

BỘ CÔNG AN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHÒNG CHÁY CHỮA CHÁY
TS. NGÔ VĂN XIÊM

GIÁO TRÌNH
**NHIỆT ĐỘNG
KỸ THUẬT
TRONG
PHÒNG CHÁY
CHỮA CHÁY**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

BỘ CÔNG AN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHÒNG CHÁY CHỮA CHÁY

Ts NGÔ VĂN XIÊM

GIÁO TRÌNH
NHIỆT ĐỘNG KỸ THUẬT
TRONG PHÒNG CHÁY
CHỮA CHÁY



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2003

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS, TS, TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập

KIÊN TRUNG

Sửa bìa

KIÊN TRUNG

Vẽ bìa

HƯƠNG LAN

53-532

KHKT - 03

113-379.1-03

In 1.000 cuốn, khổ 14,5 x 20,5 cm, tại Xí nghiệp in 19 - 8 số 3
đường Nguyễn Phong Sắc - Cầu Giấy - Hà Nội.

Giấy phép số: 113-379.1 cấp ngày 27/1/2003

In xong và nộp lưu chiểu tháng 6 năm 2003.

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Nhiệt động kỹ thuật trong PCCC để cập những kiến thức cơ bản, gồm các khái niệm, các thông số trạng thái và phương trình trạng thái của chất môi giới trong các quá trình và chu trình nhiệt động được ứng dụng trong kỹ thuật PCCC. Nghiên cứu thông số trạng thái của quá trình nhiệt động của đám cháy xảy ra ở trong phòng.

Nội dung kiến thức trình bày trong giáo trình là những vấn đề cơ bản cần thiết làm cơ sở để học viên học tập, nghiên cứu các môn học thuộc chương trình đào tạo Đại học chuyên ngành PCCC như: Lý thuyết các quá trình cháy; cơ sở lý hoá của sự phát triển và dập tắt đám cháy; phòng cháy trong xây dựng; phòng cháy thiết bị điện; phòng cháy trong sản xuất; chiến thuật chữa cháy, ô tô và máy bơm chữa cháy.

Phạm vi những vấn đề khoa học kỹ thuật của nhiệt động kỹ thuật và rất rộng và phức tạp. Song với mục đích là giáo trình dùng cho đào tạo kỹ sư chuyên ngành an toàn PCCC, nên chỉ đề cập đến những kiến thức liên quan đến lĩnh vực kỹ thuật an toàn PCCC. Vì lẽ đó, mà giáo trình không tránh khỏi những giới hạn về nội dung. Chúng tôi mong được sự góp ý của các đồng nghiệp, nhằm bổ sung cho giáo trình đạt chất lượng tốt hơn.

Chương I

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM.

1.1.1. Nhiệt động học:

Nhiệt động học là khoa học chuyên nghiên cứu mối liên hệ giữa các dạng năng lượng với nhiệt, công cơ học và sự chuyển hoá từ dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác mà cơ sở của nó dựa trên hai định luật nhiệt động cơ bản: Định luật nhiệt động một và Định luật nhiệt động hai.

Đối tượng của nhiệt động học là các hệ gồm rất nhiều phân tử, và các hiện tượng vật lý thông qua các quá trình biến đổi trạng thái của môi chất, từ đó thiết lập các phương trình toán học thể hiện mối liên quan giữa các đại lượng vật lý đặc trưng cho từng quá trình nhiệt động, đồng thời xác định điều kiện tối ưu của mỗi quá trình biến đổi đó.

Phương pháp nhiệt động là phương pháp dựa trên hai định luật cơ bản của nhiệt động học, được rút ra từ thực nghiệm. Nhờ hai định luật này, không cần chú ý đến cấu tạo phân tử của vật, chỉ cần xem xét điều kiện biến hoá năng lượng từ dạng này sang dạng khác và nghiên cứu những biến đổi đó về mặt định lượng, ta cũng có thể rút ra những kết luận về tính chất của các vật trong những điều kiện khác nhau.

1.1.2. Thiết bị nhiệt và nguyên lý làm việc của chúng.

Thiết bị nhiệt bao gồm động cơ nhiệt và máy lạnh hoặc bơm nhiệt.

Động cơ nhiệt có rất nhiều loại: Máy hơi nước, động cơ đốt trong, tua bin hơi, động cơ phản lực, tên lửa... chúng đều có cùng chức năng là biến nhiệt năng thành cơ năng hoặc điện năng, và cũng có cùng nguyên lý làm việc như sau: Chất môi giới (*gọi tắt là môi chất*) nhận nhiệt từ nguồn nóng, chuyển hoá một phần nhiệt năng thành cơ năng và nhả phần nhiệt còn lại cho nguồn lạnh để rồi lại tiếp tục một chu trình mới. Nguồn nóng có thể nhận nhiệt từ phản ứng cháy của nhiên liệu trong các buồng đốt, từ phản ứng hạt nhân nguyên tử trong lò phản ứng, từ năng lượng bức xạ của mặt trời hoặc nguồn địa nhiệt trong lòng đất. Nguồn lạnh là môi trường xung quanh như không khí và nước trong khí quyển.

