của vật với môi trường xung quanh.

Điều kiện vật lý: thông số vật lý của vật đang khảo sát.

$$\alpha(t_w - t_f) = -\lambda \left(\frac{dt}{dx} \right)_{x=0} \quad [1-56]$$

Từ phương trình vi phân dẫn nhiệt ổn định chúng ta có thể tìm được sự phân bố nhiệt độ theo tọa độ và theo thời gian, trong chế độ nhiệt ổn định trường nhiệt độ không phụ thuộc theo thời gian, có nghĩa là $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$. Trong trường hợp đó

phương trình vi phân dẫn nhiệt có dạng:

$$a \nabla^2 t + \frac{q_v}{C\rho} = 0 \text{ hoặc } a \nabla^2 t + \frac{q_v}{\lambda} = 0 \quad [1-57]$$

Nếu vật không có nguồn nhiệt bên trong ($q_v=0$) thì phương trình sẽ được viết lại đơn giản như sau:

$$\nabla^2 t = 0 \text{ hoặc } \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$$

Trong chương trình này ta chỉ xét dẫn nhiệt ổn định đối với các vật có hình **đáng** hình học đơn giản và nguồn nhiệt bên trong không tồn tại hoặc phân bố đều trong vật.

1.2.1.2 Dòng nhiệt ổn định dẫn qua vách phẳng và vách trụ

a) Dẫn nhiệt qua vách phẳng không có nguồn nhiệt bên trong

- Vách phẳng một lớp:

Xét một vách phẳng đồng chất và đẳng hướng, chiều dày δ và hệ số dẫn nhiệt λ , lớp có chiều rộng rất lớn so với chiều dày, nhiệt độ hai bên giữ không đổi là t_{w1} , t_{w2} . Trong trường hợp này nhiệt độ chỉ biến thiên theo phương vuông góc với bề mặt. Nếu chọn trục Ox như hình bên thì nhiệt độ không đổi theo phương Oy và Oz , nghĩa là:

$$\frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0$$

Khi các thông số c , ρ , $\lambda = \text{const}$ thì phương trình vi phân dẫn nhiệt đối với vách phẳng một lớp được viết đơn giản như sau:

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = 0 \quad [1-58]$$

Điều kiện biên trong bài toán đang xét (điều kiện biên loại 1) có dạng:

$$\left. \begin{array}{l} x = 0 \quad t = t_{w1} \\ x = \delta \quad t = t_{w2} \end{array} \right\}$$

Để tìm quy luật phân bố nhiệt độ trong vách ta lấy tích phân phương trình [1-58].

Lấy tích phân lần 1 phương trình [1-58] ta được:

$$\frac{dt}{dx} = C_1$$

Tích phân lần 2 ta được:

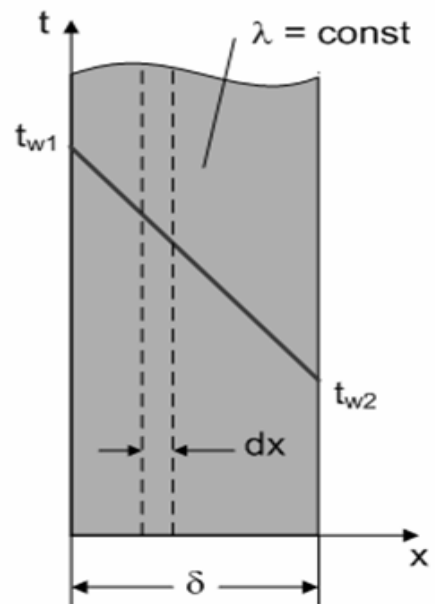
$$t = C_1 x + C_2 \quad [1-59]$$

Từ kết quả trên ta thấy khi hệ số dẫn nhiệt không đổi, nhiệt độ trong vách phân bố theo quy luật đường thẳng.

Hằng số tích phân C_1 , C_2 được xác định theo điều kiện biên:

$$\left. \begin{array}{l} x = 0 \quad t = t_{w1} \\ x = \delta \quad t = t_{w2} \\ t = C_1 x + C_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_1 = -\frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} \\ C_2 = t_{w1} \end{array} \right.$$

Thay vào phương trình [1-59] ta được:



Hình 1.25: Dẫn nhiệt qua vách phẳng một lớp

$$t = t_{w1} - \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} x \quad [1-60]$$

Để xác định mật độ dòng nhiệt qua vách theo phương Ox, dựa vào định luật Fourier:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx}$$

Thay $\frac{dt}{dx} = C_1 = -\frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta}$ vào biểu thức định luật Furie ta được:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \quad (\text{W/m}^2) \quad [1-61]$$

Phương trình [1-61] cho ta thấy rằng nhiệt lượng truyền qua vách trong một đơn vị thời gian tỉ lệ thuận bậc nhất với hệ số dẫn nhiệt, với độ chênh nhiệt độ giữa hai bề mặt vách và tỉ lệ nghịch với chiều dày của vách.

Phương trình [1-61] có thể viết lại dưới dạng:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{W/m}^2) \quad [1-62]$$

Phương trình [1-62] tương tự như phương trình định luật Ohm về điện, chúng ta có thể xem $\frac{\delta}{\lambda}$ là nhiệt trở dẫn nhiệt của vách 1 lớp. Kí hiệu: $R = \frac{\delta}{\lambda}$

Nhiệt lượng truyền qua bề mặt vách F sau khoảng thời gian τ được xác định theo công thức sau:

$$Q = qF\tau = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) F \tau \quad (\text{J}) \quad [1-63]$$

- Vách phẳng nhiều lớp

Vách được tổ hợp từ một số các lớp vật liệu gọi là vách nhiều lớp.

Ví dụ: Vách lò hơi bên trong là lớp gạch chịu lửa, ngoài là lớp gạch đỏ và ngoài cùng là lớp bảo ôn hay vách kho lạnh được làm từ các tấm panel có ba lớp chính gồm hai lớp ngoài cùng bằng tôn, lớp giữa là polyurethan...

Trong phần này chúng ta sẽ giải bài toán dẫn nhiệt qua vách phẳng nhiều lớp. Giả sử chúng ta có các thông số của vách phẳng nhiều lớp như hình dưới.

Các thông số đã biết: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, t_{w1}, t_{w4}$.

Các thông số chưa biết: t_{w2}, t_{w3}

Ở chế độ nhiệt ổn định dòng nhiệt qua các bề mặt đẳng nhiệt bất kỳ của vách bằng nhau, nghĩa là: $\frac{\partial q}{\partial x} = 0$

Mật độ dòng nhiệt qua các vách được tính như sau:

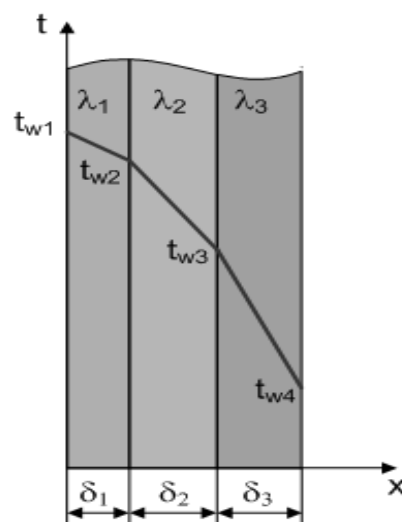
$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{w1} - t_{w2})$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_{w2} - t_{w3})$$

$$q = \frac{\lambda_3}{\delta_3} (t_{w3} - t_{w4})$$

Từ các công thức trên ta xác định được độ chênh nhiệt độ qua các lớp:

$$\left. \begin{aligned} t_{w1} - t_{w2} &= \frac{\delta_1}{\lambda_1} q \\ t_{w2} - t_{w3} &= \frac{\delta_2}{\lambda_2} q \\ t_{w3} - t_{w4} &= \frac{\delta_3}{\lambda_3} q \end{aligned} \right\}$$



Hình 1.26: Dẫn nhiệt qua vách phẳng nhiều lớp

Cộng từng vế các biểu thức trên ta được:

$$t_{w1} - t_{w4} = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right)$$

$$\Rightarrow q = \frac{t_{w1} - t_{w4}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad [1-64]$$

Tương tự ta có thể suy ra cho nhiều lớp:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{(n+1)}}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (\text{W/m}^2) \quad [1-65]$$

Nhiệt trở toàn phần tính bằng công thức: $R_{total} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$

Ta có thể tính t_{w2} , t_{w3} theo công thức sau:

$$t_{w2} = t_{w1} - q \frac{\delta_1}{\lambda_1}, \quad t_{w3} = t_{w2} - q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = t_{w1} - q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \quad [1-66]$$

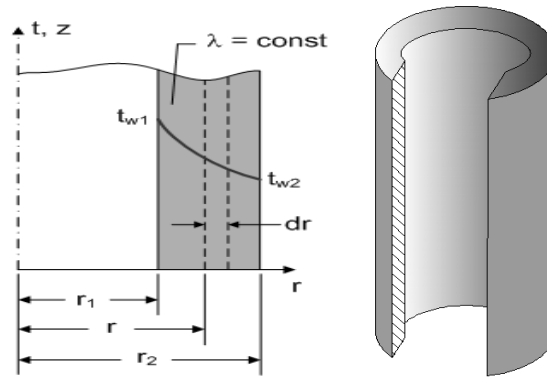
b) Dẫn nhiệt qua vách trụ không có nguồn nhiệt bên trong
- Vách trụ 1 lớp :

Phương trình vi phân dẫn nhiệt trong hệ tọa độ trụ cho vách trụ một lớp được viết như sau:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} = 0 \quad [1-67]$$

Điều kiện biên:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Khi } r = r_1 \quad t = t_{w1} \\ r = r_2 \quad t = t_{w2} \end{array} \right\}$$



Hình 1.27: Dẫn nhiệt qua vách trụ một lớp

Giải phương trình [1-67] kết hợp với điều kiện biên, ta sẽ tìm được phương trình nhiệt độ qua vách trụ.

$$\text{Đặt } u = \frac{dt}{dr}$$

$$\text{Lấy đạo hàm hai vế theo biến } r \text{ ta được : } \frac{d^2t}{dr^2} = \frac{du}{dr}, \quad \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} = \frac{u}{r}$$

Thay vào phương trình (1.34) ta được :

$$\frac{du}{dr} + \frac{1}{r}u = 0 \Rightarrow \frac{du}{u} + \frac{dr}{r} = 0$$

Lấy tích phân hai vế phương trình trên ta được :

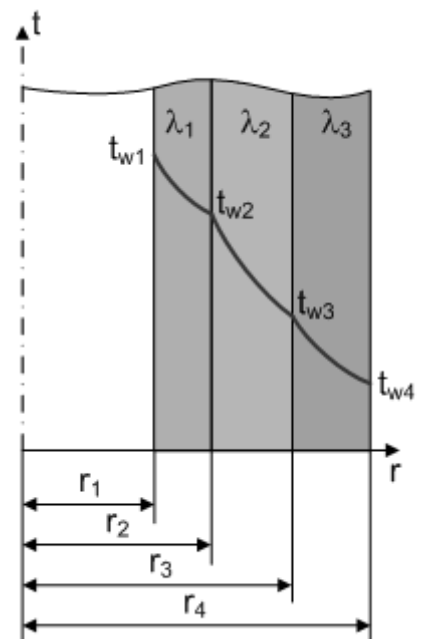
$$\ln u + \ln r = \ln C_1 \Rightarrow u \cdot r = C_1$$

Thay $u = \frac{dt}{dr}$ vào phương trình trên ta được :

$$r \frac{dt}{dr} = C_1 \Rightarrow dt = C_1 \frac{dr}{r}$$

Lấy tích phân hai vế phương trình ta được :

$$t = C_1 \ln r + C_2$$



Hình 1.27: Dẫn nhiệt qua vách trụ nhiều lớp

Căn cứ vào điều kiện biên ta xác định được các hằng số tích phân C_1 , C_2 :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Khi } r = r_1 \text{ thì } t = t_{w1} = C_1 \ln r_1 + C_2 \\ r = r_2 \text{ thì } t = t_{w2} = C_1 \ln r_2 + C_2 \end{array} \right\}$$

Giải hệ trên ta được :

$$C_1 = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{r_1}{r_2}} \quad \text{và} \quad C_2 = t_{w1} - (t_{w1} - t_{w2}) \frac{\ln r_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Thay C_1 và C_2 vào phương trình (1.36) ta được :

$$t = t_{w1} - (t_{w1} - t_{w2}) \frac{\ln \frac{r}{r_2}}{\ln \frac{r_1}{r_2}} \quad \text{hay} \quad t = t_{w1} - (t_{w1} - t_{w2}) \frac{\ln \frac{d}{d_2}}{\ln \frac{d_1}{d_2}}$$

Từ phương trình trên ta thấy đường phân bố nhiệt độ trong vách trụ là một đường logarit.

Để tính mật độ dòng nhiệt qua mặt trụ F trong một đơn vị thời gian chúng ta áp dụng định luật Fourie như sau :

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} F = -\lambda (2\pi r l) \frac{dt}{dr} = -\lambda (2\pi l) \frac{r dt}{dr} = \frac{2\pi \lambda l (t_{w1} - t_{w2})}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (\text{W})$$

$$q = \frac{Q}{l} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi \lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{R_l} \quad (\text{W/m}) \quad [1-68]$$

- **Vách trụ nhiều lớp :**

Giả thiết có một vách trụ được tổ hợp bởi ba lớp vật liệu khác nhau, có các thông số như hình bên.

Khi chế độ nhiệt ổn định, mật độ dòng nhiệt trên một đơn vị độ dài q_l không thay đổi theo chiều dày của vách, nghĩa là : $\frac{\partial q_l}{\partial r} = 0$

Trong trường hợp này dòng nhiệt dẫn qua các lớp có thể tính theo công thức sau :

$$\left. \begin{array}{l} t_{w1} - t_{w2} = q_l R_{l1} \\ t_{w2} - t_{w3} = q_l R_{l2} \\ t_{w3} - t_{w4} = q_l R_{l3} \end{array} \right\} \Rightarrow t_{w1} - t_{w4} = q_l (R_{l1} + R_{l2} + R_{l3})$$

$$q_l = \frac{(t_{w1} - t_{w4})}{R_{l1} + R_{l2} + R_{l3}}$$

Trong trường hợp vách trụ có n lớp ta có công thức tính như sau :

$$q_i = \frac{(t_{w1} - t_{w(n+1)})}{\sum R_{li}} = \frac{(t_{w1} - t_{w(n+1)})}{\sum \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln\left(\frac{d_{i+1}}{d_i}\right)} \quad [1-69]$$

1.2.1.3 Nhiệt trở của vách phẳng và vách trụ mỏng

Ta có nhiệt trở của vách phẳng được xác định: $R_{total} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$

Trường hợp tính nhiệt trở của vách trụ mỏng (có $d_2/d_1 < 2$), để đơn giản có thể sử dụng công thức vách phẳng tính cho vách trụ mà sai số rất nhỏ có thể bỏ qua.

1.2.2 Trao đổi nhiệt đối lưu

1.2.2.1 Các khái niệm và định nghĩa

Là quá trình trao đổi nhiệt nhờ sự chuyển động (vĩ mô) của chất lỏng hoặc chất khí giữa những vùng có nhiệt độ khác nhau.

Trao đổi nhiệt đối lưu luôn kèm theo dẫn nhiệt (nhưng không đáng kể) vì luôn có sự tiếp xúc giữa các phần tử có nhiệt độ khác nhau.

Toả nhiệt đối lưu: là quá trình trao đổi nhiệt đối lưu giữa bề mặt vật rắn với chất lỏng hoặc chất khí chuyển động.

❖ *Công thức Newton:*

Để xác định lượng nhiệt trao đổi giữa bề mặt vách chất lỏng hay chất khí ta có công thức sau::

$$q = \alpha(t_w - t_f)[W/m^2] \quad [1-70]$$

$$Q = qF = \alpha F(t_w - t_f) \quad [W]$$

[1-71]

- q, Q là mật độ dòng nhiệt và dòng nhiệt
- F là diện tích bề mặt trao đổi nhiệt [m²]
- t_w, t_f là nhiệt độ bề mặt vách và chất lỏng ở xa bề mặt vách [°C]
- α là hệ số trao đổi (toả) nhiệt đối lưu [W/m²K]

❖ *Các phương pháp xác định α :*

$$\alpha = f(\lambda, C_p, \rho, \mu, t_w, t_f, \omega, \text{ kích thước } l \dots)$$

Trong đó:

t_w – nhiệt độ bề mặt, (°C)

t_f – nhiệt độ chất lỏng, ($^{\circ}\text{C}$)

ω – tốc độ chuyển động của chất lỏng, (m/s)

λ – hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng, (W/mK)

C_p – nhiệt dung riêng đẳng áp của chất lỏng, (kJ/kgK)

ρ – khối lượng riêng của chất lỏng, (kg/m^3)

μ – độ nhớt động lực học của chất lỏng, (Ns/m^2)

ν – độ nhớt động học, (m^2/s)

β – hệ số dẫn nở thể tích của chất lỏng.

Phương pháp giải tích: viết hệ phương trình vi phân và giải cùng với các điều kiện đơn trị.

Phương pháp thực nghiệm: xây dựng thí nghiệm để đo một số đại lượng cần thiết để từ đó có thể xác định được α

Lý thuyết đồng dạng: để mở rộng kết quả thực nghiệm.

❖ *Lý thuyết đồng dạng:*

Hai hiện tượng vật lý chỉ có thể đồng dạng khi chúng có cùng bản chất vật lý và cùng được mô tả bởi một hệ phương trình vi phân, kể cả điều kiện đơn trị.

Nếu 2 hiện tượng vật lý đồng dạng được biểu diễn bằng phương trình $f(\rho, \lambda, \mu, \tau, l, \dots)$, ta có các hằng số đồng dạng:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = C_\rho; \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = C_\lambda; \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = C_\mu; \quad \frac{\tau_1}{\tau_2} = C_\tau; \quad \frac{l_1}{l_2} = C_l$$

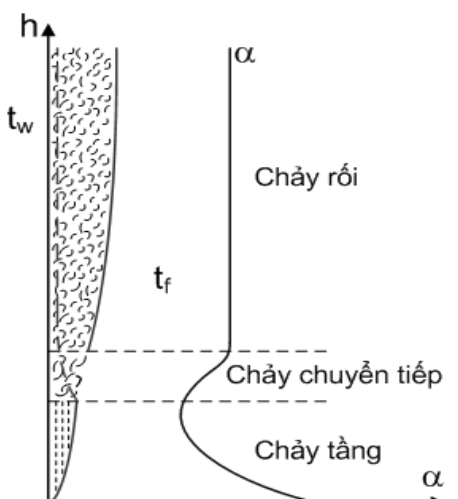
Trong chương trình này chúng ta chỉ giới hạn xét các tiêu chuẩn đồng dạng sau:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}; \quad Re = \frac{\omega l}{\nu}; \quad Gr = \frac{g \beta l^3 \Delta t}{\nu^2}; \quad Pr = \frac{\nu}{a}$$

Nếu 2 hiện tượng vật lý đồng dạng thì các tiêu chuẩn đồng dạng cùng tên có giá trị bằng nhau.

Cụ thể các tiêu chuẩn trên:

- Tiêu chuẩn Nuxen ($Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$) là tiêu chuẩn biểu thị cường độ tỏa nhiệt.
Từ tiêu chuẩn Nuxen ta tính được hệ số tỏa nhiệt α :



Hình 1.28: Tỏa nhiệt đối lưu giữa tấm phẳng và môi

$$\alpha = \frac{Nu \times \lambda}{l} \quad [1-72]$$

- Tiêu chuẩn Raynon ($Re = \frac{\omega l}{\nu}$) là tỉ số giữa lực quán tính và lực nhớt, nó biểu thị sự đồng dạng của dòng chất lỏng hoặc đồng dạng của trường tốc độ.
- Tiêu chuẩn Gratsop: $Gr = \frac{g\beta\lambda^3}{\nu^2} \Delta t$
- Tiêu chuẩn Prant: $Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu C_p}{\lambda}$

1.2.2.2 Các nhân tố ảnh hưởng tới trao đổi nhiệt đối lưu

Những nhân tố ảnh hưởng đến chuyển động của chất lỏng hoặc chất khí đều ảnh hưởng đến quá trình trao đổi nhiệt đối lưu.

* Nguyên nhân gây ra chuyển động :

- Chuyển động tự nhiên do chênh lệch mật độ. Lực nâng $P = g\Delta\rho$.
- Chuyển động cưỡng bức do tác dụng của ngoại lực (bơm, quạt...). Trong chuyển động cưỡng bức luôn kèm theo chuyển động tự nhiên.

* Chế độ chuyển động (phụ thuộc vào $Re = \omega l/\nu$ - ω [m/s]; l [m]; độ nhớt động học ν [m²/s])

- Chảy tầng ($Re < 2300$): quỹ đạo chuyển động của các phần tử song song với nhau.
- Chảy rối ($Re > 2300$): quỹ đạo chuyển động của các phần tử không theo quy luật nào. Trong dòng chảy rối, luôn tồn tại lớp đệm (biên) chảy tầng ở sát bề mặt vách rắn do ma sát giữa chất lỏng với nhau và với vách chất rắn. Chiều dày lớp đệm tầng phụ thuộc vào tốc độ chuyển động và độ nhớt của chất lỏng.

* Tính chất vật lý của chất lỏng hay chất khí: ρ , C_p , λ , a , độ nhớt động học ν [m²/s], độ nhớt động lực học μ [Ns/m²], hệ số giãn nở thể tích β [1/K]. Ta có quan hệ $\mu = \nu \rho$

* Hình dạng, kích thước, vị trí bề mặt trao đổi nhiệt

1.2.3 Trao đổi nhiệt bức xạ

1.2.3.1 Các khái niệm và định nghĩa

Trao đổi nhiệt bức xạ là quá trình trao đổi nhiệt được thực hiện bằng sóng điện từ.

Tia nhiệt là tia bức xạ được các vật hấp thụ và biến thành nhiệt. Quá trình phát sinh và truyền những tia nhiệt được gọi là quá trình bức xạ nhiệt.

Tia nhiệt gồm:

- Ánh sáng trông thấy ($\lambda = 0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$)
- Hồng ngoại ($\lambda = 0,8 \div 400 \mu\text{m}$).

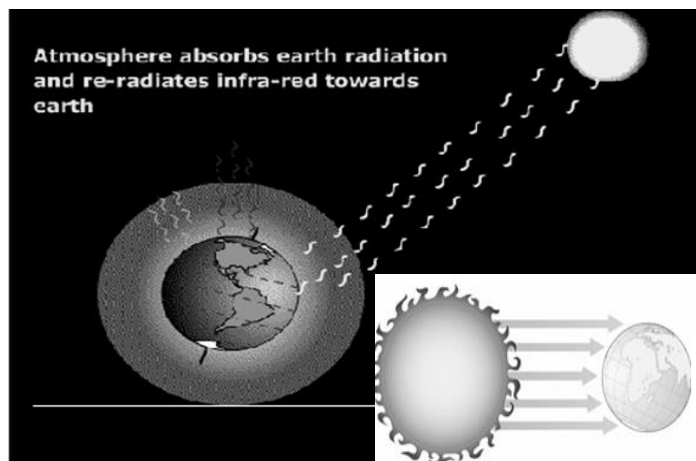
* Đặc điểm của quá trình bức xạ nhiệt là luôn gắn liền với việc chuyển hóa năng lượng từ dạng này sang dạng khác. Khi bức xạ nhiệt năng của vật biến thành năng lượng của các dao động điện từ truyền đi trong không gian với vận tốc ánh sáng, khi gặp các vật khác thì một phần hoặc toàn bộ năng lượng đó bị hấp thụ và biến thành nhiệt năng. Năng lượng này một phần lại được phát trở lại dưới dạng năng lượng sóng điện từ và quá trình cứ thế tiếp tục mãi. Như vậy các vật luôn đồng thời phát ra và hấp thụ năng lượng bức xạ từ các vật khác chiếu đến.

* Nếu hệ gồm các vật có nhiệt độ như nhau thì hệ ấy ở trạng thái cân bằng nhiệt động, trong trường hợp này các vật của hệ đều bức xạ năng lượng cho nhau và đồng thời cũng hấp thụ năng lượng bức xạ của nhau, nhưng năng lượng bức xạ bằng năng lượng hấp thụ.

* Cường độ trao đổi nhiệt bức xạ phụ thuộc vào:

- Độ chênh nhiệt độ giữa các vật
- Nhiệt độ tuyệt đối của các vật.

* Trao đổi nhiệt bức xạ giữa các vật còn có thể xảy ra trong chân không.



Hình 1.34: Bức xạ nhiệt

a) Các đại lượng đặc trưng của trao đổi nhiệt bức xạ:

Trong các trường hợp dòng năng lượng bức xạ từ bên ngoài chiếu đến vật được khảo sát là Q , nó sẽ bị vật hấp thụ một phần Q_A để biến thành nhiệt, một phần sẽ bị phản xạ lại là Q_R , còn một phần xuyên qua vật là Q_D .

Ta có: $Q = Q_A + Q_R + Q_D$

$$\frac{Q_A}{Q} + \frac{Q_R}{Q} + \frac{Q_D}{Q} = 1$$

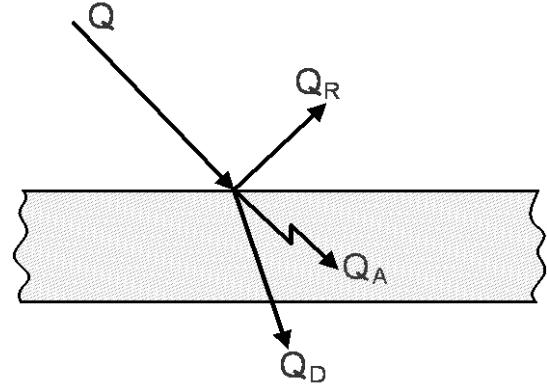
$$A + R + D = 1$$

Trong đó :

$$A = \frac{Q_A}{Q} \text{ Là hệ số hấp thụ}$$

$$R = \frac{Q_R}{Q} \text{ Là hệ số phản xạ của vật}$$

$$D = \frac{Q_D}{Q} \text{ Là hệ số xuyên qua của vật.}$$



Hình 1.35: Sơ đồ phân bố các dòng bức xạ

Các hệ số A , R , D không có thứ nguyên và biến đổi từ 0 đến 1, trị số của chúng phụ thuộc vào bản chất vật lý của vật, nhiệt độ và chiều dài bước sóng mà vật đó phát đi.

- Nếu $A=1$ ($D=R=0$) thì vật có khả năng hấp thụ toàn bộ năng lượng bức xạ chiếu tới nó và được gọi là *vật đen tuyệt đối*.

- Nếu $R=1$ ($D=A=0$) thì vật sẽ phản xạ toàn bộ năng lượng bức xạ tới gọi là *vật trắng tuyệt đối* (vật gương)

- Nếu $D=0$ ($A=R=0$) vật sẽ cho xuyên qua toàn bộ năng lượng bức xạ tới và được gọi là *vật trong suốt tuyệt đối*.

- Trong thực tế không có vật đen tuyệt đối, vật gương, vật trong suốt tuyệt đối. Đối với vật rắn thường gặp trong kỹ thuật có thể coi như $D=0$, nó được gọi là *vật đục*.

- Dòng bức xạ: là *tổng năng lượng* bức xạ phát đi từ *diện tích F* của vật theo mọi hướng của không gian bán cầu *trong một đơn vị thời gian* ứng với *toàn bộ chiều dài bước sóng* ($\lambda = 0 \div \infty$). Ký hiệu Q , đơn vị W .

- Dòng bức xạ đơn sắc: Q_λ (từ λ đến $\lambda + d\lambda$).

- Năng suất bức xạ: là *dòng bức xạ* ứng với *một đơn vị diện tích bề mặt*.

$$E = \frac{dQ}{dF} \quad [W / m^2]$$

[1-98]

Trong đó: dQ – dòng bức xạ toàn phần phát ra từ bề mặt phân tố dF .

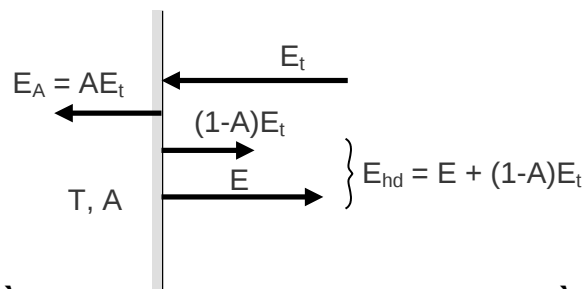
- Cường độ bức xạ: là *năng suất bức xạ* ứng với *một khoảng hẹp (đơn vị) của chiều dài bước sóng*.

$$I_{\lambda} = \frac{dE}{d\lambda} \quad [W / m^3] \quad [1-99]$$

- Năng suất bức xạ riêng: là năng suất bức xạ của bản thân vật.
- Năng suất bức xạ hiệu dụng:

Giả sử một vật đục, bản thân nó phát ra một năng lượng bức xạ gọi là E_1 ; năng lượng bức xạ từ các vật xung quanh chiếu lên nó là E_t , năng lượng này bị vật hấp thụ một phần $A_1 E_t$ phần còn lại là $(1-A_1)E_t$ bị phản hồi trở lại.

$$E_{hd} = E + (1-A)E_t \quad [W / m^2] \quad [1-100]$$



Hình 1.36: Sơ đồ nguyên

lý các thành phần bức xạ

- Vật xám: là vật có I_{λ} (cường độ bức xạ) của nó có dạng (quan hệ $I_{\lambda} - \lambda$) giống $I_{\lambda 0}$ của vật đen tuyệt đối ở mọi nhiệt độ.

$$\frac{I_{\lambda}(T)}{I_{0\lambda}(T)} = \varepsilon = \text{const}$$

ε được gọi là *hệ số bức xạ* hay *độ đen*.

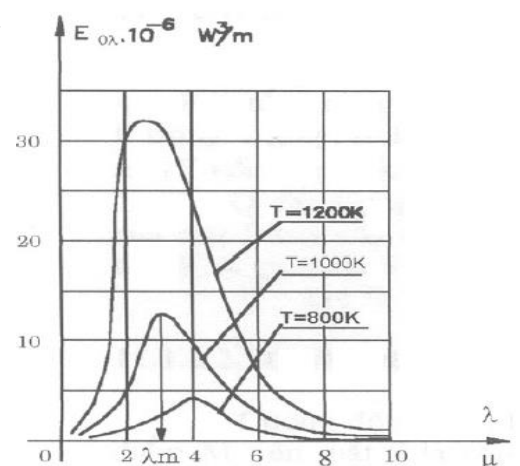
b) Các định luật cơ bản của bức xạ nhiệt:

1. **Định luật Planck:** quan hệ giữa cường độ bức xạ của vật đen tuyệt đối với nhiệt độ và chiều dài bước sóng.

$$I_{0\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} \quad [1-101]$$

$$C_1 = 0,374.10^{-15} \quad [Wm^2]$$

$$C_2 = 1,4388.10^{-2} \quad [mK]$$



Hình 1.37: Đồ thị định hình

λ : chiều dài bước sóng (m)

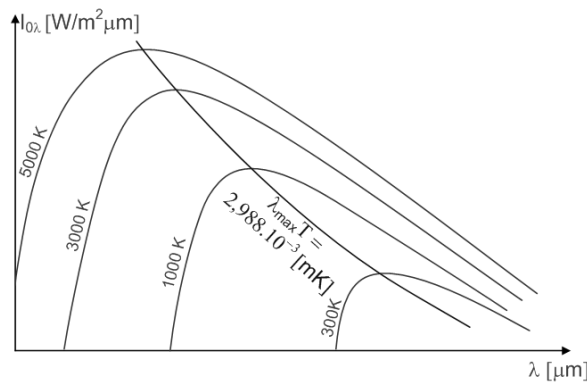
T: nhiệt độ tuyệt đối của vật (K)

Công thức Planck có thể được biểu diễn trên đồ thị như hình trên.

Đồ thị $E_{0\lambda}(\lambda, T)$ cho thấy $E_{0\lambda}$ tăng rất nhanh theo T và chỉ có giá trị đáng kể trong miền $\lambda \in (0.8 \div 10) \cdot 10^{-6}$ m.

Nhiệt độ càng tăng thì giá trị cực đại λ_m của quang phổ càng dịch về phía bước sóng ngắn, quan hệ giữa T và λ_m được xác định theo định luật Wien:

$$\lambda_m T = 2.9 \text{ (mm.K)}$$



Hình 1.38: Đồ thị biểu diễn định luật Wien

2. **Định luật Stefan-Boltzmann:** Năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối lũy thừa 4.

$$E_0 = \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda \quad [1-102]$$

$$E_0 = \sigma_0 T^4 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad [1-103]$$

$\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} [\text{W/m}^2 \text{K}^4]$ là hằng số bức xạ của vật đen tuyệt đối.

$C_0 = 5,67 [\text{W/m}^2 \text{K}^4]$ là hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối

***Định luật Stefan-Boltzmann với vật xám:**

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad [1-104]$$

C - hệ số bức xạ của vật xám

$$E = \int_0^{\infty} I_{\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \varepsilon I_{0\lambda} d\lambda = \varepsilon \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = \varepsilon E_0 \quad [1-105]$$

$$\Rightarrow E = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4; \quad C = \varepsilon C_0$$

3. *Định luật Kirchhoff*: các vật đục ($D = 0$; $A + R = 1$) có cùng nhiệt độ thì tỉ số giữa năng suất bức xạ và hệ số hấp thụ là như nhau và bằng năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối ở cùng nhiệt độ.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = E_0$$

Hay có thể phát biểu như sau:

Trong điều kiện cân bằng nhiệt động, tỉ số giữa khả năng bức xạ và hệ số hấp thụ của vật xám đều bằng nhau và bằng khả năng bức xạ của vật đen tuyệt đối E_0

$$\frac{E}{E_0} = \frac{C \left(\frac{T}{100} \right)^4}{C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4} = \frac{C}{C_0} = \varepsilon = A \quad [1-106]$$

1.2.3.2 Dòng nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa các vật

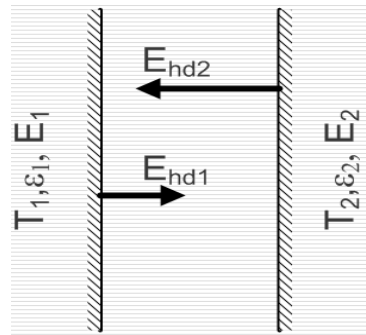
a) Bức xạ nhiệt giữa hai mặt phẳng rộng vô hạn, đặt song song nhau:

Giả sử có hai tấm phẳng rộng vô hạn đặt song song. Tấm thứ 1 có nhiệt độ T_1 , hệ số hấp thụ A_1 , tấm thứ hai có nhiệt độ T_2 , hệ số hấp thụ A_2 .

Giả sử $T_1 > T_2$ yêu cầu tính năng lượng trao đổi nhiệt bức xạ giữa hai tấm trong điều kiện ổn định, nghĩa là nhiệt độ các tấm phẳng T_1 , T_2 không đổi theo thời gian.

Năng lượng trao đổi nhiệt bức xạ giữa hai tấm:

$$\left. \begin{aligned} q_{12} &= E_{hd1} - E_{hd2} \\ E_{hd1} &= E_1 + (1 - A_1)E_{hd2} \\ E_{hd2} &= E_2 + (1 - A_2)E_{hd1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow q_{12} = \frac{A_2 E_1 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}$$



Theo định luật *Stefan-Boltzmann* và *Kirchhof* thì năng lượng bức xạ được tính như sau:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= \varepsilon_1 C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \\ E_2 &= \varepsilon_2 C_0 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \\ \varepsilon &= A \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[\begin{aligned} q_{12} &= \varepsilon_{qd} C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \\ \varepsilon_{qd} &= \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \end{aligned} \right] \quad [1-107]$$

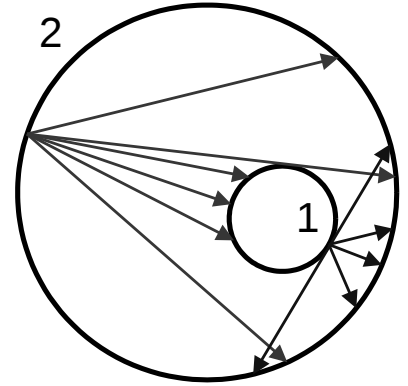
b) Bức xạ nhiệt giữa hai vật bọc nhau

Giả sử có hai vật bọc nhau như hình bên với các thông số sau:

Vật 1: $F_1, T_1, A_1, \varepsilon_1$

Vật 2: $F_2, T_2, A_2, \varepsilon_2$

Hệ số góc bức xạ của vật 2 tới vật 1 là :



Hình 1.39: Trao đổi nhiệt bức xạ giữa hai vật bọc nhau

$$\varphi_{21} = \frac{Q_{21}}{Q_2}$$

$$Q_{12} = \frac{C_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \varphi_{21} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \left[F_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \varphi_{21} F_2 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]; [W] \quad [1-108]$$

Để tìm giá trị φ_{21} chúng ta cần phải xét trong điều kiện cân bằng nhiệt động, tức là $T_1 = T_2$ thì lúc đó $Q_{12} = 0$.

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = T_2 \\ Q_{12} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \varphi_{21} = \frac{F_1}{F_2}$$

$$Q_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} C_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]; [W] \quad [1-109]$$

$$\varepsilon_{qd} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}$$

$$\text{Ta có : } Q_{12} = \varepsilon_{qd} C_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad [1-110]$$

Sau đây chúng ta xét các trường hợp đặc biệt sau :

- Khi $F_1 \ll F_2$ tức xem $F_1/F_2 = 0$ thì :

$$F_2 \gg F_1 \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = 0$$

$$Q_{12} = \varepsilon_1 C_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]; [W] \quad [1-111]$$

- Khi $F_1 \approx F_2$ tức xem $F_1/F_2 = 1$ thì :

$$Q_{12} = \frac{FC_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad [1-112]$$

1.2.3.3 Bức xạ của mặt trời (năng)

Khoảng cách trung bình từ Trái Đất đến Mặt Trời là 149,6 triệu km. Khoảng cách đó cùng với sự tự quay đã làm cho Trái Đất nhận được từ Mặt Trời một lượng bức xạ phù hợp, tạo điều kiện cho sự sống trên Trái Đất tồn tại và phát triển.

Phần lớn năng lượng mặt trời bị phân tán vào vũ trụ, chỉ một phần rất nhỏ của nó đến được trái đất, nhưng "lượng nhỏ" đó cũng đã rất lớn. Cường độ bức xạ mặt trời thay đổi theo vĩ độ, mùa, giờ trong ngày và độ mây che phủ. Cường độ bức xạ có tính chất gần giống với các tia bức xạ phát ra từ vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ gần 6000 K. Trong đó, bao gồm các vùng tia cực tím (Ultra-violet), vùng các tia bức xạ nhìn thấy được và vùng các tia hồng ngoại (Infra-red).

Khi đi vào bầu khí quyển, bức xạ mặt trời sẽ bị:

- Tán xạ chủ yếu bởi các phân tử không khí, hơi nước, hạt nước, hạt bụi,... Kết quả: có khoảng 6% số tia bức xạ bị dội ngược ra ngoài không gian, 20% số tia đến bề mặt trái đất như các tia khuếch tán.
- Hấp thụ bởi các phân tử ozone (ở độ cao trên 40km, khoảng 3% các tia bức xạ đến từ Mặt trời, chủ yếu trong vùng tia cực tím)

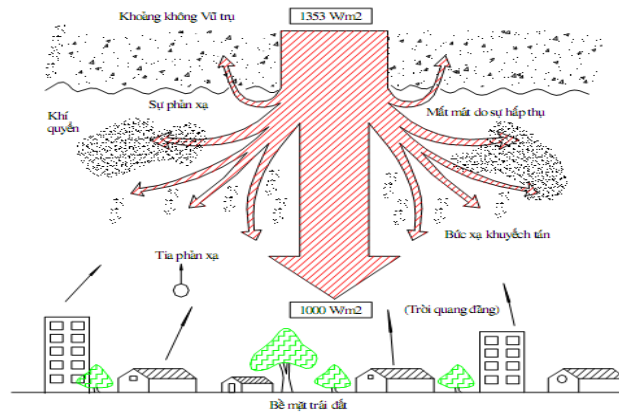
Các tia cực tím $\lambda < 0,29\mu\text{m}$: bị hấp thụ mạnh.

Các tia có $\lambda > 0,29\mu\text{m}$: khả năng hấp thụ giảm xuống đáng kể.

Khi $\lambda > 0,35\mu\text{m}$: không còn khả năng hấp thụ.

(Tuy nhiên, ở vùng lân cận bước sóng $0,6\mu\text{m}$ thì ozone vẫn còn khả năng hấp thụ một ít).

- Hấp thụ bởi hơi nước (ở độ cao thấp hơn, khoảng 14% các tia bức xạ đến từ Mặt trời, chủ yếu trong vùng lân cận tia hồng ngoại, đặc biệt ở trong vùng lân cận các bước sóng $1\mu\text{m}$, $1,4\mu\text{m}$ và $1,8\mu\text{m}$).
- Khả năng hấp thụ các tia bức xạ bởi mây, CO_2 và oxygen rất nhỏ.



Hình 1.40: Quá trình truyền năng lượng bức xạ mặt trời qua lớp khí quyển của trái đất

Kết quả rất ít các tia bức xạ có bước sóng lớn hơn $0,23\mu\text{m}$ có thể đến được bề mặt Trái đất. Phần năng lượng bức xạ mặt trời truyền tới bề mặt trái đất trong những ngày quang đãng ở thời điểm cao nhất vào khoảng $1000\text{W}/\text{m}^2$.

Mặc dù toàn bộ năng lượng chạm đến bầu khí quyển Trái Đất xuất phát từ Mặt Trời là rất lớn, nhưng nó không có mức độ tập trung cao. Vì vậy, bất cứ phương tiện nào bắt lấy năng lượng Mặt Trời cũng phải chiếm một diện tích tương đối lớn để làm tập trung có hiệu quả phần năng lượng cần thiết. Chỉ trong vài thập niên gần đây, loài người mới bắt đầu tìm kiếm cơ chế khai thác tiềm năng khổng lồ của năng lượng Mặt Trời.

Ngày nay năng lượng mặt trời đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực từ nhu cầu sinh hoạt cho đến sản xuất như: sản xuất điện, điều hòa không khí, vận tải, cung cấp nước nóng trong sinh hoạt, công nghệ sấy...

1.2.4 Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt

1.2.4.1 Truyền nhiệt tổng hợp

Trong các phần trước chúng ta đã nghiên cứu riêng lẻ qui luật của các phương thức truyền nhiệt như dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ. Thực tế có một số quá trình là sự kết hợp của hai hay cả ba phương thức truyền nhiệt ở trên và có sự ảnh hưởng tác động qua lại lẫn nhau.

Trong tính toán thực tế thường tính theo dạng ảnh hưởng chính đối với quá trình, còn ảnh hưởng của các dạng phụ khác có thể đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh nào đó.

Ví dụ: quá trình truyền nhiệt trong vật liệu xốp chúng ta xem dẫn nhiệt là chủ yếu còn ảnh hưởng của bức xạ và đối lưu có thể dùng biện pháp tăng hệ số dẫn nhiệt một cách thích đáng. Hay quá trình trao đổi nhiệt tổng hợp giữa bề mặt vật

rắn và chất lỏng, chúng ta thường xem trao đổi nhiệt đối lưu là dạng chủ yếu, trong đó hệ số trao đổi nhiệt đối lưu có thể bổ sung thêm thành phần bức xạ.

1.2.4.2 Truyền nhiệt qua vách

Truyền nhiệt qua vách là bài toán truyền nhiệt tổng hợp, nghiên cứu quá trình truyền nhiệt lượng từ lưu chất này đến lưu chất khác qua một bề mặt vật rắn ngăn cách. Trong trường hợp này trao đổi nhiệt do tác dụng đồng thời của các phương thức truyền nhiệt cơ bản đã trình bày ở trên quyết định.

1.2.4.3 Truyền nhiệt qua vách phẳng và vách trụ

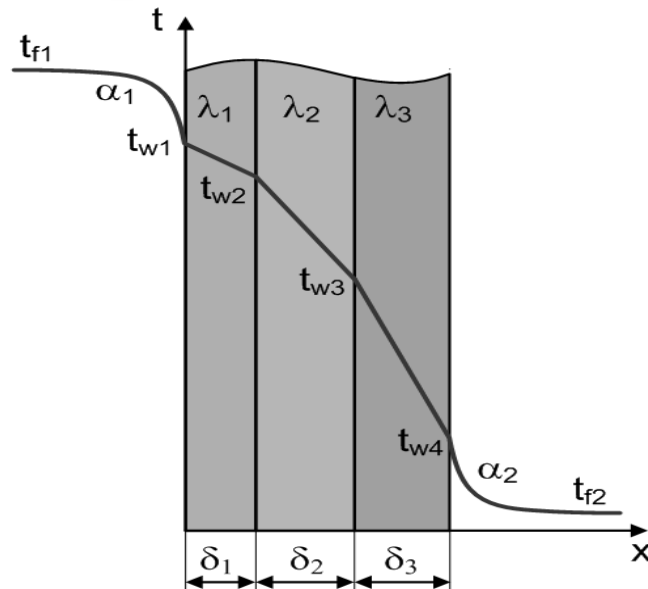
a) Truyền nhiệt qua vách phẳng

Bài toán truyền nhiệt qua vách phẳng 1 hay n lớp có nhiệt trở R , hệ số dẫn nhiệt k và mật độ dòng nhiệt được tính theo các công thức sau:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad [m^2 K / W]$$

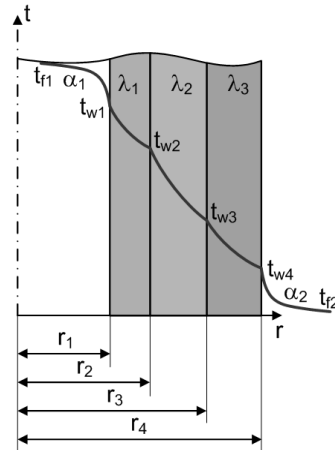
$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [W/m^2 K] \quad [1-113]$$

$$q = k(t_{f1} - t_{f2}) = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [W/m^2]$$



Hình 1.41: Quá trình truyền nhiệt qua vách phẳng

a) Truyền nhiệt qua vách trụ



Hình 1.42: Quá trình truyền nhiệt qua vách trụ

Bài toán truyền nhiệt qua vách trụ 1 hay n lớp có nhiệt trở R , hệ số dẫn nhiệt k và mật độ dòng nhiệt được tính theo các công thức sau:

$$R_l = \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2} \quad [mK / W]$$

$$k_l = \frac{1}{R_l} \quad [W/mK] \quad [1-114]$$

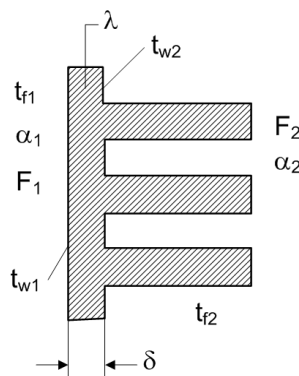
$$q_l = k_l (t_{f1} - t_{f2})$$

$$= \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}} \quad [W/m]$$

Cũng tương tự như truyền nhiệt qua vách phẳng, vách trụ nhiều lớp do con người làm ra thường không có cánh.

1.2.4.4 Truyền nhiệt qua vách có cánh

Cánh thường làm cho vách 1 lớp và cánh làm về phía có α bé hơn.



Hình 1.43: Vách có làm cánh

Bài toán truyền nhiệt qua vách có cánh có nhiệt trở R , hệ số dẫn nhiệt k và mật độ dòng nhiệt được tính theo các công thức sau:

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2} \quad [K/W]$$

$$k_c = \frac{1}{R_c} \quad [W/K]$$

$$Q = k_c (t_{f1} - t_{f2}) \quad [W] \quad [1-115]$$

$$Q = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}} \quad [W]$$

$$q_1 = \frac{Q}{F_1} = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{F_1}{F_2} \frac{1}{\alpha_2}} \quad [W/m^2]$$

Khi muốn giảm cường độ truyền nhiệt k người ta cách nhiệt mặt vách bằng cách bọc nó bởi nhiều lớp vật liệu có λ nhỏ. Còn khi muốn tăng k , người ta có thể làm cánh phía có α bé, chẳng hạn phía chất khí. Công dụng của hai việc làm trên trái ngược nhau nên không ai làm cánh trên vách nhiều lớp.

1.2.4.5 Tăng cường truyền nhiệt và cách nhiệt

Khi giải quyết các vấn đề thực tế về truyền nhiệt, một số trường hợp cần tăng cường truyền nhiệt và một số trường hợp yêu cầu ngược lại là làm thế nào giảm sự truyền nhiệt. Muốn thực hiện các vấn đề này cần phải dựa vào những phương thức truyền nhiệt cơ bản đã trình bày để tìm ra những biện pháp có hiệu quả.

Giảm chiều dày của vách và tăng hệ số dẫn nhiệt của vật liệu có thể làm giảm nhiệt trở của vách. Tăng cường sự nhiễu loạn và tăng tốc độ chuyển động của lưu chất thì có thể tăng cường độ tỏa nhiệt, khi sôi có thể dùng biện pháp tăng cường sự nhiễu loạn và làm sạch chất bẩn trên bề mặt để tăng cường truyền nhiệt, cuối cùng trên bề mặt bức xạ nhiệt có thể tìm cách tăng độ đen và nhiệt độ để tăng cường trao đổi nhiệt bức xạ.

Trong quá trình truyền nhiệt, khi các phương thức truyền nhiệt đồng thời xảy ra làm thế nào tăng cường truyền nhiệt một cách có hiệu quả là vấn đề rất phức tạp, vấn đề này chỉ sau khi phân tích kỹ từng trường hợp cụ thể mới tìm được giải pháp tối ưu. Để phân tích những trường hợp như vậy việc nắm vững các công thức truyền nhiệt là rất cần thiết. Vì thông qua công thức có thể dự tính được ảnh hưởng của các nhân tố và tìm ra khả năng cũng như biện pháp chính xác giải quyết vấn đề.

Trường hợp nếu muốn làm giảm sự truyền nhiệt nói chung cần phải tìm cách tăng nhiệt trở. Thông thường được thực hiện bằng cách bọc thêm một lớp cách nhiệt – là loại vật liệu có hệ số dẫn nhiệt bé – đây chỉ là lớp phụ dung để làm giảm sự tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh. Việc lựa chọn loại vật liệu cách nhiệt nào cho phù hợp phải xét trên quan điểm kỹ thuật – kinh tế – vệ sinh an toàn.

1.2.4.6 Thiết bị trao đổi nhiệt

a) Định nghĩa và phân loại

- **Định nghĩa :** Thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) là thiết bị trong đó thực hiện quá trình trao đổi nhiệt (TĐN) giữa các chất mang nhiệt, thường là chất lỏng, khí hoặc hơi.

- **Phân loại :**

- Theo đặc điểm trao đổi nhiệt, TBTĐN được chia ra 3 loại: loại vách ngăn, loại hồi nhiệt và loại hỗn hợp.

- Trong thiết bị trao đổi nhiệt loại vách ngăn, chất lỏng nóng (CL_1) bị ngăn cách hoàn toàn với chất lỏng lạnh (CL_2) bởi bề mặt vách hoặc ống bằng vật rắn và quá trình TĐN giữa (CL_1) với (CL_2) được thực hiện theo kiểu truyền nhiệt như đã giới thiệu ở mục (4.1) và (4.2).

- Trong thiết bị trao đổi nhiệt loại hồi nhiệt, vách TĐN được quay để nó tiếp xúc với CL_1 và CL_2 một cách tuần hoàn, khiến cho quá trình TĐN luôn ở chế độ không ổn định, và nhiệt độ trong vách luôn dao động tuần hoàn theo chu kỳ quay.

- Trong thiết bị trao đổi nhiệt loại hỗn hợp, chất lỏng nóng tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng lạnh, khiến cho quá trình trao đổi chất luôn xảy ra đồng thời với quá trình TĐN giữa hai chất này.

Việc cách li hoàn toàn chất cần gia công với chất tải nhiệt là yêu cầu phổ biến của nhiều quá trình công nghệ, do đó TBTĐN loại vách ngăn được sử dụng rộng rãi trong sản xuất.

- Theo chiều chuyển động của hai chất lỏng, TBTĐN loại vách ngăn được chia ra 2 kiểu chính: kiểu song song và kiểu giao nhau.

- Trong thiết bị trao đổi nhiệt kiểu song song, véc tơ vận tốc 2 chất lỏng song song nhau ($\vec{v}_1 // \vec{v}_2$), có thể cùng chiều, ngược chiều hay thay đổi chiều hay gọi là song song hỗn hợp.

- Trong TBTĐN kiểu giao nhau, 2 véc tơ $\vec{v}_1 // \vec{v}_2$ giao nhau theo 1 góc ϕ nào đó, có thể giao 1 lần hay nhiều lần.

b) Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt.

- Các phương trình cơ bản

Tính nhiệt cho TBTĐN là phép tính xác định mọi thông số cần thiết của TBTĐN để nó thực hiện đúng quá trình TĐN giữa 2 chất lỏng mà công nghệ yêu cầu. Người ta thường qui ước dùng chỉ số 1 và 2 chỉ chất lỏng nóng và chất lỏng lạnh, dấu (') và (") để chỉ thông số vào và ra khỏi thiết bị TĐN.

Việc tính nhiệt cho TBTĐN luôn dựa vào 2 phương trình cơ bản sau đây:

1) Phương trình cân bằng nhiệt

$$\begin{aligned} Q &= G_1(i_1' - i_1'') = G_2(i_2'' - i_2') \\ Q &= G_1 C_{p1}(t_1' - t_1'') = G_2 C_{p2}(t_2'' - t_2') \\ Q &= W_1(t_1' - t_1'') = W_2(t_2'' - t_2') \Rightarrow \frac{\delta t_1}{\delta t_2} = \frac{(t_1' - t_1'')}{(t_2'' - t_2')} = \frac{W_2}{W_1} \end{aligned} \quad [1-116]$$

$W = GC_p$ là nhiệt dung toàn phần [W/K]

2) Phương trình truyền nhiệt:

$$Q = kF\Delta t \quad [1-117]$$

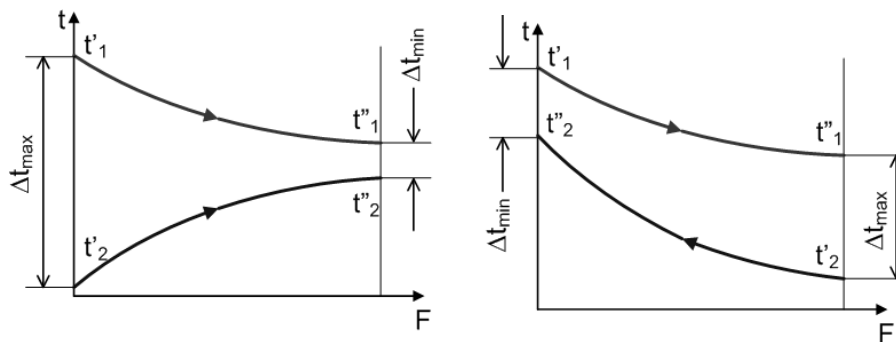
Trong đó :

F – diện tích truyền nhiệt, m^2 .

k – độ chênh nhiệt độ trung bình, $k = f(\alpha_1, \alpha_2, \lambda, \delta)$ (W/ m^2K)

Δt gọi là độ chênh trung bình trên mặt F của nhiệt độ 2 chất lỏng.

- Xác định độ chênh trung bình Δt



Hình 1.44: Sơ đồ song song

1) Sơ đồ song song :

- Nhiệt độ trung bình lôgarit

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad [K] \quad [1-118]$$

- Nhiệt độ trung bình số học

$$\Delta t = \frac{t_1' + t_1''}{2} - \frac{t_2' + t_2''}{2} \quad [K]$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2} \quad [K] \quad [1-119]$$

2) Các sơ đồ khác

Biểu thức Δt của các sơ đồ khác (song song đổi chiều, giao nhau 1 hay n lần) được tính theo sơ đồ song song ngược chiều rồi nhân với hệ số $\varepsilon_{\Delta t}$ cho từng sơ đồ bởi đồ thị.

- Tính nhiệt độ của các chất ra khỏi TBTĐN

Khi tính kiểm tra hoặc tính chọn 1 TBTĐN có sẵn, thường cho biết t_1' , t_2' , k , C_1 , C_2 và cần tính nhiệt độ t_1'' , t_2'' ra khỏi TBTĐN để xem nhiệt độ có phù hợp với công nghệ hay không. Phép tính này có thể thực hiện cho các sơ đồ song song không đổi chiều như sau:

Biết t_1' , t_2' , W_1 , W_2 , tính t_1'' , t_2'' với nhiệt độ trung bình số học

$$\left. \begin{aligned} \Delta t &= \frac{t_1' + t_1''}{2} - \frac{t_2' + t_2''}{2} \quad [K] \\ Q &= kF\Delta t \\ Q &= W_1(t_1' - t_1'') = W_2(t_2'' - t_2') \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{t_1' - t_2'}{\frac{1}{2W_1} + \frac{1}{kF} + \frac{1}{2W_2}} \quad [1-120]$$

Từ đó ta suy ra được t_1'' , t_2'' .

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

1. Pascal (Pa) là gì? Bar là gì
2. Định nghĩa 1J thế nào?
3. Định nghĩa 1 cal thế nào? Tính chuyển ra J như thế nào
4. Định nghĩa 1 Btu thế nào? Tính chuyển ra J như thế nào
5. Định nghĩa 1 W thế nào?
6. Định nghĩa 1 cal/h như thế nào? Tính chuyển ra W như thế nào
7. Định nghĩa 1 Btu/h thế nào? Tính chuyển ra W như thế nào
8. Định nghĩa 1 tấn lạnh như thế nào? Tính chuyển sang W như thế nào
9. Định nghĩa khối lượng 1kg thế nào?
10. Trọng lực (trọng lượng) khác khối lượng như thế nào?
11. Áp suất khí quyển là gì? Thường tính áp suất khí quyển là bao nhiêu.
12. Áp suất tuyệt đối là gì? Đo áp suất tuyệt đối thế nào
13. Áp suất dư là gì? Đo áp suất dư thế nào
14. Nhiệt và trạng thái của vật chất được thể hiện như thế nào? Cho ví dụ.
15. Nhiệt ẩn là gì? Nhiệt hiện là gì.

16. Không khí ẩm gồm những thành phần nào, phân loại không khí ẩm
17. Enthalpy là gì?
18. Entropy là gì

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

1. Mục tiêu của chương 2:

- Trình bày được các kiến thức cơ sở về máy và hệ thống lạnh;
- Trình bày và phân tích được các đặc điểm của môi chất lạnh.
- Phân tích được ký hiệu môi chất lạnh.
- Trình bày và phân tích được các đặc điểm của chất tải lạnh.
- Trình bày được các chu trình lạnh 1 cấp và 2 cấp.
- Trình bày và phân tích được nguyên lý hoạt động của các chu trình 1 cấp và 2 cấp.
- Trình bày được cách thể hiện chu trình trên đồ thị lgp-h, t-s.
- Tính toán chu trình bằng bảng tra hoặc đồ thị.
- Phân tích được cấu tạo máy nén nhiều cấp(2 cấp).
- Trình bày được nguyên lý hoạt động của máy nén nhiều cấp.
- Trình bày được các phương pháp điều chỉnh năng suất.
- Tính toán công suất máy nén 1 cấp và nhiều cấp.
- Trình bày được các thiết bị trao đổi nhiệt (thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi), thiết bị 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:

2.1 KHÁI NIỆM CHUNG

2.1.1 Ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật

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..

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. 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

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...

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....

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.

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.

8. Một số ứng dụng khác

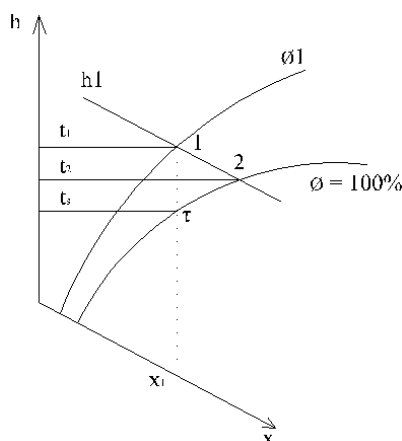
Trong ngành hàng không, vũ trụ hay quốc phòng, máy bay hoặc tàu vũ trụ phải làm việc trong những điều kiện khác nhau. Nhiệt độ có khi tăng lên hành

ngàn độ nhưng cũng có lúc hạ xuống dưới -100°C . Oxy và hydro lỏng là nhiên liệu cho tàu vũ trụ

2.1.2 Các phương pháp làm lạnh nhân tạo

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 $\phi_{\text{max}} = 100\%$. Bằng cách này ta đã thực hiện quá trình làm lạnh không khí từ t_1 giảm xuống t_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.

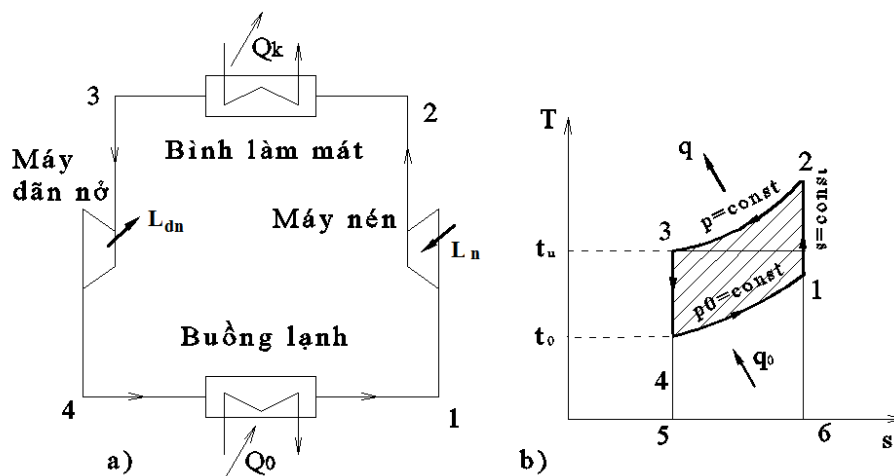
Ví dụ : Nếu hòa trộn 31g NaNO_3 và 31g NH_4Cl với 100g nước (10°C) thì hỗn hợp sẽ giảm đến -12°C . Hay hòa trộn 200g CaCl_2 với 100g nước đá vụn, nhiệt độ sẽ giảm từ 0°C xuống -42°C ...

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

3. Phương pháp dẫn nổ khí có sinh ngoại công

Đây là phương pháp làm lạnh nhân tạo quan trọng. Các máy lạnh làm việc theo nguyên lý dẫn nổ khí có sinh ngoại công gọi là máy lạnh nén khí có máy dẫn nổ. 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, oxy lỏng, hóa lỏng không khí, Nguyên lý làm việc:



Hình 2.2: Máy điều hòa không khí bay hơi nước

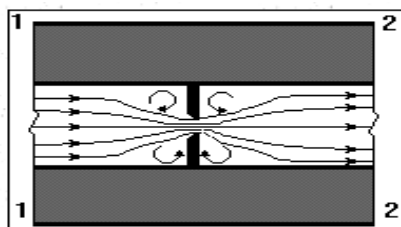
a) Sơ đồ thiết bị ; b) Chu trình lạnh biểu diễn trên đồ thị T-s

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.

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

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 toả 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.

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 $572,2 \text{ kJ/kg}$ ($-78,5^{\circ}\text{C}$).

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.

2.2 MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH

2.2.1 Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh

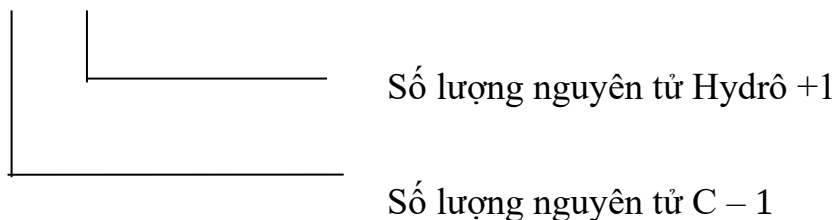
Định nghĩa : Môi chất lạnh (tác nhân lạnh hay gas lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt môi trường có nhiệt độ thấp và thải ra môi trường có nhiệt độ cao.

Ký hiệu môi chất lạnh

A. Các frêon

Các frêon là các chất hữu cơ no hoặc chưa no mà các Hydro(H_2) được thay thế một phần hay toàn bộ bằng các nguyên tử Cl, Br hay F

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



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

Số thứ 3 : số nguyên tử $F = 2$

Ví dụ 2: môi chất có công thức hoá học CHClF_2 . Tìm ký hiệu.

Số thứ 2 : số nguyên tử $H + 1 = 1 + 1 = 2$

Số thứ 3 : số nguyên tử $F = 2$

Vây 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 $C - 1 = 1 \Rightarrow C = 2$

Số thứ 2 : số nguyên tử H + 1 = 1 $\Rightarrow$ H = 0

Số thứ 3 : số nguyên tử $F = 4$

Vây môi chất có công thức hoá học: $C_2Cl_2F_4$

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

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: R718CO₂: R744

Không khí: R729

1. 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.

2. 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 ẩm.

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 NH_3 không được dùng ngọn lửa trần và các gian máy phải thông thoáng.

Kết luận:

Qua các tính chất trên ngày nay NH_3 trở thành môi chất quan trọng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực từ nhiệt độ bay hơi $+10 \div -60^{\circ}\text{C}$.

b. R12

Môi chất lạnh R12 có công thức hoá học là CCl_2F_2 , 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 $-28,9^{\circ}\text{C}$.

- **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 $540 \div 565^{\circ}\text{C}$ 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 $P_k = 10 \text{ bar}$.

Nhiệt độ cuối tầm 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 $1/10$ NH_3 nên lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống lớn

Năng suất lạnh riêng thể tích bằng khoảng 60% của NH_3 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 tầm 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 hòa 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**

Đặt tiền tuy dễ kiểm, dễ bảo quản và dễ vận chuyển.

- **Tính an toàn cháy nổ**

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

2.2.2 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.

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 hủy 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 kiểm, dễ vận chuyển và bảo quản.

- **Tính an toàn cháy nổ**

Không gây cháy nổ.

Không làm ô nhiễm môi trường.

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.

2.2.3 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 ?

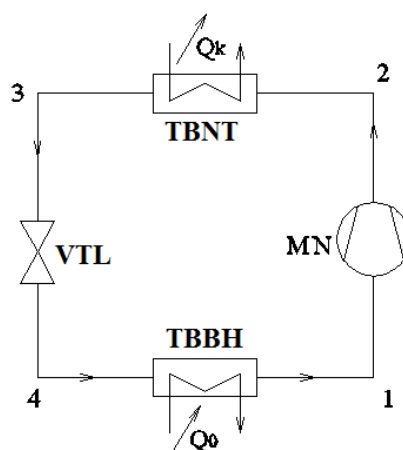
2.3 CÁC HỆ THỐNG LẠNH THÔNG DỤNG

2.3.1 Hệ thống lạnh với một cấp nén

2.3.1.1 Sơ đồ 1 cấp nén đơn giản

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 hoà khô.

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.4: Chu trình khô

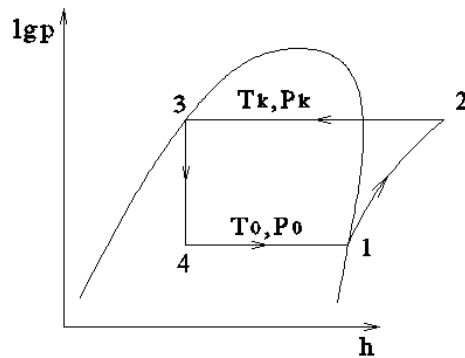
TBBH - Thiết bị bay hơi ; TBNT - Thiết bị ngưng tụ ; MN - Máy nén ; VTL - Van tiết lưu

b) Nguyên lý làm việc

Hơi bão hoà 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 $lgp-h$

5- Tính toán chu trình.

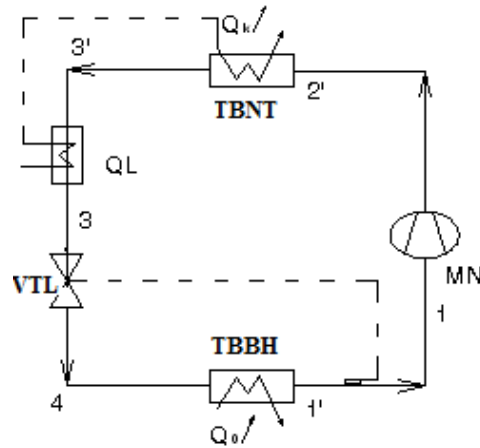
- Công nén riêng : $l = h_2 - h_1$ [2-1]
- Nhiệt lượng nhận được ở THBH : $q_o = h_1 - h_4$ [2-2]
- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT : $q_k = h_2 - h_3$ [2-3]
- $q_k = l + q_o$ [2-4]
- Hệ số lạnh: $\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ [2-5]

2.3.1.2 Sơ đồ có quá nhiệt hơi hút, quá lạnh lỏng và hồi nhiệt

1) 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.

a) Sơ đồ nguyên lý

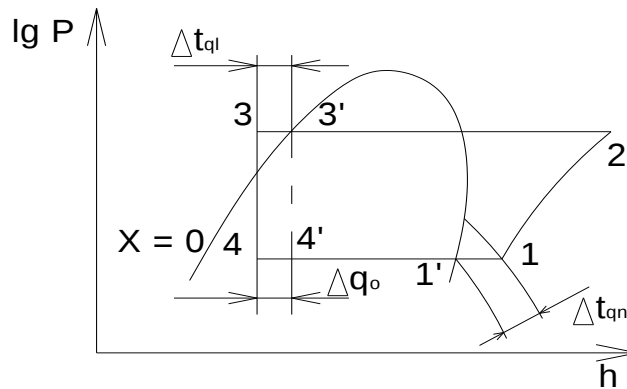


Hình 2.6: Chu trình quá lạnh, quá nhiệt

b) 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 nhả 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.

c) Đồ thị $\lg P-h$

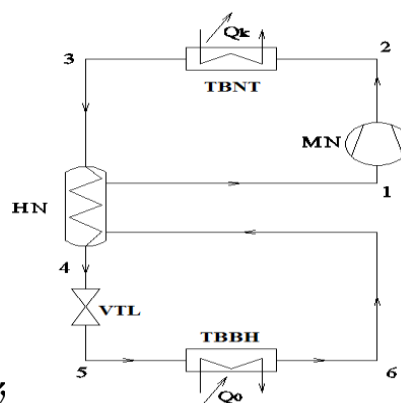


d) Tính toán chu trình

- 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]

2. 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.



a) Sơ đồ nguyên lý

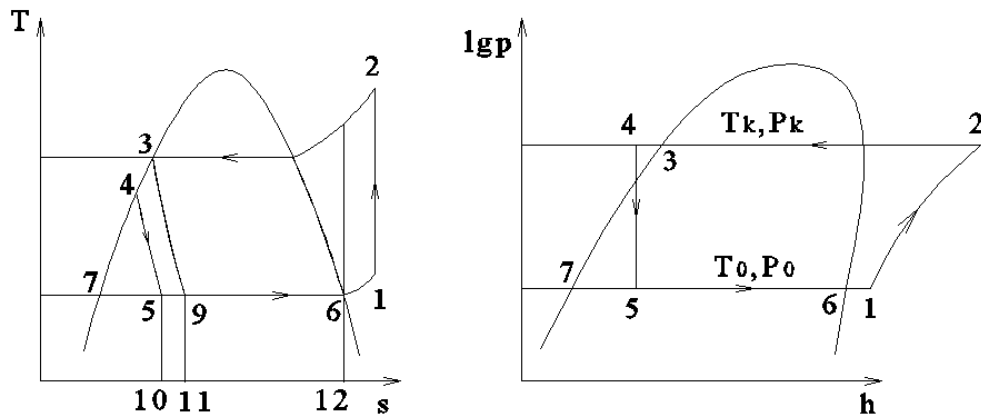
Hình 2.8: Chu trình hồi nhiệt

HN: thiết bị hồi nhiệt.

b) 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.

c) Đồ thị



Hình 2.9: Đồ thị

c) Tính toán chu trình

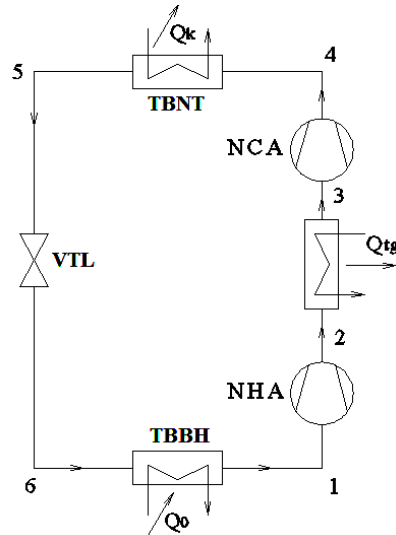
- Nhiệt lượng nhận được ở TBBH : $q_0 = h_6 - h_5$ [2-12]
- Năng suất lạnh riêng thể tích q_{ov} : $q_{ov} = q_0 / v_1$ [2-13]
- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT : $q_k = h_2 - h_3$ [2-14]
- Công nén riêng l : $l = h_2 - h_1$ [2-15]
- Tỷ số nén π : $\pi = \frac{p_k}{p_o}$ [2-16]
- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{q_o}{l}$ [2-17]

2.3.2 Sơ đồ 2 cấp nén có làm mát trung gian

1. 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.

a) Sơ đồ nguyên lý

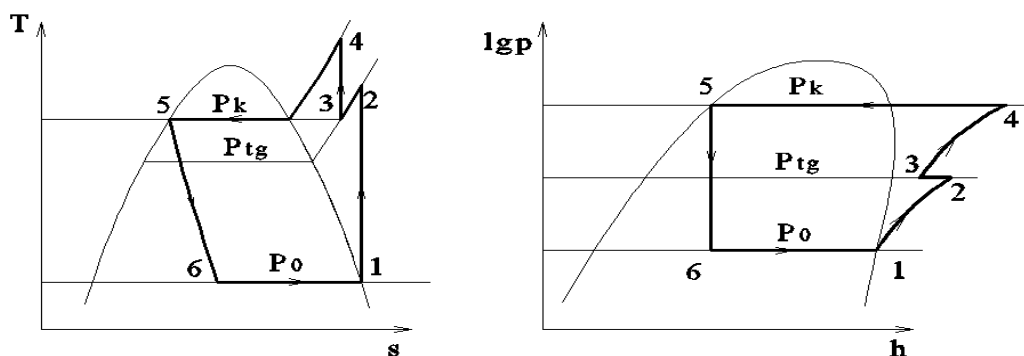


Hình 2.10 : Sơ đồ nguyên lý

b) 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.

c) Đồ thị



Hình 2.11: Đồ thị

d) Tính toán chu trình

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

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

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

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

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_o}{v_1}$, kJ/m³ [2-22]

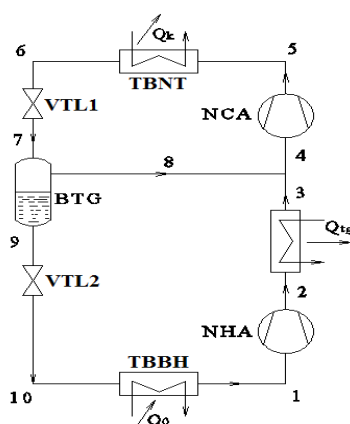
- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$ [2-23]

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

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

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

a) Sơ đồ nguyên lý



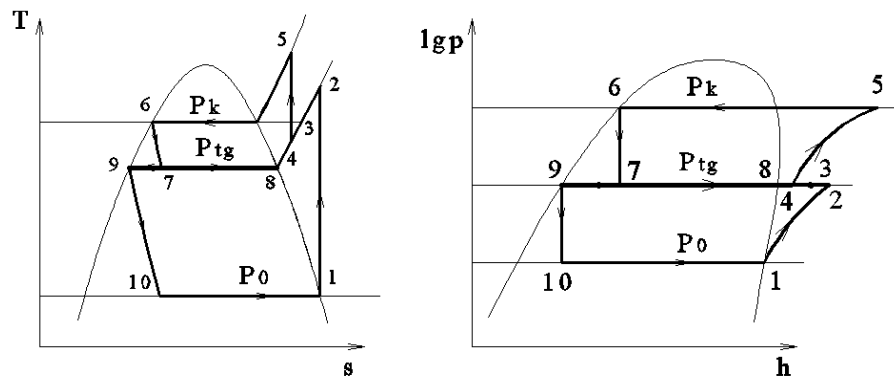
Hình 2.12: Sơ đồ nguyên lý

b) 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. 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.

c) Đồ thị



Hình 2.13: Đồ thị

d) 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 hòa 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]

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

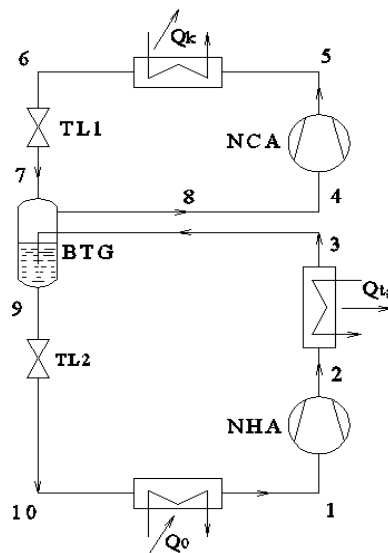
- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{m_1 q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_2} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_2}$ [2-33]

3. 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.

a) Sơ đồ nguyên lý



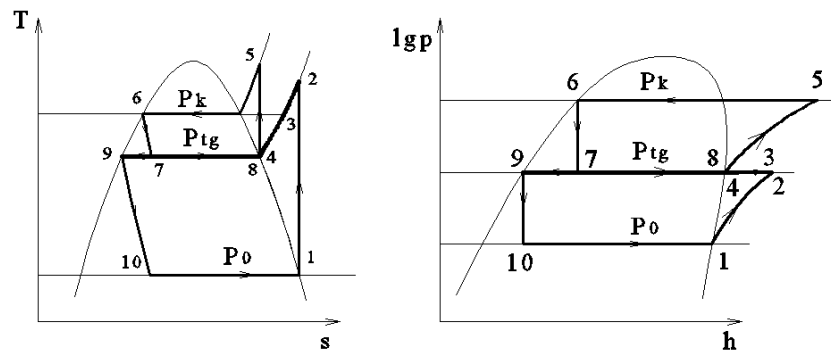
Hình 2.14: Sơ đồ nguyên lý

b) 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 súc 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.

c) Đồ thị



Hình 2.15 : Đồ thị

d) 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]

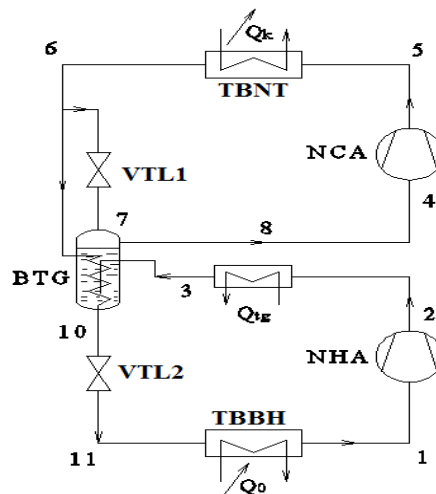
- Áp suất trung gian: $P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$ [2-41]

- Tỷ 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]

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

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.16 : Sơ đồ nguyên lý

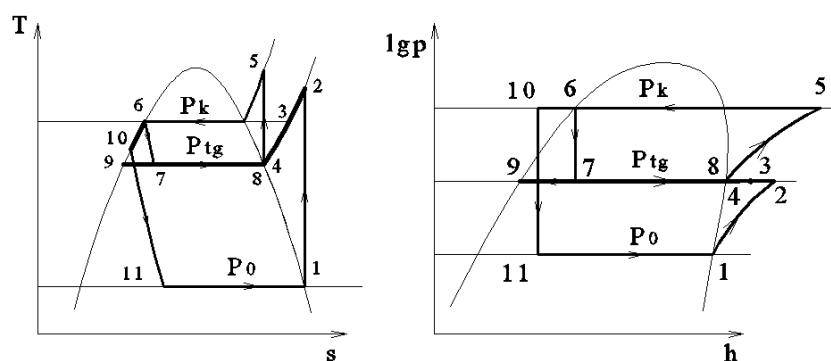
b) Nguyên lý hoạt động

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.

c) Đồ thị



Hình 2.17 : Đồ thị

d) 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: $q_o = h_1 - h_{10}$, kJ/kg [2-47]

- Năng suất lạnh riêng thể tích: $q_{ov} = \frac{q_o}{v_1}$, 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]

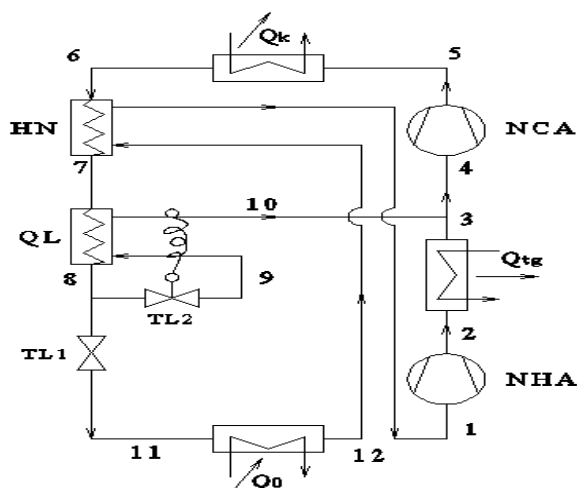
- Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{m_1 q_o}{m_1 l_1 + m_4 l_2} = \frac{q_o}{l_1 + \frac{m_4}{m_1} l_2}$ [2-51]

2.3.3 Các sơ đồ khác

1. Chu trình 2 cấp, có quá lạnh, quá nhiệt

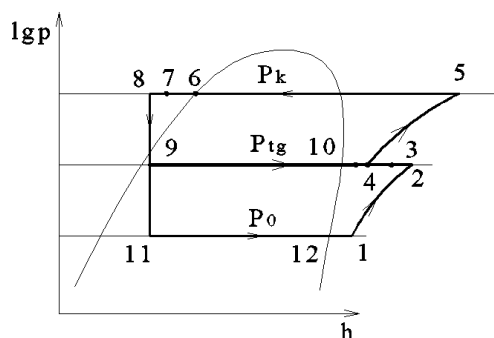
Đây là chu trình hai cấp nén, làm mát trung gian không hoàn toàn, tiết lưu thẳng từ p_k xuống p_o , tiết lưu thứ hai sử dụng môi chất lỏng bay hơi ở áp suất trung gian làm quá lạnh lỏng, có thiết bị hồi nhiệt giữa hơi hút về máy nén hạ áp và lỏng trước khi vào thiết bị quá lạnh, sử dụng chủ yếu cho môi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

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.18 : Sơ đồ nguyên lý

b) Đồ thị



Hình 2.19 : Đồ thị

c) 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.