Các loại động cơ trên biến nhiệt năng thành cơ năng. Ngày nay người ta đã thành công trong việc sử dụng các động cơ nhiệt trực tiếp chuyển hoá nhiệt năng thành điện năng như pin nhiệt điện, pin nhiệt điện tử. Người ta quy ước là xếp pin nhiệt điện và động cơ từ thủy động vào loại này.

Bơm nhiệt và máy lạnh, tuy có chức năng khác nhau, nhưng nguyên lý làm việc thì hoàn toàn giống nhau là: nhờ có sự hỗ trợ của năng lượng bên ngoài (*cơ năng, điện cơ, nhiệt năng...*) môi chất nhận nhiệt từ nguồn lạnh rồi đem nhiệt lượng đó và năng lượng do bên ngoài hỗ trợ truyền cho nguồn nóng, làm lạnh nguồn nóng.

Đối với máy lạnh, nhiệt lượng có ích là phần nhiệt lượng lấy từ nguồn lạnh tức là vật muốn làm lạnh, còn bơm nhiệt, nhiệt lượng có ích là phần nhiệt lượng do nguồn nóng nhận được. Ngày nay người ta đã thí nghiệm dùng máy lạnh và bơm nhiệt dựa trên hiệu ứng điện - nhiệt (*hiệu ứng Peltier*) tức là làm việc ngược với pin nhiệt điện.

Ngoài những thiết bị nhiệt làm việc theo chu trình, trong nhiệt động còn nghiên cứu những thiết bị làm việc theo những quá trình không khép kín như máy nén, thiết bị sấy, hệ thống điều hoà không khí.

Để tiện nghiên cứu, cần nắm được một số khái niệm sau đây.

1.1.3. Hệ thống nhiệt:

Là tập hợp những vật thể lớn (*cũng có thể là những các vật thể*) chúng tác động qua lại lẫn nhau và được tách ra để nghiên cứu các hiện tượng về nhiệt, phần còn lại trong hệ thống là môi trường. Ranh giới giữa hệ thống nhiệt và môi trường có thể là bề mặt thật cũng có thể là bề mặt tưởng tượng.

Tuỳ theo điều kiện tách hệ thống, ta có thể chia thành hệ thống kín, hệ thống hở, hệ thống lưu động.

1.1.4. Nguồn nhiệt:

Là những vật trao đổi nhiệt với môi chất, nguồn có nhiệt độ cao hơn gọi là nguồn nóng, nguồn có nhiệt độ thấp hơn là nguồn lạnh. Nhiều khi giả thiết nhiệt dung của nguồn lớn đến mức giữ được nhiệt độ không thay đổi trong quá trình truyền nhiệt.

1.1.5. Môi chất:

Là những chất mà thiết bị dùng để truyền tải và chuyển hoá năng lượng nhiệt với các dạng năng lượng khác. Về nguyên tắc,

mỗi chất có thể là vật chất ở bất cứ pha nào, nhưng thường dùng pha khí (hoặc hơi), vì nó có khả năng co giãn lớn. Mỗi chất có thể là một đơn chất hoặc hợp chất. Trong thực tế chúng ta vẫn gặp các thiết bị sử dụng chất lỏng làm môi chất, song so với chất khí (hoặc hơi) thì ít phổ biến hơn.

1.2. CÁC THÔNG SỐ TRẠNG THÁI CỦA MÔI CHẤT.

Trạng thái vật lý của môi chất được đặc trưng bằng các đại lượng vật lý như: áp suất, nhiệt độ, thể tích riêng, khối lượng riêng... Ở trạng thái xác định, mỗi đại lượng trên có trị số xác định ứng với môi chất nghiên cứu và được gọi là thông số trạng thái của môi chất. Thông số trạng thái có nhiều loại, có loại đo trực tiếp được và có loại không đo trực tiếp... Như vậy rất nhiều thông số biểu thị cho trạng thái của một vật. Nhưng ở đây ta chỉ nghiên cứu ba thông số trạng thái có thể đo trực tiếp được, tức ba thông số cơ bản: Nhiệt độ, áp suất và thể tích riêng hoặc khối lượng riêng. Ngoài ra còn gặp các thông số khác như nội năng, entanpi, entropi, execgi.

Giữa ba thông số trạng thái cơ bản có mối quan hệ xác định, được biểu hiện bằng một phương trình trạng thái. Ta có thể xác định được thông số này khi đã biết hai thông số kia.

1.2.1. Nhiệt độ và định luật nhiệt thứ không.

Nhiệt độ biểu thị mức độ nóng lạnh của môi chất, đứng trên góc độ vi mô, nhiệt độ biểu thị giá trị trung bình động năng của các phân tử chuyển động cấu tạo nên vật thể. Nhiệt độ có thể đo trực tiếp trên cơ sở định luật nhiệt thứ không; và được phát biểu như sau:

“Nếu 2 vật (hoặc hệ) có nhiệt độ t_1 và t_2 cùng bằng nhiệt độ t_3 của vật (hoặc hệ) thứ 3 thì nhiệt độ của hai vật đó bằng nhau, tức $t_1 = t_2$ ”.

Để đo nhiệt độ ta dùng nhiệt kế. Nhiệt kế thường dùng là nhiệt kế thủy ngân, nhiệt kế điện tử...

Để biểu thị giá trị của nhiệt độ, thường dùng thang nhiệt độ bách phân (còn gọi là thang nhiệt độ Xenxiút) $^{\circ}\text{C}$ và thang nhiệt độ tuyệt đối (còn gọi là thang nhiệt độ Kelvin) $^{\circ}\text{K}$. Ở một số nước còn đang dùng thang nhiệt độ Fahrenheit $^{\circ}\text{F}$ và nhiệt độ Rankin $^{\circ}\text{R}$.

Các thang nhiệt độ đều lấy hai điểm mốc: Điểm nóng chảy của nước đá và điểm sôi của nước tinh khiết ở áp suất tiêu chuẩn.

Thang nhiệt độ Kelvin và Rankin lấy giá trị 0 ở nhiệt độ không tuyệt đối. Ở điểm nóng chảy của nước đá, thang nhiệt độ bách phân lấy 0°C , thang nhiệt độ Kelvin lấy 273°K , thang nhiệt độ Fahrenheit lấy 32°F và thang nhiệt độ Rankin lấy 462°R .

Do vậy quan hệ tính đổi giữa các thang nhiệt độ được xác định như sau:

$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273. \quad (1-1)$$

1.2.2. Áp suất tuyệt đối.

Áp suất là lực của môi chất tác dụng thẳng góc lên một đơn vị diện tích bề mặt tiếp xúc. Đơn vị đo áp suất thường dùng là Niu tơn / m^2 (N/m^2 còn gọi là Pa (Pascan) và bội số của chúng như Kilopascan ($1\text{KPa} = 10^3\text{Pa}$), bar ($1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$), Megapascan ($\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$). Còn gặp các đơn vị khác như

mmHg (còn gọi là toricelli TOR) mmH₂O, áp suất khí quyển vật lý (760 mmHg), áp suất kỹ thuật (bảng 0,381 bar).

Quan hệ giữa các đơn vị thường gặp:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = \frac{1}{9.81} \text{ mmH}_2\text{O} = \frac{1}{133.32} \text{ mmHg} = 10^{-5} \text{ bar} = 1 \text{ Kgf/m.c}^2 \quad (1-2)$$

Áp suất tuyệt đối là thông số trạng thái, có thể trực tiếp đo được nhưng thường đo gián tiếp qua áp suất khí trời và phân sai khác giữa áp suất khí trời và áp suất tuyệt đối.

Đối với trường hợp lớn hơn áp suất khí trời ta có:

$$P = P_k + P_d \quad (1-3a)$$

Đối với trường hợp nhỏ hơn áp suất khí trời ta có:

$$P = P_k - P_{ck} \quad (1-3b)$$

Ở đây P, P_k, P_d, P_{ck} là áp suất tuyệt đối, áp suất khí trời, áp suất dư (thừa) và độ chân không.

Chú ý: Khi đo áp suất theo chiều cao cột Hg cần quy về chiều cao ở 0°C theo công thức

$$h_0 = h_t (1 - 0.000172t) \quad (1-4)$$

Ở đây h_t là chiều cao cột thủy ngân đo được ở nhiệt độ t°C.

1.2.3. Thể tích riêng khối lượng riêng

Một lượng môi chất có khối lượng là δG và thể tích δV thì:

Thể tích riêng:

$$v = \lim_{\delta_G \rightarrow 0} \frac{\delta_V}{\delta_G} \quad (\text{m}^3 / \text{kg}) \quad (1-5a)$$

$$V = \frac{V}{G}, (\text{m}^3 / \text{kg}) \quad (1-5 \text{ b})$$

Đại lượng nghịch đảo của thể tích riêng gọi là khối lượng riêng hay mật độ:

$$\rho = \frac{1}{V} \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \quad (1-5 \text{ c})$$

Ở đây đv thể tích nhỏ nhất để có thể coi môi chất là một môi trường liên tục.

1.2.4. Nội năng

Nội năng là tất cả các dạng năng lượng chứa bên trong hệ nhiệt động. Nội năng là tổng của nội động năng tức là động năng của các phân tử chuyển động và nội thế năng tức thế năng trong trường hợp lực tương tác giữa các phân tử. Hay nói cách khác, nội năng là phần năng lượng ứng với các vận động nội tại của các phân tử.

Đối với khí lý tưởng, có thể bỏ qua lực tương tác giữa các phân tử, nên nội năng chỉ bao gồm động năng mà theo thuyết động học phân tử và lượng tử thì nội động năng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ, do đó nội năng của khí lý tưởng cũng chỉ là hàm đơn trị của nhiệt độ.