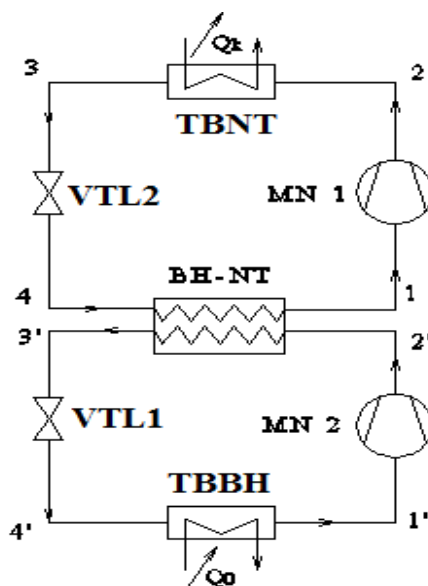
2. Chu trình máy lạnh ghép tầng

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

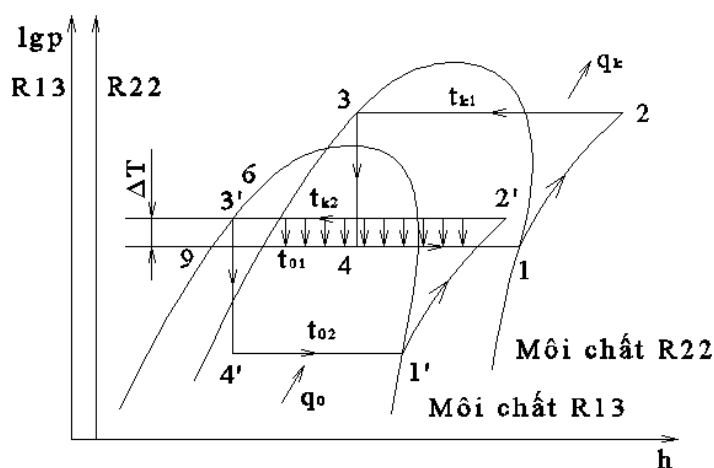
lạnh tầng trên. Để đảm bảo sự truyền nhiệt, nhiệt độ ngưng tụ tầng dưới phải lớn hơn nhiệt độ bay hơi tầng trên. Trong máy lạnh ghép hai tầng, môi chất tầng trên thường là R22 và tầng dưới là R13. Vì vậy, áp suất vận hành trong máy lạnh ghép tầng không quá cao ở thiết bị ngưng tụ và quá thấp ở thiết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

a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 2.20 : Sơ đồ nguyên lý

c) Đồ thị



Hình 2.21 : Sơ đồ nguyên lý

2.3.4 Bài tập

Câu 1 : Một máy lạnh nén hơi amoniắc 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) $Q_0 = 150 \text{ kW}$

$t_k = 40^\circ\text{C}$

$t_0 = -50^\circ\text{C}$

2.4 MÁY NÉN LẠNH

2.4.1 Khái niệm

2.4.1.1 Vai trò của máy nén lạnh

Máy nén lạnh là bộ phận quan trọng nhất trong các hệ thống lạnh nén hơi. Máy nén có nhiệm vụ liên tục hút hơi môi chất lạnh sinh ra ở thiết bị bay hơi để nén lên áp suất cao, nhiệt độ cao đẩy vào thiết bị ngưng tụ. Máy nén phải có năng suất hút đủ lớn để duy trì được áp suất bay hơi p_0 (tương ứng với nhiệt độ bay hơi t_0) đạt yêu cầu ở dàn bay hơi và có áp suất đầu đẩy đủ lớn để đảm bảo áp suất trong dàn ngưng tụ đủ cao tương ứng với nhiệt độ môi trường làm mát hiện có.

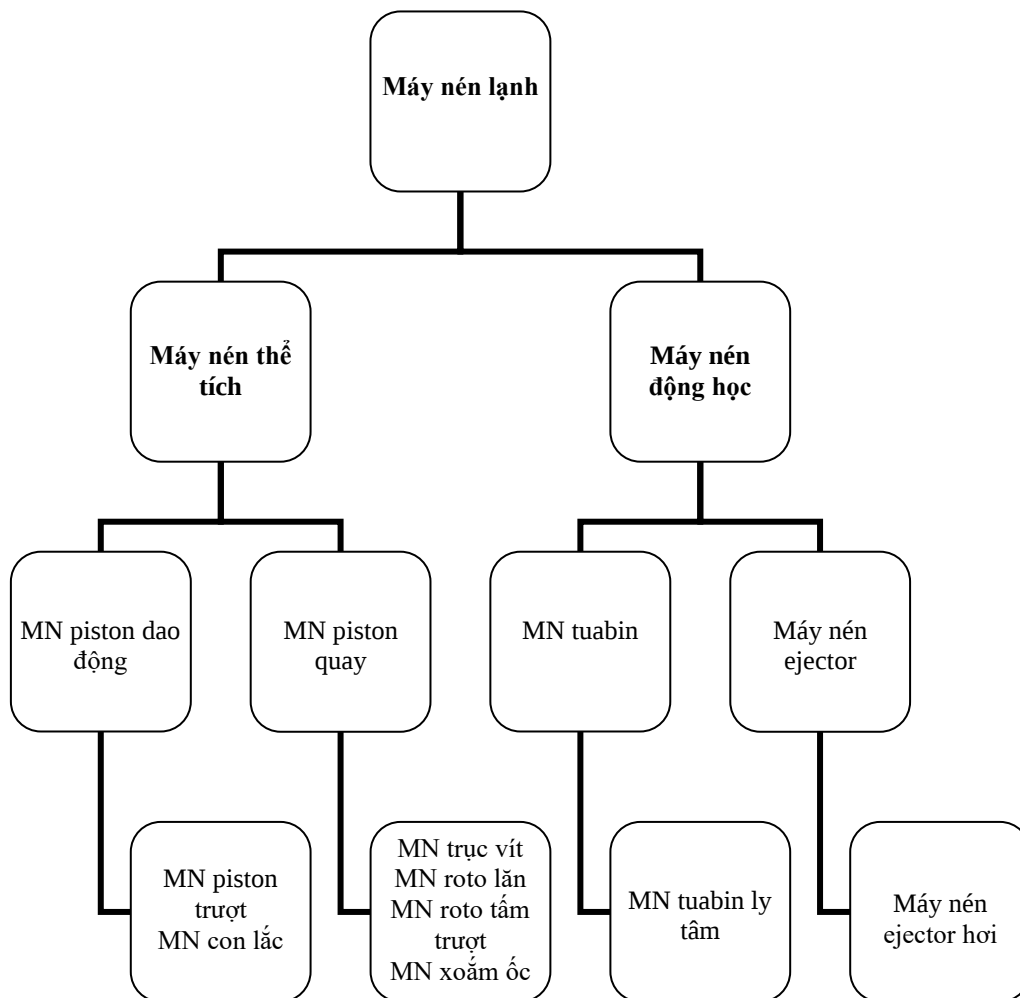
Máy nén quan trọng một mặt do chức năng của nó trong hệ thống, mặt khác do gồm nhiều bộ phận chuyển động phức tạp nên chất lượng, độ tin cậy và năng suất lạnh của hệ thống phụ thuộc chủ yếu vào chất lượng, độ tin cậy và năng suất lạnh của máy nén.

2.4.1.2 Phân loại máy nén lạnh

Trong kỹ thuật lạnh người ta phân loại máy nén thành nhiều loại khác nhau. Theo nguyên lý làm việc máy nén có thể chia làm 2 loại:

+ Máy nén làm việc theo nguyên lý thể tích: quá trình nén thực hiện nhờ sự thay đổi thể tích giới hạn bởi xilanh và pittông khi pittông chuyển động lên xuống.

+ Máy nén làm việc theo nguyên lý động học: áp suất tăng lên là do động năng của dòng hơi biến thành thế năng.



2.4.1.3 Các thông số đặc trưng của máy nén lạnh

a) Thể tích hút lý thuyết: Thể tích hút lý thuyết của máy nén là năng suất hút của máy nén hay thể tích quét lý thuyết của các pittông trong một đơn vị thời gian

$$V_{lt} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times s \times z \times n \quad [2-52]$$

Trong đó:

V_{lt} - năng suất hút lý thuyết, m³/s hoặc m³/h

d - đường kính xilanh, m

s - hành trình pittông, m

n - tốc độ vòng quay, vg/s

z - số pittông

b) Thể tích hút thực tế

Thể tích hút thực tế là thể tích thực tế của hơi môi chất lạnh ở trạng thái hút mà máy nén hút và nén lên áp suất cao đẩy vào TBNT theo điều kiện làm việc của hệ thống.

$$V_{tt} = \lambda \cdot V_{lt}, \text{ m}^3/\text{s} \quad [2-53]$$

Trong đó: λ - hệ số cấp

Hệ số cấp là tỉ số giữa thể tích hút thực tế và thể tích hút lý thuyết

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_{tl} \cdot \lambda_w \cdot \lambda_r \cdot \lambda_k$$

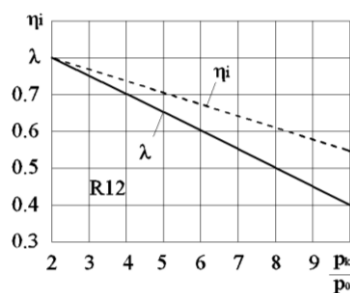
λ_c - hệ số tổn thất do thể tích chết gây ra

λ_{tl} - hệ số tổn thất tính đến môi chất tiết lưu ở van đẩy và máy nén

λ_w - hệ số tổn thất tính đến môi chất bị nóng lên

λ_r - hệ số tổn thất tính đến môi chất bị rò rỉ qua secmăng

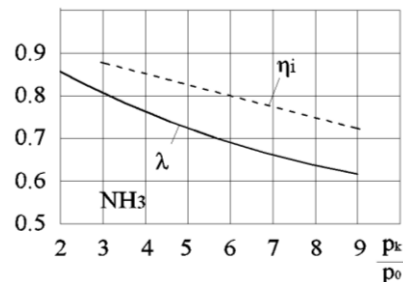
λ_k - hệ số tổn thất tính đến các tổn thất khác



a) Máy nén nhỏ R12

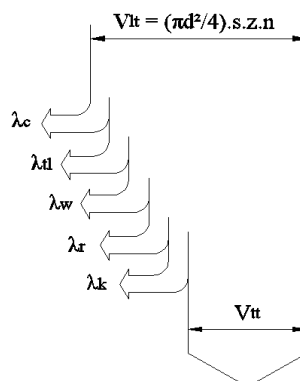


b) Máy nén R22



c) Máy nén amoniac có con trượt

Hình 2.22: Hiệu suất thể tích λ và hiệu suất chỉ thị η_i phụ thuộc vào tỉ số nén π



Hình 2.23: Tổn thất thể tích của máy nén

c) Năng suất khối lượng của máy nén

Năng suất khối lượng của máy nén là khối lượng môi chất mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian hay là lưu lượng khối lượng của máy nén, đơn vị kg/s hoặc kg/h, ký hiệu là m .

$$m = \frac{V_{lt}}{v} = \rho \times V_{tt} \quad [2-54]$$

Trong đó: v - thể tích riêng của hơi hút về máy nén, m^3/kg

ρ - khối lượng riêng của hơi hút về máy nén, kg/m^3

d) Hiệu suất nén và công suất động cơ yêu cầu

Hiệu suất nén là tỷ số giữa công nén lý thuyết và công nén thực tế cấp cho máy nén.

$$\eta = \frac{N_s}{N_{el}} \quad [2-55]$$

- Công nén lý thuyết N_s : $N_s = m \cdot l$, kW

Công nén lý thuyết (công nén đoạn nhiệt) là công lý thuyết để nén hơi môi chất lạnh từ áp suất p_0 đến p_k .

- Công suất chỉ thị N_i : $N_i = \frac{N_s}{\eta_i}$

Trong đó: $\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0$, $\lambda_w = \frac{T_0}{T_K}$

Công suất hữu ích N_e : $N_e = N_i + N_{ms}$

$$N_{ms} = V_{tt} \cdot P_{ms}$$

Trong đó: P_{ms} - áp suất ma sát

V_{tt} - thể tích thực tế m^3/s

$P_{ms} = 0,19 - 0,59$ với môi chất Freon

$P_{ms} = 0,49 - 0,69$ với môi chất NH₃

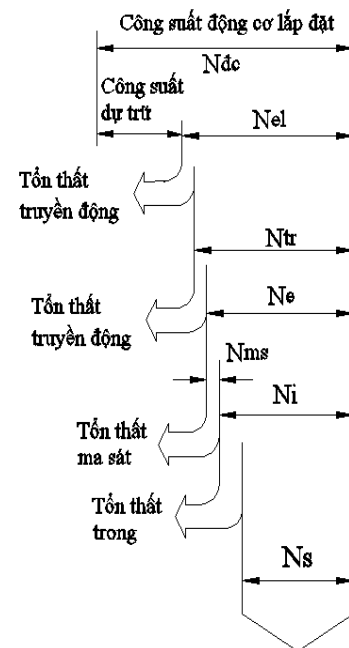
- Công suất điện tiêu thụ N_{el} :

$$N_{el} = \frac{N_e}{\eta_{td} \times \eta_{el}}$$

- Hiệu suất truyền động: $\eta_{td} \approx 0,95$

- Hiệu suất truyền động của động cơ: $\eta_{el} = 0,80 \div 0,95$

Công suất động cơ lắp đặt



Hình 2.24 : Các loại công nén và tổn thất năng lượng

$$\text{Để đảm bảo hoạt động an toàn: } N_{dc} = (1,1 \div 2,1)N_{el} \quad [2-56]$$

e) Năng suất lạnh của máy nén

Năng suất lạnh của máy nén (công suất lạnh của máy nén) là tích của năng suất lạnh riêng khối lượng và năng suất khối lượng mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian.

$$Q_0 = m \times q_0, \text{ kW (hoặc kcal/h)} \quad [2-57]$$

Q_0 - năng suất lạnh của máy nén, kW (hoặc kcal/h).

m - năng suất khối lượng, kg/s

q_0 - năng suất lạnh riêng khối lượng, kJ/kg

Năng suất lạnh riêng khối lượng là năng suất lạnh của 1 kg môi chất lạnh sau khi qua tiết lưu:

$$q_0 = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg} \quad [2-58]$$

h_1 - entanpi của hơi ra khỏi dàn bay hơi về máy nén

h_4 - entanpi của lỏng sau khi tiết lưu vào dàn bay hơi

Gọi v_1 là thể tích riêng của hơi hút về máy nén:

$$m = \frac{V_{tt}}{v_1} = \lambda \frac{V_{lt}}{v_1} = \lambda \frac{\pi d^2}{4v_1} s.n.z \quad [2-59]$$

Trong đó

V_{tt} - thể tích hút thực tế của máy nén, m^3/s

v_1 - thể tích hơi hút về máy nén, m^3/s

λ - hệ số cấp

V_{lt} - thể tích hút lý thuyết của máy nén, m^3/s

d - đường kính pittông, m

s - hành trình pittông, m

z - số xilanh hay số pittông

n - số vòng quay trục khuỷu, vg/s

$$Q_0 = m \times q_0 = \frac{V_{tt}}{v} \times q_0 = \frac{\lambda \times V_{lt}}{v} \times q_0 = \frac{\lambda \times \pi \times d^2 \times s \times z \times n \times q_0}{4v_1} \quad [2-60]$$

Do q_0 thay đổi và m cũng thay đổi vì λ và v_1 thay đổi theo chế độ làm việc nên Q_0 cũng thay đổi theo.

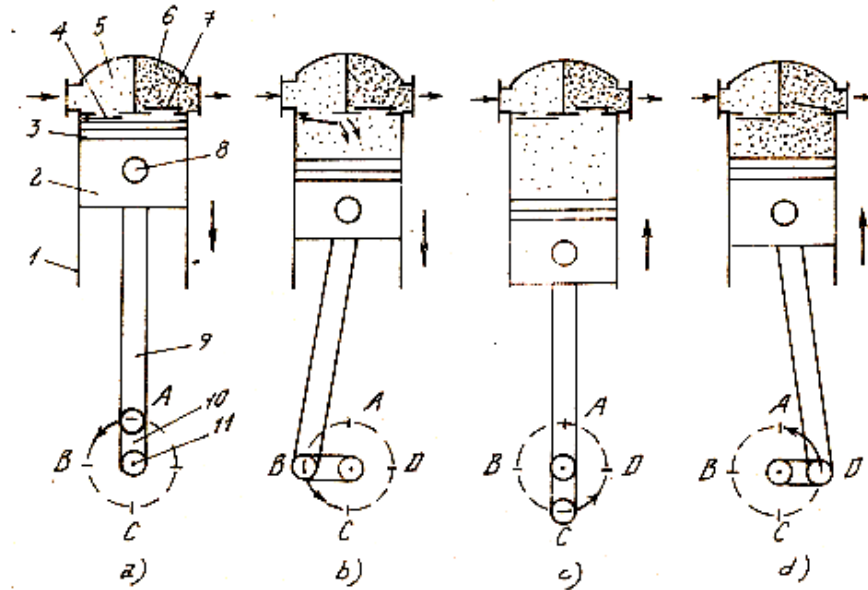
2.4.2 Máy nén pittông

2.4.2.1 Máy nén lí tưởng một cấp nén (không có không gian thừa)

Máy nén lí tưởng một cấp nén là kiểu máy nén khí làm việc bỏ qua tổn thất do không gian thừa gây ra. Cấu tạo và nguyên lý làm việc như mô tả trên hình 2.25.

2.4.2.2 Cấu tạo và chuyển vận

** Quá trình làm việc của máy nén*



Hình 2.25: Nguyên lý làm việc của máy nén pittông

1 - xilanh ; 2 - pittông ; 3 – secmăng ; 4 – clapê hút ; 5 – khoang hút ; 6 – khoang đẩy ; 7 - clapê đẩy ; 8 – chốt pittông ; 9 – tay biên ; 10 – khuỷu ; 11- trục khuỷu

Máy nén pittông dùng cơ cấu chủ yếu là tay quay thanh truyền biến chuyển động quay của động cơ điện thành chuyển động tịnh tiến của pittông trong xilanh để thực hiện quá trình hút, nén, đẩy. Quá trình hút nén đẩy thực hiện nhờ sự thay đổi thể tích của khoang giữa pittông và xilanh.

Khi khuỷu ở vị trí A pittông đạt vị trí điểm chết trên, 2 van đều đóng.

Khi khuỷu tiến đến vị trí B, pittông đi xuống thực hiện quá trình hút, clapê hút mở, hơi từ khoang hút 5 đi vào buồng xilanh, clapê đẩy vẫn đóng do áp suất ở buồng đẩy 6 cao hơn

Quá trình hút kết thúc khi khuỷu tiến đến vị trí C, pittông tiến tới điểm chết dưới.

Pittông đổi hướng đi lên phía trên, bắt đầu quá trình nén, do chênh lệch áp suất nên clapê hút và đẩy đều đóng. Pittông đi lên thực hiện quá trình nén và đẩy

hơi nén vào khoang đẩy. Clapê hút đóng, clapê đẩy bắt đầu mở ra khi có chênh lệch áp suất giữa khoang trong xilanh và khoang đẩy. Quá trình đẩy kết thúc khi khuỷu quay lại điểm A và pittông đạt điểm chết trên. Quá trình hút, nén, đẩy lại bắt đầu chu kỳ mới

2.4.2.3. Các hành trình và đồ thị P-V

Hình 2.26: Các quá trình cơ bản của máy nén piston 1 cấp

Với: a – van hút

b – van đẩy

c – bình chứa

Trong đó:

1-2^T : quá trình nén đẳng nhiệt

1-2ⁿ : quá trình nén đa biến (với $n = 1,2 - 1,25$)

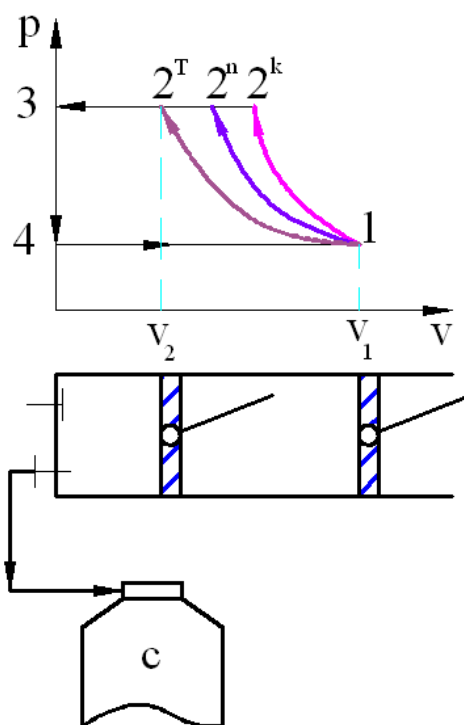
1-2^k : quá trình nén đoạn nhiệt

- Khi piston đi từ trái sang phải khí được nạp vào xilanh với áp suất không đổi quá trình 4-1, quá trình này trạng thái khí không đổi.
- Khi piston chuyển động ngược lại (2 van đều đóng), khí trong xilanh được nén đến một áp suất cần thiết quá trình 1-2, quá trình này trạng thái chất khí thay đổi.
- Khi đạt được áp suất cần thiết, van thải mở, khí được đẩy vào bình chứa với áp suất không đổi.

Để đạt được áp suất theo yêu cầu ta có thể thực hiện: quá trình nén đẳng nhiệt, quá trình nén đa biến hoặc quá trình nén đoạn nhiệt.

2.4.2.4. Máy nén có không gian thừa

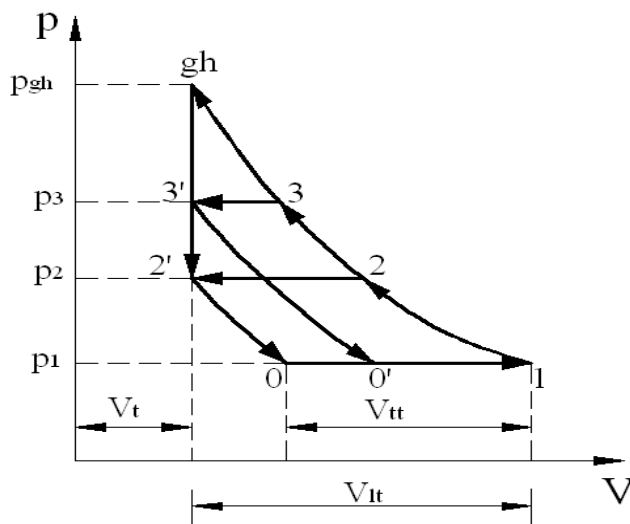
Trong thực tế khi nén đỉnh piston và nắp xilanh không thể sát vào nhau được, mà giữa chúng luôn có một khoảng hở, tạo thành một vùng không gian có



hại hay còn gọi là phần không gian thừa. Ảnh hưởng của phần không gian thừa đến máy nén được giải thích rõ ở mục 2.4.2.5.

2.4.2.5 Năng suất nén V khi có không gian thừa

Đồ thị thực tế khi có không gian thừa (Dung tích thừa):



Hình 2.27: Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của không gian thừa

Trong đó:

V_t : Dung tích thừa

V_{lt} : Dung tích lý thuyết

V_{tt} : Dung tích thực tế

Do có dung tích thừa nên luôn luôn có quá trình giãn nở $2' - 0$, làm cho lượng khí hút vào xilanh tương ứng là V_{tt} ($V_{tt} < V_{lt}$). Nếu quá trình nén có áp suất càng lớn thì V_{tt} càng bị thu hẹp, lượng khí nạp vào cũng nhỏ theo và nếu ta nén đến một áp suất nào đó gọi là áp suất giới hạn, lúc này quá trình giãn nở trùng với quá trình nén $V_{tt} = 0$, lượng khí nạp cũng bằng 0 (không nén được).

Để đánh giá lượng khí nạp vào ta đặt:

$$\frac{V_{tt}}{V_{lt}} = \lambda_v : \text{Hiệu suất thể tích; } 0 \leq \lambda_v \leq 1$$

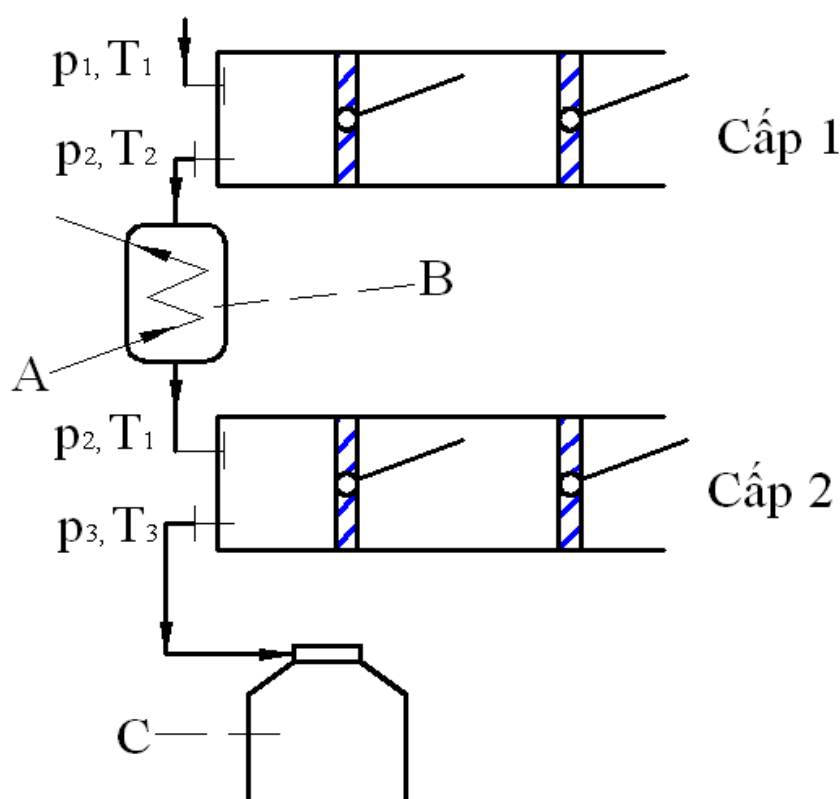
2.4.2.6 Máy nén nhiều cấp có làm mát trung gian

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 ammoniac. 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 từ 1 cấp nén sang 2 hay nhiều cấp nén có làm mát trung gian. Tuy vậy việc lựa chọn

1 hay 2 cấp nén còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện của từng trường hợp cụ thể vì 1 cấp nén có ưu điểm hơn so với 2 cấp nén ở chỗ đơn giản, dễ sử dụng, ít thiết bị và giá thành rẻ hơn. Đây là một bài toán tối ưu kinh tế, nhưng nếu chọn máy nén 1 cấp phải khống chế chế độ làm việc của máy và các thiết bị không vượt quá những giới hạn cho phép về nhiệt độ, độ bền và an toàn do đơn vị chế tạo qui định.

Nếu số giờ hoạt động của máy trong năm nhỏ hoặc rất nhỏ, thường người ta chọn máy nén 1 cấp, phải chấp nhận hệ số lạnh nhỏ nhưng giảm được đáng kể số vốn đầu tư lắp đặt.

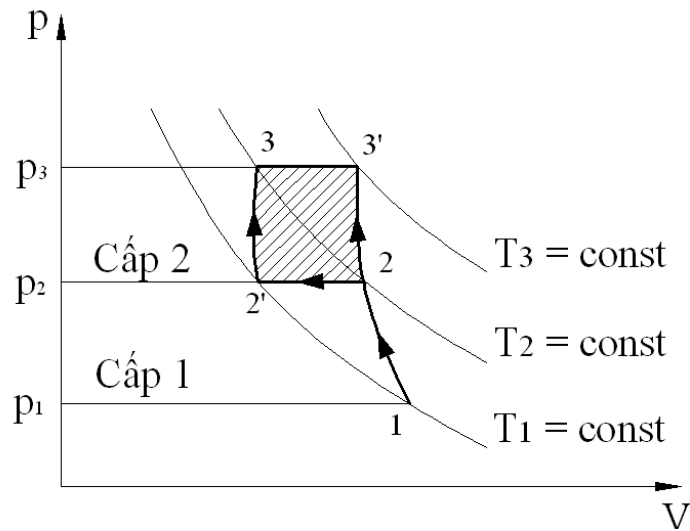
2.4.2.7 Cấu tạo và nguyên lý làm việc



- A: Đường nước làm mát
- B: Bộ làm mát trung gian
- C: Bình chứa

Hình 6.3: Sơ đồ nguyên lý máy nén 2 cấp có làm mát trung gian

2.4.2.8 Đồ thị P-V



Hình 2.28: Đồ thị lý thuyết máy nén 2 cấp có làm mát trung gian

Trong đó;

1-2: quá trình nén đa biến ở cấp 1

2-2': quá trình làm mát đẳng áp ở bộ làm mát trung gian.

2'-3: quá trình nén đa biến ở cấp 2 (có làm mát trung gian)

2-3': quá trình nén đa biến ở cấp 2 (khi không làm mát trung gian)

Trên p-v ta thấy: khi có làm mát trung gian, công tiêu hao của máy nén 2 cấp sẽ nhỏ hơn khi không làm mát với diện tích tương ứng là: $dt(23'32'2)$.

2.4.2.9 Tỉ số nén ở mỗi cấp

Đối với máy nén nhiều cấp ta cần chọn áp suất trung gian giữa các cấp để sao cho công tiêu hao là nhỏ nhất. Ở đây ta xem số mũ đa biến là không đổi ở các cấp. Nhiệt độ qua các bình làm mát trung gian trở về nhiệt độ ban đầu.

Tỉ số tăng áp β ở mỗi cấp nén đều bằng nhau:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} = \beta$$

$$\beta^2 = \frac{p_3}{p_1} \Rightarrow \beta = \sqrt{\frac{p_3}{p_1}} \quad [2-61]$$

Ta có thể suy ra tỉ số tăng áp của máy nén i cấp từ máy nén hai cấp :

$$\beta = \sqrt[i]{\frac{p_{i+1}}{p_1}} = \sqrt[i]{\frac{p_{cuoi}}{p_{dau}}} \quad [2-62]$$

2.4.2.10 Lợi ích của máy nén nhiều cấp

- Với máy nén nhiều cấp cho phép sử dụng trong các hệ thống lạnh làm việc với áp suất cao mà máy nén 1 cấp không thực hiện được, hoặc làm việc khó khăn trong điều kiện áp suất cao này.

- Khi cần nén lên áp suất cao người ta sử dụng máy nén nhiều cấp có làm mát trung gian. Việc làm mát trung gian này sẽ giúp cho nhiệt độ đầu đẩy máy nén không quá cao nhờ đó giảm khả năng cháy dầu bôi trơn, không làm giảm tính năng bôi trơn của dầu.

2.4.2.11 Bài tập tính toán máy nén piston

Câu 1 : Một hệ thống lạnh làm việc với thông số như sau :

Chu trình khô

$Q_0 = 150 \text{ kW}$,

Môi chất R22

$t_k = 40^\circ\text{C}$; $t_0 = -10^\circ\text{C}$

Hãy xác định các thông số trạng thái tại các điểm nút của chu trình và tính toán công suất lắp đặt cần thiết cho máy nén để phù hợp với hệ thống trên.

Câu 2 : Cho một hệ thống lạnh làm việc với chu trình quá lạnh quá nhiệt, có các thông số sau:

- Nhiệt độ bay hơi: $t_0 = -20^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá nhiệt: $t_{qn} = -10^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ: $t_k = 30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá lạnh: $t_{ql} = 22^\circ\text{C}$

Môi chất lạnh R22. Máy nén có các kích thước hình học như sau:

- Số xi lanh: 3
- Đường kính pit tông: $d = 120 \text{ mm}$
- Hành trình pit tông: $s = 100 \text{ mm}$
- Số vòng quay: $n = 15 \text{ vòng/s}$
- Công suất lạnh tiêu chuẩn: 60000 kcal/h
- Hệ số cấp $\lambda = 0,7$
- Hiệu suất làm việc của máy: $\eta = 70\%$
- Công suất động cơ lắp đặt: $N_{dc} = 25 \text{ HP}$

Với công suất lắp đặt như trên có phù hợp với hệ thống này không?

Câu 3 : Tính chọn máy nén cho hệ thống lạnh làm việc với chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn, sử dụng môi chất NH_3 . Biết :

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

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

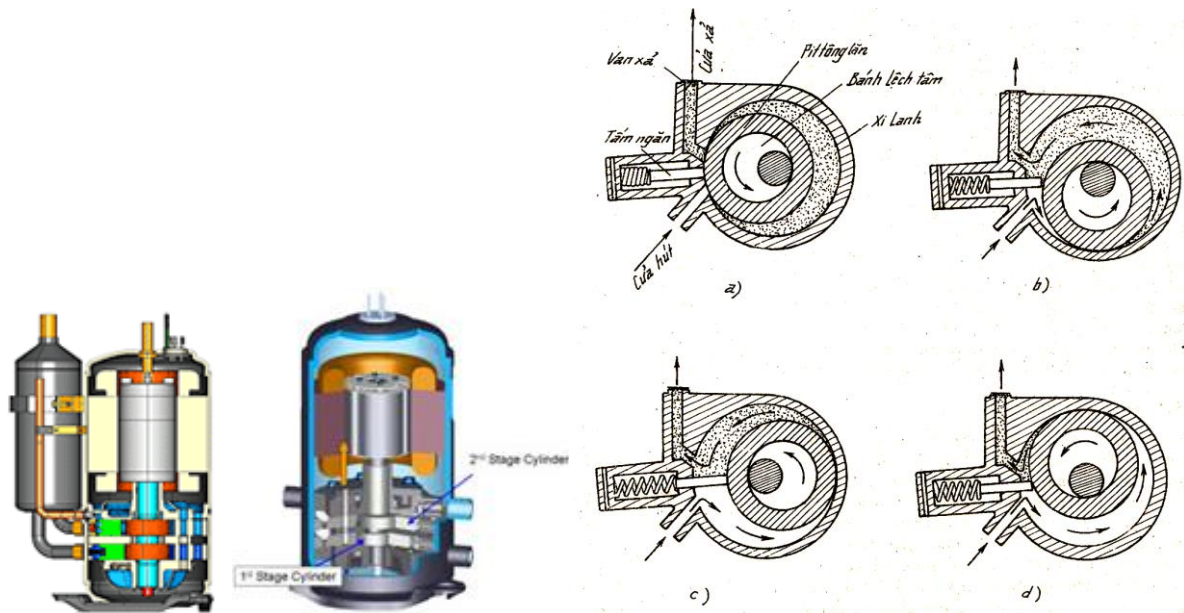
2.4.3 Giới thiệu một số chủng loại máy nén khác

2.4.3.1 Máy nén rô to

Máy nén rô to là một loại máy nén thể tích. Điều khác biệt cơ bản của máy nén rô to với máy nén pittông trượt là pittông lăn hoặc pittông quay.

1. Máy nén rô to lăn

Máy nén rô to lăn có thân hình trụ như là một xilanh, pittông cũng có dạng hình trụ nằm trong xilanh. Nhờ có bánh lệch tâm, pittông lăn trên bề mặt trong của xilanh và tạo ra 2 khoang hút và nén. Khi pittông lăn đến vị trí tấm ngăn, khoang hút đạt thể tích tối đa, quá trình hút kết thúc. Khi pittông lăn tiếp tục, quá trình nén bắt đầu và khoang hút hình thành. Cứ như vậy, khoang nén nhỏ dần và khoang hút tăng dần đến khi hơi nén được đẩy hết ra ngoài và khoang hút đạt cực đại, quá trình hút và nén mới lại bắt đầu.

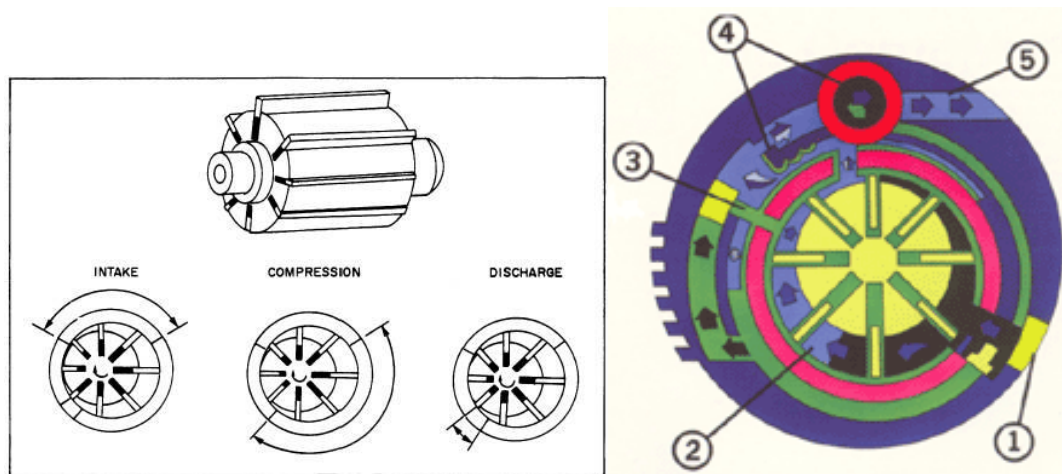
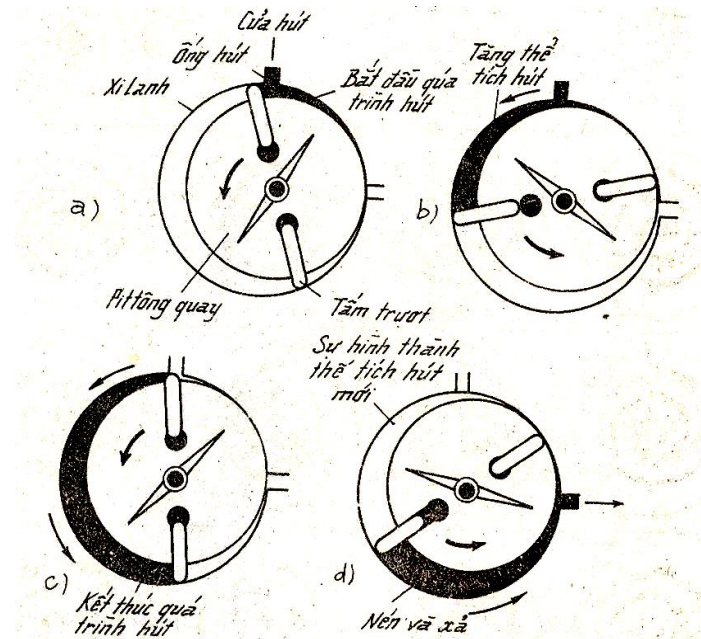


Hình 2.29: Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén rô to lăn

a) bắt đầu quá trình nén, cửa hút và xả đóng ; b) tiếp tục quá trình nén, bắt đầu quá trình hút ; c) tiếp tục nén và hút ; d) chuẩn bị kết thúc quá trình đẩy và sắp kết thúc quá trình hút

2. Máy nén rô to tấm trượt

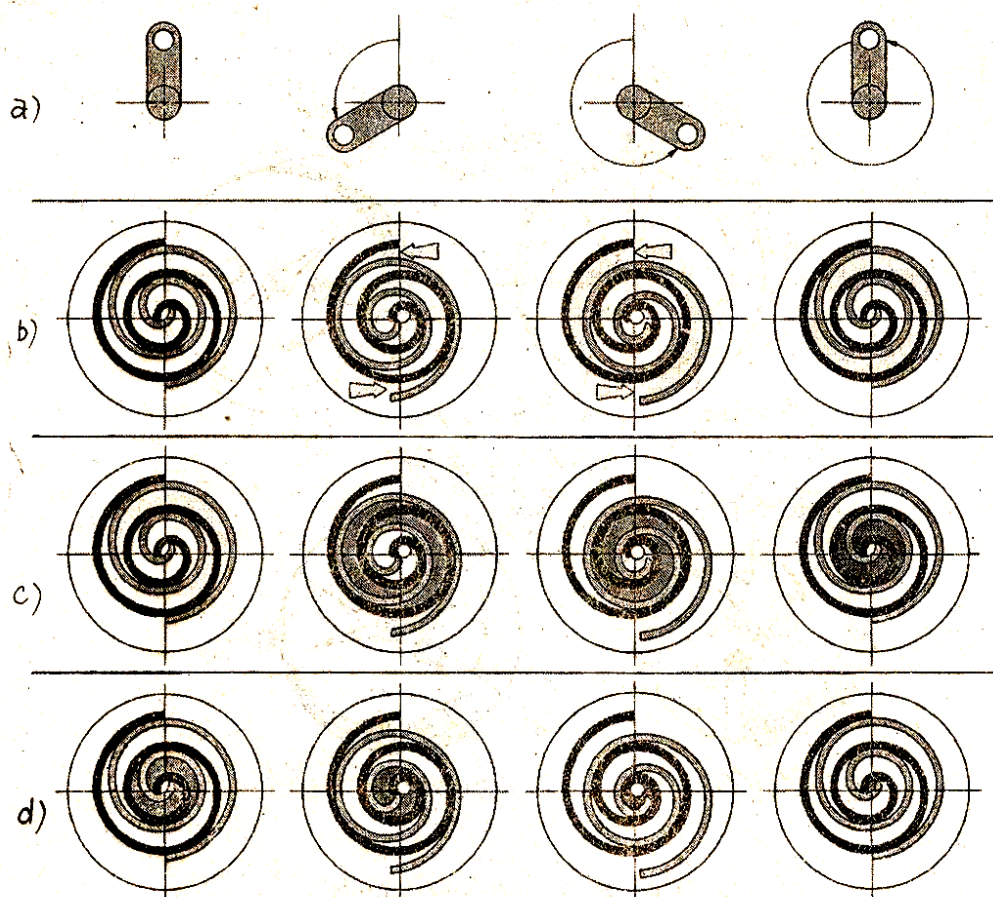
Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt giống như máy nén rôto lăn. Khác nhau cơ bản là các tấm trượt nằm trên pittông. Pittông không có bánh lệch tâm mà quay ở vị trí cố định. Pittông và xilanh luôn tiếp xúc với nhau ở một đường cố định. Cửa hút không có van chỉ cửa đẩy có van. Khi pittông quay, các tấm trượt văng ra do lực ly tâm và tạo ra các khoang có thể tích thay đổi, thực hiện quá trình hút, nén và đẩy.



Hình 2.30: Nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt

2.4.3.2 Máy nén scroll (đĩa xoắn):

Xilanh cũng như pittông đều có dạng băng xoắn. Xilanh đứng im còn pittông chuyển động. Bề mặt của pittông và xilanh tạo ra các khoang có thể tích thay đổi thực hiện quá trình hút, nén và đẩy.



Hình 2.31: Máy nén xoắn ốc 3-D™ hãng TRANE

a) Máy nén xoắn ốc có 2 vòng xoắn. Vòng xoắn trên (xanh) đứng im, vòng xoắn dưới quay ;

b) Quá trình hút – khi vòng xoắn dưới quay được 1 vòng 360° , hai túi hơi được hình thành và khép kín ;

c) Quá trình nén : hai túi hơi khép nhỏ dần thực hiện quá trình nén ;

d) Quá trình đẩy : hai túi hơi khép nhỏ hơn và thực hiện quá trình đẩy.