Nội năng của một vật được thể hiện qua hàm trạng thái. Vì không thể chuyển hệ về trạng thái tĩnh (không chuyển động) nên không thể đo được giá trị tuyệt đối của nội năng.

Đối với 1 kg môi chất, nội năng có ký hiệu là u , đối với G kg, có $U = Gu$. Đơn vị của U cũng giống như dạng năng lượng khác, thường dùng là KJ, KW/h, hoặc các đơn vị khác như Kcal... ở một số nước còn dùng các loại đơn vị khác như Btu và Chu.

Nội năng của một vật thể đồng nhất có thể xác định qua các thông số trạng thái của vật đó theo các hàm số sau:

$$u = f(p, v); u = f(p, T); U = f(v, T) \quad (1 - 6)$$

Sự thay đổi nội năng theo một quá trình nhiệt động bất kỳ chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối của quá trình đó nghĩa là $\Delta u = U_1 - U_2$, độ biến thiên nội năng. Trong nhiệt kỹ thuật thường chỉ tính lượng biến thiên nội năng trong nhiệt động kỹ thuật thường chỉ tính lượng biến thiên nội năng Δu , nên có thể chọn một trạng thái thuận tiện nào đó là mốc, thông thường ta chọn nội năng ở độ không tuyệt đối và bằng 0.

1.2.5. Entanpi.

Trong tính toán và phân tích về nhiệt thường gặp biểu thức $U + P \cdot V$. Để đơn giản ta thay bằng ký hiệu i và gọi là Entanpi (có người gọi là nhiệt hàm có nghĩa là nhiệt lượng chứa trong môi chất, nhưng thực ra không nên dùng vì nhiệt lượng không phải là thông số trạng thái, do đó nói ở một trạng thái nào đó chứa bao nhiêu nhiệt lượng là không chuẩn xác).

$$\text{Đối với 1 kg môi chất có: } i = u + pv \quad (1 - 7a)$$

$$\text{Đối với G kg môi chất có: } I = G \cdot i = U + PV \quad (1 - 7b)$$

Vì u , p , v đều là thông số trạng thái, nên i cũng là thông số trạng thái. Đối với khí lý tưởng, u và pv chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nên i của khí lý tưởng là hàm đơn trị của nhiệt độ. Đơn vị của i cũng như đơn vị của u và thường chỉ tính Δi nên có thể chọn một trạng thái thích hợp nào đó làm mốc như đối với Δu . Đối với các môi chất lạnh như amôniac, Frêon - 12 chọn Entanpi của chất lỏng bão hoà ở -40°C bằng không.

Ý nghĩa vật lý của Entanpi: Trong nhiều trường hợp I biểu thị năng lượng vì U biểu thị nội năng, pv biểu thị công lưu động, trong một số trường hợp lượng biến thiên Δi bằng nhiệt lượng trao đổi trong quá trình.

1.2.6. Entropi.

Entropi là một thông số trạng thái, ký hiệu là S, có định nghĩa như sau: “ Hiệu entropi giữa hai trạng thái vĩ mô đo bằng nhiệt thu gọn của một quá trình thuận nghịch giữa hai trạng thái đó ”.

Biểu thức toán học của định nghĩa trên là:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} \quad (1 - 8a)$$

$$\text{Hoặc } ds = \frac{\delta q}{T}$$

dq là lượng nhiệt vô cùng nhỏ trao đổi với môi trường khi nhiệt độ tuyệt đối của môi chất bằng T°K.

Entropi không trực tiếp đo được, trong tính toán cũng chỉ cần tính Δs nên có thể chọn trạng thái mốc bất kỳ. Nếu quy ước trạng thái vĩ mô ở 0°K là trạng thái gốc S_0 ; °K = 0, thì entropi S của hệ ở trạng thái 1 được xác định.

$$s_1 = \int_0^1 \frac{dq}{T}; \quad \text{J / kg}^\circ \text{K.} \quad (1 - 8b)$$

Công thức (1 - 8a) dùng cho 1kg, nếu dùng cho G kg ta cũng có quan hệ:

$$S = G \cdot s \quad (1 - 8c)$$

1.2.7. Execgi.

Execgi là thông số dùng trong nhiệt động kỹ thuật. Execgi của môi chất ở một trạng thái nào đó là năng lượng có ích tối đa có thể nhận được khi cho môi chất tiến đến trạng thái cân bằng với môi trường bên ngoài. Execgi cũng không đo trực tiếp được, mà phải tính theo:

$$e = (i - i_0) - T_0 (s - s_0) \quad (1-9a)$$

$$E = G.e = (I - I_0) - T_0 (S - S_0) \quad (1-9b)$$

Ở đây i_0 , T_0 , s_0 là entanpi, nhiệt độ tuyệt đối, entropi của môi chất ở trạng thái cân bằng với môi trường.

I , T , S là entanpi, nhiệt độ tuyệt đối, entropi của môi chất ở trạng thái cần xác định.

Đơn vị của Execgi cũng giống đơn vị của Entanpi.

1.3. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA VẬT CHẤT Ở THỂ KHÍ.

Khi một trạng thái được xác định thì giá trị của tất cả các thông số trạng thái đều được xác định, nhưng để xác định được một trạng thái, thì cần xác định tối thiểu là bao nhiêu thông số? Định luật về pha của Gibbs cho câu trả lời vấn đề đó.

1.3.1. Định luật pha của Gibbs.

Đối với một hệ thống có phản ứng hoá học có.

$$v = c + 2 - p \quad (1-10)$$

Ở đây p số pha cùng tồn tại trong hệ, c số thành phần trong hệ, v số thông số độc lập tối thiểu cần thiết để xác định trong một trạng thái.

Đối với đơn chất ($c = 1$) một pha ($P = 1$) thì số thông số tối thiểu cần thiết là $v = F + 2 - 1 = 2$.

Như vậy đối với môi chất đơn ở trạng thái khí, để xác định một trạng thái cần biết 2 thông số độc lập, ví dụ như p và v còn thông số như 3, ví dụ T sẽ được xác định, có thể theo phương trình:

$$T = f(p, v) \quad (1-11a)$$

$$\text{hoặc } F(p, v, T) = 0 \quad (1-11b)$$

Cũng có thể dùng bảng số hoặc trục tọa độ do 2 thông số độc lập tạo nên (thường dùng tọa độ $p, v; T - s; i - s; p - t; p - i$).

1.3.2. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng.

Khí lý tưởng là khí mà người ta quy ước với nhau rằng, giữa các phân tử, nguyên tử của khí đó không có lực tác dụng tương hỗ với nhau.

Phương trình trạng thái là phương trình biểu diễn mối liên hệ giữa các thông số trạng thái với nhau. Đối với một đơn chất ở pha khí là phương trình liên hệ giữa 3 thông số độc lập, thường là ba thông số cơ bản p, v, T như phương trình (1-11a); (1-11b).

Phương trình trạng thái có thể xác định bằng thực nghiệm hoặc bằng lý thuyết. Cho đến nay mới chỉ có phương trình chính xác xây dựng bằng lý thuyết cho khí lý tưởng, từ lý thuyết động học phân tử hoặc bằng thực nghiệm trên cơ sở các định luật Bôi - Mariôt; Gay - Lussac và Avogadro. Các nhà khoa học Claperen và Mendeleev đã tìm ra phương trình sau:

Đối với 1kg khí lý tưởng ta có:

$$pV = RT: \quad (1 - 12 a)$$

$$\text{Đối với } G \text{ kg khí lý tưởng: } PV = GRT; \quad (1 - 12b)$$

Với 1 kmol (μ kg) khí lý tưởng có:

$$PV_{\mu} = R_{\mu} T \quad (1- 12c)$$

Đối với một khối khí bất kỳ có khối lượng m kg và V là thể tích của nó

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} RT; \quad (1 - 12d)$$

ở đây:

P - Áp suất tuyệt đối (N/m^2)

T - Nhiệt độ tuyệt đối, $^{\circ}K$

μ - Thể tích riêng (m^3/kg)

G - Khối lượng của môi chất (kg)

V - Thể tích của môi chất (m^3)

μ - Phân tử lượng môi chất.

V_{μ} thể tích của 1 Kmol môi chất, thay đổi theo trạng thái ở điều kiện tiêu chuẩn ($P = 760 \text{ mmHg}$ và $t = 0^{\circ}C$) tất cả khí lý tưởng đều có thể tích bằng $22,4 \text{ m}^3$, nghĩa là $V_{\mu} = 22,4 \text{ m}^3 \text{ tc/Kmol}$.

R_{μ} hằng số phổ biến của môi chất, tất cả khí lý tưởng đều có $R_{\mu} = 8314 \text{ J/Kmol}^{\circ}K$

Nếu P đo bằng atmôtphe, V đo bằng m^3 thì:

$$R = 0,0848 \frac{m^3 \cdot \text{at}}{\text{Kmol} \cdot K}$$

$$R - \text{hằng số chất khí, } R = \frac{R_{\mu}}{\mu} = \frac{8314,3}{\mu} \text{ J / (kg}^{\circ}\text{K)}$$

Nếu dùng đơn vị khác, trị số của R và R_{μ} sẽ thay đổi.

Chú ý: Các phương trình trên viết cho khí lý tưởng ở trạng thái cân bằng, với khí thực hoặc trạng thái không cân bằng sẽ có sai số, tùy theo yêu cầu về trình độ chính xác của bài toán mà xét cho phép sử dụng hay không. Trạng thái cân bằng là trạng thái trong đó mọi thông số của hệ hoàn toàn xác định và không thay đổi theo thời gian.