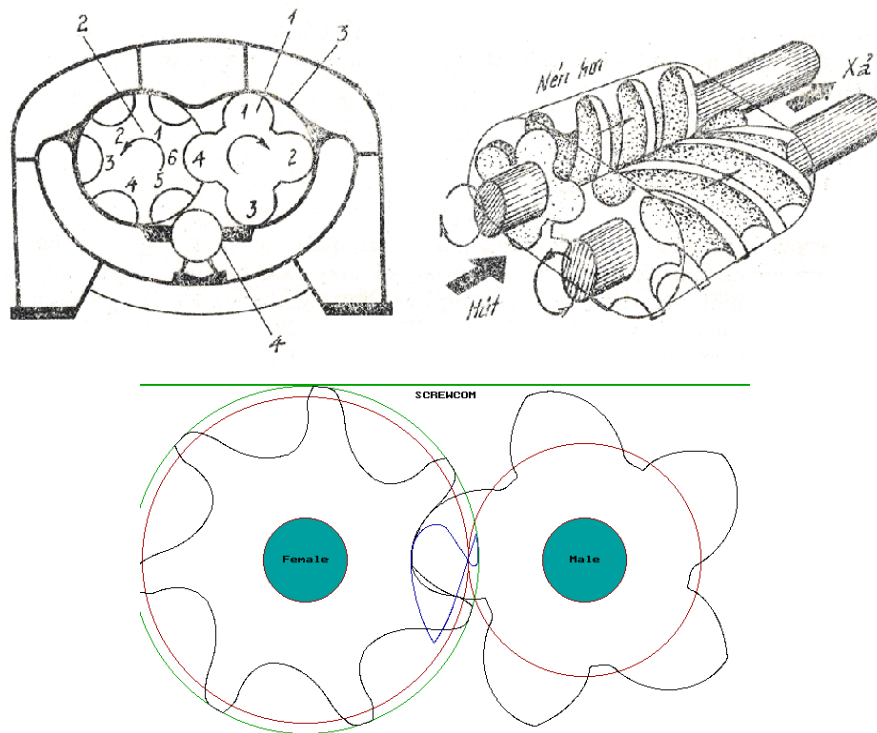


Hình 2.32: Cấu tạo của máy nén roto xoắn ốc

2.4.3.3 Máy nén trực vít

Càng ngày, máy nén trực vít càng giữ vị trí quan trọng trong kỹ thuật lạnh do máy nén trực vít có một loạt các ưu điểm nổi bật so với nén pittông như sau :

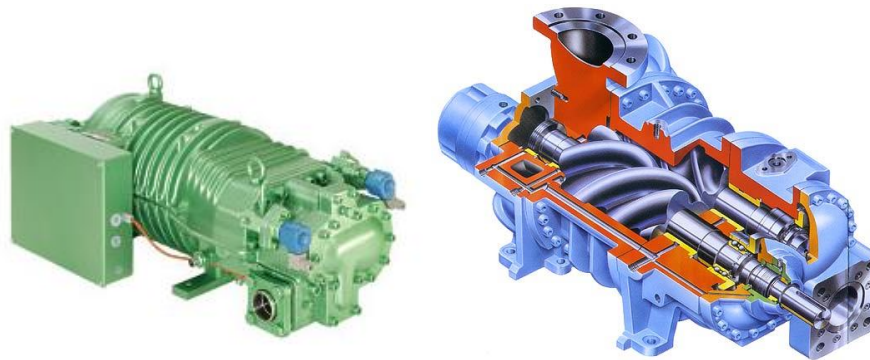
- Cấu tạo đơn giản, số lượng chi tiết chuyển động ít, độ tin cậy cao, tuổi thọ cao
- Máy nén gọn gàng, chắc chắn
- Dễ lắp đặt, truyền động quay ổn định hơn so với truyền động xung qua lại của pittông trực khuỷu
- Năng suất lạnh có thể điều chỉnh vô cấp từ 100% xuống đến 10% và tiết kiệm được công nén
- Nhiệt độ cuối tầm nén thấp hơn
- Tỷ số nén cao hơn, có thể đạt $\pi = \frac{p_k}{p_0} = 20$
- Có thể đạt nhiệt độ sôi thấp mà với máy nén pittông phải dùng chu trình 2 cấp
- Không có van hút và đẩy nên không có tổn thất tiết lưu
- Dầu phun tràn trong máy nén ngoài tác dụng làm kín, bôi trơn, hấp thụ nhiệt của quá trình nén còn có tác dụng làm giảm tiếng ồn
- Hầu như không ảnh hưởng khi hút phải lỏng



Hình 2.33: Hình dáng, cấu tạo của máy nén trực vít loại 2 vít,

1 – vít chính với 4 răng lồi ; 2 – vít phụ với 6 răng lõm ; 3 – xilanh hoặc thân máy ; 4 – con trượt điều chỉnh năng suất lạnh

Máy nén trục vít là loại máy nén pittông quay, gồm một trục chính và một trục phụ. Trục chính có 4 răng lồi gọi là trục chủ động (trục đực), trục phụ có 6 răng lõm gọi là trục cái. Ngoài ra người ta còn bố trí các lỗ phun dầu trên thân để làm kín các khoang. Ngoài máy nén trục vít kiểu 2 vít người ta còn chế tạo máy nén trục vít loại 1 vít. Nguyên lý làm việc của máy nén 1 trục vít cũng giống như máy nén 2 trục vít nhưng phải có thêm 2 bánh răng hình sao bố trí 2 bên sườn của trục vít để tạo ra các khoang có thể tích thay đổi lớn dần trong quá trình hút và nhỏ dần trong quá trình nén, đẩy.



Hình 2.34: Máy nén trục vít

2.5 CÁC THIẾT BỊ KHÁC CỦA HỆ THỐNG LẠNH

2.5.1 Các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu

2.5.1.1 Thiết bị ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ là một trong bốn thiết bị chính và có diện tích lớn nhất trong hệ thống lạnh. Thiết bị ngưng tụ là thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt.

2.5.1.2 Vai trò của thiết bị trong hệ thống lạnh

Tại thiết bị ngưng tụ, hơi môi chất lạnh có áp suất và nhiệt độ cao sau quá trình nén sẽ ngưng tụ thành trạng thái lỏng. Môi trường nhận nhiệt trong thiết bị ngưng tụ gọi là môi trường làm mát (thường là nước hoặc không khí).

2.5.1.3 Các kiểu thiết bị ngưng tụ thường gặp

Theo môi trường làm mát, có thể chia các thiết bị ngưng tụ thành 3 nhóm:

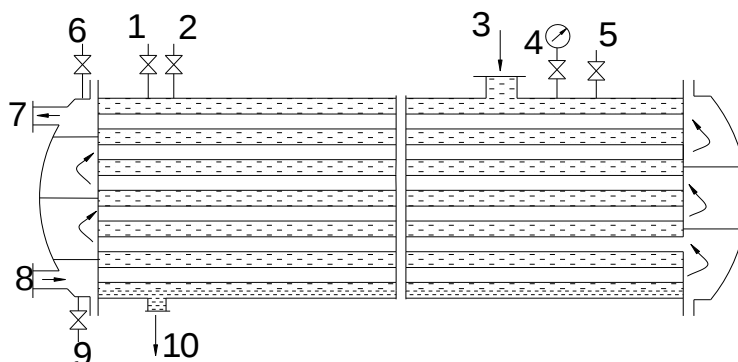
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

1. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước

Gồm bình ngưng ống vỏ nằm ngang, bình ngưng ống vỏ thẳng đứng, thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử và kiểu ống lồng.

a) Bình ngưng ống vỏ nằm ngang

Bình ngưng gồm 1 bình hình trụ nằm ngang chứa bên trong nhiều ống trao đổi nhiệt đường kính nhỏ. Bình ngưng loại này được dùng khá phổ biến cho cả các máy lạnh cỡ công suất trung bình và lớn, dùng thích hợp cho những nơi có nguồn nước sạch và sẵn nước, giá thành nước không cao.



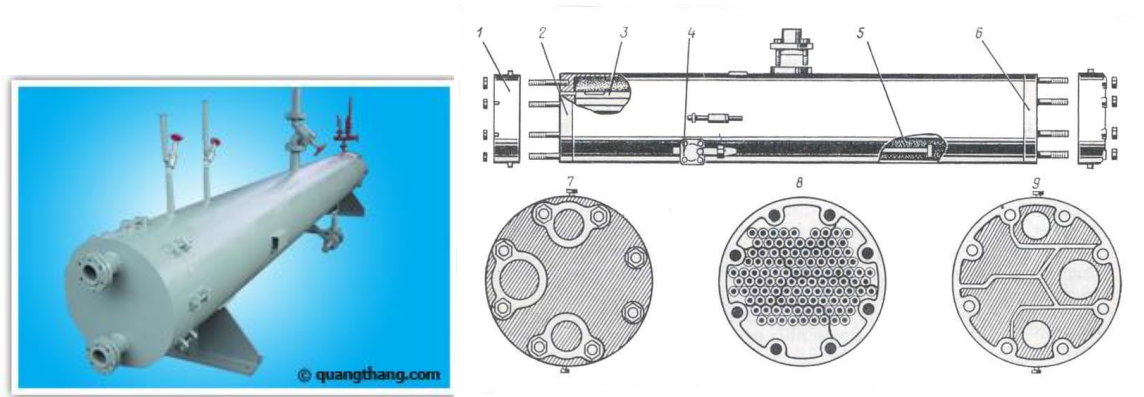
Hình 2.35: Sơ đồ cấu tạo của bình ngưng ống vỏ nằm ngang

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. nổi van an toàn | 2. ống nối đường cân bằng với bình chứa. |
| 3. ống hơi NH ₃ vào | 4. áp kế |
| 5. ống nối van xả khí không ngưng | 6. van xả khí ở khoang nước |
| 7. ống nước làm mát ra | 8. ống nước làm mát vào |
| 9. van xả nước | 10. ống NH ₃ lỏng ra |

Hơi cao áp sau máy nén được đưa vào phần trên của bình ngưng qua đường ống 3 bao phủ không gian giữa các ống, tỏa nhiệt cho nước làm mát đi trong ống và ngưng tụ thành lỏng. Để tăng tốc độ nước và sự truyền nhiệt giữa hơi và nước lạnh, cũng như để kéo dài đường đi của nước trong bình ngưng, bố trí cho nước đi qua đi lại nhiều lần trước khi ra ngoài theo ống dẫn 7. Lỏng ngưng tụ ở phần dưới bình được dẫn ra ngoài qua ống 10 đi vào bình chứa. Để thoát lỏng liên tục vào bình chứa phải có ống nối cân bằng (qua đầu 2) giữa bình ngưng và bình chứa.

Các ống trong bình ngưng amôniac thường là các ống trơn, thẳng, đường kính $d = 25 \times 2.5\text{mm}$ và được núc hoặc hàn vào hai mặt sàng theo đỉnh của tam giác đều cạnh 4mm.

Trong các hệ thống lạnh frêon, cấu tạo bình ngưng và các ống trao đổi nhiệt có một số khác biệt so với bình ngưng amôniac để phù hợp với tính chất của môi chất. Các ống trao đổi nhiệt thường là ống đồng có cánh nhôm lồng vào hoặc cuốn trên bề mặt ngoài của ống để tăng cường khả năng truyền nhiệt.

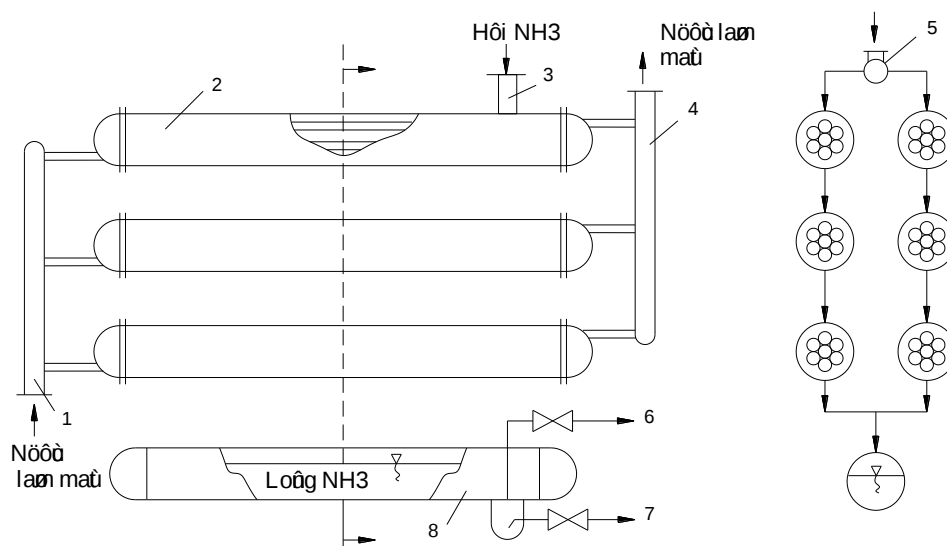


Hình 2.36: Bình ngưng ống vỏ nằm ngang

b) Thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử và kiểu ống lồng

*** Thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử**

Thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử gồm những phần tử riêng biệt là các ống trao đổi nhiệt (2) ghép với nhau thành từng cụm. Mỗi phần tử như vậy xem như một bình ngưng ống vỏ nằm ngang loại nhỏ. Các phần tử được lắp nối tiếp với nhau theo đường hơi môi chất và ghép song song theo đường nước làm mát. Mỗi cụm này (trong hình vẽ gồm 3 phần tử) lại được ghép song song với nhau tạo thành thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử (trên hình vẽ gồm 2 cụm với 6 phần tử và 1 bình chứa ở dưới, có ống xả dầu).



Hình 2.37: Sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu phân tử

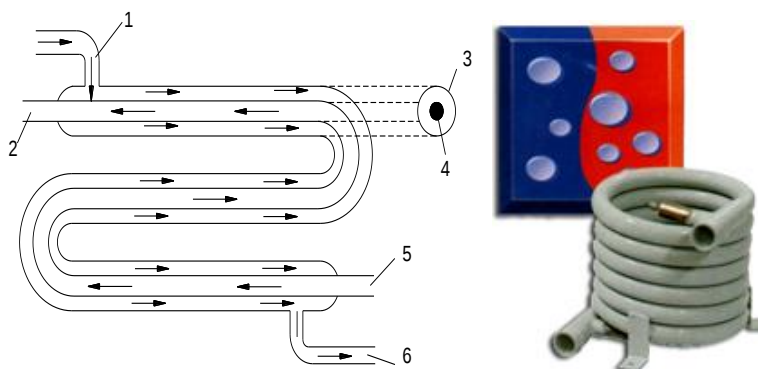
- | | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------|
| 1. Ống nước vào | 2. Ống trao đổi nhiệt | 3. Ống dẫn hơi vào |
| 4. Ống nước ra | 5. Ống góp hơi vào | 6. Ống dẫn lỏng ra |
| 7. Ống xả dầu | 8. Bình chứa lỏng. | |

Trong mỗi phần tử, hơi môi chất được đưa vào ống (3) đi vào không gian giữa các ống trao đổi nhiệt (2) và được ngưng tụ lại do thải nhiệt cho nước làm mát đi trong các ống trao đổi nhiệt. Nước được đưa vào từ ống góp ở phía dưới

(1) và chảy song song qua các phần tử rồi đi ra ống góp ở phía trên (4). Như vậy, thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử trao đổi nhiệt theo nguyên lý ngược chiều.

** Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng*

Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng chỉ gồm có vỏ (ống ngoài) và một ống trong.



Hình 2.38: Sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống

1,6. Ống hơi và ống lỏng ra; 2,5. Ống nước ra và ống nước vào; 3. Môi chất lạnh; 4. Nước.

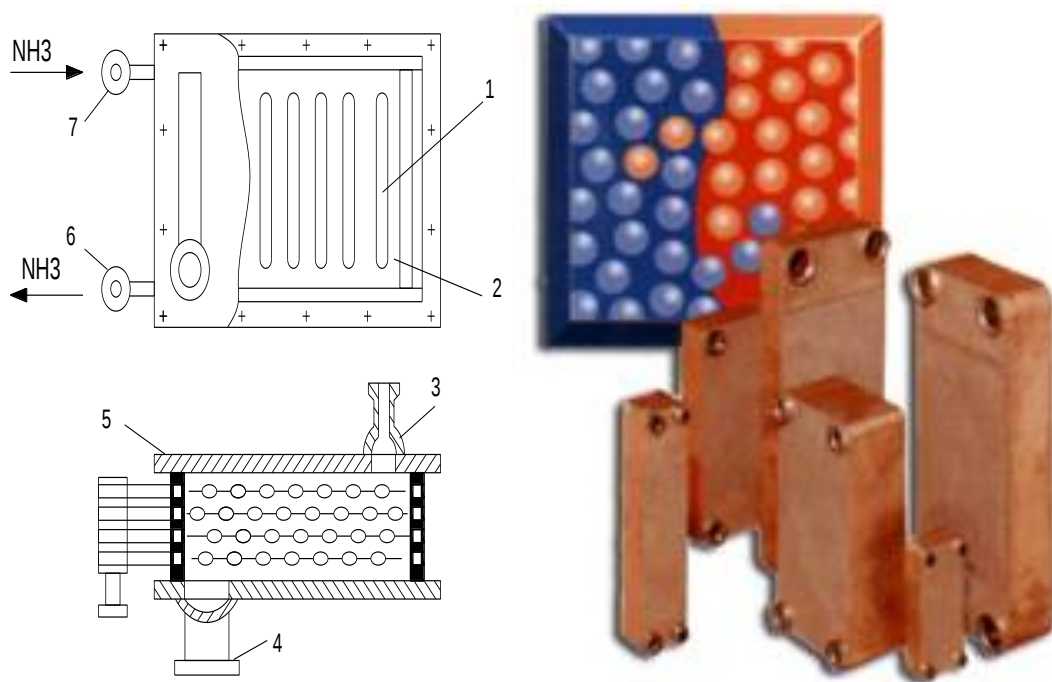
Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống có cùng nguyên lý hoạt động như thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử. Nước làm mát cũng đi trong ống, còn môi chất được chảy theo chiều ngược lại trong không gian giữa các ống. Như vậy, nước và môi chất trao đổi nhiệt ngược chiều.

c) Thiết bị ngưng tụ kiểu panen

Với mục đích thay thế các ống không có mối hàn bằng thép tấm rẻ tiền hơn, người ta đã nghiên cứu chế tạo loại dàn ngưng panen.

Thiết bị ngưng tụ kiểu panen cũng gồm những cụm riêng biệt, mỗi cụm lại gồm một số panen liên tiếp được siết chặt và ép lại bằng hai tấm nắp, giữa có đệm chèn để đảm bảo kín về đường nước (lưu động ngang qua bên ngoài).

Bộ phận chủ yếu của dàn ngưng là panen (2) làm từ hai tấm thép cán được dập thành hình gợn sóng ép vào nhau. Do đó trong panen sẽ hình thành một dãy các rãnh đứng (1), trong đó môi chất sẽ ngưng tụ. Hai cạnh ngoài cùng dọc theo chiều dài của panen được hàn kín, còn khoảng giữa các rãnh thì chỉ cần ốp sát và hàn điểm (phần này đóng vai trò như là cánh tản nhiệt).



Hình 2.39: Sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu panen

1. Rãnh đứng; 2. Panen; 3,4. Ống dẫn nước vào và ra; 5. Nắp phẳng; 6,7. Ống góp hơi và lỏng.

Nước giải nhiệt đi vào ống 3 qua ống góp có lỗ phân phối, lần lượt chảy qua các panen và đi ra ở ống 4. Nước làm mát vào môi chất chuyển động cắt nhau theo các rãnh.

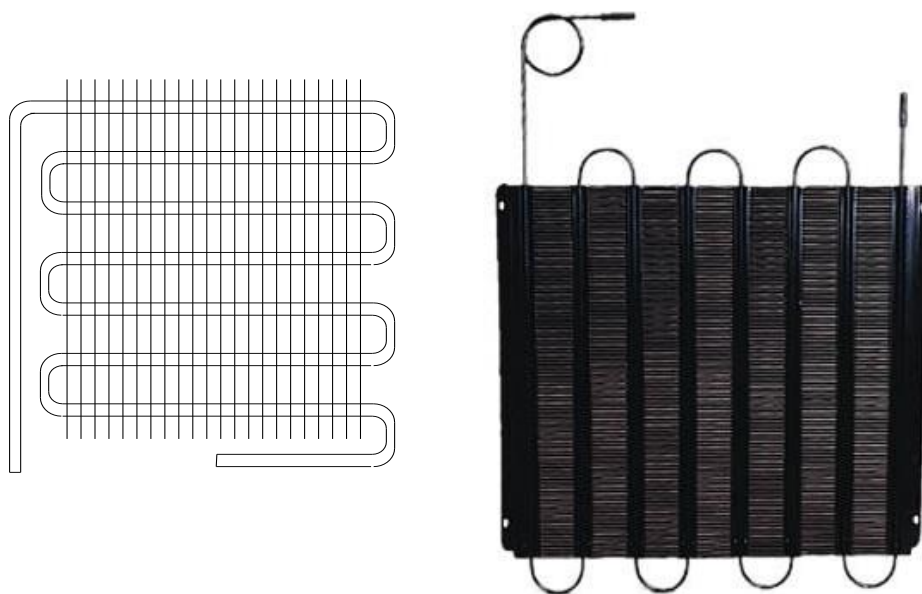
2. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

Loại dàn ngưng này thường được sử dụng trong các tủ lạnh gia đình, trong các quầy hàng thực phẩm tươi sống, trong các máy điều hòa không khí, trên các phương tiện giao thông vận tải và cả những nơi không thể giải nhiệt bằng nước hoặc không có đủ nước để giải nhiệt.

Dàn ngưng không khí được chia làm 2 loại: đối lưu tự nhiên và đối lưu cưỡng bức

a) Dàn ngưng đối lưu tự nhiên

Loại dàn ngưng đối lưu tự nhiên có cấu tạo là một chùm ống xoắn phẳng bằng nhôm hoặc đồng có đường kính $4.8 \div 6.5\text{mm}$ và có bước ống là $40 \div 60\text{mm}$. Cánh là các sợi dây thẳng bằng thép có đường kính $1 \div 1.5\text{mm}$ và có bước cánh là $6 \div 9\text{mm}$ được hàn điểm vào chùm ống xoắn.



Hình 2.40: Dàn ngưng không khí đối lưu tự nhiên

b) Dàn ngưng đối lưu cưỡng bức

Dàn ngưng đối lưu cưỡng bức thường có cấu tạo gồm một dàn ống trao đổi nhiệt bằng ống thép hoặc ống đồng có cánh nhôm hoặc cánh sắt bên ngoài, bước cánh nằm trong khoảng $3 \div 10 \text{ mm}$.

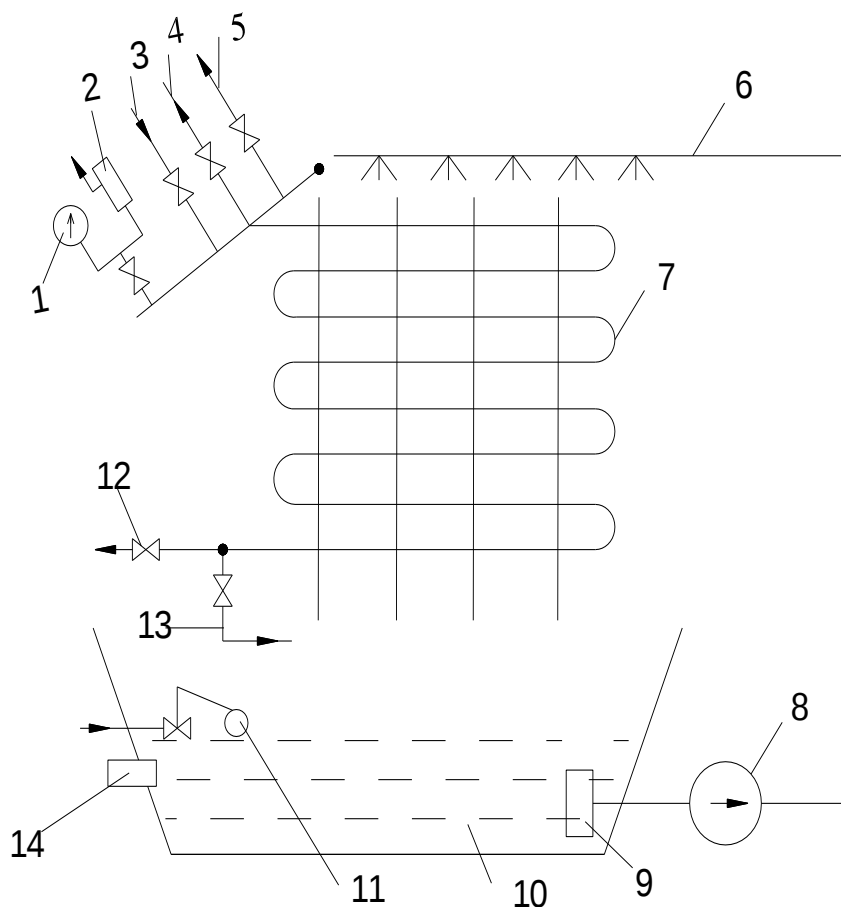
Hơi môi chất đi trong ống xoắn nhả nhiệt cho không khí bên ngoài ống để ngưng tụ thành lỏng. Sự chuyển động của không khí có thể nhờ quạt (quạt hướng trục thổi qua với vận tốc $4 \div 5 \text{ m/s}$ _ đối lưu cưỡng bức) hoặc tự do (đối lưu tự nhiên)



Hình 2.41: Dàn ngưng không khí đối lưu cưỡng bức

3. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí

a) Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới

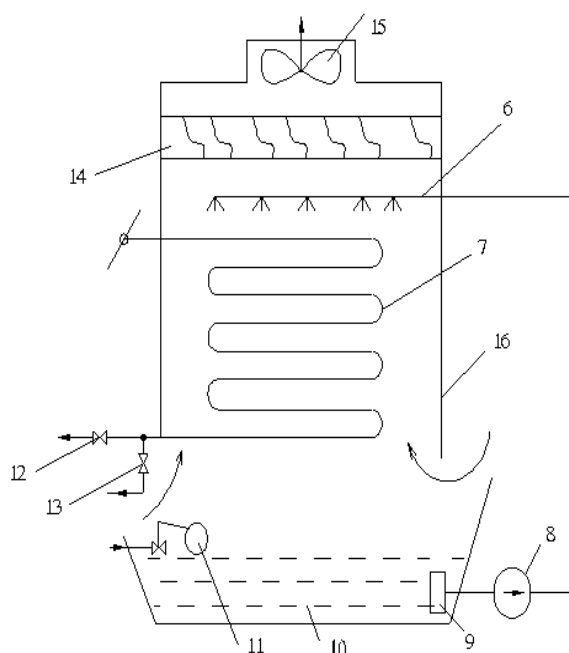


Hình 2.42: Sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu tưới.

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Đồng hồ cao áp | 2. Van an toàn | 3. Hơi cao áp cấp vào |
| 4. Đường cân bằng | 5. Đường xả khí không ngưng | 6. Dàn tưới |
| 7. Ống trao đổi nhiệt | 8. Bơm nước | 9. Bộ lọc cơ khí |
| 10. Bể nước | 11. Van phao | 12. Lỗng cao áp ra |
| 13. Đường xả dầu | 14. Xả nước tràn. | |

Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới được làm mát bằng nước và không khí. Nước tưới ở bên ngoài ống, hơi môi chất đi bên trong ống. Hơi môi chất sẽ nhả nhiệt cho nước tưới để ngưng tụ tạo thành lỏng. Nước làm mát sẽ nhận nhiệt → nóng lên: một phần bay hơi, 1 phần nhả nhiệt cho không khí bên ngoài. Phần nhả nhiệt cho không khí bên ngoài + lượng nước bổ sung → nước nguội lại ở trạng thái ban đầu và được bơm bơm lên dàn tưới. Chu trình cứ thế tiếp diễn.

b) Thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi



Hình 2.43: Sơ đồ cấu tạo của thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi.

(1 – 13). Giống hình 2.42 ; 14. Tấm chắn nước ; 15. Quạt gió ; 16. Vỏ thiết bị

2.5.1.4 Tháp giải nhiệt

Tháp giải nhiệt là một thiết bị trao đổi nhiệt dùng để làm mát nước tuần hoàn cho bình ngưng bằng cách bay hơi một phần nước vào không khí khi cho nước tiếp xúc trực tiếp với không khí môi trường.



Hình 2.44: Cụm tháp giải nhiệt

2.5.1.5 Thiết bị bay hơi

Thiết bị bay hơi cũng là một trong bốn thiết bị chính của hệ thống lạnh. Thiết bị bay hơi là thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt.

2.5.1.6 Vai trò của thiết bị trong hệ thống lạnh

Tại thiết bị bay hơi môi chất lạnh ở trạng thái bão hòa ẩm có áp suất thấp, nhiệt độ thấp thu nhiệt từ môi trường cần làm lạnh, sôi và hoá hơi đẳng áp để chuyển từ lỏng sang hơi.

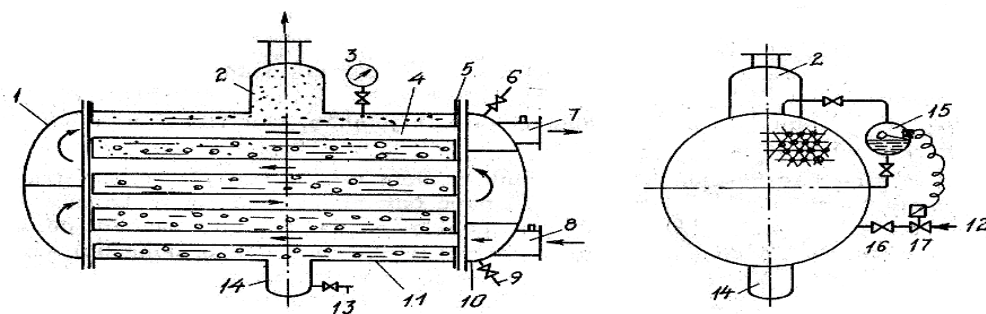
2.5.1.7 Các kiểu thiết bị bay hơi thường gặp

Có nhiều cách phân loại thiết bị bay hơi, theo môi trường cần làm lạnh có thể chia như sau :

- + Thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lạnh lỏng như nước, nước muối, glycol...
- + Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí. Trong loại này lại chia làm hai nhóm : không khí tuần hoàn tự nhiên không khí tuần hoàn cưỡng bức

1. Thiết bị bay hơi làm lạnh chất lỏng

** Thiết bị bay hơi ống vỏ kiểu ngập lỏng*



Hình 2.45: Bình bay hơi ống vỏ amoniắc kiểu ngập lỏng

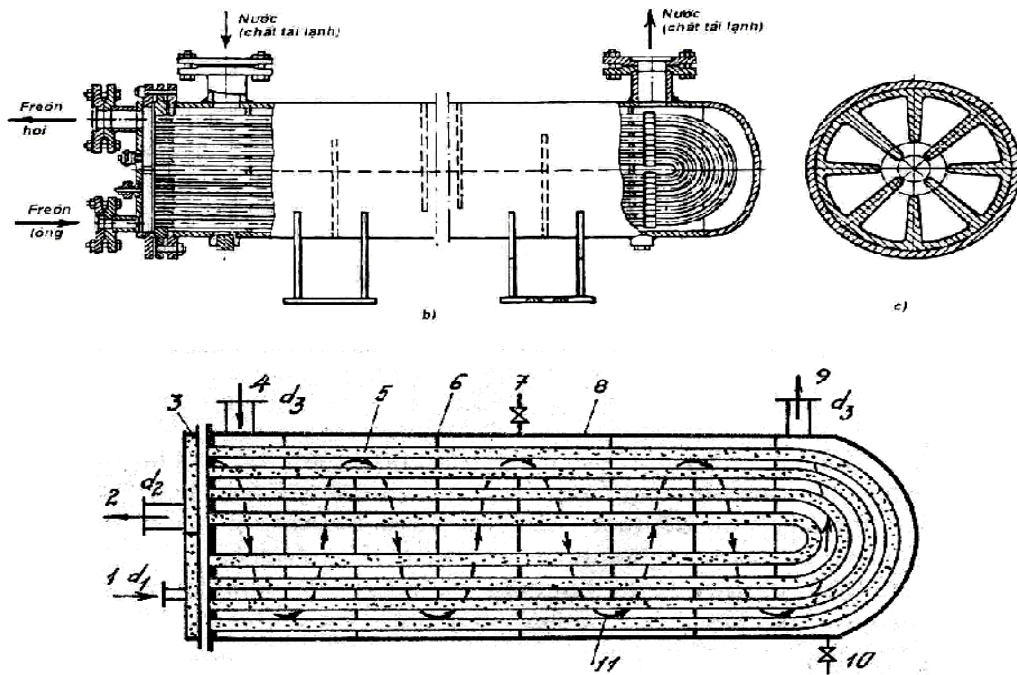
1, 10 – nắp bình ; 2 – tách lỏng ; 3 – áp kế ; 4 - ống trao đổi nhiệt ; 5 – mặt sàng ; 6 - ống xả không khí ; 7,8 - ống nước (muối) vào và ra ; 9 – xả nước ; 11 – thân ; 12 - ống amoniắc lỏng vào ; 13 – xả dầu ; 14 – bầu dầu ; 15 – bộ điều chỉnh mức lỏng ; 16 – van tiết lưu ; 17 – van điện từ

Đây là loại TBBH được dùng phổ biến nhất trong các hệ thống lạnh công suất trung bình và lớn. Nguyên lý cấu tạo và quá trình truyền nhiệt giống như bình ngưng tụ làm mát bằng nước, nhưng ở đây chất lỏng được làm lạnh chảy trong ống còn môi chất sôi ở bề mặt ngoài trong không gian giữa các ống. Lỏng hạ áp được đưa vào trong thiết bị nhận nhiệt của chất lỏng, sôi và hoá hơi để tạo thành hơi hạ áp, tiếp tục đi qua bình tách lỏng nhằm tách các hạt lỏng trước khi về máy nén.



Hình 2.46: Bình bay hơi ống vỏ kiểu nắp lồng

* Thiết bị bay hơi ống vỏ, môi chất sôi trong ống và trong kênh.



Hình 2.47: Bình bay hơi ống vỏ ống chữ U môi chất sôi trong ống

1, 2 – môi chất lạnh vào ra ; 3 – nắp bình ; 4, 9 - ống vào, ra của chất tải lạnh ; 5 – ống sôi ; 6 – tấm chắn ; 7 - xả khí ; 8 – thân bình ; 10 – xả chất tải lạnh ; 11 – đường zic zắc chất tải lạnh

Là thiết bị bay hơi kiểu chất lỏng làm lạnh không ngập. Môi chất lạnh lưu động sôi và bay hơi ở phía bên trong ống nhận nhiệt của chất lỏng chuyển động bên ngoài ống làm cho môi chất lạnh sôi. Các tấm chắn thẳng đứng đặt trong không gian giữa các ống bên trong vỏ để tăng tốc độ chuyển động của chất tải lạnh, tốc độ trung bình khoảng 0,3 – 0,8 m/s.

* Dàn lạnh panen

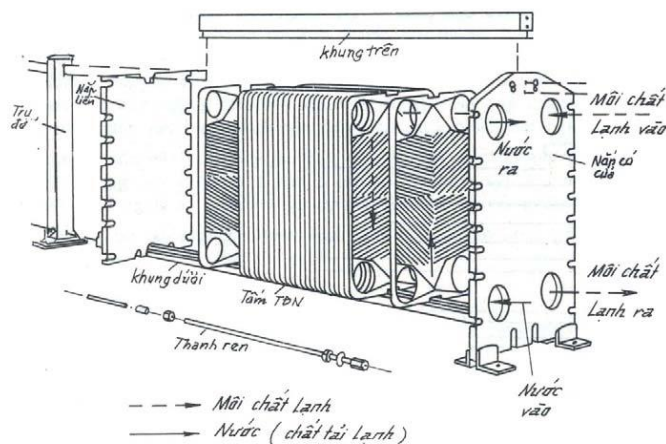
Để làm lạnh các chất lỏng trong chu trình hở người ta sử dụng các dàn lạnh panen.

Hình 2.48: Dàn lạnh xương cá

Về cấu tạo, tương tự dàn lạnh panen nhưng ở đây các ống trao đổi nhiệt được uốn cong, do đó chiều dài mỗi ống tăng lên đáng kể. Các ống trao đổi nhiệt gắn vào các ống góp trông giống như một xương cá không lồ. Đó là các ống thép áp lực dạng tròn, không cánh. Dàn lạnh xương cá cũng có cấu tạo gồm nhiều cụm (môđun), mỗi cụm có 1 ống góp trên và 1 ống góp dưới và hệ thống 2÷4 dây ống trao đổi nhiệt nối giữa các ống góp.

Mật độ dòng nhiệt của dàn bay hơi xương cá tương đương dàn lạnh kiểu panen tức khoảng $2900 \div 3500 \text{ W/m}^2$

*** Dàn lạnh tấm bản**



Hình 2.49: Dàn lạnh tấm bản

Ngoài các dàn lạnh thường được sử dụng ở trên, trong công nghiệp người ta còn sử dụng dàn bay hơi kiểu tấm bản để làm lạnh nhanh các chất lỏng. Ví dụ hạ nhanh dịch đường và glycol trong công nghiệp bia, sản xuất nước lạnh chế biến trong nhà máy chế biến thực phẩm ...

Cấu tạo dàn lạnh kiểu tấm bản hoàn toàn giống dàn ngưng tấm bản, gồm các tấm trao đổi nhiệt dạng phẳng có dập sóng được ghép với nhau bằng đệm kín. Hai đầu là các tấm khung dày, chắc chắn được giữ nhờ thanh giằng và bulông. Đường chuyển động của môi chất và chất tải lạnh ngược chiều và xen kẽ nhau. Tổng diện tích trao đổi nhiệt rất lớn. Quá trình trao đổi nhiệt giữa hai môi chất thực hiện qua vách tương đối mỏng nên hiệu quả trao đổi nhiệt cao. Các lớp chất tải lạnh khá mỏng nên quá trình trao đổi nhiệt diễn ra nhanh chóng. Dàn lạnh tấm bản NH_3 có thể đạt $k = 2500 \div 4500 \text{ W/m}^2\text{K}$ khi làm lạnh nước. Đối với R22 làm lạnh nước hệ số truyền nhiệt đạt $k = 1500 \div 3000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Đặc điểm của dàn lạnh kiểu tấm bản là thời gian làm lạnh rất nhanh, khối lượng môi chất lạnh cần thiết nhỏ.

Nhược điểm là chế tạo phức tạp nên chỉ có các hãng nổi tiếng mới có khả năng chế tạo. Do đó khi hư hỏng, không có vật tư thay thế, sửa chữa khó khăn

2. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí

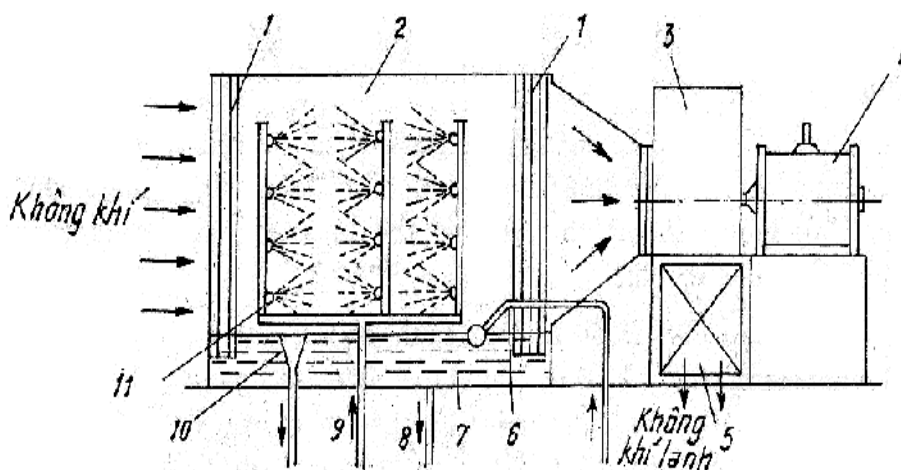
*** Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô**

Là thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt, trong đó không khí (lưu động ngoài chùm ống) thải nhiệt cho môi chất sôi trong ống hoặc cho chất tải lạnh chảy trong ống. Nếu không khí được làm lạnh do truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống ta gọi là thiết bị làm lạnh trực tiếp, còn nếu không khí được làm lạnh do truyền nhiệt cho nước hay chất tải lạnh lỏng đi trong ống được gọi là thiết bị làm lạnh gián tiếp



Hình 2.50: Dàn lạnh không khí

*** Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt**

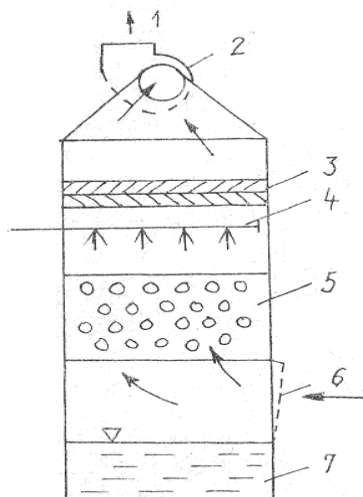


Hình 2.51: Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt

1 – máng chắn nước ; 2 – buồng phun ; 3 – quạt gió ; 4 – động cơ ; 5 - cửa gió lạnh; 6 – van phao ; 7 – đáy nước ; 8 – ống xả đáy ; 9 – ống dẫn nước lạnh ; 10 - ống xả tràn ; 11 – vòi phun nước

Được sử dụng rộng rãi trong điều hoà không khí, không khí được làm lạnh nhờ tiếp xúc trực tiếp với nước hoặc nước muối lạnh phun ra từ các vòi phun nhờ quạt.

*** Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp**



Hình 2.52: Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp

- 1 – không khí lạnh
- 2 – quạt gió
- 3 – chắn nước
- 4 - dàn phun nước
- 5 – dàn bay hơi
- 6 - không khí tuần hoàn

Không khí trong phòng qua cửa gió tiếp xúc với dàn lạnh truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống hạ nhiệt độ xuống rồi lại được làm lạnh nhờ được tiếp xúc trực tiếp với nước lạnh phun từ ống phun nước. Tấm chắn giữ không cho nước bay theo vào phòng.

2.5.2 Thiết bị tiết lưu (giảm áp)

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.

2.5.2.1 Giảm áp bằng ống mao

Ống mao (cáp tiết lưu) được sử dụng trong hệ thống lạnh nhỏ như: tủ lạnh dân dụng, thương mại, máy điều hòa.



Hình 2.53: Cán tiết lưu (ống mao)

2.5.2.2 Van tiết lưu

1. Van tiết lưu tay

Van tiết lưu tay là van tiết lưu được điều chỉnh bằng tay. Van có kết cấu tương tự van chặn. Khác biệt cơ bản của van tiết lưu là ren của ti van mịn hơn so với van chặn nhằm điều chỉnh lưu lượng một cách chính xác.