1.3.3 Phương trình trạng thái của hỗn hợp khí lý tưởng.

Nghiên cứu hỗn hợp khí lý tưởng là việc làm cần thiết, vì môi chất thường gặp phần lớn là hỗn hợp khí.

Ví dụ như không khí là hỗn hợp của oxy, nitơ và một số khí trơ. Sản phẩm cháy cũng là hỗn hợp của khí CO_2 , SO_2 , H_2O , N_2 ,... O_2 .

Hỗn hợp khí lý tưởng có thể xem là một chất khí lý tưởng đồng nhất (nếu như các thành phần của hỗn hợp không có phản ứng hoá học với nhau). Nó vẫn tuân theo các định luật cũng như phương trình trạng thái của khí lý tưởng (1 - 12). Do vậy chỉ cần xác định các đại lượng tương đương của hỗn hợp trên cơ sở biết các đại lượng và tỷ lệ hỗn hợp của các chất khí thành phần.

a) Định luật Gibbs - Danton.

Định luật gồm hai phần.

Phần 1: “Áp suất của hỗn hợp khí lý tưởng (không có phản ứng hoá học) bằng tổng phần áp suất của tất cả các chất khí thành phần”, nghĩa là:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1-13)$$

Ở đây P_i là phần áp suất của chất khí, thành phần thứ i là áp suất có được khi tách riêng chất khí đó mà vẫn giữ thể tích và nhiệt độ như ở hỗn hợp”.

p là áp suất của hỗn hợp

Phần 2: “ Nội năng, Entanpi và Entropi của hỗn hợp khí lý tương bang tổng nội năng Entanpi, Entropi của các thành phần với điều kiện mỗi chất choán toàn bộ thể tích và có nhiệt độ của hỗn hợp.

$$U = U_1 + U_2 + \dots = \sum_{i=1}^n U_i \quad (1-14a)$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots = \sum_{i=1}^n I_i \quad (1-14b)$$

$$S = S_1 + S_2 + \dots = \sum_{i=1}^n S_i \quad (1-14c)$$

Hoặc:

$$U = \sum_{i=1}^n G_i U_i ; I = \sum_{i=1}^n G_i i_i ; S = \sum_{i=1}^n G_i S_i$$

b) Cách biểu thị thành phần của hỗn hợp:

Người ta phân biệt các hỗn hợp theo thành phần các chất hợp thành. Thành phần có thể biểu thị theo khối lượng, thể tích hoặc số.

b.1. Thành phần khối lượng của một chất khí thành phần là tỷ số giữa khối lượng của riêng khí đó với tổng khối lượng của hỗn hợp:

$$g_i = \frac{G_i}{G_1 + G_2 + \dots} = \frac{G_i}{\Sigma G_i} = \frac{G_i}{G} \quad (1-15)$$

b.2. Thành phần thể tích của một chất khí là tỷ số giữa thể tích riêng của khí đó (thể tích của khí thành phần là thể tích chứa nó sao cho áp suất và nhiệt độ của nó bằng áp suất và nhiệt độ của hỗn hợp khí) với thể tích của toàn bộ hỗn hợp.

$$r_i = \frac{V_i}{V} \quad (1-16a)$$

Từ phương trình trạng thái, ta có thể xác định được mối quan hệ giữa phần áp suất và phần thể tích của một chất khí bất kỳ trong hỗn hợp.

$$\frac{p_i}{P} = \frac{V_i}{V} = r_i \quad (1-16b)$$

b.3. Người ta chứng minh được giá trị thành phần thể tích bằng thành phần mol ta có:

$$r_i = \frac{V_i}{V} = \frac{\mu_i}{\mu} \quad (1-17)$$

Ở đây: V_i là phần thể tích của chất khí thành phần

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

V_i - Thể tích của hỗn hợp

μ_i số Kilomol thứ i

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i$$

Tổng số Kilomol của các chất khí trong hỗn hợp

c) *Xác định các đại lượng tương đương của hỗn hợp:*

Khối lượng của hỗn hợp G , tổng số Kilomol của chất khí trong hỗn hợp μ , thể tích của hỗn hợp V được xác định như các thành phần trên. Nhiệt độ của từng chất khí bằng nhiệt độ của hỗn hợp. Áp suất xác định theo luật Dalton (1 - 13).

+ Phân tử lượng tương đương của hỗn hợp được tính theo:

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \gamma_i \quad (1 - 18)$$

Hoặc:

$$\mu \doteq \frac{1}{\sum_{i=1}^n g_i / \mu_i}$$

+ *Hằng số chất khí*: Hằng số phổ biến của hỗn hợp vẫn bằng $R\mu = 8314 \text{ J/kmol}$ của hằng số chất khí tương đương có thể tính theo:

$$R = \sum_{i=1}^n g_i R_i \quad \text{Hoặc} \quad R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n g_i / R_i} \quad (1 - 19)$$

Cũng có thể tính theo: $R = \frac{8314,3}{\mu} ; \text{ J/kg}^0 \text{ K}$

+ *Thể tích riêng tương đương*: Có thể chứng minh được:

$$V = \sum_{i=1}^n g_i v_i \quad (1-20a)$$

Hoặc:
$$V = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{v_i}} \quad (1-20b)$$

Lưu ý: Có thể viết phương trình trạng thái riêng cho một chất khí thành phần theo:

$$P_i V = G_i R_i T \quad (1-21a)$$

Hoặc $PV_i = g_i R_i T \quad (1-21b)$

1.3.4. Phương trình trạng thái của khí thực.

Cho đến nay mới chỉ viết từ lý thuyết được phương trình chính xác cho trạng thái cân bằng của khí lý tưởng tức là khi không có lực tương tác giữa các phân tử và kích thước của bản thân phân tử nhỏ hơn khoảng cách giữa chúng. Dùng phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho các chất khí và hơi thường gặp tất nhiên có sai số, khi sai số vượt quá giá trị cho phép, thì phải viết phương trình trạng thái có xét đến sự khác nhau giữa khí thực và khí lý tưởng.

Cho đến nay đã có nhiều phương trình trạng thái của khí thực, nhưng tất cả đều là phương trình thực nghiệm, dựa vào phương trình của khí lý tưởng rồi đưa thêm vào những hệ số thực nghiệm. Phương trình được sử dụng rộng rãi để phân tích trạng thái khí thực là phương trình Vandecvan cho một kmol khí thực như sau:

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT ; \quad (1-22a)$$

Ở đây: a và b là những hằng số xác định bằng thực nghiệm nó phụ thuộc vào đặc tính của chất khí.

v - là thể tích, của một kmol khí thực

P - áp suất của khí thực

Phương trình cho một m khối lượng khí bất kỳ và thể tích V có dạng sau:

$$\left(P + \frac{a \cdot m^2}{v^2 \cdot \mu^2} \right) \left(v - \frac{m}{\mu} \cdot b \right) = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \quad (1-22b)$$

Chương II

CÁC QUÁ TRÌNH THAY ĐỔI TRẠNG THÁI CỦA CHẤT KHÍ (HOẶC HƠI)

2.1. NHIỆT, CÔNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH.

Khi các hệ tương tác với nhau thì năng lượng của chúng thay đổi, nói cách khác chúng trao đổi năng lượng với nhau. Phần năng lượng trao đổi thể hiện dưới dạng động năng chuyển động có hướng gọi là công. Ví dụ, khi dẫn nổ môi chất trong xi lanh làm Piston dịch chuyển và sinh công làm bánh xe quay, ta nói rằng khối khí đã sinh công, khi đó năng lượng của hệ giảm. Còn phần năng lượng trao đổi dưới dạng động năng chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí gọi là nhiệt lượng. Ví dụ khi hơi nóng khí trong bình kín thì chuyển động hỗn loạn của các phân tử trong bình tăng lên. Ta nói hệ nhận nhiệt làm nội năng của hệ tăng.

Nhiệt và công là 2 phương tiện mà môi chất dùng để trao đổi năng lượng với môi trường khi thực hiện một quá trình. Khi trao đổi năng lượng bằng công thì bao giờ cũng kèm theo một sự chuyển động vĩ mô, còn khi trao đổi năng lượng bằng nhiệt thì bao giờ cũng tồn tại sự chênh lệch nhiệt độ.

Thực nghiệm chứng tỏ giữa công và nhiệt có sự chuyển hoá lẫn nhau. Cho nên để đo nhiệt lượng và công, người ta dùng một

đơn vị chung là Jun. Ngoài ra trong thực tế còn có thể dùng đơn vị đo khác như calo, kilocalo...

Mối quan hệ giữa chúng là:

$$1\text{calo} = 4,1868\text{ jun}$$

$$1\text{j} = 0,24\text{ calo}$$

$$1\text{kcal} = 4,1868\text{ kj.}$$

2.1.1. Nhiệt lượng và các phương pháp tính:

Có nhiều cách tính, ở đây giới thiệu hai cách: Tính nhiệt lượng theo sự thay đổi nhiệt độ (tức là tính theo nhiệt dung riêng) và tính nhiệt lượng theo sự thay đổi Entropi.

a) Tính nhiệt lượng theo sự thay đổi nhiệt độ:

Khi cấp cho môi chất một nhiệt lượng vô cùng bé δq , thì nhiệt độ của môi chất cũng thay đổi một lượng vô cùng bé dt , ta thấy:

$$C = \frac{\delta q}{dt} \quad \text{hay} \quad \delta q = C \cdot dt \quad (2-1)$$

Ở đây C - nhiệt dung riêng của môi chất trong quá trình đó.

- Nhiệt dung riêng của môi chất (C) là nhiệt lượng cần thiết đưa nhiệt độ của một đơn vị môi chất tăng lên một độ theo một quá trình nào đó.