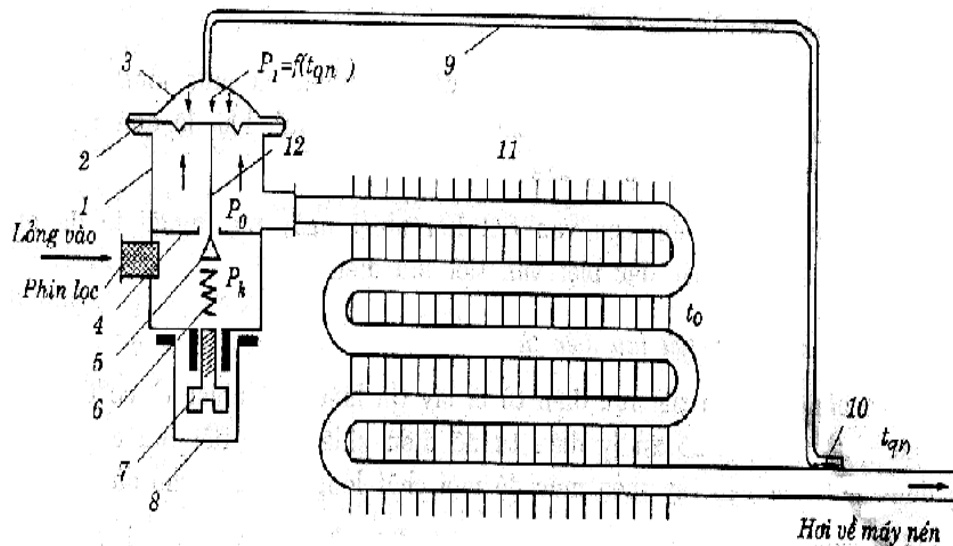


Hình 2.54: Van tiết lưu tay

2. Van tiết lưu nhiệt

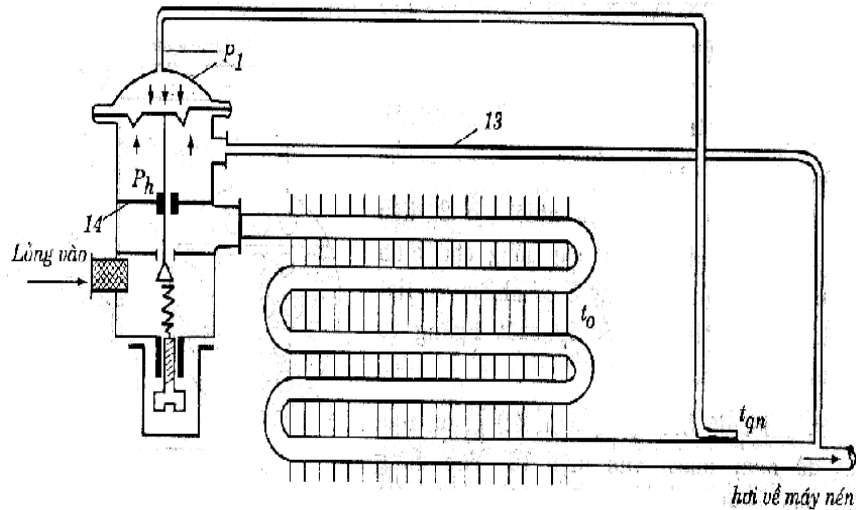
Van tiết lưu nhiệt là van tiết lưu điều chỉnh tự động nhờ độ quá nhiệt của hơi hút về máy nén.

Van tiết lưu nhiệt có 2 loại van: van tiết lưu nhiệt cân bằng trong và van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài.



Hình 2.55: Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong

1 – thân van ; 2 – màng đàn hồi ; 3 – mũ van ; 4 – đế van ; 5 – kim van ; 6 – lò xo nén ; 7 – vít điều chỉnh độ quá nhiệt ; 8 – nắp ; 9 - ống nối ; 10 – đầu cảm nhiệt ; 11- dàn bay hơi



Hình 2.56: Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

13 – ống nối với đường hút máy nén ; 14 – tấm chặn

Van tiết lưu nhiệt gồm khoang áp suất quá nhiệt p_1 có màng đàn hồi, đầu cảm nhiệt 10, ống nối 9. Phía trong khoang được nạp môi chất dễ bay hơi (thường chính là môi chất sôi sử dụng trong hệ thống lạnh). Nhiệt độ quá nhiệt (cao hơn nhiệt độ sôi t_0) được đầu cảm 10 biến thành tín hiệu áp suất để làm thay đổi vị trí của màng đàn hồi. Màng đàn hồi được gắn với kim van 5 nhờ thanh truyền 12 nên khi màng co giãn, kim van 5 trực tiếp điều chỉnh cửa thoát phun môi chất lỏng vào dàn.

Van tiết lưu nhiệt hoạt động như sau: Nếu tải nhiệt của dàn tăng hay môi chất vào dàn ít, độ quá nhiệt hơi hút tăng, áp suất p_1 tăng, màng 2 giãn ra, đẩy kim van 5 xuống dưới, cửa thoát môi chất mở rộng hơn cho môi chất lỏng vào nhiều hơn. Khi môi chất lạnh vào nhiều, độ quá nhiệt hơi hút giảm, p_1 giảm, màng 2 bị kéo lên trên khép bớt cửa môi chất vào ít hơn và độ quá nhiệt lại tăng, chu kỳ điều chỉnh lặp lại, và dao động quanh vị trí đã đặt.

Độ quá nhiệt có thể điều chỉnh nhờ vít 7. Khi vặn vít thuận chiều kim đồng hồ tương ứng độ quá nhiệt tăng, và ngược chiều kim đồng hồ là độ quá nhiệt giảm. Khi điều chỉnh hết mức, có thể thay đổi 20% năng suất lạnh của van.

Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong chỉ sử dụng cho các loại máy lạnh nhỏ, dàn bay hơi bé, tổn thất áp suất không lớn. Khi cần giữ áp suất bay hơi và nhiệt độ bay hơi ổn định, đối với các dàn lạnh có công suất lớn và tổn thất áp suất lớn người ta phải sử dụng loại van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài.

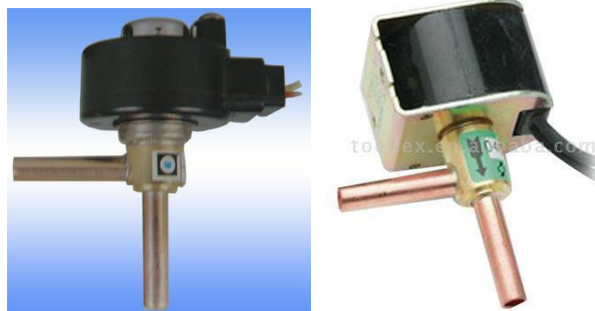
Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài có thêm ống nối 13 lấy tín hiệu áp suất hút ở gần đầu máy nén (bố trí càng gần đầu máy nén càng tốt). Áp suất phía dưới màng đàn hồi không còn là áp suất p_0 mà là áp suất hút p_h . Do tổn thất áp suất ở

dàn bay hơi thay đổi theo tải nên áp suất hút p_h là tín hiệu cấp lỏng bổ sung để hoàn thiện hơn chế độ cấp lỏng cho dàn bay hơi.



Hình 2.57: Van tiết lưu nhiệt

3. Van tiết lưu nhiệt điện



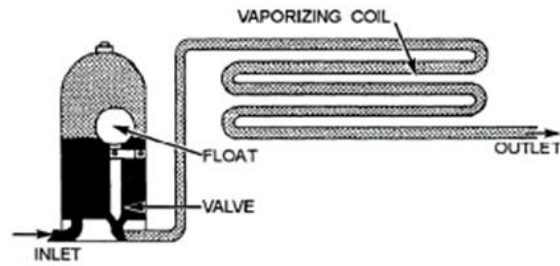
Hình 2.58: Van tiết lưu nhiệt điện

4. Van tiết lưu điện tử

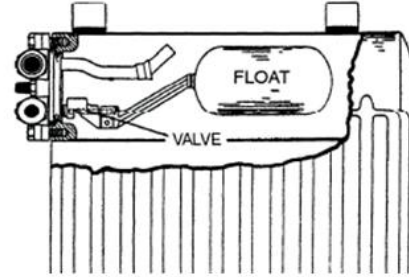


Hình 2.59: Van tiết lưu điện tử

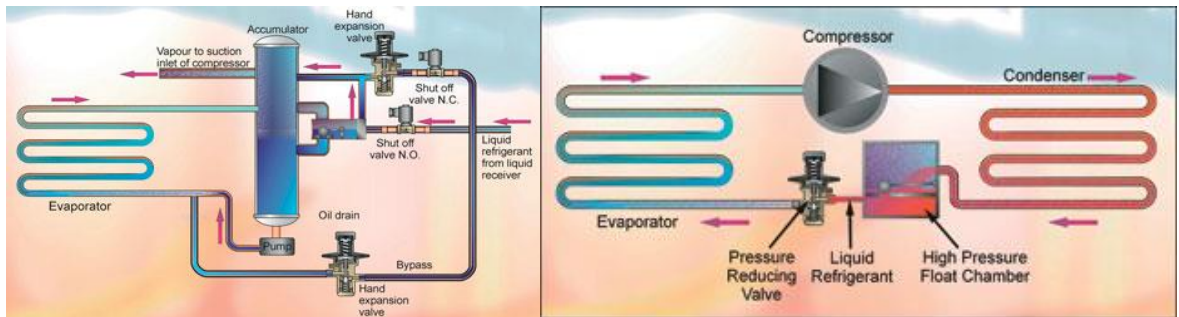
5. Van phao tiết lưu



Van phao tiết lưu cao áp



Van phao tiết lưu thấp áp



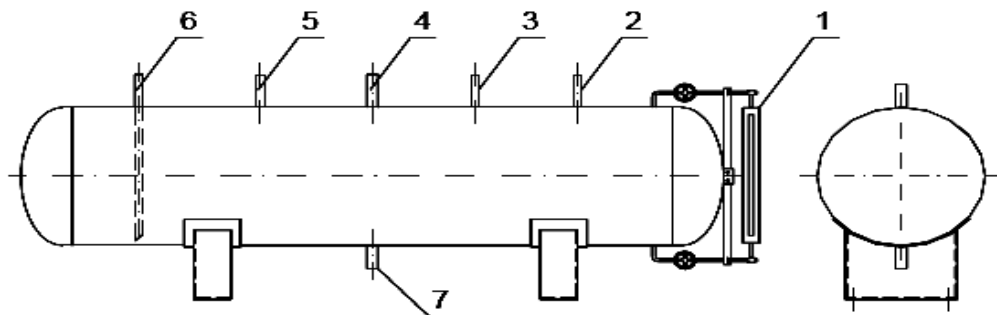
Hình 2.60: Van phao tiết lưu

2.5.3 Thiết bị phụ, dụng cụ và đường ống của hệ thống lạnh

2.5.3.1 Thiết bị phụ của hệ thống lạnh

1. Bình chứa cao áp

Bình chứa cao áp có chức năng chứa lỏng nhằm cấp dịch ổn định cho hệ thống, đồng thời giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt cho thiết bị ngưng tụ. Khi sửa chữa bảo dưỡng bình chứa cao áp có khả năng chứa toàn bộ lượng môi chất của hệ thống.



Hình 2.61: Cấu tạo bình chứa cao áp

1 – kính xem ga ; 2 - ống lắp van an toàn ; 3 - ống lắp áp kế ; 4 - ống lỏng về; 5 - ống cân bằng ; 6 - ống cấp dịch ; 7 - ống xả đáy

2. Bình chứa hạ áp

Nhiều hệ thống lạnh đòi hỏi phải sử dụng bình chứa hạ áp, đặc biệt trong các hệ thống lạnh 2 cấp có bơm cấp dịch.

Bình chứa hạ áp có các nhiệm vụ chính sau:

- Chứa dịch môi chất nhiệt độ thấp để bơm cấp dịch ổn định cho hệ thống lạnh.
- Tách lỏng dòng gas hút về máy nén. Trong các hệ thống lạnh có sử dụng bơm cấp dịch lượng lỏng sau dàn bay hơi khá lớn, nếu sử dụng bình tách lỏng thì không có khả năng tách hết, rất dễ gây ngập lỏng. Vì vậy người ta đưa trở về bình chứa hạ áp, ở đó lỏng rơi xuống phía dưới, hơi phía trên được hút về máy nén.



Hình 2.62: Bình chứa hạ áp

3. Bình chứa dầu

Trong hệ thống lạnh NH_3 , dầu được thu gom về bình thu hồi dầu.

4. Bình tách dầu

Các máy lạnh khi làm việc cần phải tiến hành bôi trơn các chi tiết chuyển động nhằm giảm ma sát, tăng tuổi thọ thiết bị. Trong quá trình máy nén làm việc dầu thường bị cuốn theo môi chất lạnh. Việc dầu bị cuốn theo môi chất lạnh có thể gây ra các hiện tượng:

- Máy nén thiếu dầu, chế độ bôi trơn không tốt nên chóng hư hỏng.
- Dầu sau khi theo môi chất lạnh sẽ đọng bám ở các thiết bị trao đổi nhiệt như thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt, ảnh hưởng chung đến chế độ làm việc của toàn hệ thống.

Để tách lượng dầu bị cuốn theo dòng môi chất khi máy nén làm việc, ngay trên đầu ra đường đẩy của máy nén người ta bố trí bình tách dầu. Lượng dầu được tách ra sẽ được hồi lại máy nén hoặc đưa về bình thu hồi dầu.



Hình 2.63: Bình tách dầu

5. Bình tách lỏng

Để ngăn ngừa hiện tượng ngập lỏng gây hư hỏng máy nén, trên đường hơi hút về máy nén, người ta bố trí bình tách lỏng. Bình tách lỏng sẽ tách các giọt hơi ẩm còn lại trong dòng hơi trước khi về máy nén.

Các bình tách lỏng làm việc theo các nguyên tắc tương tự như bình tách dầu, bao gồm:

- Giảm đột ngột tốc độ dòng hơi từ tốc độ cao xuống tốc độ thấp cỡ $0,5 \div 1,0$ m/s. Khi giảm tốc độ đột ngột các giọt lỏng mất động năng và rơi xuống đáy bình.
- Thay đổi hướng chuyển động của dòng môi chất một cách đột ngột. Dòng môi chất đưa vào bình không theo phương thẳng mà thường đưa ngoặt theo những góc nhất định.
- Dùng các tấm chắn để ngăn các giọt lỏng. Khi dòng môi chất chuyển động va vào các vách chắn các giọt lỏng bị mất động năng và rơi xuống.
- Kết hợp tách lỏng hồi nhiệt, hơi môi chất khi trao đổi nhiệt sẽ bốc hơi hoàn toàn.



Hình 2.64: Bình tách lỏng

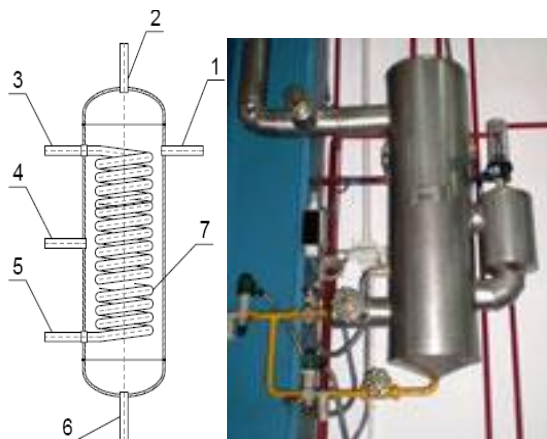
6. Bình tách khí không ngưng

Khi để lọt khí không ngưng vào bên trong hệ thống lạnh, hiệu quả làm việc và độ an toàn của hệ thống lạnh giảm rõ rệt, các thông số vận hành có xu hướng kém hơn, cụ thể:

- Áp suất và nhiệt độ ngưng tụ tăng.
- Nhiệt độ cuối quá trình nén tăng.
- Năng suất lạnh giảm.

Vì vậy nhiệm vụ của bình là tách các khí không ngưng trong hệ thống lạnh xả bỏ ra bên ngoài để nâng cao hiệu quả làm việc, độ an toàn của hệ thống, đồng thời tránh không được xả lẫn môi chất ra bên ngoài.

Hầu hết các bình tách khí không ngưng đều hoạt động dựa trên nguyên tắc là làm lạnh hỗn hợp khí không ngưng có lẫn hơi môi chất để ngưng tụ hết môi chất, trước khi xả khí ra bên ngoài.



Hình 2.65: Cấu tạo bình tách khí không ngưng

1- Nối van AT và đồng hồ áp suất; 2- Khí không ngưng ra; 3- Ga ra;
4- Hỗn hợp hơi và khí không ngưng vào; 5- Lồng tiết lưu vào; 6- Ga lỏng ra và xả đáy; 7- ống xoắn TĐN

7. Bình trung gian

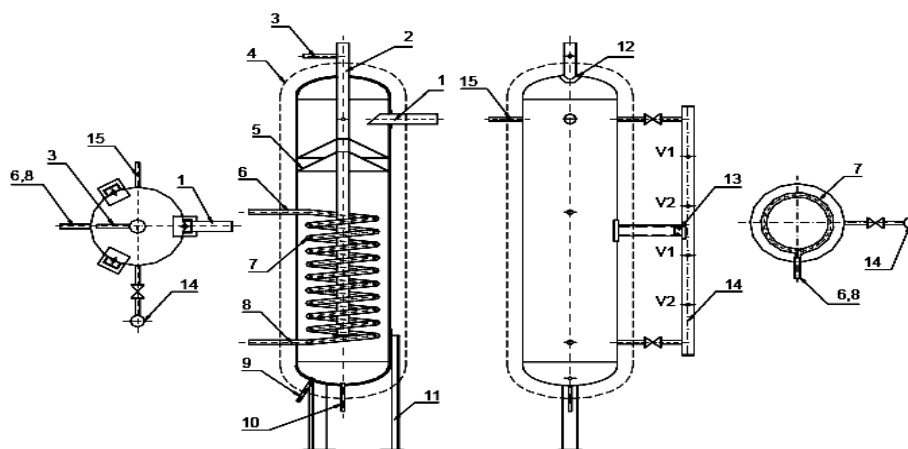
Công dụng chính của bình trung gian là để làm mát trung gian giữa các cấp nén trong hệ thống lạnh máy nén nhiều cấp. Thiết bị làm mát trung gian trong các hệ thống lạnh gồm có 3 dạng chủ yếu sau:

- Bình trung gian kiểu đặt đứng có ống xoắn ruột gà sử dụng cho NH_3 và frêon
- Bình trung gian nằm ngang sử dụng cho Frêon
- Bình trung gian kiểu tấm bản.

* Bình trung gian đặt đứng có ống xoắn ruột gà

Bình trung gian có ống xoắn ruột gà ngoài việc sử dụng để làm mát trung gian, bình có thể sử dụng để :

- Tách dầu cho gas đầu đẩy máy nén cấp 1, tách lỏng cho gas hút về máy nén cấp 2
- Quá lạnh lỏng trước khi tiết lưu vào dàn lạnh nhằm giảm tổn thất tiết lưu.



1- Hơi hút về máy nén áp cao; 2- Hơi từ đầu đẩy máy nén hạ áp đến; 3- Tiết lưu vào; 4- Cách nhiệt; 5- Nón chắn; 6- Lồng ra; 7- ống xoắn ruột gà; 8- Lồng vào; 9- Hồi lỏng; 10- Xả đáy, hồi dầu; 11- Chân bình; 12- Tấm bệ; 13- Thanh đỡ; 14- ống góp lắp van phao; 15- ống lắp van AT, áp kế

Hình 2.66: Bình trung gian đặt đứng

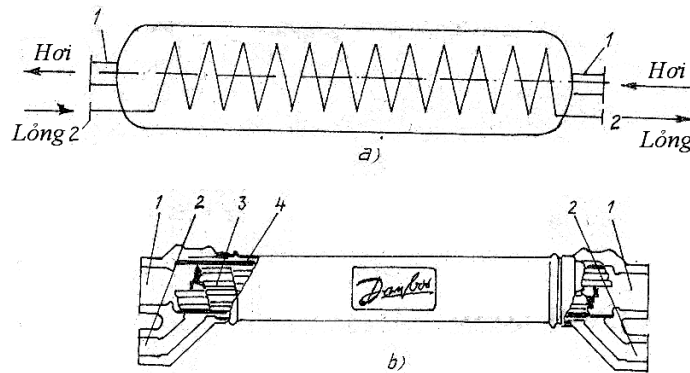
* Bình trung gian kiểu nằm ngang



Hình 2.67: Bình trung gian nằm ngang

8. Thiết bị hồi nhiệt

Thiết bị hồi nhiệt sử dụng trong các máy lạnh freon. Thiết bị hồi nhiệt dùng để quá lạnh lỏng môi chất sau ngưng tụ trước khi vào van tiết lưu bằng hơi lạnh ra từ dàn bay hơi trước khi về máy nén nhằm tăng hiệu suất lạnh chu trình.



Hình 2.68: Bình hồi nhiệt

a) nguyên lý cấu tạo ; b) bình hồi nhiệt của Danfoss (Đan Mạch)

1 – hơi vào, ra ; 2 – lỏng vào, ra ; 3 – không gian bên trong ; 4 - không gian 2 vỏ

9. Bộ lọc ẩm và lọc cơ khí

Trong quá trình chế tạo, lắp ráp, sửa chữa và vận hành thiết bị lạnh, dù rất cẩn thận vẫn có cặn bẩn như đất, gỉ sắt...lọt vào hệ thống.

Ẩm hoặc hơi nước và các tạp chất gây ra nhiều vấn đề ở bất cứ hệ thống lạnh nào. Hơi ẩm có thể đông đá và làm tắc van tiết lưu, gây ăn mòn các chi tiết kim loại, làm ẩm cuộn dây mô tơ máy nén nửa kín, làm cháy mô tơ và dầu. Các tạp chất có thể làm bẩn dầu máy nén và làm cho thao tác các van khó khăn.

Có rất nhiều dạng thiết bị được sử dụng để khử hơi nước và tạp chất. Dạng thường gặp là phin lọc ẩm kết hợp lọc cơ khí (filter – drier). Nó chứa một lõi xốp đục. Lõi có chứa chất hấp thụ nước cao, chứa tác nhân axit trung hoà để loại bỏ tạp chất. Để bảo vệ van tiết lưu và van cấp dịch, bộ lọc được lắp đặt tại trên đường cấp dịch trước các thiết bị này.



Hình 2.69: Phin lọc

2.5.3.2 Dụng cụ của hệ thống lạnh

1. Van chặn

Van chặn có rất nhiều loại tùy thuộc vị trí lắp đặt, chức năng, công dụng, kích cỡ, môi chất, phương pháp làm kín, vật liệu chế tạo ...

Theo chức năng van chặn có thể chia ra làm: Van chặn hút, chặn đẩy, van lắp trên bình chứa, van góc, van lắp trên máy nén

Theo vật liệu : Có van đồng, thép hợp kim hoặc gang



Hình 2.70: Các loại van chặn

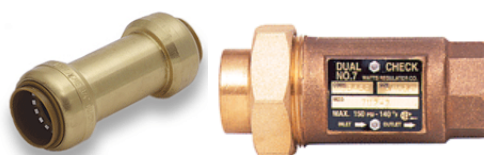
2. Van điện từ



Hình 2.71: Van điện từ

3. Van 1 chiều

Trong hệ thống lạnh để bảo vệ các máy nén, bơm ... người ta thường lắp phía đầu đẩy các van một chiều. Van một chiều chỉ cho chất lỏng đi theo một chiều nhất định.



Hình 2.72: Van 1 chiều

4. Kính xem ga

Trên các đường ống cấp dịch của các hệ thống nhỏ và trung bình, thường có lắp đặt các kính xem ga, mục đích là báo hiệu lưu lượng lỏng và chất lượng của nó một cách định tính.



Hình 2.73: Kính xem ga

5. Ngoài ra còn có các thiết bị khác như áp kế, thermostat, ống tiêu âm ...



Hình 2.74: Áp kế, thermostat

2.5.3.3 Đường ống của hệ thống lạnh

Yêu cầu đối với việc tính toán và lựa chọn đường ống là đủ độ bền cần thiết, tiết diện ống đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và kinh tế. Các đường ống sử dụng trong kỹ thuật lạnh thường là ống thép, ống đồng hoặc ống nhôm. Việc tính toán kiểm tra sức bền là không cần thiết. Thường ống chịu đến áp lực là 3MPa.

Việc lựa chọn đường kính ống là một bài toán kinh tế tối ưu. Khi tiết diện ống tăng lên, khối lượng ống và khối lượng kim loại tăng lên làm tăng giá thành nhưng tổn thất đường ống và chi phí vận hành sẽ giảm xuống. Do đó khi thông thường người ta lựa chọn đường ống theo kinh nghiệm.

Công thức xác định đường kính ống:

$$\omega = \frac{m}{\rho \cdot F} = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \quad [2-63]$$

Trong đó:

- ω – tốc độ dòng chảy, m/s
- m – lưu lượng khối lượng, kg/s
- ρ – khối lượng riêng của môi chất, kg/m³
- d – đường kính ống, m

Các đường ống của hệ thống lạnh cần phải bố trí sao cho có đường đi ngắn nhất. Chú ý trên các đường ống dẫn lỏng không có các vị trí tạo thành các túi khí và trên đường ống dẫn khí không có các vị trí túi lỏng trừ trường hợp túi dầu. Cần phải bố trí đường ống sao cho thiết bị bay hơi được phân bố đều lỏng và sự tái tuần hoàn dầu từ thiết bị bay hơi về máy nén được đảm bảo. Từ yêu cầu này người ta cũng qui định tốc độ tối thiểu của hơi trên đường ống hút thẳng đứng để đảm bảo dầu tuần hoàn được về máy nén.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2

1. Em hãy trình bày ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật.
2. Trình bày các phương pháp làm lạnh nhân tạo
3. Chất tải lạnh là gì?

4. Thế nào là hệ thống lạnh với một cấp nén?
5. Trình bày sơ đồ 1 cấp nén đơn giản?
6. Thế nào là sơ đồ có quá nhiệt hơi hút, quá lạnh lỏng và hồi nhiệt?
 7. Sơ đồ 2 cấp nén có làm mát trung gian dùng ứng dụng cho hệ thống nào?
 8. Em hãy nêu vai trò của máy nén lạnh?
9. Máy nén lạnh được phân loại như thế nào?
10. Em hãy nêu các thông số đặc trưng của máy nén lạnh?
11. Trình bày nguyên lý làm việc của máy nén pittông?
12. Máy nén lí tưởng một cấp nén (không có không gian thừa) là gì?
13. Trình bày các hành trình và đồ thị P-V?
14. Tại sao máy nén có không gian thừa?
15. Máy nén nhiều cấp có làm mát trung gian sử dụng cho hệ thống nào?
16. Nêu những lợi ích của máy nén nhiều cấp.
17. Em hãy trình bày nguyên lý làm việc của máy nén rô to.
18. Máy nén scroll (đĩa xoắn).
19. Máy nén trục vít.
20. Kể tên các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu.
21. Nêu nguyên lý làm việc của thiết bị ngưng tụ.
22. Vai trò của các thiết bị trong hệ thống lạnh.
23. Các kiểu thiết bị ngưng tụ thường gặp
24. Trình bày nguyên lý làm việc của tháp giải nhiệt.
25. Thiết bị bay hơi?
26. Vai trò của thiết bị phụ trong hệ thống lạnh.
27. Các kiểu thiết bị bay hơi thường gặp.
28. Thiết bị tiết lưu (giảm áp)

CHƯƠNG 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

Mục tiêu:

- Trình bày được các kiến thức cơ sở về điều hòa không khí và hệ thống ĐHKK;
- Phân tích được đồ thị I - d; t - d.
- Phân tích được các chu trình điều hòa không khí.
- Tính toán các chu trình điều hòa dựa vào đồ thị I-d, t-d.
- Phân tích được chức năng các thiết bị trong hệ thống ĐHKK.
- Trình bày được các hệ thống điều hòa không khí.
- Phân tích được về thông gió.
- Trình bày được cách phân phối không khí trong hệ thống điều hòa không khí.
- Phân tích được các khái niệm về ĐHKK, vai trò và chức năng của các thiết bị chính trong hệ thống ĐHKK;
- 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:

3.1 KHÔNG KHÍ ẨM

3.1.1 Các thông số trạng thái của không khí ẩm

3.1.1.1 Thành phần của không khí ẩm

Không khí ẩm là hỗn hợp của không khí khô và hơi nước. Là không khí được sử dụng trong kỹ thuật và trong sinh hoạt đời sống con người. Không khí khô là hỗn hợp của các chất khí 78% N_2 , 21% O_2 , còn lại là CO_2 và các khí trơ.

Vì phân áp suất của hơi nước trong không khí ẩm rất nhỏ, nên hơi nước trong không khí ẩm có thể xem như là khí lý tưởng và không khí ẩm có thể xem như là hỗn hợp của các khí lý tưởng với các tính chất như sau :

$$\text{Áp suất:} \quad p = p_k + p_h \quad [3-1]$$

$$\text{Nhiệt độ:} \quad t = t_k = t_h \quad [3-2]$$

$$\text{Khối lượng:} \quad G = G_k + G_h \quad [3-3]$$

$$\text{Thể tích:} \quad V = V_k = V_h \quad [3-4]$$

Trong đó: k và h nhỏ chỉ cho không khí khô và hơi trong không khí ẩm.

Phân loại không khí ẩm:

Không khí ẩm được phân loại như sau :

• **Không khí ẩm bão hòa** : là không khí ẩm trong đó hơi nước ở trạng thái hơi bão hòa khô và lượng hơi nước trong không khí ẩm là lớn nhất ($G_{h,max}$). Lúc này nếu ta thêm hơi nước vào thì nó sẽ đọng lại thành những hạt rất nhỏ, nếu tiếp tục cho thêm hơi nước vào ta sẽ được không khí ẩm quá bão hòa.

• **Không khí ẩm quá bão hòa** : là không khí ẩm chứa lượng hơi nước lớn hơn $G_{h,max}$. Hơi nước ở đây là hơi bão hòa ẩm, tức là ngoài hơi nước bão hòa khô còn có một lượng nước ngưng nhất định (G_n). Không khí ẩm khi có sương mù là không khí ẩm quá bão hòa vì có chứa những giọt nước ngưng tụ.

• **Không khí ẩm chưa bão hòa** : là không khí ẩm chứa lượng hơi nước nhỏ hơn $G_{h,max}$, tức là còn có thể nhận thêm hơi nước để trở thành bão hòa (hay nói cách khác: trong trường hợp này nếu ta thêm hơi nước vào thì hơi nước vẫn chưa bị ngưng tụ). Hơi nước trong không khí ẩm chưa bão hòa là hơi quá nhiệt.

3.1.1.2 Các thông số trạng thái của không khí ẩm

1) **Độ ẩm tuyệt đối (ρ_h)** : là khối lượng hơi nước có trong 1 m³ không khí ẩm.

$$\rho_h = \frac{G_h}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad [3-5]$$

Trong đó: V – thể tích không khí ẩm, m³.

G_h – Khối lượng hơi nước có trong không khí ẩm, kg.

Trong thực tế để biết khả năng chứa hơi nước nhiều hay ít của không khí ẩm ta cần dùng đến độ ẩm tương đối.

2) **Độ ẩm tương đối (φ)** : là tỷ số giữa độ ẩm tuyệt đối của không khí ẩm chưa bão hòa (ρ_h) và độ ẩm tuyệt đối của không khí ẩm bão hòa ($\rho_{h,max}$) ở cùng nhiệt độ.

$$\varphi = \frac{\rho_h}{\rho_{h,max}} \quad (\%) \quad [3-6]$$

Sử dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho hơi nước ta có :

• Với hơi nước trong không khí ẩm chưa bão hòa:

$$p_h \cdot V = G_h \cdot R_h \cdot T \Rightarrow \frac{G_h}{V} = \frac{p_h}{R_h \cdot T} = \rho_h \quad (a)$$

• Với hơi nước trong không khí ẩm bão hòa :

$$p_{h,max} \cdot V = G_{h,max} \cdot R_h \cdot T \Rightarrow \frac{G_{h,max}}{V} = \frac{p_{h,max}}{R_h \cdot T} = \rho_{h,max} \quad (b)$$

Từ (3-6), (a) và (b), ta có:

$$\varphi = \frac{p_h}{p_{h \max}} \quad [\%] \quad [3-7]$$

Vì $0 \leq p_h \leq p_{h \max}$ nên $0 \leq \phi \leq 100 \%$. Không khí khô có $\phi = 0$, không khí ẩm bão hòa có $\phi = 100 \%$.

Độ ẩm tương đối là một đại lượng có ý nghĩa lớn không chỉ trong kỹ thuật mà trong cuộc sống con người. Con người sẽ cảm thấy thoải mái nhất trong không khí có độ ẩm tương đối $\phi = 40 \div 70 \%$. Trong bảo quản rau quả thực phẩm có độ ẩm tương đối khoảng $\phi = 90 \%$ ($0 \div 5^\circ\text{C}$).

Dụng cụ đo độ ẩm tương đối gọi là ẩm kế. Ẩm kế thông dụng gồm 2 nhiệt kế thủy ngân: nhiệt kế khô và nhiệt kế ướt. Nhiệt kế ướt có bầu thủy ngân được bọc vải thấm ướt bằng nước. Nhiệt độ đo bằng nhiệt kế khô gọi là nhiệt độ khô (t_k), còn nhiệt độ đo bằng nhiệt kế ướt gọi là nhiệt độ ướt (t_u). Hiệu số $\Delta t = t_k - t_u$ tỷ lệ với độ ẩm tương đối của không khí. Không khí càng khô thì Δt càng lớn, không khí ẩm bão hòa có $\Delta t = 0$.

3) Độ chứa hơi (d): là lượng hơi nước chứa trong không khí ẩm ứng với 1kg không khí khô.

$$d = \frac{G_h}{G_k}, \text{ kg hơi nước/kg không khí khô} \quad [3-8]$$

Áp dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho hơi nước và không khí khô ta có:

$$p_h \cdot V = G_h \cdot R_h \cdot T \Rightarrow G_h = \frac{p_h \cdot V}{R_h \cdot T} \quad (c)$$

$$\text{và} \quad p_k \cdot V = G_k \cdot R_k \cdot T \Rightarrow G_k = \frac{p_k \cdot V}{R_k \cdot T} \quad (d)$$

Từ (3-8), (c) và (d) ta có:

$$d = \frac{p_h R_k}{p_k R_h}, \text{ Với } R_k = \frac{8314}{29} \text{ và } R_h = \frac{8314}{18}$$

$$\Rightarrow d = 0,622 \frac{p_h}{p_k}$$

Mà $p = p_k + p_h$

$$\Rightarrow d = 0,622 \frac{p_h}{p - p_h} \quad [3-8a]$$

$$\text{Mà: } \varphi = \frac{p_h}{p_{h \max}}$$

$$\Rightarrow d = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_{h\max}}{p - \varphi \cdot p_{h\max}} \quad [\text{kg hơi/kg kkk}] \quad [3-9]$$

4) Enthantry của không khí ẩm:

Enthantry không khí ẩm bằng tổng enthanpy của không khí khô và hơi nước chứa trong nó. Enthantry của không khí ẩm có chứa 1kg không khí khô, cũng có nghĩa là $(1+d)$ kg không khí ẩm.

$$d = \frac{G_h}{G_k} \Rightarrow d = G_h, (\text{do } G_k = 1), G = G_k + G_h = 1 + d$$

$$I = i_k + d \cdot i_h \quad [3-10]$$

Trong đó:

i_k : enthanpy 1kg không khí khô, được xác định:

$$i_k = 1,0048 \cdot t \approx t \quad [\text{kJ/kg}]$$

i_h : enthanpy hơi nước, được xác định:

$$i_h = 2500 + 2 \cdot t \quad [\text{kJ/kg}]$$

$$\Rightarrow I = t + (2500 + 2 \cdot t) \cdot d \quad [3-11]$$

5) Nhiệt độ bão hòa đoạn nhiệt τ :

Khi không khí tiếp xúc với nước, nếu sự bay hơi của nước vào không khí chỉ do nhiệt lượng của không khí truyền cho, thì nhiệt độ của không khí bão hòa gọi là nhiệt độ bão hòa đoạn nhiệt τ (nhiệt độ τ lấy gần đúng bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt $\tau = t_u$).

6) Nhiệt độ nhiệt kế ướt:

Khi cho hơi nước bay hơi đoạn nhiệt vào không khí chưa bão hòa ($I = \text{const}$). Nhiệt độ của không khí sẽ giảm dần trong khi độ ẩm tương đối tăng lên. Tới trạng thái $\varphi = 100\%$ quá trình bay hơi chấm dứt. Nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa cuối cùng này gọi là nhiệt độ nhiệt kế ướt và ký hiệu là t_u . Người ta gọi nhiệt độ nhiệt kế ướt là vì nó được xác định bằng nhiệt kế có bầu thấm ướt nước.

Như vậy nhiệt độ nhiệt kế ướt của một trạng thái là nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa và có entanpi I bằng entanpi của trạng thái đã cho. Giữa entanpi I và nhiệt độ nhiệt kế ướt t_u có mối quan hệ phụ thuộc. Trên thực tế ta có thể đo được nhiệt độ nhiệt kế ướt của trạng thái không khí hiện thời là nhiệt độ trên bề mặt thoáng của nước.

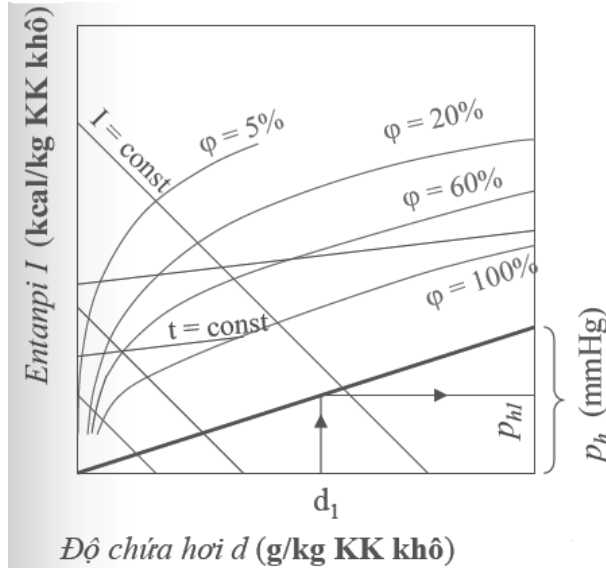
7) Nhiệt độ đọng sương:

Nhiệt độ đọng sương t_{ds} hay là điểm sương là nhiệt độ tại đó không khí chưa bão hòa trở thành không khí ẩm bão hòa trong điều kiện phân áp suất của hơi

nước không đổi $p_h = \text{const}$. Từ bảng nước và hơi nước bão hòa, khi biết p_h ta tìm được nhiệt độ t_{ds} .

3.1.2 Đồ thị $I - d$ và $d - t$ của không khí ẩm

3.1.2.1 Đồ thị $I - d$



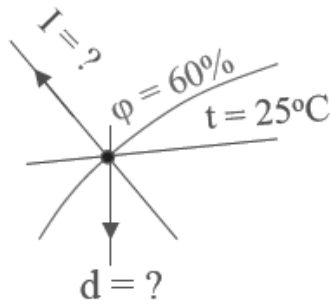
Hình 3.1: Các đường đặc trưng trên đồ thị $I - d$

Trên đồ thị trục I và d hợp với nhau một góc 135°C .

- Đường $I = \text{const}$: là đường thẳng hợp với trục d một góc 135°C .
- Đường $d = \text{const}$: là những đường thẳng đứng.
- Đường $t = \text{const}$: là những đường thẳng hơi dốc, càng lên cao có khuynh hướng phân kỳ.
- Đường $\varphi = 100\%$ chia không khí ẩm thành hai vùng: vùng trên là không khí ẩm chưa bão hòa, vùng dưới là không khí ẩm quá bão hòa. Đối với vùng không khí ẩm chưa bão hòa, φ có dạng đường cong quay phía lồi lên trên, nhưng đến vùng có $t > t_{sôi}$ thì nó là đường thẳng vuông góc trục d . Để xác định các thông số của không khí ẩm ta cần biết 2 trong số các thông số: i , d , t , φ ,...
- p_h : phân suất hơi nước.

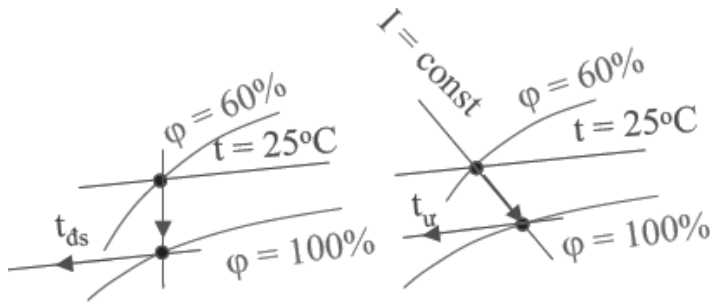
Ví dụ : Cho biết không khí ẩm có nhiệt độ $t = 25^\circ\text{C}$, $\varphi = 60\%$. Xác định nhiệt độ đọng sương t_{ds} và nhiệt độ nhiệt kế ướt t_{ur} ?

- Trên đồ thị $I-d$, ta xác định được giao điểm của đường $t = 25^\circ\text{C}$ và $\varphi = 60\%$.



- Đường đẳng d qua điểm giao nhau, cắt đường $\phi = 100\%$ tại đâu, thì đường nhiệt độ qua điểm đó là t_{ds} .

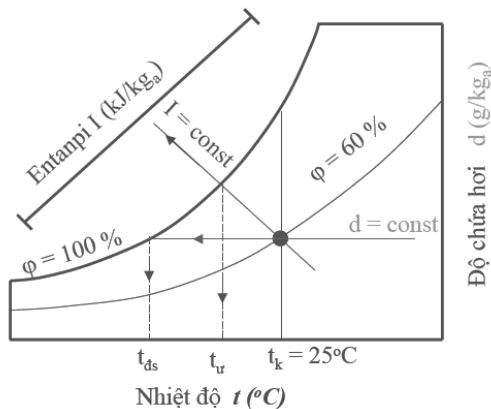
- Đường đẳng I qua điểm giao nhau, cắt đường $\phi = 100\%$ tại đâu, thì đường nhiệt độ qua điểm đó là t_{ur} .



3.1.2.2 Đồ thị $t - d$

Trên đồ thị trục t và d hợp với nhau thành 1 góc vuông.

- Đường $I = \text{const}$: là đường thẳng hợp với trục t một góc 135° .
 - Đường $d = \text{const}$: là những đường nằm ngang.
 - Đường $t = \text{const}$: là những đường thẳng đứng.
 - Đường $\phi = \text{const}$ là những đường cong lõm, càng đi lên phía trên ϕ càng tăng.
- Trên đường $\phi = 100\%$ là vùng sương mù hay vùng hơi quá bão hòa.
- p_h : phân áp suất hơi nước.

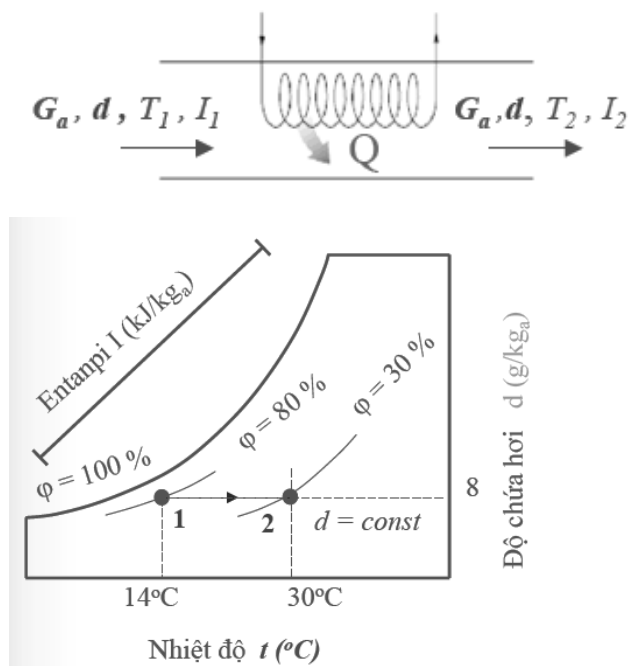


Hình 3.2: Các đường đặc trưng trên đồ thị $t - d$

3.1.3 Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK

a) Quá trình gia nhiệt

Khi gia nhiệt cho không khí ẩm, nhiệt độ tăng lên, lượng nước trong không khí ẩm không đổi ($d = \text{const}$), quá trình này biểu diễn bằng đường thẳng vuông góc với trục d , độ ẩm φ giảm (quá trình 1-2) trên đồ thị hình 3.3.

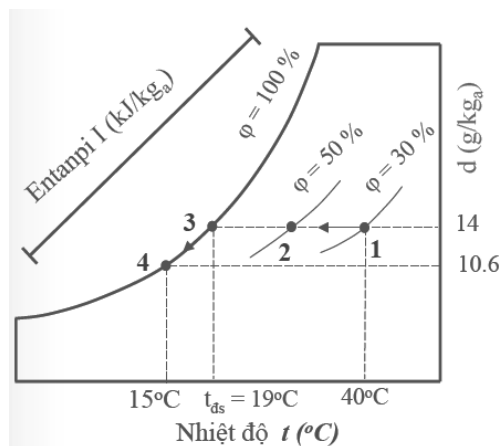


Hình 3.3: Đồ thị biểu diễn quá trình gia nhiệt

b) Quá trình làm lạnh

Khi làm lạnh không khí ẩm, nhiệt độ sẽ giảm xuống và độ ẩm sẽ tăng lên, quá trình này xảy ra trong hai trường hợp:

- Nếu nhiệt độ làm lạnh nhỏ hơn nhiệt độ điểm sương ($t > t_{ds}$), do độ chứa hơi $d = \text{const}$ nên khi nhiệt độ giảm thì φ sẽ tăng lên (quá trình 1-2 trên đồ thị hình 3.4)



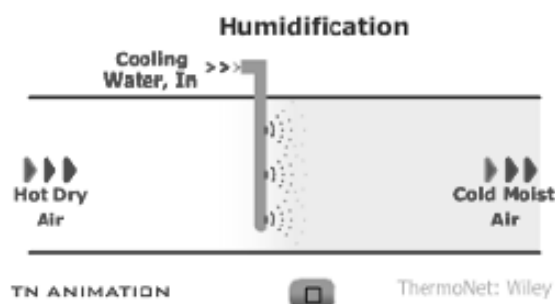
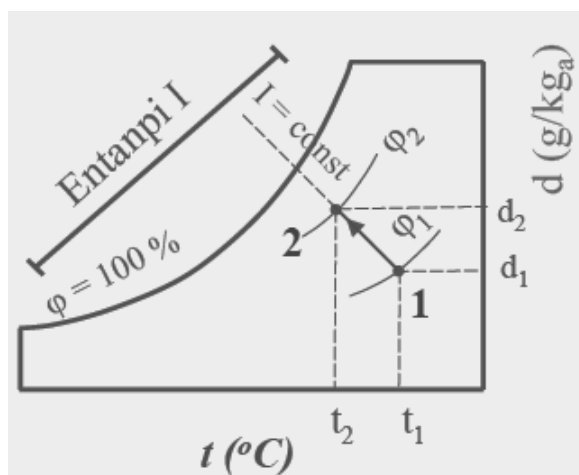
Hình 3.4: Đồ thị biểu diễn quá trình làm lạnh

- Nếu nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ đọng sương ($t < t_{ds}$) thì quá trình lần lượt trải qua hai giai đoạn, giai đoạn đầu nhiệt độ giảm xuống và độ ẩm tăng lên đến $\phi = 100\%$ (quá trình 1-4), giai đoạn này có $d = \text{const}$. Tại điểm 3, không khí đạt trạng thái hơi bão hòa, nếu tiếp tục làm lạnh thì giai đoạn tiếp theo một phần hơi nước trong không khí ẩm sẽ ngưng tụ thành nước nên lượng nước trong không khí ẩm giảm xuống, quá trình này biểu diễn bằng đường (3-4) trên đồ thị hình 3.4.

c) Quá trình bốc hơi tăng ẩm :

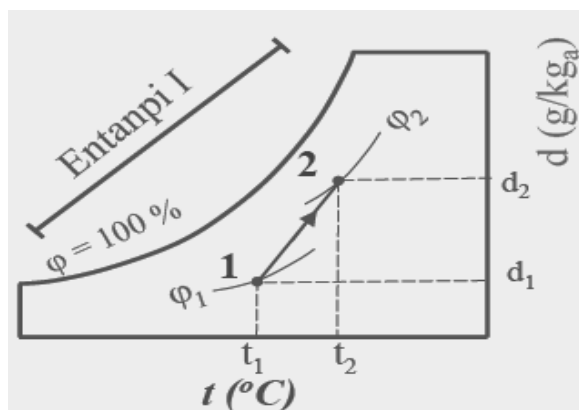
Có thể thực hiện tăng ẩm bằng 2 cách phun khác nhau :

Phun bằng nước lạnh : quá trình phun này có $I = \text{const}$. Không khí ẩm có nhiệt độ cao, độ ẩm thấp đi vào thiết bị tăng ẩm, nhờ nước lạnh phun vào nên nhiệt độ của không khí ẩm giảm xuống, đồng thời lượng ẩm tăng lên (theo quá trình 1-2 trên đồ thị hình 3.5).



Hình 3.5: Đồ thị biểu diễn quá trình bốc hơi tăng ẩm nhờ phun nước lạnh

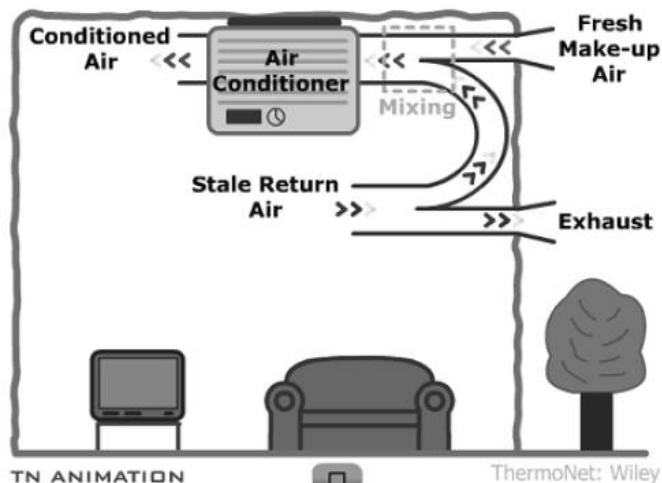
Phun bằng hơi bão hòa : không khí ẩm có nhiệt độ và độ ẩm thấp đi vào thiết bị tăng ẩm, nhờ hơi bão hòa phun vào nên nhiệt độ của không khí ẩm tăng lên, đồng thời lượng ẩm tăng lên (theo quá trình 1-2 trên đồ thị hình 3.6).



Hình 3.6: Đồ thị biểu diễn quá trình bốc hơi tăng ẩm nhờ phun hơi bão hòa

d) Hỗn hợp các dòng không khí :

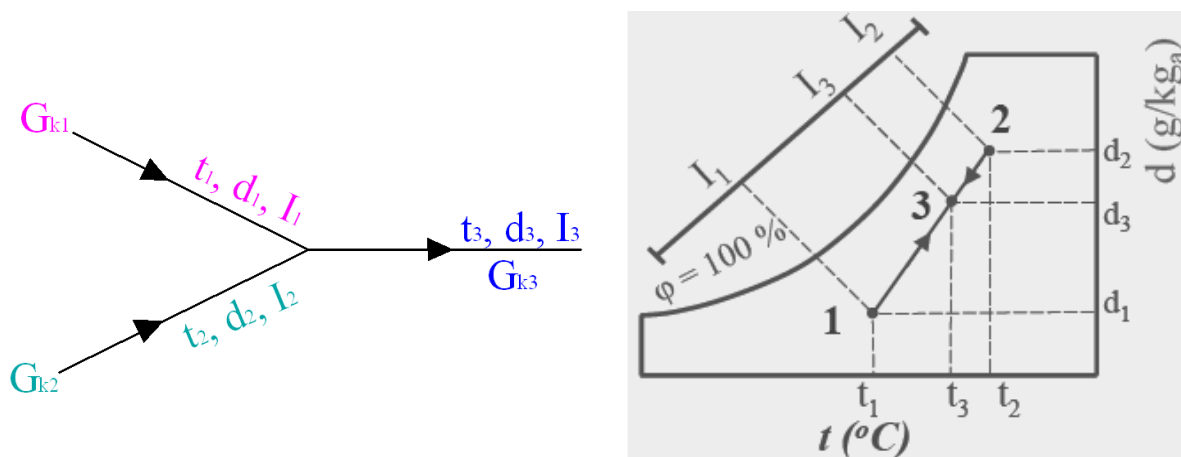
Hỗn hợp các dòng không khí thường thấy trong điều hòa không khí hay trong các hệ thống sấy. Tuy nhiên ở đây chúng ta chỉ xét trong điều hòa không khí.



Hình 3.7: Sự hòa trộn giữa khí hồi và khí tươi trong điều hòa không khí.

Có hai trường hợp hòa trộn không khí thường gặp trong thực tế :

- Hỗn hợp đoạn nhiệt giữa các dòng không khí



Hình 3.8: Sự hỗn hợp đoạn nhiệt giữa các dòng không khí.

Không khí tại điểm 1 (khí hồi lưu) hòa trộn với dòng không khí tại điểm 2 (khí tươi) ta được dòng khí tại điểm 3. Điểm 3 nằm trên đoạn nối điểm 1 và 2. Không khí tại điểm 3 không trao đổi nhiệt với bất kỳ nguồn nhiệt nào ở bên ngoài.

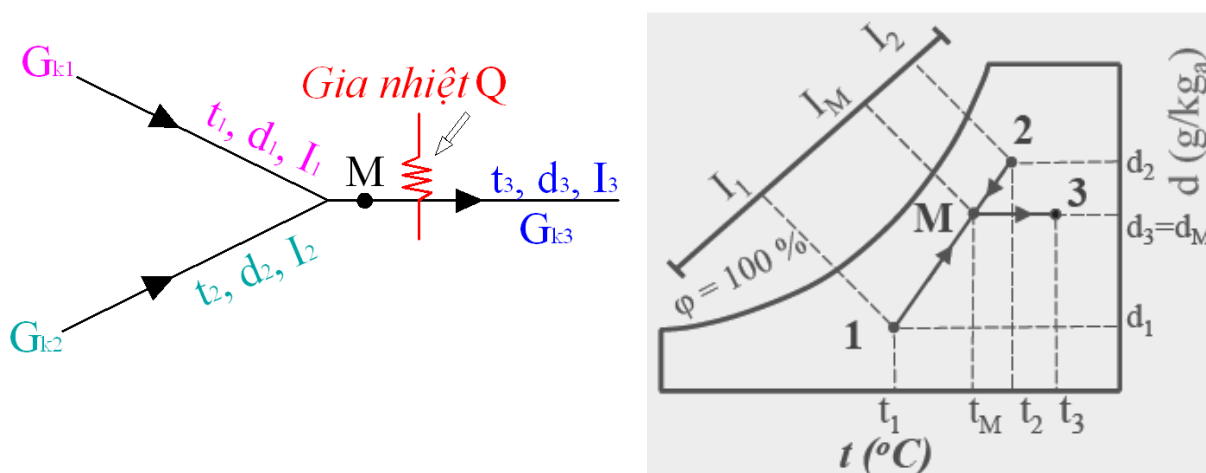
Ta có :

$$G_{k1} + G_{k2} = G_{k3} \quad (e)$$

$$G_{k1}.I_1 + G_{k2}.I_2 = G_{k3}.I_3 \quad (f)$$

$$G_{k1}.d_1 + G_{k2}.d_2 = G_{k3}.d_3 \quad (g)$$

Từ các công thức (e), (f), (g) ta suy ra được G_{k3} , I_3 , d_3 và dựa vào đồ thị suy ra các thông số còn lại.



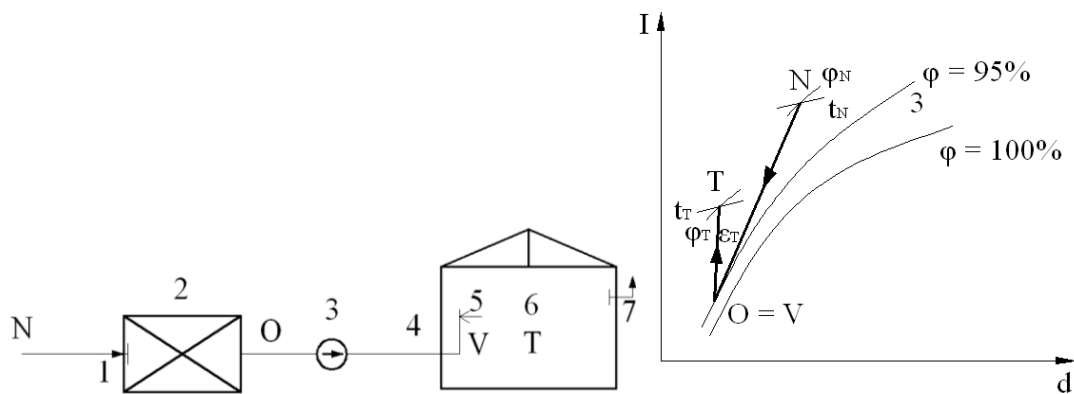
Hình 3.9: Sự hỗn hợp phi đoạn nhiệt giữa các dòng không khí.

Không khí tại điểm 1 (khí hồi lưu) hòa trộn với dòng không khí tại điểm 2 (khí tươi) ta được dòng khí tại điểm M. Không khí tại điểm M có sự trao đổi nhiệt với nguồn nhiệt nào đó ở bên ngoài để đạt được không khí ở trạng thái 3. Ở đây người ta gia nhiệt cho hỗn hợp khí tại điểm 3.

Ở đây thông số tại điểm M ta xác định như điểm 3 trong phần hỗn hợp đoạn nhiệt giữa các dòng không khí. Và ta có : $d_M = d_3$, t_3 đã biết, dựa vào đồ thị suy ra các thông số còn lại.

e) Quá trình điều tiết không khí

Ở đây ta nghiên cứu về quá trình điều tiết không khí trong điều hòa không khí : Không khí bên ngoài trời có trạng thái $N(t_N, \phi_N)$ qua cửa lấy gió có van điều chỉnh (1), được đưa vào buồng xử lý nhiệt ẩm (2), tại đây không khí được xử lý theo chương trình định sẵn đến một trạng thái O nhất định nào đó và được quạt (3) vận chuyển theo đường ống gió (4) vào phòng (6) qua các miệng thổi (5). Không khí tại miệng thổi (5) có trạng thái V sau khi vào phòng nhận nhiệt thừa và ẩm thừa và tự thay đổi đến trạng thái T (t_T, ϕ_T) theo tia quá trình $\varepsilon_T = Q_T/W_T$. Sau đó không khí được thải ra bên ngoài qua các cửa thải (7).



Hình 3.10: Sơ đồ nguyên lý và quá trình điều tiết không khí trên đồ thị $I - d$.

- (1) : Cửa lấy gió
- (2) : Buồng xử lý nhiệt ẩm
- (3) : Quạt
- (4) : Đường ống gió cấp
- (5) : Miệng gió cấp
- (6) : Không gian phòng
- (7) : Miệng thải khí

N : ngoài nhà

T : trong nhà

O, V : lần lượt là không khí sau thiết bị xử lý nhiệt ẩm và trước đi vào nhà. Thường $O = V$.

3.1.4 Bài tập về sử dụng đồ thị

Câu 1: Trên đồ thị $I - d$ và $t - d$ cho điểm A có các thông số trạng thái $t_A = 60^\circ\text{C}$, $d_A = 20\text{g/kg KKK}$, hãy xác định trị số của các thông số:

- Nhiệt độ điểm sương t_s .
- Nhiệt độ bầu ướt t_{ur} .

Câu 2: Trên đồ thị $I - d$ cho điểm A có các thông số trạng thái $I_A = 30\text{kcal/kgKK}$, $d_A = 20\text{g/kg KK}$, hãy xác định trị số của các thông số: Nhiệt độ điểm sương t_s ; nhiệt độ bầu ướt t_{ur} ; độ ẩm tương đối ϕ và phân áp suất hơi nước p_h

3.2 KHÁI NIỆM VỀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

3.2.1 Khái niệm về thông gió và ĐHKK

3.2.1.1 Thông gió là gì?

* **Định nghĩa:**

Trong quá trình sinh hoạt và sản xuất trong một số không gian các yếu tố như: nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ các chất độc hại quá cao không tốt đối với con người. Để giảm các yếu tố có hại đó người ta tiến hành thay không khí trong phòng bằng không khí mới từ bên ngoài. Quá trình đó gọi là thông gió.

Thông gió là quá trình trao đổi không khí trong nhà và ngoài trời để thải nhiệt thừa, ẩm thừa, các chất độc hại ra bên ngoài nhằm giữ cho các thông số khí hậu trong phòng không vượt quá giới hạn cho phép.

Như vậy trong thông gió không khí trước khi thổi vào phòng không được xử lý nhiệt ẩm.

*** Phân loại**

- Theo phạm vi
 - Thông gió tổng thể: Thông gió trên toàn bộ thể tích phòng hoặc công trình.
 - Thông gió cục bộ: Chỉ thông gió tại một số nơi có các nguồn phát sinh nhiệt thừa, ẩm thừa và các chất độc hại nhiều. Ví dụ: Nhà bếp, toilet.
- Theo phương thức:
 - Thông gió cưỡng bức: Thực hiện nhờ quạt.
 - Thông gió tự nhiên: Thực hiện nhờ chuyển động tự nhiên của gió dưới tác động của nhiệt độ, độ ẩm, áp suất.

3.2.1.2 Khái niệm về ĐHKK

*** Định nghĩa:**

Điều hòa không khí còn gọi là điều tiết không khí là quá trình tạo ra và giữ ổn định các thông số trạng thái của không khí theo một chương trình định sẵn không phụ thuộc vào điều kiện bên ngoài.

Trong hệ thống điều hòa không khí, không khí đã được xử lý nhiệt ẩm trước khi thổi vào phòng. Đây là điểm khác nhau của thông gió và điều tiết không khí, vì thế nó đạt hiệu quả cao hơn thông gió.

3.2.1.3 Khái niệm về nhiệt thừa và tải lạnh cần thiết của công trình

1. Khái niệm về nhiệt thừa

Nhiệt thừa là tổng các nguồn nhiệt phát sinh trong không gian cần điều hòa mà hệ thống điều hòa không khí đó cần thiết giải phóng ra bên ngoài để đảm bảo các thông số của không khí trong không gian cần điều hòa luôn ổn định trong vùng giới hạn yêu cầu.

Về các yếu tố phát sinh lượng nhiệt thừa trong không gian cần điều hòa, về nguồn gốc xuất phát ta có thể phân thành 2 nhóm như sau:

- Nhiệt thừa xuất phát từ bên trong không gian cần điều hòa
 - + Nhiệt thừa phát ra từ cơ thể con người
 - + Nhiệt thừa phát ra từ các loại đèn chiếu sáng
 - + Nhiệt thừa phát ra từ động cơ điện và các loại dụng cụ điện khác
 - + Nhiệt thừa phát ra từ các dụng cụ trong nhà bếp
 - + Nhiệt thừa phát ra từ các ống và thùng chứa môi chất nóng
- Nhiệt thừa do sự xâm nhập các nguồn nhiệt bên ngoài vào bên trong không gian cần điều hòa.
 - + Nhiệt thừa do tác động của các tia bức xạ mặt trời
 - + Nhiệt thừa do sự chênh lệch nhiệt độ giữa không khí bên ngoài và bên trong không gian cần điều hòa.
 - + Nhiệt thừa do tác động của sự rò rỉ
 - + Nhiệt thừa do không khí đi qua quạt và ống dẫn

Ngoài ra, nhiệt thừa còn có thể chia ra làm 2 loại là nhiệt hiện thừa và nhiệt ẩn thừa.

Khi tính toán nhiệt thừa cần chú ý đến tính không đồng thời của các thành phần nhiệt thừa. Vì thực tế các thành phần này không phải lúc nào cũng xuất hiện đồng thời, hay một số thành phần lại hoàn toàn phụ thuộc vào điều kiện môi trường xung quanh, do đó không nên tính nhiệt thừa theo cách cộng gộp tất cả các thành phần hay tính trong điều kiện khí hậu khắc nghiệt nhất. Mà bài toán tính nhiệt thừa chính là bài toán kinh tế, nó phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm và sự hiểu biết của người thiết kế.

2. Khái niệm tải lạnh

Kỹ thuật điều hòa không khí là kỹ thuật khống chế các thông số của không khí trong không gian cần điều hòa nằm ở trong vùng giới hạn cho phép. Tùy theo đặc điểm cụ thể của môi trường xung quanh và yêu cầu của hệ thống điều hòa không khí đang khảo sát mà sẽ có hay không các bộ phận gia nhiệt, hâm nóng không khí. Tuy nhiên hầu như tất cả các hệ thống điều hòa không khí nói chung đều có cụm thiết bị máy lạnh.

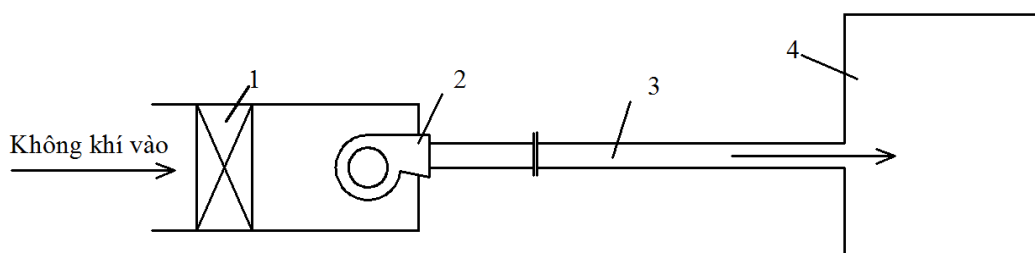
Ta gọi phụ tải lạnh của hệ thống điều hòa không khí đó cũng chính là phụ tải lạnh của hệ thống máy lạnh, sao cho nó có khả năng khử được các lượng nhiệt thừa phát sinh trong không gian cần điều hòa, nhằm duy trì không khí trong không gian đó luôn ổn định ở mức nhiệt độ và độ ẩm yêu cầu. Cần chú ý,

về mặt trị số, phụ tải lạnh của hệ thống điều hòa không khí không phải là lượng nhiệt thừa phát sinh trong các không gian cần điều hòa đang khảo sát, nói chung phụ tải lạnh phải luôn luôn lớn hơn khả năng phát nhiệt tính toán của các không gian đang khảo sát.

Bài toán xác định phụ tải lạnh dựa trên cơ sở cộng toàn bộ các thành phần nhiệt thừa nhưng như vậy sẽ làm phí phạm về công suất lắp đặt, gia tăng chi phí đầu tư, phí vận hành chưa kể còn có thể gặp một số vấn đề khó khăn khi hệ thống làm việc ở điều kiện thực. Như vậy bài toán xác định phụ tải lạnh rõ ràng là bài toán không đơn giản, cần phải hiểu rõ các chi tiết đặc thù của hệ thống và cũng cần phải có đủ kinh nghiệm thực tế mới có thể hoàn thành một cách hợp lý.

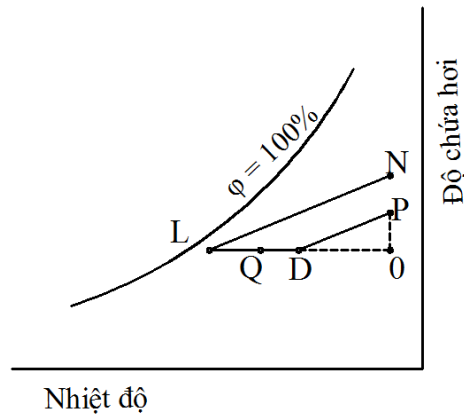
3.2.2 Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản

Hình 3.11 mô tả sơ đồ nguyên lý của một hệ thống điều hòa không khí loại đơn giản nhất và hình 3.12 trình bày các quá trình cơ bản trên đồ thị t-d. Trong hệ thống này ta thấy không khí ngoài trời ở trạng thái N được cho đi qua dàn lạnh của hệ thống máy lạnh và đi ra khỏi dàn lạnh ở trạng thái L. Không khí ở trạng thái L được hút vào quạt và khi ra khỏi quạt trạng thái của nó là Q, ta thấy nhiệt độ ở trạng thái Q hơi lớn hơn nhiệt độ ở trạng thái L do một phần năng lượng cấp cho quạt đã biến thành nhiệt. Khi đi qua ống dẫn, trạng thái không khí cũng biến từ Q thành D, ta gọi D là trạng thái không khí sau khi đi qua ống dẫn hay trạng thái không khí đi vào không gian cần điều hòa, ở đây ta cũng thấy nhiệt độ của trạng thái D cũng lớn hơn nhiệt độ ở trạng thái Q. Lưu ý quá trình từ L-D và từ D-Q là quá trình có độ chứa hơi $d = \text{const}$, như vậy trong quá trình này chỉ có thành nhiệt hiện của không khí biến đổi mà thôi.



Hình 3.11: Sơ đồ nguyên lý của một hệ thống điều hòa không khí loại đơn giản

1– Dàn lạnh; 2 – Quạt; 3 - Ống dẫn không khí; 4 – Không gian cần điều hòa



Hình 3.12: Các quá trình cơ bản trên đồ thị $t-d$ của sơ đồ hình 3.11

Trong ví dụ nêu trên, không khí đi vào hệ thống hoàn toàn là khí tươi ở ngoài trời. Ở đây ta có một số các kí hiệu như sau:

I_N : enthanpy của không khí ở ngoài trời

I_L : enthanpy của không khí sau khi ra khỏi dàn lạnh

I_Q : enthanpy của không khí sau khi đi qua quạt

I_D : enthanpy của không khí sau khi đi qua ống dẫn không khí

I_P : enthanpy của không khí trong không gian cần điều hòa

m : lưu lượng khối lượng không khí đi qua quạt

Ta có:

- Phụ tải lạnh của hệ thống máy lạnh:

$$Q = m. (I_N - I_L) \quad [3-12]$$

- Nhiệt lượng mà không khí bị hấp thụ khi đi qua quạt

$$Q_1 = m. (I_Q - I_L) \quad [3-13]$$

- Nhiệt lượng mà không khí bị hấp thụ khi đi qua ống dẫn không khí

$$Q_2 = m. (I_D - I_Q) \quad [3-14]$$

- Lượng nhiệt hiện mà không khí cần hấp thụ để duy trì ổn định trạng thái không khí trong không gian cần điều hòa, hay nói cách khác đây chính là lượng nhiệt thừa phát sinh trong không gian cần điều hòa mà ta cần phải giải phóng:

$$Q_3 = m. (I_0 - I_D) \quad [3-15]$$

- Lượng nhiệt ẩn mà không khí cần hấp thụ hay nhiệt lượng ẩn phát sinh trong không gian cần điều hòa mà ta phải giải phóng:

$$Q_4 = m. (I_P - I_0) \quad [3-16]$$

- Nhiệt lượng mà không khí tươi cần phải nhả ra để biến đổi từ trạng thái ngoài trời thành trạng thái trong không gian cần điều hòa:

$$Q_5 = m. (I_N - I_P) \quad [3-17]$$

Như vậy ta có thể viết:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [3-18]$$

Từ biểu thức trên ta thấy rõ ràng: về mặt nguyên tắc thì phụ tải lạnh Q của hệ thống lạnh hoàn toàn không phải là nhiệt thừa $Q_3 + Q_4$ của không gian cần điều hòa. Tuy nhiên, về mặt trị số tổng nhiệt thừa $Q_3 + Q_4$ chiếm tỉ lệ lớn và việc xác định cụ thể các loại nhiệt thừa này là nhiệm vụ hết sức quan trọng, đây chính là nội dung cơ bản mà ta cần phải tiến hành khi xác định phụ tải lạnh của hệ thống điều hòa không khí.

3.2.3 Các hệ thống ĐHKK

3.2.3.1 Các khâu của hệ thống ĐHKK

Nói chung một hệ thống điều hòa không khí bao giờ cũng có 4 khâu chủ yếu:

1. *Khâu xử lý không khí.*

Khâu xử lý không khí có nhiệm vụ tạo ra không khí có trạng thái nhiệt ẩm nhất định theo yêu cầu, đồng thời đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh.

Như vậy khâu xử lý không khí bao gồm các thiết bị chính:

- Làm lạnh hoặc sấy nóng không khí.
- Thiết bị làm ẩm hoặc làm khô.
- Thiết bị lọc bụi.

2. *Khâu vận chuyển và phân phối không khí.*

Khâu này có nhiệm vụ vận chuyển không khí đã được xử lý đến các phòng (hộ tiêu thụ), đảm bảo phân bố đều không khí trong phòng và yêu cầu vệ sinh.

Hệ thống bao gồm các thiết bị chính sau:

- Hệ thống các kênh dẫn gió và hồi gió.
- Các miệng hút, miệng thổi, các cửa cấp gió và thải gió.
- Các hộp tiêu âm và lọc bụi trên đường ống.
- Các thiết bị phân chia dòng không khí.
- Hệ thống các quạt cấp gió và quạt hồi gió
- Hệ thống kênh dẫn gió

3. *Khâu năng lượng.*

Khâu này có nhiệm vụ cung cấp năng lượng cho hệ thống hoạt động. Nó bao gồm các thiết bị chủ yếu sau: Bơm, quạt, máy nén, nguồn hơi nóng để sưởi.

Nói chung khâu năng lượng phân bố rải rác trên toàn hệ thống

4. Khâu đo lường, bảo vệ, điều khiển, khống chế tự động.

Khâu này bao gồm tất cả các thiết bị nhằm làm cho hệ thống hoạt động an toàn, ổn định và đạt thông số nhất định.

Khâu này bao gồm các thiết bị chủ yếu sau:

- Thiết bị đo lường: Đồng hồ nhiệt độ, đồng hồ áp suất, lưu lượng kế, tốc độ kế, ampe kế, vôn kế
- Thiết bị bảo vệ: van an toàn, rơ le nhiệt, aptomat
- Thiết bị điều khiển: van tiết lưu tự động, thermostat,

3.2.3.2 Phân loại hệ thống ĐHKK

1. Theo mức độ quan trọng:

- Hệ thống điều hòa không khí cấp I: Duy trì chế độ nhiệt ẩm trong nhà với mọi phạm vi nhiệt độ ngoài trời.
- Hệ thống điều hòa không khí cấp II: Duy trì chế độ nhiệt ẩm trong nhà với sai số không quá 200 giờ trong 1 năm.
- Hệ thống điều hòa không khí cấp III: Duy trì chế độ nhiệt ẩm trong nhà với sai số không quá 400 giờ trong 1 năm.

2. Theo chức năng:

- Kiểu cục bộ: Là hệ thống nhỏ chỉ điều hòa không khí trong một không gian hẹp, thường là một phòng.
- Kiểu phân tán: Hệ thống điều hòa không khí mà khâu xử lý nhiệt ẩm phân tán nhiều nơi.

Kiểu trung tâm: Khâu xử lý không khí thực hiện tại một trung tâm sau đó phân đi các nơi.

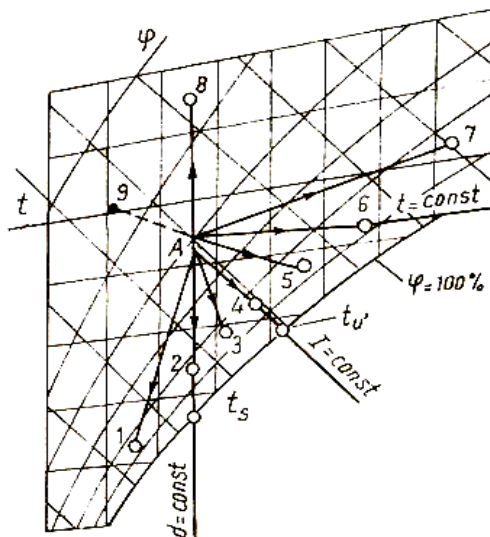
3.2.4 Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí

Việc xử lý không khí bao gồm các nhiệm vụ cơ bản sau:

- Xử lý nhiệt: Làm lạnh hoặc gia nhiệt.
- Xử lý ẩm: Làm ẩm hoặc làm khô
- Xử lý chất độc hại: Bụi, các chất độc: Lọc bụi hoặc làm giảm nồng độ các chất độc
- Giảm âm truyền theo không khí vào phòng

Trong các nhiệm vụ trên 2 nhiệm vụ đầu đóng vai trò quan trọng. Vì vậy trong chương này ta sẽ đi sâu vào các thiết bị chính để giải quyết các nhiệm vụ trên, còn các thiết bị lọc bụi và tiêu âm ta sẽ xét trong các chương cuối.

Các quá trình xử lý nhiệt ẩm trên đồ thị I-d:



Hình 3.13: Các quá trình xử lý không khí

Bây giờ ta xét xem trên đồ thị I-d có thể có các quá trình xử lý không khí như thế nào, đặc điểm và tên gọi của các quá trình đó.

Trên đồ thị I-d điểm A là trạng thái không khí ban đầu. Các điểm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 là trạng thái cuối quá trình xử lý. Bây giờ ta hãy xét tính chất từng quá trình một.

- **Quá trình A₁:** Ta có $\Delta d = d_1 - d_A < 0$, $\Delta I < 0$: Đây là quá trình Giảm ẩm, giảm nhiệt (Làm lạnh, làm khô). Quá trình này được thực hiện ở dàn trao đổi nhiệt kiểu bề mặt hoặc ở thiết bị buồng phun có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đọng sương của trạng thái A.

- **Quá trình A₂:** Ta có $\Delta d = 0$, $\Delta I < 0$: Làm lạnh đẳng dung ẩm. Quá trình này được thực hiện ở dàn trao đổi nhiệt kiểu bề mặt hoặc ở thiết bị buồng phun có nhiệt độ thấp.

- **Quá trình A₃:** $\Delta d > 0$, $\Delta I < 0$: Giảm nhiệt, tăng ẩm: Chỉ thực hiện ở thiết bị buồng phun.

- **Quá trình A₄:** $\Delta d > 0$, $\Delta I = 0$: Tăng ẩm đoạn nhiệt

- **Quá trình A₅:** $\Delta d > 0$, $\Delta I > 0$, $\Delta t < 0$: Tăng ẩm, tăng nhiệt, nhiệt độ giảm

- **Quá trình A₆:** $\Delta d > 0$, $\Delta I > 0$, $\Delta t = 0$: Tăng ẩm, tăng nhiệt, đẳng nhiệt.

- **Quá trình A₇:** $\Delta d > 0$, $\Delta I > 0$, $\Delta t > 0$: Tăng ẩm, tăng nhiệt, nhiệt độ tăng.

- **Quá trình A_8 :** $\Delta d = 0$, $\Delta I > 0$, $\Delta t > 0$: Tăng nhiệt đẳng dung ẩm. Quá trình này có thể thực hiện ở thiết bị sấy bề mặt

- **Quá trình A_9 :** $\Delta d < 0$, $\Delta I > 0$, $\Delta t > 0$: Tăng nhiệt giảm ẩm.

Trong đó ta cần lưu ý

+ Các quá trình từ $A_1 - A_7$ thực hiện ở thiết bị trao đổi nhiệt kiểu hỗn hợp (giữa nước và không khí)

+ Quá trình A_1 , A_2 thực hiện ở thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt nhiệt độ thấp.

+ Quá trình A_8 thực hiện ở thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt nhiệt độ cao.

+ Quá trình A_9 : Thực hiện trong điều kiện đặc biệt khi dùng hóa chất hút ẩm

3.2.4.1 Làm lạnh không khí

a) Bảng dàn ống có cánh

Trong kỹ thuật điều hòa không khí người ta sử dụng phổ biến các thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt để làm lạnh không khí.

Về cấu tạo: Phổ biến nhất là dàn trao đổi nhiệt kiểu ống đồng cánh nhôm. Không khí chuyển động bên ngoài dàn trao đổi nhiệt. Bên trong có thể là nước (chất tải lạnh) hoặc chính môi chất lạnh bay hơi.

Không khí khi chuyển động qua dàn một mặt được làm lạnh mặt khác một phần hơi nước có thể ngưng tụ trên bề mặt TĐN và chảy xuống máng hứng. Vì thế trên đồ thị I-d quá trình biến đổi trạng thái của không khí sẽ theo quá trình A_1 hay là quá trình làm lạnh làm khô.

Khi nhiệt độ bề mặt cao hơn nhiệt độ đọng sương thì quá trình sẽ theo A_2 : Làm lạnh đẳng dung ẩm.

b) Bảng nước phun đã xử lý.

Người ta có thể làm lạnh không khí thông qua thiết bị trao đổi nhiệt kiểu hỗn hợp, trong đó người ta cho phun nước lạnh đã xử lý tiếp xúc trực tiếp với không khí để làm lạnh. Thiết bị này còn được gọi là thiết bị buồng phun.

Không khí khi qua buồng phun nhiệt độ giảm còn dung ẩm có thể tăng, không đổi hoặc giảm tùy thuộc vào nhiệt độ của nước phun. Khi nhiệt độ nước phun nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ trên bề mặt các giọt nước và làm giảm dung ẩm.

c) Bảng máy nén – giãn khí.

Để làm lạnh không khí trên các máy bay người ta sử dụng phương pháp nén và giãn nở không khí để đạt được không khí có nhiệt độ thấp.

Trong thiết bị này người ta tiến hành nén và làm mát trung gian 2 lần trước khi đưa vào máy giãn nở để hạ nhiệt độ.

d) Bảng nước phun tự nhiên.

Người ta có thể thực hiện giảm nhiệt độ của không khí bằng cách cho bay hơi nước vào không khí.

Khi cho bay hơi nước tự nhiên vào không khí thì với một nhiệt độ đủ nhỏ ban đầu nào đó trạng thái của nó có thể thay đổi theo quá trình A_4 hoặc A_5 .

Như vậy nhiệt độ của không khí sẽ giảm và sẽ giảm đáng kể khi độ ẩm của nó nhỏ.

3.2.4.2 Sưởi ấm

a) Bảng dàn ống có cánh.

Trong kỹ thuật điều hòa không khí người ta có thể thực hiện bằng thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt. Ví dụ các lò sưởi trong nhà ở các nước châu Âu hoặc các dàn trao đổi nhiệt sử dụng nước nóng các lò hơi ở các khách sạn.

Trong thiết bị này thường nước nóng chuyển động bên trong dàn ống và không khí chuyển động đối lưu tự nhiên hay cưỡng bức bên ngoài dàn ống.

Trong các máy lạnh 2 chiều về mùa Đông chạy chế độ sưởi thì dàn lạnh sẽ trở thành dàn nóng và sấy nóng không khí trong phòng. Đối với thiết bị này môi chất lạnh chuyển động bên trong dàn ống và không khí chuyển động ngang qua chùm ống.

Trên đồ thị I-d trạng thái không khí sẽ biến đổi theo quá trình A_8 : Tăng nhiệt đẳng dung ẩm.

b) Bảng thanh điện trở.

Người ta có thể thực hiện việc sấy không khí bằng các điện trở thay cho các thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt. Thường các dây điện trở được bố trí trên các dàn lạnh của máy điều hòa. Về mùa Đông máy dùng chạy lạnh, chỉ có quạt và dây điện trở làm việc. Không khí sau khi chuyển động qua dây điện trở sẽ được sưởi ấm theo quá trình tăng nhiệt đẳng dung ẩm.

Việc sử dụng dây điện trở có ưu điểm là gọn nhẹ tuy nhiên xét về góc độ an toàn và kinh tế thì hiệu quả thấp.

3.2.4.3 Khử ẩm

a) Bảng dàn lạnh.

Ta có thể thực hiện việc giảm ẩm cho không khí bằng cách cho không khí chuyển động qua thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt.

Khi nhiệt độ của bề mặt thấp hơn nhiệt độ điểm sương của không khí thì một lượng hơi ẩm sẽ ngưng tụ lại trên bề mặt TĐN và do đó dung ẩm của nó giảm.

Thường nhu cầu giảm ẩm ít có nhu cầu trên thực tế, quá trình này thường được diễn ra kèm theo quá trình làm lạnh.

b) Bảng thiết bị buồng phun.

Trong công nghiệp ta có thể thực hiện việc giảm ẩm bằng thiết bị buồng phun. Khi phun nước lạnh có nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ điểm sương của không khí thì một phần hơi ẩm trong không khí sẽ ngưng tụ lại trên bề mặt của các giọt nước. Do đó dung ẩm của nước giảm.

c) Bảng máy hút ẩm.

Người ta có thể thực hiện việc giảm ẩm trong một không gian bằng máy hút ẩm. Máy hút ẩm thực chất là một máy lạnh nhưng các thiết bị được bố trí khác đi. Trong thiết bị này không khí được thổi qua dàn lạnh, ở đây một phần hơi nước sẽ ngưng tụ trên dàn lạnh. Sau đó không khí được đưa qua dàn nóng và sấy nóng đến một nhiệt độ nhất định. Như vậy qua thiết bị hút ẩm nhiệt độ không khí có thể không đổi nhưng độ ẩm và dung ẩm giảm.

d) Bảng hóa chất.

Trong một số trường hợp nhất định người ta có thể sử dụng các hóa chất như: Silicagen, vôi sống, Zeolit để giảm ẩm cho không khí. Nhưng phương pháp này rất hạn chế vì các chất đó nhanh chóng bão hòa và thường tỏa nhiệt và ảnh hưởng nhất định đến không gian điều hòa.

3.2.4.4 Tăng ẩm

a) Bảng thiết bị buồng phun.

Trong công nghiệp nhiều trường hợp đòi hỏi phải tăng ẩm cho không khí để đáp ứng yêu cầu công nghệ của quá trình sản xuất. Để tăng ẩm trong công nghiệp thường người ta sử dụng buồng phun vì lưu lượng đòi hỏi lớn.

Khi phun không hơi nước vào trong không khí, nếu nhiệt độ không khí đủ lớn thì một lượng hơi ẩm sẽ bay hơi vào trong không khí và không khí sẽ thay đổi trạng thái theo quá trình A4 hoặc A5. Đặc điểm cơ bản của quá trình này là:

- Lượng hơi ẩm bay hơi vào không khí rất ít so với lượng nước phun.
- Sự thay đổi trạng thái của không khí phụ thuộc vào nhiệt độ nước phun.

b) Bảng thiết bị phun ẩm bổ sung.

Khi yêu cầu về lưu lượng không khí xử lý không lớn: Trong sinh hoạt hoặc các cơ sở công suất bé người ta có thể sử dụng các thiết bị sau:

- Hộp hơi: Hộp hơi dùng điện trở để đun nước cho bay hơi khuếch tán vào không khí. Trạng thái của không khí sẽ thay đổi theo quá trình đẳng nhiệt $\varepsilon = p_0$

- Dùng vòi phun hoặc đĩa quay: Nguyên tắc chung là làm to nước thành các hạt mịn và khuếch tán vào không khí. Trạng thái của không khí sẽ thay đổi theo quá trình đoạn nhiệt $\varepsilon = 0$.

Phun ẩm bằng thiết bị khí nén: Dùng khí nén hút nước và xé to thành các hạt nhỏ và cho khuếch tán vào không khí.

3.2.4.5 Lọc bụi và tiêu âm

a) Lọc bụi

Trong kỹ thuật điều hòa không khí, ngoài việc đảm bảo duy trì thông số ổn định cho không khí bên trong không gian cần điều hòa chúng ta còn phải chú ý đến độ sạch của không khí, đặc trưng bằng nồng độ các chất độc hại.

Các chất độc hại có trong không khí thường gặp có thể chia làm 3 loại như sau:

- Bụi là các hạt vật chất có kích thước nhỏ có thể xâm nhập vào đường hô hấp
- Khí CO₂ và hơi nước tuy không có độc tính nhưng nồng độ lớn sẽ làm giảm lượng O₂ trong không khí. Chúng phát sinh do hô hấp của động thực vật hay do đốt cháy các chất hữu cơ hoặc trong các phản ứng hóa học khác.
- Các hóa chất độc dạng khí, hơi (hoặc một số dạng bụi) phát sinh trong quá trình sản xuất hoặc các phản ứng hóa học. Mức độ độc hại phụ thuộc vào cấu tạo hóa học và nồng độ của từng chất: có loại chỉ gây cảm giác khó chịu, có loại gây bệnh nghề nghiệp, có loại gây chết người khi nồng độ đủ lớn.

Để lọc bụi trong hệ thống điều hòa không khí người ta sử dụng một số các thiết bị lọc bụi như:

- *Bộ lọc thấm dầu*
- *Bộ lọc vải*
- *Bộ lọc bụi kiểu lưới kim loại*
- *Bộ lọc bụi kiểu tĩnh điện*
- *Bộ lọc bụi kiểu xyclon*

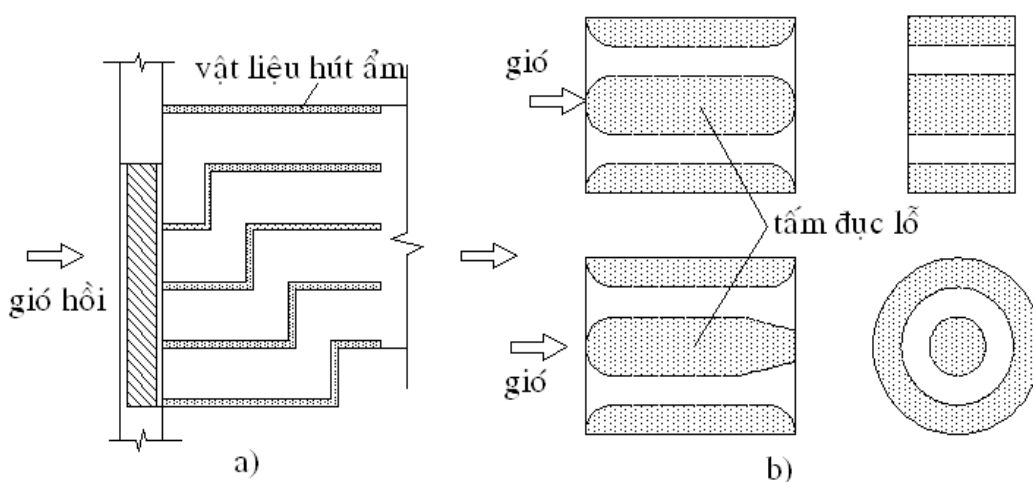
b) Tiêu âm

Tiếng ồn cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến cảm giác dễ chịu của con người. Tiếng ồn trong phòng có điều hoà không khí có thể do nhiều nguồn khác nhau gây ra và được truyền vào phòng theo nhiều con đường khác nhau như do quạt gió, máy lạnh, bơm, khí động của dòng khí hay từ ngoài truyền vào... Chủ yếu tiếng ồn được truyền vào bên trong không gian cần điều hoà là thông qua đường ống gió.

Do đó trong hệ thống điều hoà không khí người ta thường gắn thêm các thiết bị tiêu âm trên đường ống cấp gió và trên đường gió hồi, gần với quạt gió. Thường có mấy dạng chính sau:

- *Hầm tiêu âm* (hình 3.14a) gồm các tấm hút âm được bố trí theo đường ziczac để tăng khả năng tiêu âm. Hầm tiêu âm thường được đặt sát cửa gió hồi, (do có kích thước lớn). Mỗi tấm hút âm thường gồm bộ khung kim loại có vỏ bằng tôn hay gỗ dán được đục lỗ, bên ngoài được bọc lớp vải thủy tinh chống cháy (đường kính các lỗ thường là 6 mm, khoảng cách giữa các lỗ là 12 mm). Độ dày của các tấm tiêu âm và khoảng cách giữa các tấm quyết định mức độ giảm âm của thiết bị;

- *Ống tiêu âm* (hình 3.14b) thường gồm hai lớp vật liệu hút âm – một lớp đặt sát vách ống, một lớp bố trí trên trục ống – được nhồi trong lớp vỏ đục lỗ tương tự như các tấm hút âm đã nói ở trên. Để giảm trở lực lớp không khí khi vào và ra khỏi thiết bị, người ta làm vát cong hai đầu của các tấm hút âm



Hình 3.14: Các loại thiết bị tiêu âm

Có một số thiết bị tiêu âm đơn giản chỉ gồm một lớp hút âm bố trí sát với vách ống dẫn, không có lớp giữa (thậm chí trong một số trường hợp đơn giản hơn nữa: gắn một lớp vật liệu hút âm bên vách ống).

Khả năng tiêu âm của thiết bị phụ thuộc vào bản chất hút âm, độ dài bề dày lớp vật liệu hút âm và khoảng cách giữa chúng.

3.3 HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN VÀ PHÂN PHỐI KHÔNG KHÍ

3.3.1 Trao đổi không khí trong phòng

Mục đích của việc thông gió và điều hòa không khí là thay đổi không khí đã bị ô nhiễm do nhiệt, ẩm, bụi... ở trong phòng bằng gió mới. Sự trao đổi không khí được thực hiện nhờ không khí chuyển động. Không khí trong không gian phòng tham gia các chuyển động sau:

- **Chuyển động đối lưu tự nhiên:** Do có chênh lệch nhiệt độ và độ ẩm nên mật độ thay đổi. Dòng nóng và khô bốc lên cao và lạnh, ẩm chìm xuống. Tuy nhiên chuyển động này chủ yếu là do nhiệt độ, khi nhiệt độ chênh lệch càng cao thì chuyển động càng mạnh.

- **Chuyển động đối lưu cưỡng bức:** Do quạt tạo nên và đóng vai trò quyết định trong việc trao đổi không khí.

- **Chuyển động khuếch tán:** Chuyển động khuếch tán là sự chuyển động của không khí đứng yên vào một dòng không khí chuyển động.

Chuyển động khuếch tán có ý nghĩa lớn trong việc giảm tốc độ của dòng không khí sau khi ra khỏi miệng thổi, làm đồng đều tốc độ không khí trong phòng và gây ra sự xáo trộn cần thiết trên toàn bộ phòng.

Để đánh giá mức độ hoàn hảo của việc trao đổi không khí trong nhà người ta đưa ra hệ số đồng đều sau:

$$K_E = (t_R - t_V) / (t_L - t_V)$$

t_R , t_V - Nhiệt độ không khí ra vào phòng

t_L - Nhiệt độ không khí tại vùng làm việc. Tức là khoảng không gian từ sàn đến độ cao 2m.

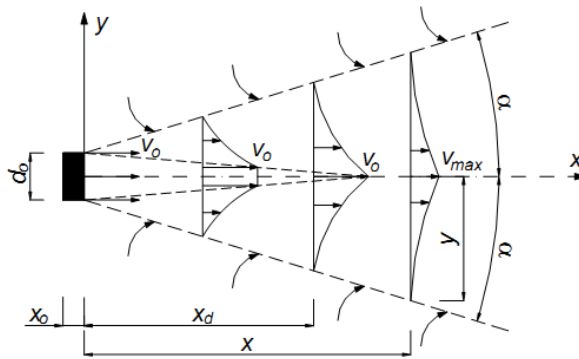
Hệ số K_E càng cao càng tốt

3.3.1.1 Các dòng không khí tham gia trao đổi không khí trong phòng

Luồng không khí là dòng không khí chuyển động và chiếm toàn bộ không gian đó. Việc nghiên cứu luồng không khí vào ra ở các miệng thổi có ý nghĩa rất quan trọng là ở chỗ trên cơ sở xác định được tốc độ không khí tại một điểm nào đó của luồng để có thể bố trí miệng thổi và miệng hút trong không gian phòng hợp lý nhằm đảm bảo tốc độ trong vùng làm việc nằm trong giới hạn cho phép.

a) Cấu trúc của luồng không khí từ miệng thổi

* Xét một luồng không khí được thổi ra từ một miệng thổi tròn có đường kính d_0 , tốc độ ở đầu ra miệng thổi là v_0 và được coi là phân bố đều trên toàn tiết diện miệng thổi $x = 0$.



Hình 3.15: Luồng không khí đầu ra một miệng thổi tròn

- Càng ra xa miệng thổi động năng của dòng không khí giảm nên tốc độ trung bình giảm. Phân bố tốc độ dọc theo đường đi thay đổi. Do ảnh hưởng của ma sát không khí đứng yên bên ngoài nên tốc độ luồng tại biên bằng 0, còn tốc độ tại vùng tâm luồng vẫn còn giữ được ở v_0 . Người ta nhận thấy trong khoảng cách $x < x_d$ nào đó tốc độ tại tâm luồng luôn bằng v_0 . Profil tốc độ trên tiết diện trong khoảng này có dạng hình thang với chiều cao bằng v_0 .

- Ngoài khoảng $x > x_d$ tốc độ tại tâm của luồng giảm dần.

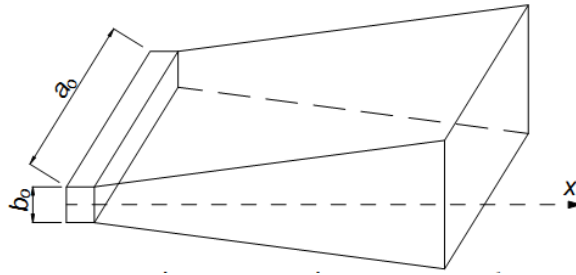
Người ta nhận thấy cùng với việc giảm tốc độ, tiết diện của luồng cũng tăng lên. Điều này có thể giải thích như sau: Theo định luật Bernoulli các phần tử không khí trong luồng chuyển động nên có áp suất tĩnh nhỏ hơn các phần tử đứng yên bên ngoài, kết quả là không khí xung quanh tràn vào luồng và tạo thành một bộ phận của luồng nên tiết diện luồng tăng dần.

Phần thân luồng nơi tốc độ thay đổi gọi là biên luồng, phần có vận tốc không đổi $v=v_0$ gọi là nhân luồng.

Đoạn từ tiết diện ở đầu ra miệng thổi đến tiết diện x_d trên thực tế rất ngắn nó ít ảnh hưởng tới sự luân chuyển không khí trong phòng. Đoạn từ tiết diện x_d trở đi gọi là phần chính và ảnh hưởng quyết định đến sự luân chuyển không khí trong phòng.

* Trên đây là hình dáng của luồng đối với miệng thổi không có cánh. Thực tế hình dáng của luồng đầu ra miệng thổi phụ thuộc rất nhiều vào kết cấu miệng thổi. Đối với miệng thổi dẹt (miệng thổi mà một cạnh lớn hơn cạnh kia ít

nhất 5 lần $a/b \geq 5$) người ta nhận thấy luồng chỉ phát triển theo hướng cạnh nhỏ của miệng thổi, còn chiều kia hầu như không mở rộng ra.



Hình 3.16: Luồng không khí đầu ra một miệng thổi dẹt

Việc nghiên cứu luồng và xác định tốc độ của luồng có ý nghĩa rất lớn trong việc chọn miệng thổi và bố trí chúng trong không gian điều hòa. Theo qui định về vệ sinh thì tốc độ gió trong vùng làm việc phải nhỏ hơn 0,25 m/s. Vì vậy tốc độ luồng khí đi vào vùng này phải đảm bảo yêu cầu trên.

- Chiều dài x_d

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi tròn: $x_d = 1,145 \cdot d_0 / \tan \alpha_0$ [3-19]

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi dẹt: $x_d = 1,26 \cdot b_0 / \tan \alpha_0$ [3-20]

α_0 - Là góc mép khuếch tán của đoạn đầu: $\alpha_0 = 14^\circ 30'$ với miệng thổi tròn và $\alpha_0 = 12^\circ 40'$ với miệng thổi dẹt

d_0, b_0 - Đường kính của miệng thổi tròn và chiều nhỏ của miệng thổi dẹt

- Phân bố tốc độ tại trục của luồng ở vùng chính:

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi tròn: $v_x = v_0 \cdot m / x''$ [3-21]

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi dẹt: $v_x = v_0 \cdot m / \sqrt{x''}$ [3-22]

m - Là hằng số phụ thuộc vào kích thước và loại miệng thổi: miệng thổi tròn tót đầu $m=6,8$, tròn có loa khuếch tán $m=1,35$, miệng thổi dẹt $m=2,5$.

x'' tọa độ không thứ nguyên: miệng thổi tròn $x'' = x/d_0$, miệng thổi dẹt $x'' = x/b_0$

Như vậy khi chọn miệng thổi chúng ta phải căn cứ vào trị số m

+ Muốn luồng không khí đi xa cần chọn m lớn, tốc độ luồng suy giảm chậm và khi cần luồng đi gần thì chọn m nhỏ, luồng suy giảm tốc độ nhanh. Vì vậy trong các xí nghiệp công nghiệp khi không gian điều hòa rộng, tốc độ cho phép lớn có thể chọn miệng thổi dẹt, còn trong các phòng làm việc, phòng ở không gian thường hẹp, trần thấp, tốc độ cho phép nhỏ thì nên chọn miệng thổi kiểu khuếch tán hoặc có các cánh hướng.

- Phân bố tốc độ trung bình của luồng ở vùng chính:

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi tròn:

$$v_x = 3,29 v_0 / (1 + 2x \tan \alpha_0 / d_0) \quad [3-23]$$

$$v''_x = 0,645v_0 / (1 + 2xtg\alpha_0/d_0) = 0,2.v_x \quad [3-24]$$

+ Đối với luồng không khí từ miệng thổi dẹt:

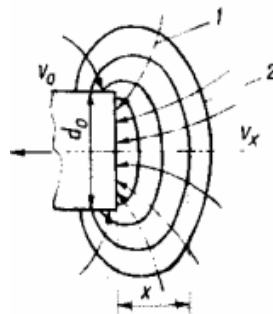
$$v_x = 1,88v_0 / \sqrt{1 + 2xtg\alpha_0/b_0} \quad [3-25]$$

$$v''_x = 0,78v_0 / \sqrt{1 + 2xtg\alpha_0/b_0} = 0,4.v_x \quad [3-26]$$

b) Cấu trúc của dòng không khí gần miệng hút.

Khác với luồng không khí trước các miệng thổi, luồng không khí trước các miệng hút có 2 đặc điểm khác cơ bản:

- Luồng không khí trước miệng thổi có góc loe nhỏ, luồng không khí trước miệng hút chiếm toàn bộ không gian trước miệng hút nghĩa là lớn hơn nhiều.
- Lưu lượng không khí trong luồng trước miệng thổi tăng dần, còn miệng hút là không đổi.



Hình 3.17: Luồng không khí trước miệng hút

Do 2 đặc điểm trên nên khi đi ra cách xa miệng hút một khoảng ngắn tốc độ giảm một cách nhanh chóng. Nên có thể nói luồng không khí trước miệng hút triệt tiêu rất nhanh.

Tốc độ trên trục của luồng không khí trước miệng hút xác định theo công thức sau:

$$V_x = k_H.v_0.(d_0/x)^2 \quad [3-27]$$

v_0 - Tốc độ không khí tại đầu vào miệng hút, m/s

d_0 - Đường kính của miệng hút

x - Khoảng cách từ miệng hút tới điểm xác định

k_H - Hệ số phụ thuộc dạng miệng hút

Bảng 3.1: Bảng xác định hệ số k_H

Sơ đồ	Dạng	Tiết diện ngang	
		Tròn, vuông	Đẹt
- Lắp nhô lên cao	Góc khuyếch tán $\alpha > 180^\circ$, mép có cạnh	0,06	0,12
- Lắp sát tường, trần	$\alpha=180^\circ$, Có mặt bích	0,12	0,24
- Lắp ở góc	$\alpha=90^\circ$, bố trí ở góc	0,24	0,48

Từ giá trị k_H ta có nhận xét là tốc độ không khí tại tâm luồng trước miệng thổi giảm rất nhanh khi tăng khoảng cách x . Ví dụ đối với miệng thổi tròn, khi bố trí nhô lên khỏi tường (góc khuyếch tán $\alpha > 180^\circ$) khi $x=d_0$ thì $v_x = 0,06.v_0$ tốc độ không khí tại tâm luồng chỉ còn 6% tốc độ đầu vào miệng hút.

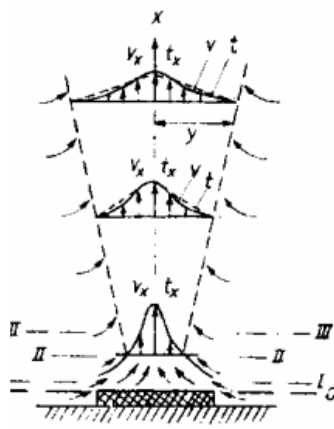
Với các kết quả trên ta có thể rút ra kết luận sau:

- Miệng hút chỉ gây xáo động không khí tại một vùng rất nhỏ trước nó và do đó hầu như không ảnh hưởng tới sự luân chuyển không khí ở trong phòng. Vị trí miệng hút không ảnh hưởng tới việc luân chuyển không khí.

- Việc bố trí các miệng hút chỉ có ý nghĩa về mặt thẩm mỹ. Để tạo điều kiện hút được đều gió trong phòng và việc thải kiệt các chất độc hại cần tạo ra sự xáo trộn trong phòng nhờ quạt hoặc luồng gió cấp.

c) Luồng không khí đối lưu tự nhiên.

Khi nghiên cứu luồng không khí đối lưu tự nhiên người ta nhận thấy cấu trúc của luồng tương tự như luồng không khí trước các miệng thổi.



Hình 3.18: Luồng không khí đối lưu tự nhiên

Xét trường hợp một tấm tròn tỏa nhiệt đặt trên mặt sàn, không khí trên bề mặt sẽ được đốt nóng và bốc lên.

- Tốc độ trung bình tại tiết diện cách bề mặt một khoảng x

$$v''_x = 0,058 (Q/x)^{1/3}, \text{ m/s} \quad [3-28]$$

- Tốc độ tại tâm luồng:

$$v_{x\max} = 0,046 (Q/d_{td})^{1/3}, \text{ m/s} \quad [3-29]$$

d_{td} - Đường kính tương đương của bề mặt nóng: $d_{td} = \sqrt{4.F/\pi}$

d) Luồng không khí không đẳng nhiệt.

Các công thức xác định độ dài x_d và các tốc độ ở trên chỉ xét trong điều kiện dòng không khí đẳng nhiệt, tức là có nhiệt độ bằng nhiệt độ không khí trong phòng. Trong thực tế nhiệt độ của dòng không khí thổi vào bao giờ cũng khác nhiệt độ không khí trong phòng. Về mùa hè khi ĐHKK thì nhiệt độ dòng bé hơn và về mùa đông khi sưởi thì nhiệt độ không khí trong luồng cao hơn.

Do có sự chênh lệch nhiệt độ đó mà luồng không khí sẽ có xu hướng bị đẩy lên trên hay xuống dưới tùy theo nhiệt độ của luồng cao hơn hay thấp hơn nhiệt độ phòng.

Khi nhiệt độ luồng bé hơn người ta xác định mối quan hệ tốc độ như sau:

$$(t_T - t_C)/(t_T - t_S) = 0,8.v_C/v_0 \quad [3-30]$$

t_T, t_C, t_S - Là nhiệt độ trong phòng, nhiệt độ tâm luồng tại vị trí khảo sát và nhiệt độ không khí tại miệng thổi.

v_C, v_0 - Tốc độ không khí tại tâm trục ở vị trí khảo sát và tại miệng thổi.

e) Luồng không khí thực tế trong phòng.

Luồng không khí thực tế trong phòng chịu ảnh hưởng của trần, vách phòng và ảnh hưởng qua lại nhau nên cấu tạo luồng có nhiều thay đổi.

• *Ảnh hưởng của trần và vách.*

Khi luồng không khí được thổi ra miệng thổi dọc theo trần hoặc vách thì hình dạng có nhiều thay đổi.

Giai đoạn đầu dòng không khí phát triển bình thường và mở rộng về 2 phía.

Giai đoạn sau khi luồng đã phát triển lên tận trần, do không có không khí khuếch tán vào luồng nên tốc độ luồng khu vực sát trần vẫn duy trì ở tốc độ cao, nên áp suất thấp. Kết quả xuất hiện lực nâng nâng toàn bộ luồng lên sát trần. Vì vậy luồng đi được xa hơn và xâm phạm ít vào vùng làm việc.

Nhờ vậy có thể chọn tốc độ thổi cao.

• *Tác động giữa 2 luồng thổi ngược chiều nhau*

Khi hai luồng thổi ngược nhau thì tốc độ không khí tại điểm va đập 2 dòng sẽ đổi hướng giống như vấp một bức tường thẳng đứng và 2 luồng có xu hướng đi xuống. Vì thế nên tránh lắp đặt 2 miệng thổi đối diện nhau. Trong trường hợp bắt buộc thì khoảng cách giữa 2 miệng thổi không được quá gần.

- Tác động qua lại giữa 2 luồng đặt cạnh nhau.

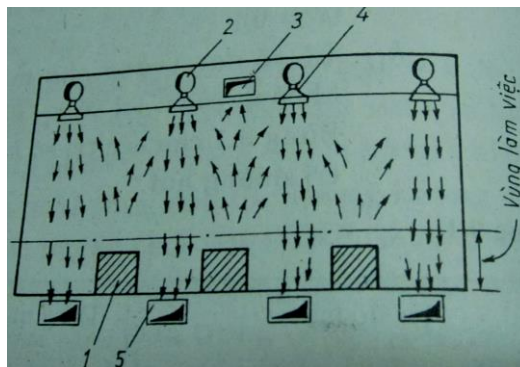
Khi 2 luồng không khí đặt cạnh nhau với một khoảng cách D , 2 luồng này sẽ giao với nhau tại điểm A. Trước khoảng cách A, các luồng vẫn phát triển bình thường. Bắt đầu từ A trở đi cả 2 luồng nhập lại một và trục của luồng mới là trục đi qua A.

3.3.1.2 Các hình thức cấp gió và thải gió

Tổ chức trao đổi không khí là sự bố trí hệ thống các miệng thổi, hút không khí trong nhà. Sự thổi không khí từ các miệng thổi vào phòng được gọi là sự cấp gió. Có nhiều cách tổ chức trao đổi không khí khác nhau. Thường gặp hơn cả là các cách sau đây.

a) Cấp gió phía trên kết hợp hút dưới

Hệ thống các miệng thổi gió 2 được bố trí trên cao, còn các miệng hút 5 được bố trí dưới sàn (nối vào các kênh gió hồi đặt ngầm dưới sàn). Không khí thoát ra từ các miệng thổi có tốc độ khá lớn tạo thành các dòng đối lưu cưỡng bức, kết hợp các dòng đối lưu tự nhiên nhiệt phát sinh từ các nguồn nhiệt 1 trong phòng (và cả với dòng đối lưu do luồng không đẳng nhiệt nếu cấp khí lạnh), gây ra sự xáo trộn mãnh liệt không khí trong phòng. Mặt khác dòng đối lưu khuếch tán cũng góp phần đáng kể vào sự trao đổi không khí trong phòng. Kết quả là ẩm thừa và nhiệt thừa được thải ra các miệng hút.

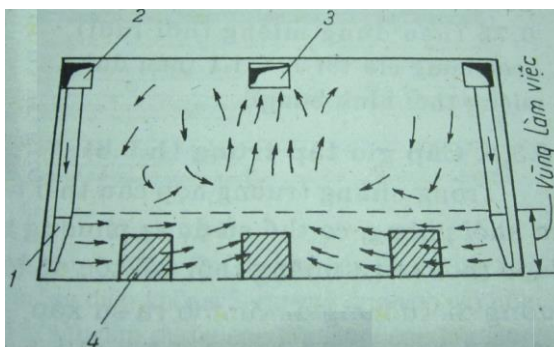


Hình 3.19: Cấp gió phía trên kết hợp hút dưới

b) Cấp gió từ dưới kết hợp hút trên:

Ống dẫn gió chính 2 được đặt trên cao rồi dẫn xuống vùng làm việc. Không khí cấp từ các miệng thổi gió 1 đặt áp tường sẽ tràn ngập vùng làm việc của gian máy và tại đó nhận nhiệt, ẩm từ các nguồn 4 thải ra. Như vậy dòng đối lưu cưỡng bức từ miệng thổi và gần miệng hút cùng chiều với dòng đối lưu tự nhiên nhiệt, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thải nhiệt thừa, đặc biệt trong trường hợp thông gió thải nhiệt. Trong trường hợp cấp gió nóng để sưởi ấm vào mùa đông cũng xảy ra hiện tượng tương tự. Tuy vậy khi cấp gió lạnh vào mùa

hệ thì dòng đối lưu tự nhiên do luồng không đẳng nhiệt có xu hướng đi xuống sẽ cản trở của các dòng đi lên làm hiệu quả trao đổi không khí kém đi.

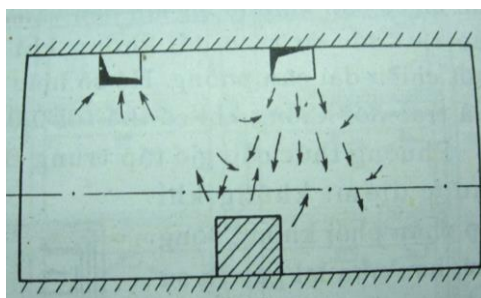


Hình 3.20: Cấp gió từ dưới kết hợp hút trên

Tóm lại phương thức này đạt hiệu quả cao khi cấp gió nóng sưởi ấm hoặc thông gió thải nhiệt. Trong nhiều trường hợp tổ chức thông gió, người ta thậm chí thay việc cấp gió cơ giới bằng cấp gió tự nhiên từ cửa mở hoặc thay thế thải gió cưỡng bức bằng thải gió tự nhiên qua cửa mái cũng đạt hiệu quả thải nhiệt rất tốt.

c) Cấp gió từ trên cao kết hợp hút trên

Khi tổ chức trao đổi không khí trong hệ thống điều tiết không khí người ta rất ít quan tâm đến việc bố trí miệng hút ở trên cao hay dưới thấp, vì dòng đối lưu gần miệng hút rất yếu và không đóng vai trò gì trong trao đổi không khí (mục đích bố trí miệng hút chỉ để tạo ra sự tuần hoàn không khí trong hệ thống mà thôi). Vì vậy trong nhiều trường hợp người ta bố trí miệng hút ở cao gần với miệng thổi.



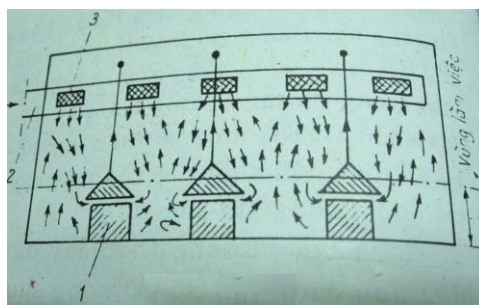
Hình 3.21: Cấp gió từ trên cao kết hợp hút trên

Đôi khi người ta cũng sử dụng phương thức này cho thông gió công nghiệp nếu lượng không khí cần cấp vào nhiều và tốc độ gió vùng làm việc yêu cầu lớn.

d) Cấp gió trên cao kết hợp hút cục bộ:

Trong những trường hợp ở gian máy có phát sinh các chất độc hoặc các nguồn độc hại có tích tụ lớn thì phải tiến hành thông gió cục bộ. Khi đó cần phải

thông gió vào phòng để đảm bảo áp suất trong phòng không bị âm. Phương thức cấp gió phổ biến là từ trên cao.

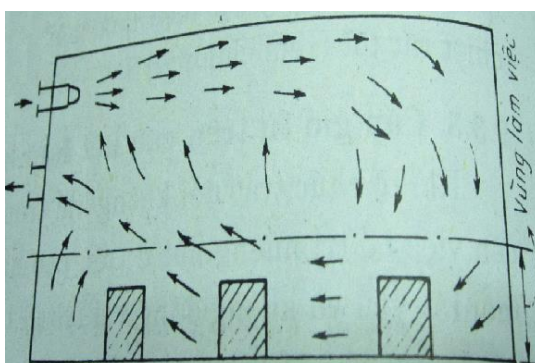


Hình 3.22: Cấp gió trên cao kết hợp hút cục bộ

Chất độc hại được hút ra từ các thiết bị hút cục bộ đặt phía trên các thiết bị phát sinh độc hại 1; không khí cấp từ ống dẫn 2 được cấp vào phòng qua các miệng thổi gió 3, sau đó nhanh chóng hòa lẫn với không khí ở phía trên vùng làm việc, cuối cùng được thải ra ngoài qua hệ thống hút không khí cục bộ. Do không khí ô nhiễm hầu hết đã đi vào miệng hút cục bộ, mặt khác dòng đối lưu gần miệng hút cục bộ cũng khá mạnh nên quá trình trao đổi không khí chủ yếu diễn ra ở vùng quanh miệng hút và tại vùng làm việc.

e) Cấp gió tập trung

Trong những trường hợp cần thải nhiệt hoặc ẩm tích tụ ở một vùng nào đó ra khỏi phòng, có thể sử dụng phương thức cấp gió tập trung: luồng không khí được thổi ra từ miệng thổi với tốc độ lớn tạo thành luồng tn biến chậm. Trên đường đi, luồng gió này tạo ra sự xáo trộn không khí trong phòng khá mạnh nhờ sự phát sinh các dòng đối lưu khuếch tán. Tại đoạn đầu của luồng tốc độ dòng cường bức lớn hơn nên sự khuếch tán mạnh hơn ở cuối luồng. Ngược lại phần cuối của dòng khí lại có bán kính luồng lớn hơn nên vẫn tạo ra được sự trao đổi không khí trong suốt chiều dài căn phòng.



Hình 3.23: Cấp gió tập trung

Phương thức này đơn giản, rẻ tiền nhưng có nhiều nhược điểm: không khí cấp phân phối không đồng đều, hơn nữa lại gây ra sự tích tụ các chất độc hại ở phần cuối gần phía các miệng hút. Vì vậy phương thức này không thích hợp các

gian máy có phát sinh bụi và chất độc (dù là loại có độc tính thấp). Ngay cả khi thông gió thải nhiệt thì hiệu quả cũng không bằng các phương thức đã trình bày ở trên.

3.3.1.3 Các kiểu miệng cấp và miệng hồi

a) Miệng cấp

Cấu tạo của miệng cấp (miệng thổi) có ý nghĩa rất lớn trong việc luân chuyển không khí trong phòng, khả năng mở rộng, tầm với của luồng...

* **Phân loại:**

- Theo hình dạng: Miệng thổi tròn, vuông, chữ nhật, dẹt
- Theo vị trí lắp đặt: Miệng thổi gắn trần, gắn tường
- Theo kiểu phân phối gió: Khuếch tán, đục lỗ, cánh hướng

* **Miệng thổi kiểu khuếch tán (DIFFUSER):** Là loại miệng thổi được sử dụng phổ biến nhất vì đơn giản và bề mặt đẹp. Thường được gắn trên trần, dòng không khí khi đi qua miệng thổi sẽ được khuếch tán rộng ra theo 4 hướng nên tốc độ không khí tại vùng làm việc nhanh chóng giảm nhỏ và đồng đều. Nhờ vậy miệng thổi kiểu này thường được sử dụng nhiều trong các công sở khi mà độ cao trần của phòng làm việc rất thấp.

Cấu tạo: Gồm phần vỏ và phần cánh. Các cánh nghiêng một góc từ 30 - 60°, loại nghiêng 60° nhìn từ phía dưới đẹp hơn. Bộ phận cánh có thể tháo rời để vệ sinh cũng như thuận tiện khi lắp miệng thổi.

Miệng thổi này có dạng hình vuông là phổ biến nhất, cá biệt vẫn có các miệng thổi dạng hình chữ nhật. Với hình dạng này nó rất dễ lắp đặt. Có thể phối kết hợp với các bộ đèn hình thù khác nhau tạo nên một mặt bằng đẹp.

* **Miệng thổi kiểu chắn mưa (LOUVRE):**

Miệng thổi kiểu chắn mưa được sử dụng để gắn lắp trên tường.

Cấu tạo gồm: phần vỏ và phần cánh. Cánh thường được nghiêng theo 1 chiều (xuống dưới) hoặc 3 chiều (dưới và 2 bên). Độ nghiêng của cánh cũng tùy thuộc vào độ cao của tường nơi nó được lắp đặt mà có thể chọn 30°, 45° và 60°.

* **Miệng thổi kiểu lưới:**

Miệng thổi kiểu lưới là loại miệng thổi có 2 hệ thống cánh hướng vuông góc với nhau. Nhờ điều chỉnh các cánh hướng này mà có thể điều chỉnh được hướng gió.

Miệng thổi kiểu lưới có thể lắp cho trần hoặc tường.

b) Miệng hồi (miệng hút)

Miệng hút hầu như không ảnh hưởng tới sự xáo trộn không khí trong phòng nên kết cấu của nó cũng không ảnh hưởng tới tuần hoàn không khí. Chọn kết cấu nào là do yêu cầu cụ thể công trình và thẩm mỹ quyết định. Thường được chọn tương tự miệng thổi để có sự hài hòa trong phòng. Miệng hút thường có gắn phin lọc để lọc bụi.

3.3.2 Đường ống gió

Đường ống gió được chia làm nhiều loại tùy theo cách phân loại khác nhau:

** Theo chức năng:*

- Kênh cấp gió (Supply Air Duct - SAD)
- Kênh hồi gió (Return Air Duct - RAD)
- Kênh cấp gió tươi (Fresh Air Duct)
- Kênh thông gió (Axhaust Air Duct)

** Theo tốc độ gió:*

Bảng 3.2: Phân loại đường ống gió theo tốc độ gió

Loại kênh gió	Hệ thống điều hòa dân dụng		Hệ thống điều hòa công nghiệp	
	Cấp gió	Hồi gió	Cấp gió	Hồi gió
- Tốc độ thấp	< 12,7 m/s	< 10,2 m/s	< 12,7 m/s	< 12,7 m/s
- Tốc độ cao	≥ 12,7 m/s	-	12,7 - 25,4	

** Theo áp suất*

- Áp suất thấp : 95 mmH₂O
- Áp suất trung bình : 95 - 172 mmH₂O
- Áp suất cao : 172 - 310 mmH₂O

** Theo kết cấu và vị trí lắp đặt:*

- Kênh gió treo
- Kênh gió ngầm

3.3.2.1 Cấu trúc của hệ thống

a) Hệ thống kiểu kênh ngầm

- Kênh thường được xây dựng bằng gạch hoặc bê tông. Kênh gió đặt dưới sàn và thường cho các đường nước, điện, điện thoại đi kèm nên gọn gàng và tiết kiệm chi phí nói chung.

- Kênh gió ngầm thường sử dụng làm kênh gió hồi, rất ít khi sử dụng làm kênh gió cấp sợ ảnh hưởng chất lượng gió sau khi đã xử lý, vì ẩm mốc trong kênh, đặc biệt là kênh gió cũ đã hoạt động lâu ngày. Khi phải bắt buộc thì phải xử lý chống thấm thật tốt.

- Kênh thường có tiết diện chữ nhật và được xây dựng sẵn khi xây dựng công trình.

- Hệ thống kênh gió ngầm thường được sử dụng trong các nhà máy dệt, rạp chiếu bóng. Các kênh gió ngầm này có khả năng hút tốt các sợi bông bay nên khử bụi trong xưởng tốt.

b) Hệ thống ống kiểu treo.

Hệ thống kênh treo là hệ thống kênh được treo trên các giá đỡ đi trên cao. Do đó yêu cầu

- Nhẹ
- Bền và chắc chắn
- Không cháy

Thông thường kênh gió kiểu treo làm bằng tôn tráng kẽm có bề dày trong khoảng từ 0,5 – 1,2mm theo tiêu chuẩn qui định phụ thuộc vào kích thước đường ống. Trong một số trường hợp do môi trường có độ ăn mòn cao có thể sử dụng chất dẻo hay inox. Hiện nay người ta có sử dụng foam để làm đường ống: ưu điểm nhẹ nhưng dễ cháy vì thế phải có lớp giấy bạc chống cháy.

Khi thiết kế đường ống có thể chọn độ dày của tole theo bảng dưới đây:

Bảng 3.3: Độ dày của tole theo đường ống

Cạnh lớn của ống gió, mm	Độ dày, mm
≤ 300	0,5mm
301 ÷ 750	0,6 mm
751 ÷ 1350	0,8 mm
1351 ÷ 2100	1,0 mm
≥ 2100	1,2 mm

- Để tránh tổn thất nhiệt đường ống thường bọc một lớp cách nhiệt bằng bông thủy tinh, hay stiropor, bên ngoài bọc lớp giấy bạc chống cháy và phản xạ nhiệt. Để tránh chuột làm hỏng người ta có thể bọc thêm lớp lưới sắt mỏng.

- Khi đường ống đi ngoài trời người thêm lớp tôn ngoài cùng để bảo vệ mưa nắng

- Đường ống đi trong không gian điều hòa có thể không cần bọc cách nhiệt

- Để tiện cho việc lắp ráp, chế tạo, vận chuyển đường ống được gia công từng đoạn ngắn theo kích cỡ của các tấm tôn. Việc lắp ráp thực hiện bằng bích hoặc bằng các nẹp tôn. Bích có thể là nhôm đúc, sắt V hoặc bản thân ống tôn.

- Việc treo đường ống tùy thuộc vào kết cấu công trình cụ thể: Treo tường, trần nhà, xà nhà...

- Hình dáng kênh gió rất đa dạng: Chữ nhật, tròn, vuông,.. Ống chữ nhật được sử dụng phổ biến hơn cả vì nó phù hợp với kết cấu nhà, dễ treo đỡ, dễ chế tạo, dễ bọc cách nhiệt và đặc biệt các chi tiết cua, cút, xuyệt, chạc 3, chạc 4.. dễ chế tạo hơn ống tròn nhiều.

- Khi lưu lượng không khí trong kênh gió giảm thì kích thước của nó cũng cần giảm xuống tương ứng: Điều này có lợi là tiết kiệm và hệ số không đều kkđ giảm

- Khi nối kênh gió với thiết bị chuyển động như quạt, động cơ thì cần phải nối qua ống nối mềm để giảm việc truyền chấn động theo kênh gió.

- Khi kích thước ống lớn cần làm gân gia cường.

- Đường ống sau khi gia công xong cần làm kín bằng silicon.

3.3.2.2 Các loại trở kháng thủy lực của đường ống

a) Tổn thất ma sát.

$$\Delta p_{ms} = \lambda \cdot (l/d) \rho \cdot \omega^2 / 2, \text{ mmH}_2\text{O} \quad [3-31]$$

λ - Hệ số trở lực ma sát

l - chiều dài ống, m

d - đường kính ống, m

ρ - Khối lượng riêng của không khí, kg/m^3

ω - Tốc độ không khí, m/s

b) Tổn thất cục bộ

$$\Delta p_{cb} = \xi \cdot \rho \omega^2 / 2 \quad [3-32]$$

trị số ξ tra theo sách phụ thuộc vào dạng tổn thất: Cút, côn, Tê, Chạc..., kích thước tiết diện và tốc độ không khí.

Nếu tốc độ trên toàn bộ ống đều thì có thể xác định

$$\Delta p_{cb} = \Sigma \xi \cdot (\rho \omega^2 / 2) \quad [3-33]$$

Có 2 cách xác định tổn thất cục bộ:

- Xác định hệ số ξ cho từng kiểu chi tiết: Cút, côn, Tê, Chạc.
- Qui đổi ra độ dài ống thẳng tương đương.

*** Xác định hệ số ξ**

Ví dụ cút 90° tròn với đường kính D và bán kính cong qua tâm ống là R, thì ξ xác định theo bảng sau:

Bảng 3.4:

R/D	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
ξ	0,71	0,33	0,22	0,15	0,13	0,12

*** Qui đổi chiều dài tương đương:**

Tổn thất cục bộ có thể coi như là tổn thất ma sát với một chiều dài tương đương nào đó:

$$\Delta p_{cb} = \xi \cdot \rho \omega^2 / 2 = \lambda \cdot (l_{td}/d) \rho \cdot \omega^2 / 2 \quad [3-34]$$

Thông thường người ta xác định chiều dài tương đương thông qua đường kính tương đương của tiết diện ống. Trị số a tra theo các bảng trong các tài liệu:

$$l_{td} = a \cdot D$$

Gộp lại ta có

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_{ms} + \Sigma \Delta p_{cb} \quad [3-35]$$

3.3.3 Quạt gió

Quạt là thiết bị dùng để vận chuyển và phân phối không khí là thiết bị không thể thiếu được trong hệ thống điều hòa không khí và đời sống.

Hai thông số cơ bản của quạt gió là:

- Lưu lượng không khí của quạt: V, m³/s, m³/hr
- Cột áp H_q (áp suất thừa mà quạt tạo ra): Pa hoặc mmH₂O

3.3.3.1 Phân loại quạt gió

- Theo đặc tính khí động

+ Hướng trục: Không khí vào và ra đi dọc theo trục. Gọn nhẹ có thể cho lưu lượng lớn với áp suất bé. Thường dùng trong hệ thống không có ống gió hoặc ống ngắn

+ Ly tâm: Đi vào theo hướng trục quay đi ra vuông góc trục quay, cột áp tạo ra do ly tâm. Vì vậy cần có ống dẫn gió mới tạo áp suất lớn. Nó có thể tạo

nên luồng gió có áp suất lớn. Trong một số máy ĐHKK dạng Package thường sử dụng quạt ly tâm.

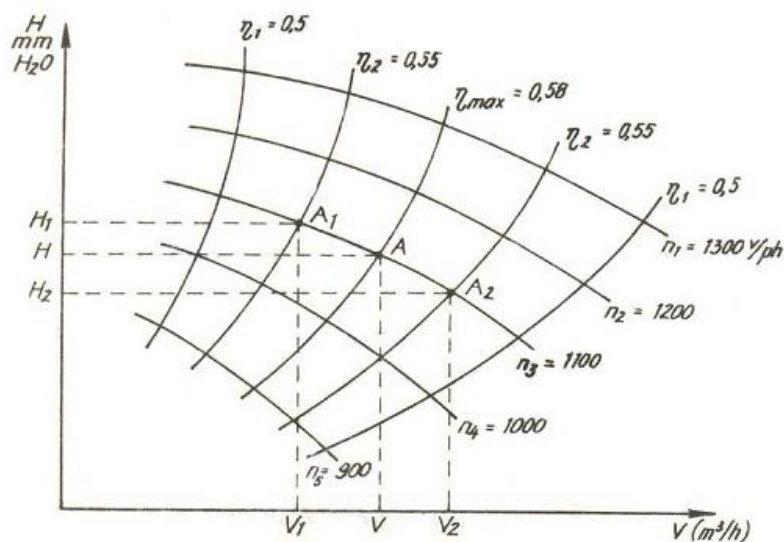
- Theo cột áp:
 - + Quạt hạ áp: $H_q < 1000 \text{ Pa}$
 - + Quạt trung áp: $1000 \text{ Pa} < H_q < 3000 \text{ Pa}$
 - + Quạt cao áp $H_q > 3000 \text{ Pa}$
- Theo công dụng
 - + Quạt gió
 - + Quạt khói
 - + Quạt bụi
 - + Quạt thông hơi

3.3.3.2 Đường đặc tính của quạt và điểm làm việc trong mạng đường ống

* Đồ thị đặc tính:

Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa cột áp H và lưu lượng V ứng với số vòng quay n của guồng cánh của quạt gọi là **đồ thị đặc tính của quạt**.

Trên đồ thị đặc tính người ta còn biểu thị các đường tham số khác như đường hiệu suất quạt η_q , đường công suất quạt N_q .



Hình 3.24: Đồ thị đường đặc tính quạt

* Đặc tính mạng đường ống:

Mỗi một quạt ở một tốc độ quay nào đó đều có thể tạo ra các cột áp H_q và lưu lượng H_q khác nhau ứng với tổng trở lực Δp dòng khí đi qua

Quan hệ $\Delta p - V$ gọi là **đặc tính mạng đường ống**.

Trên đồ thị đặc tính điểm A được xác định bởi tốc độ làm việc của quạt và tổng trở lực mạng đường ống gọi là **điểm làm việc của quạt**. Như vậy ở một tốc độ quay quạt có thể có nhiều chế độ làm việc khác nhau tùy thuộc đặc tính mạng đường ống. Do đó hiệu suất của quạt sẽ khác nhau và công suất kéo đòi hỏi khác nhau.

Nhiệm vụ của người thiết kế hệ thống đường ống là phải làm sao với một lưu lượng V cho trước phải thiết kế đường ống sao cho đạt hiệu suất cao nhất hoặc chí ít càng gần $\eta_{\max}$ càng tốt.

*** Tính chọn quạt gió.**

Muốn chọn quạt và định điểm làm việc của quạt cần phải tiến hành xác định

- Lưu lượng tính toán V_{tt}
- Cột áp tính toán H_{tt}
- Sau đó cần lưu ý một số yếu tố như: độ ồn cho phép, độ rung nơi đặt máy, nhiệt độ chất khí, khả năng gây ăn mòn kim loại, nồng độ bụi trong khí.

a) Lưu lượng tính toán V_{tt} đối với hệ thống điều hòa không khí chính là lưu lượng thể tích L_v

b) Cột áp tính toán chính là $H_{tt} = \Sigma \Delta p$

c) Lưu lượng cần thiết của quạt chọn như sau:

- Với môi trường sạch: $V_q = V_{tt}$
- Với quạt hút hay tải liệu: $V_q = 1,1 V_{tt}$

d) Cột áp cần thiết của quạt H_q chọn theo áp suất khí quyển và nhiệt độ chất khí

$$H_q = H_{tt} \cdot [(273+t)/293] \cdot [760/B] \cdot [\rho_k/\rho_{kk}] \quad [3-36]$$

ρ_k , ρ_{kk} mật độ của chất khí và không khí tính ở 0°C và $B_0 = 760\text{mmHg}$

- Nếu quạt tải bụi hoặc các vật rắn khác (bông, vải, sợi..) thì chọn

$$H_q = 1,1 \cdot (1 + K \cdot N) \cdot H_{tt}$$

K là hệ số tùy thuộc vào tính chất của bụi

N – Nồng độ hỗn hợp vận chuyển = Khối lượng vật chất tải / khối lượng không khí sạch, kg/kg

e) Căn cứ vào V_q và H_q tiến hành chọn quạt thích hợp sao cho đường đặc tính H-V có hiệu suất cao nhất (gần $\eta_{\max}$).

f) Định điểm làm việc của quạt và xác định số vòng quay n và hiệu suất của nó. Từ đó tính được công suất động cơ kéo quạt.

Khi chọn quạt cần định tốc độ tiếp tuyến cho phép nằm trong khoảng $u \leq 40 - 45 \text{ m/s}$ để tránh gây ồn quá mức. Riêng quạt có kích thước lớn hơn $D_o \geq 1000\text{mm}$ cho phép chọn $u \leq 60\text{m/s}$

g) Công suất yêu cầu trên trục

$$N_q = V_q \cdot H_q \cdot 10^{-3} / \eta_q, \text{ kW} \quad [3-37]$$

Trong đó $V_q \text{ m}^3/\text{s}$ và $H_q, \text{ Pa}$

Với quạt hút bụi hoặc quạt tải:

$$N_q = 1,2 \cdot V_q \cdot H_q \cdot 10^{-3} / \eta_q, \text{ kW}$$

h) Công suất đặt của động cơ:

$$N_{dc} = N_q \cdot K_{dt} / \eta_{td} \quad [3-38]$$

η_{td} – Hiệu suất truyền động

+ Trực tiếp $\eta_{td} = 1$

+ Khớp mềm: $\eta_{td} = 0,98$

+ Đai: $\eta_{td} = 0,95$

K_{dt} – Hệ số dự trữ phụ thuộc công suất yêu cầu trên trục quạt.

Bảng 3.5: Bảng hệ số dự trữ của quạt theo công suất trên trục

$N_q, \text{ kW}$	Quạt ly tâm	Quạt dọc trục
$\leq 0,5$	1,5	1,20
0,51 – 1,0	1,3	1,15
1,1 – 2,0	1,2	1,10
2,1 – 5,0	1,15	1,05
> 5	1,10	1,05

Khi chọn quạt phải lưu ý độ ồn. Độ ồn của quạt thường được các nhà chế tạo đưa ra trong các catalogue. Nếu không có catalogue ta có thể kiểm tốc độ dài trên đỉnh quạt. Tốc độ đó không được quá lớn

$$\omega = \pi \cdot D_1 \cdot n \leq 40 \div 45 \text{ m/s} \quad [3-39]$$

3.4 CÁC PHẦN TỬ KHÁC CỦA HỆ THỐNG ĐHKK

3.4.1 Khâu tự động điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong phòng

Chức năng của hệ thống điều chỉnh tự động là nhằm duy trì và giữ ổn định các thông số vận hành của hệ thống điều hòa không khí không phụ thuộc vào điều kiện khí hậu bên ngoài và phụ tải bên trong.

Các thông số cơ bản cần duy trì là:

- Nhiệt độ.
- Độ ẩm
- Áp suất.
- Lưu lượng.

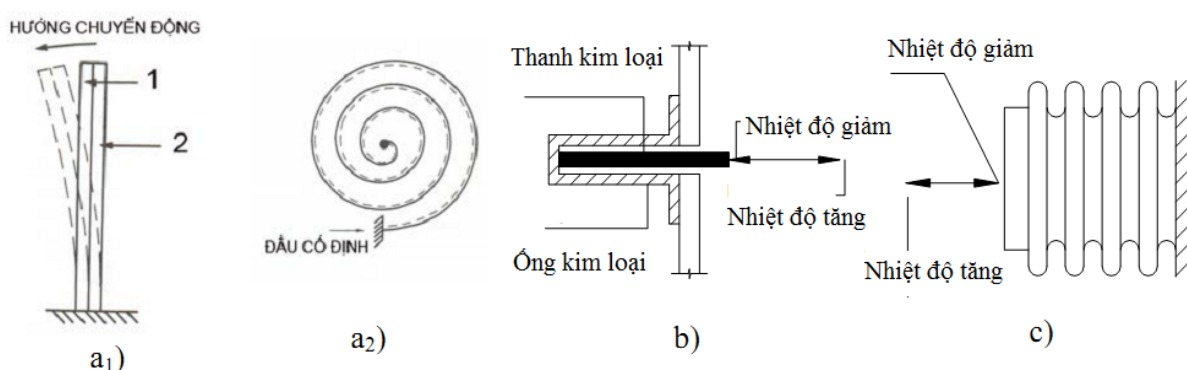
Trong các thông số trên nhiệt độ là thông số quan trọng nhất.

Ngoài chức năng đảm bảo các thông số khí hậu trong phòng, hệ thống điều khiển còn có tác dụng bảo vệ an toàn cho hệ thống, ngăn ngừa các sự cố có thể xảy ra, đảm bảo hệ thống làm việc hiệu quả và kinh tế nhất; giảm chi phí vận hành của công nhân.

3.4.1.1 Tự động điều chỉnh nhiệt độ

a) Bộ cảm biến nhiệt độ

Tất cả các bộ cảm biến nhiệt độ đều hoạt động dựa trên nguyên tắc là các tính chất nhiệt vật lý của các chất thay đổi theo nhiệt độ. Cụ thể là sự giãn nở vì nhiệt, sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Ta thường gặp các bộ cảm biến như sau:



Hình 3.25: Các kiểu bộ cảm biến

- Thanh lưỡng kim (bimetal strip)

Trên hình 3.25a₁ là cơ cấu thanh lưỡng kim, được ghép từ 2 thanh kim loại mỏng có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau. Một đầu của thanh được giữ cố định và đầu kia tự do. Thanh 1 làm từ vật liệu có hệ số giãn nở nhiệt kém hơn thanh 2. Khi nhiệt độ tăng thanh 2 giãn nở nhiều hơn thanh 1 và uốn cong toàn bộ thanh sang trái. Khi nhiệt độ giảm xuống dưới giá trị định mức, thanh bị uốn cong sang phải.

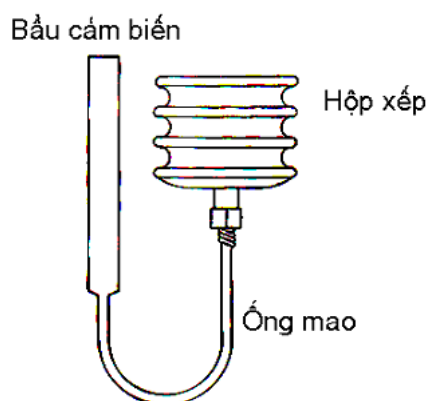
Một dạng khác của bộ cảm biến dạng này là thanh lưỡng kim được uốn cong dạng xoắn tròn ốc, đầu ngoài cố định đầu trong di chuyển. Loại này thường được sử dụng để làm đồng hồ đo nhiệt độ có cấu tạo như trên hình 3.25a₂.

- Bộ cảm biến ống và thanh

Cấu tạo gồm 01 thanh kim loại có hệ số giãn nở nhiệt lớn đặt bên trong 01 ống trụ kim loại giãn nở nhiệt ít hơn. Một đầu thanh kim loại hàn chặt vào đáy của ống trụ kia tự do. Khi nhiệt độ tăng hoặc giảm so với nhiệt độ định mức đầu tự do chuyển động sang phải hoặc sang trái.

- Bộ cảm biến kiểu hộp xếp

Cấu tạo gồm một hộp xếp có các nếp nhăn hoặc một màng mỏng có khả năng co giãn lớn, bên trong chứa đầy một chất lỏng hoặc chất khí. Khi nhiệt độ thay đổi môi chất co giãn làm hộp xếp hoặc màng mỏng căng lên làm di chuyển 1 thanh gắn trên đó.



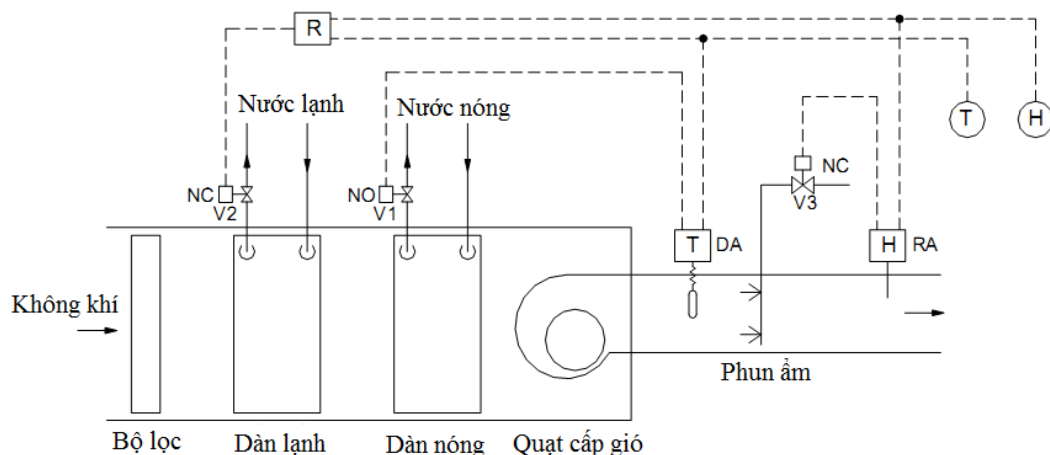
Hình 3.26: Bộ cảm biến kiểu hộp xếp có ống mao và bầu cảm biến

- Cảm biến điện trở

Cảm biến điện trở có các loại sau đây:

- Cuộn dây điện trở
- Điện trở bán dẫn
- Cặp nhiệt

b) Sơ đồ điều khiển nhiệt độ



Hình 3.27: Sơ đồ điều khiển nhiệt độ

Trên hình 3.27 là sơ đồ điều khiển nhiệt độ của một AHU. AHU có 02 dàn trao đổi nhiệt: một dàn nóng và một dàn lạnh các dàn hoạt động độc lập và không đồng thời. Mùa hè dàn lạnh làm việc, mùa đông dàn nóng làm việc.

Đầu ra của không khí có bố trí hệ thống phun nước bổ sung để bổ sung ẩm cho không khí.

Nước nóng, nước lạnh và nước phun được cấp vào nhờ các van điện từ thường đóng (NC-Normal Close) và thường mở (NO- Normal Open).

3.4.1.2 Tự động điều chỉnh độ ẩm trong một số hệ thống ĐHKK công nghệ

a) Bộ cảm biến độ ẩm

Bộ cảm biến độ ẩm cũng hoạt động dựa trên nguyên lý về sự thay đổi các tính chất nhiệt vật lý của môi chất khi độ ẩm thay đổi.

Có 02 loại cảm biến độ ẩm:

- Loại dùng chất hữu cơ (organic element)
- Loại điện trở (Resistance element)



Hình 3.28 : Bộ cảm biến độ ẩm

Trên hình 3.28 là bộ cảm biến độ ẩm, nó có chứa một sợi hấp thụ ẩm. Sự thay đổi độ ẩm làm thay đổi chiều dài sợi hấp thụ. Sợi hấp thụ có thể là tóc người hoặc vật liệu chất dẻo axetat.

3.4.2 Lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK

3.4.2.1 Tác dụng của lọc bụi

Bụi là một trong những chất độc hại. Nồng độ bụi trong không khí z_b (mg/m^3) không được vượt quá giới hạn cho phép. Muốn vậy cần tiến hành lọc bụi. Việc chọn phương pháp lọc bụi trong thông gió và ĐTKK trước tiên phải căn cứ vào nguồn gốc bụi, cỡ hạt và mức độ độc (từ đó mới quyết định nồng độ bụi trong không khí).

Bụi trong không khí có hai nguồn gốc chính :

- Bụi hữu cơ có nguồn gốc động thực vật, phát sinh trong quá trình chế biến, gai công các sản phẩm bông, gỗ, giấy, da, thực phẩm, nông sản...

- Bụi vô cơ (bụi khoáng, bụi kim loại...) có thể do mang từ ngoài vào theo gió, theo bao bì,...và cũng có thể phát sinh do chế biến (như bụi đá ximăng, bụi amiăng, bụi kim loại khi mài, đánh bóng...)

Cỡ hạt của bụi được phân làm:

- Cỡ hạt rất mịn, khi hạt bụi có kích thước từ $0,1 \div 1\mu\text{m}$ (bụi có hạt nhỏ hơn $0,001\mu\text{m}$ là tác nhân gây mùi)

- Cỡ mịn, khi hạt bụi có kích thước từ $1 \div 10\mu\text{m}$

- Cỡ hạt thô khi kích thước hạt bụi lớn hơn $10\mu\text{m}$.

Bụi càng mịn càng nguy hiểm vì càng dễ đi sâu vào đường thở và rất khó lọc sạch bằng các thiết bị thông dụng. Chúng thường tồn tại rất lâu trong không khí mà không lắng đọng. Bụi cỡ mịn tuy có rơi trong không khí nhưng tốc độ không đổi nên lắng đọng chậm. Các hạt bụi thô rơi tự do trong không khí nên lắng đọng nhanh hơn cả.

Nồng độ bụi cho phép trong không khí thường cho theo mức độ độc hại và hàm lượng silic oxyt. Bảng 3.6 cho biết nồng độ bụi trong không khí có điều hòa (bụi trung tính).

Bảng 3.6: Nồng độ bụi trung tính trong không khí có điều hòa

Hàm lượng SO ₂ trong bụi %	Không khí vùng làm việc	Không khí tuần hoàn
>10	$Z_b < 2 \text{ mg/m}^3$	$Z_b < 0.6 \text{ mg/m}^3$
2 – 10	2 – 4	<1.2
< 2	4 – 6	4 < 1.8
Bụi amiăng	< 2	

Ghi chú: Trường hợp không khí có bụi được lọc sơ bộ để thải ra ngoài trời thì nồng độ bụi cho phép có thể lớn hơn nhiều, nhưng trong mọi trường hợp đều không cho phép vượt quá 150 mg/m^3 để tránh gây ô nhiễm khí quyển (lọc bụi công nghiệp và thải bụi vào khí quyển không thuộc phạm vi cuốn sách này).

Khi lựa chọn thiết bị lọc bụi, ngoài việc căn cứ vào nồng độ bụi cho phép, cỡ hạt bụi, độc tính... cần nắm được đặc tính của thiết bị lọc bụi. Mỗi thiết bị lọc bụi thường được đặc trưng bởi các yếu tố sau:

- Hiệu quả lọc bụi η_b (hoặc còn gọi là năng lực làm sạch bụi) là tỉ số phần trăm giữa lượng bụi còn giữ lại ở thiết bị với tổng lượng bụi đi vào:

$$\bar{\eta}_b = \frac{G'_b - G''_b}{G'_b} \cdot 100\% = \frac{z'_b - z''_b}{z'_b} \cdot 100\% \quad [3-40]$$

Trong đó: G'_b , G''_b - lượng bụi vào và ra khỏi thiết bị trong một đơn vị thời gian.

z'_b , z''_b - nồng độ bụi trong không khí khi vào và ra khỏi thiết bị lọc bụi.

- Phụ tải không khí ($m^3/h.m^2$) là năng lực cho lưu thông không khí trong một đơn vị thời gian qua mỗi m^2 bề mặt lọc.

- Trở kháng thuỷ lực Δp (Pa) = $\xi \cdot \rho \cdot \omega^2 / 2$ là tổn thất áp suất của không khí khi qua thiết bị (ξ là hệ số trở kháng của lọc bụi ; ω là tốc độ không khí qua bộ lọc ; ρ là mật độ không khí, $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$)

3.4.2.2 Tiếng ồn khi có ĐHKK- nguyên nhân và tác hại

Tiếng ồn là một trong những chỉ tiêu chất lượng của hệ thống ĐHKK vì nó cũng là một trong những nhân tố đánh giá tiện nghi vì khí hậu. Vì vậy không thể coi thường tiếng ồn khi lắp đặt hệ thống ĐHKK, đặc biệt là trong các công trình văn hoá.

Độ ồn được đo bằng dB và thường được đánh giá bằng *mức cường độ âm thanh* L hoặc *mức áp suất âm thanh* L_p :

$$L = 10 \lg(\omega/\omega_0) \quad [3-41]$$

trong đó ω - áp suất của nguồn âm, W;

$\omega_0 = 10^{-12}$ W công suất của nguồn âm theo mức chuẩn quốc tế;

$$L_p = 20 \lg(p/p_0), \quad [3-42]$$

trong đó p- áp suất âm thanh, Pa;

p_0 – áp suất âm thanh theo mức chuẩn (theo ngưỡng nghe thấy của tai người), $2 \cdot 10^{-15} \text{ Pa} = 20 \mu\text{Pa}$.

Tiếng ồn trong phòng có điều hoà không khí có thể do nhiều nguồn khác nhau gây ra và được truyền vào phòng theo nhiều con đường khác nhau. Ở đây ta chỉ xét đến nguồn âm do bản thân hệ thống gây ra hoặc được truyền vào phòng theo ống gió. Có thể tham khảo độ ồn cho phép của Liên Xô (cũ) trong bảng 3.7 dưới đây.

Bảng 3.7:

Đối tượng	Độ ồn cho phép, Db
Phòng ngủ, phòng đọc sách của thư viện, rạp hát	35 40
Văn phòng, nhà trẻ, hội trường, phòng thí nghiệm	45
Rạp chiếu bóng	50
Phòng đánh máy chữ, cửa hàng, khách sạn	

Những nơi sau đây không quy định mức ồn cho phép:

- Nhà bếp, phòng ăn, phòng vệ sinh, tầng trệt đặt máy của các chung cư...
- Các gian máy công nghiệp.

(ở những nơi này tạp âm nền có khi đã lớn hơn các trị số cho ở bảng trên và khó có khả năng không chế được).

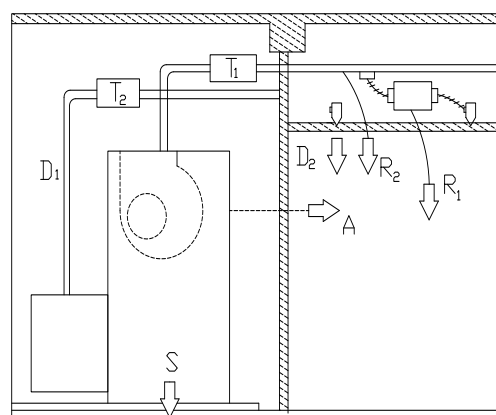
Nguồn gây ồn và các con đường truyền vào phòng:

Như trên đã nói, trong phòng có điều hoà không khí có thể có nhiều nguồn tiếng ồn khác nhau gây ra:

- Tiếng ồn do quạt gió, máy lạnh, bơm (các cơ cấu chuyển động nói chung);
- Tiếng ồn khí động của dòng khí (còn gọi là tiếng ồn thứ phát);
- Tiếng ồn của các nguồn ngoài (thường không xét tới vì không thể khống chế được).

Tiếng ồn truyền vào phòng có thể theo các đường sau (hình 3.29):

- Theo đường ống gió (D), từ quạt gió (và cả máy lạnh nếu có) theo đường ống gió cấp và ống gió hồi, qua tiêu âm và các chi tiết khác của đường ống (tê, cút, van,...) truyền trực tiếp vào phòng (qua miệng thổi) hoặc qua trần giả truyền vào phòng.
- Theo đường phát xạ (R): từ vách ống dẫn hoặc từ các thiết bị cuối của đường ống qua trần giả vào phòng
- Theo không khí tiếp xúc với buồng máy vào phòng (A)



Hình 3.29: Các con đường tiếng ồn vào phòng

-Theo kết cấu xây dựng truyền vào phòng(S).con đường này thường kết hợp với sự truyền rung động của máy nên khi thiết kế cần phối hợp xử lý chống rung kết hợp với chống ồn

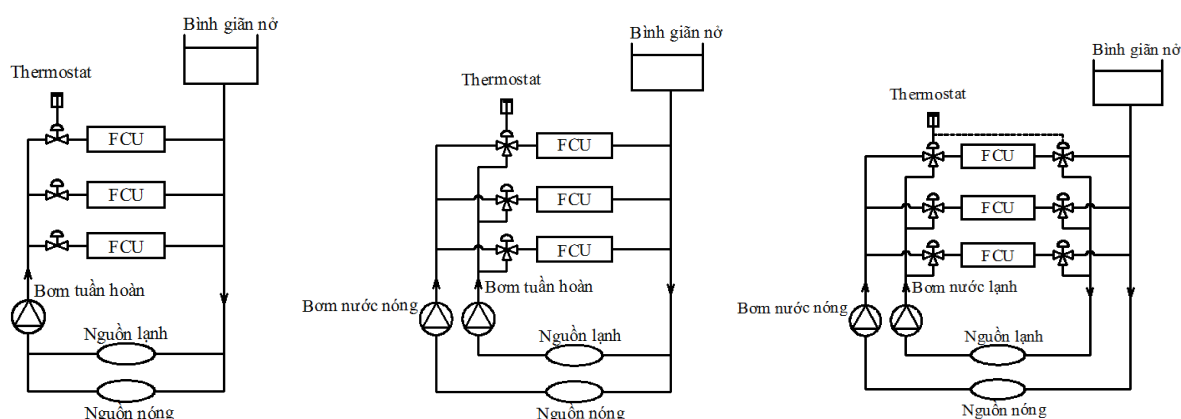
3.4.3 Cung cấp nước cho ĐHKK

3.4.3.1 Các sơ đồ cung cấp nước lạnh cho hệ thống Water Chiller

Sơ đồ cung cấp nước lạnh cho hệ thống Water Chiller thông thường có 3 kiểu bố trí như sau:

- Hệ hai đường ống
- Hệ ba đường ống
- Hệ bốn đường ống

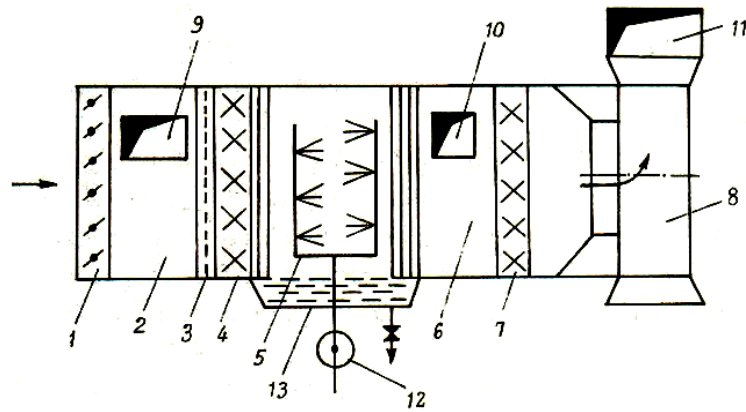
Hình 3.30 trình bày sơ đồ nguyên lý của các kiểu hệ thống đường nước đã nêu trên. Ở trên hình 3.30a ta thấy chỉ có một đường ống đi và một đường ống về, nước lạnh và nước nóng sẽ được hòa trộn ở phía trước của bơm, điều này dẫn đến kết quả là ta chỉ điều chỉnh được lưu lượng nước trước khi đi vào các thiết bị làm mát không khí như AHU, FCU tương ứng với nhiệt độ nước đã xác định. Ở hình 3.30b ta thấy ở mỗi thiết bị làm mát không khí có 2 đường nước đi vào, một đường nước nóng và một đường nước lạnh. Như vậy việc điều chỉnh sẽ linh hoạt hơn, trong trường hợp này ở mỗi thiết bị làm mát không khí ta không những điều chỉnh được lưu lượng mà còn điều chỉnh được nhiệt độ của nước. Hình 3.30c tương ứng với trường hợp có hai đường ống đi và hai đường ống về. Trong trường hợp này, mức độ linh hoạt trong quá trình điều chỉnh sẽ còn tăng cao hơn nữa do ta có thể tác động đến đường nước ở đầu ra của thiết bị làm mát không khí.



Hình 3.30 : a) Hệ hai đường ống; b) Hệ ba đường ống; c) Hệ bốn đường ống

3.4.3.2 Cung cấp nước cho các buồng phun

a) Buồng phun kiểu nằm ngang

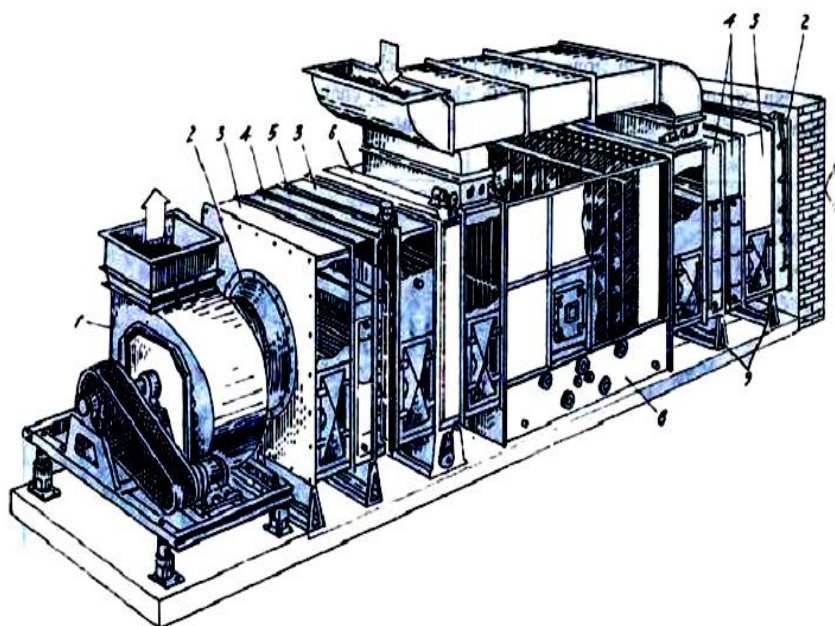


Hình 3.31: Buồng phun kiểu nằm ngang

- | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1- Cửa điều chỉnh gió vào | 2- Đường hồi gió | 3- Buồng hòa trộn |
| 4- Lọc bụi | 5- Caloriphe | 6- Chấn nước |
| 7- Ống dẫn nước và vòi phun. | 8- Buồng phun | 9- Chấn nước |
| 10- Buồng hòa trộn | 11- Đường gió hồi cấp 2 | 12- Caloriphe |
| 13- Ống gió ra | 14- Máng hứng nước | 15- Bơm nước xử lý |

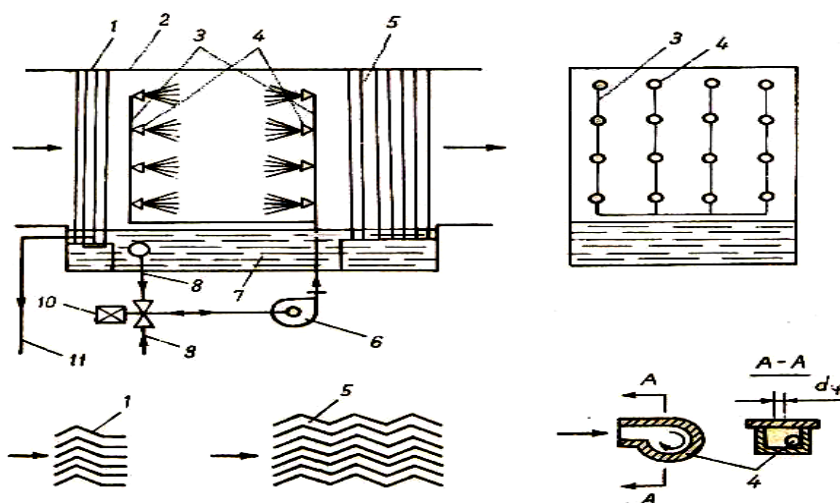
*** Nguyên lý hoạt động:**

Không khí bên ngoài được đưa qua van điều chỉnh vào buồng hòa trộn 3 để hòa trộn với gió hồi. Sau đó được đưa vào buồng phun để làm xử lý nhiệt ẩm. Nếu cần sưởi nóng thì sử dụng calorifer. Trong buồng phun có bố trí hệ thống ống dẫn nước phun và các vòi phun. Nước được phun thành các hạt nhỏ để dễ dàng trao đổi với không khí. Để tránh nước cuốn đi theo luồng gió và bắn vào các thiết bị khác phía trước và sau buồng phun có các tấm chấn nước dích dắc. Không khí sau khi xử lý xong được đưa vào buồng hòa trộn 10 để tiếp tục hòa trộn với gió hồi cấp 2. Caloriphe 12 dùng để sưởi không khí nhằm đảm bảo yêu cầu vệ sinh khi cần. Nước đã được xử lý lạnh được bơm 15 bơm lên các vòi phun với áp suất phun khá cao. Nước ngưng đọng sẽ được hứng nhờ máng 14 và dẫn về lại để tiếp tục làm lạnh.



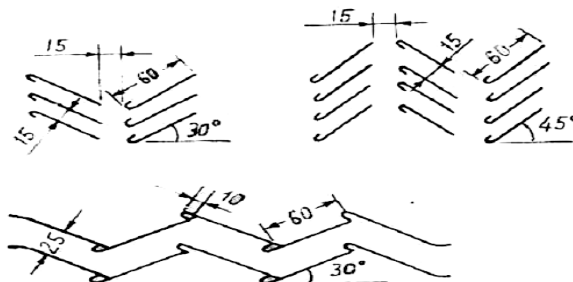
Hình 3.32: Cấu tạo buồng phun kiểu nằm ngang

Các tấm chắn nước có dạng dích dắc và chi tiết vòi phun có ảnh hưởng nhiều tới hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm.



Hình 3.33: Các chi tiết của buồng phun

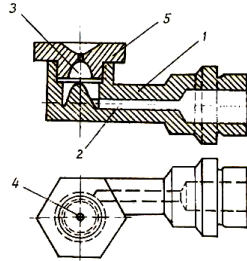
1,5- Vách chắn nước; 2- Trần buồng phun; 3- Ống góp phun; 4- Vòi phun; 6- Bơm nước phun; 7- Máng hứng nước; 8,9,11- Đường nước; 10- Van 3 ngã



Hình 3.34: Chi tiết tấm chắn

*** Các đặc điểm của buồng phun kiểu thẳng**

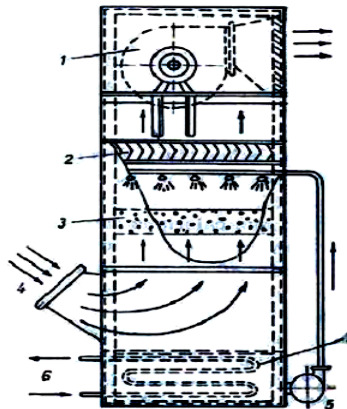
- Hiệu quả trao đổi cao do tốc độ tương đối giữa gió và nước cao và thời gian trao đổi cũng khá lâu.
- Thích hợp cho hệ thống lớn trong công nghiệp.
- Cồng kềnh chiếm nhiều diện tích lắp đặt.



Hình 3.35: Chi tiết vòi phun

- 1- Thân vòi phun; 2- Lỗ nước vào; 3- Buồng xoáy; 4- Mũi phun; 5- Nắp vòi phun

b) Buồng tưới



Hình 3.36: Buồng tưới

- [illegible]

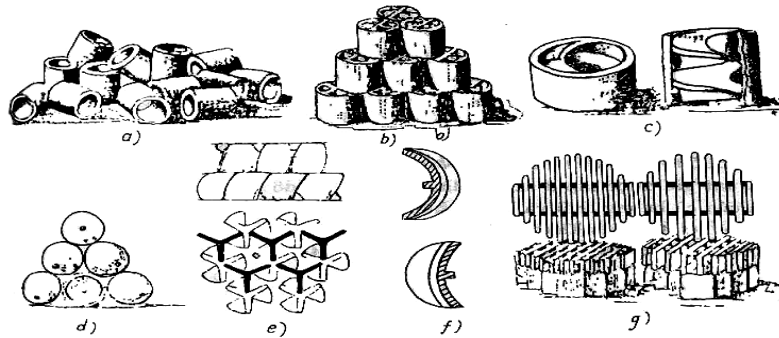
*** Nguyên lý hoạt động:**

Không khí bên ngoài được hút vào cửa lấy gió 6 vào buồng tưới nhờ quạt ly tâm 5. Ở buồng tưới nó trao đổi nhiệt ẩm với nước được phun từ trên xuống. Để tăng cường làm tơi nước và tăng thời gian tiếp xúc giữa nước và không khí người ta thêm lớp vật liệu đệm đặt ở giữa buồng. Vật liệu đệm có thể bằng các ống sắt, gốm, sành sứ, kim loại, gỗ có tác dụng làm tơi nước và cản trở nước chuyển động quá nhanh về phía dưới đồng thời tạo nên màng nước.

Nước được làm lạnh trực tiếp ở ngay máng hứng nhờ dàn lạnh 7.

*** Các đặc điểm của buồng tưới**

- Hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm không cao lắm do quãng đường đi ngắn.
- Thích hợp cho hệ thống nhỏ và vừa trong công nghiệp.
- Chiếm ít diện tích lắp đặt.



CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 3

1. Không khí ẩm là gì?
2. Nêu các thông số trạng thái của không khí ẩm
3. Thành phần của không khí ẩm
4. Các thông số trạng thái của không khí ẩm
5. Đồ thị I - d và d - t của không khí ẩm
6. Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK
7. Nêu khái niệm về thông gió và ĐHKK.
8. Trình bày khái niệm về nhiệt thừa và tải lạnh cần thiết của công trình.
9. Phân loại hệ thống ĐHKK
 10. Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí.
 11. Trao đổi không khí trong phòng.
 12. Các dòng không khí tham gia trao đổi không khí trong phòng
 13. Các hình thức cấp gió và thải gió.
 14. Đường ống gió
 15. Quạt gió đường đặc tính của quạt và điểm làm việc trong mạng đường ống
 16. Khâu tự động điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong phòng
 17. Lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK
 18. Cung cấp nước cho ĐHKK

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH

- Giáo trình sử dụng nhằm phục vụ công tác giảng dạy, đào tạo, học tập nghiên cứu, tham khảo và tra cứu tại trường.
- Nghiêm cấm sử dụng giáo trình mang tính chất lệch lạc phục vụ mục đích xấu hoặc sử dụng cho mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Đình Tín-Lê Chí Hiệp – *Nhiệt động lực học kỹ thuật* – NXB Đại học quốc gia TP HCM, 2003.
- [2] Hoàng Đình Tín- Bùi Hải – *Bài tập Nhiệt động lực học kỹ thuật và truyền nhiệt* – NXB Đại học quốc gia TP HCM, 2003.
- [3] Hoàng Đình Tín – *Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt* – NXB Đại học quốc gia TP HCM, 2003.
- [4] Nguyễn Bôn – Hoàng Ngọc Đồng - *Nhiệt kỹ thuật* – NXB GD
- [5] Nguyễn Đức Lợi - *Kỹ thuật lạnh Cơ sở* – NXB Giáo Dục – 2006
- [6] Trần Thanh Kỳ - *Máy lạnh* – NXB GD – 2006
- [7] Võ Chí Chính - *Máy và thiết bị lạnh* – NXB KHKT
- [8] Võ Chí Chính - *Thông gió và Điều hòa không khí* – NXB KHKT.
- [10] TS Hà Đăng Trung – ThS Nguyễn Quân – *Cơ sở kỹ thuật điều tiết không khí* – NXB khoa học kỹ thuật Hà Nội, 1997
- [11] Nguyễn Đức Lợi – *Hướng dẫn thiết kế hệ thống điều hòa không khí* – NXB khoa học kỹ thuật TP. HCM