Theo đơn vị đo lường môi chất, ta có: Nhiệt dung riêng khối lượng nếu môi chất đo bằng kg. Nhiệt dung riêng thể tích nếu đo bằng m^3 . TC và nhiệt dung riêng kilomol nếu đo bằng kilomol.

Theo đặc điểm của quá trình, có thể chia thành nhiều loại, nhưng thường dùng hai loại: Nhiệt dung riêng đẳng áp và nhiệt dung riêng đẳng tích.

Trong nhiệt kỹ thuật, thường gặp các loại nhiệt dung riêng sau: Nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp C_p . Nhiệt dung riêng thể tích đẳng áp C'_p (KJ/ m³tc⁰K); nhiệt dung riêng kilomol đẳng áp μC_p (KJ/ mol⁰K). Ta cũng gặp nhiệt dung riêng khối lượng đẳng tích C_v (KJ/ kg⁰K). Nhiệt dung riêng thể tích đẳng tích C'_v (KJ/ m³tc⁰K), nhiệt dung riêng kilomol đẳng tích μC_v (KJ/ kmol⁰K).

Giữa các loại nhiệt dung riêng có quan hệ sau:

$$C_p = \frac{\mu C_p}{\mu} = C'_p \cdot V_0; \quad (\text{KJ/ kg}^0\text{K}); \quad (2 - 2a)$$

$$C'_p = C_p \rho_0 = \frac{\mu C_p}{22.4}; \quad (\text{KJ/ m}^3 \text{tc}^0\text{K}); \quad (2 - 2b)$$

$$\mu C_p = C_p \cdot \mu = C'_p \cdot 22.4 \quad (\text{KJ/ kmol}^0\text{K}); \quad (2-2c)$$

Giữa các nhiệt dung riêng đẳng tích cũng có các quan hệ tương tự giữa các nhiệt dung riêng đẳng áp.

Giữa các nhiệt dung riêng đẳng áp và các nhiệt dung riêng đẳng tích có các quan hệ như sau:

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{C'_p}{C'_v} = \frac{\mu C_p}{\mu C_v} = k \quad (2 - 3a)$$

k được gọi là số mũ đoạn nhiệt, đối với khí lý tưởng k là một hằng số, phụ thuộc vào số nguyên tử tạo thành phân tử, khí một nguyên tử có $k = 1,67$; khí hai nguyên tử có $k = 1,4$; khí ba nguyên tử có $k = 1,3$. Với khí thực k còn phụ thuộc vào nhiệt độ.

Đối với khí lý tưởng có công thức Mayer

$$C_p - C_v = R = \frac{83143}{\mu} \text{ (J/ kg}^\circ\text{K)} \quad (2 - 3b)$$

Từ quan hệ trên, có thể rút ra được công thức tính C_p và C_v theo k và R

$$C_v = \frac{R}{k - 1}; \quad (2 - 3c)$$

$$C_p = \frac{k}{k - 1} R; \quad (2 - 3d)$$

Nhiệt dung riêng của một loại môi chất, phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ, nó phụ thuộc rất ít vào áp suất, trong kỹ thuật có thể bỏ qua.

Tuỳ theo tính chất, trạng thái của một chất mà yêu cầu về độ chính xác nhiệt dung riêng có thể coi như một hằng số và có giá trị như sau:

Loại khí	k	$\mu C_v \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}^\circ\text{K}}$	$\mu C_p \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}^\circ\text{K}}$
Khí một nguyên tử	1,67	12,6	20,9
Khí hai nguyên tử	1,4	20,9	29,3
Khí ba nguyên tử	1,3	29,3	37,7

Khi yêu cầu độ chính xác cao hơn, người ta tính:

$$C = a_0 + a_1 t \quad (2 - 4)$$

Yêu cầu chính xác càng cao và ở trạng thái càng xa khí lý tưởng, có thể lấy quan hệ bậc 2 hoặc cao hơn nữa.

- Tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng

Dựa vào công thức (2 - 1) ta có:

$$\delta q = C dt$$

Vậy nhiệt lượng cần thiết đưa một đơn vị môi chất từ nhiệt độ t_1 đến t_2 theo ba phương pháp sau:

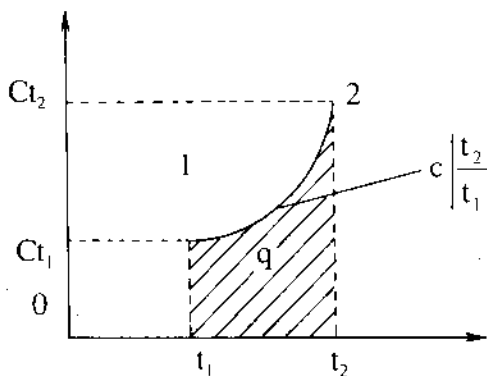
$$(1) \quad q = \int_{t_1}^{t_2} \delta q = \int_{t_1}^{t_2} C dt \quad (2 - 5a)$$

Nếu $C = a_0 + a_1 t$ ta được:

$$q = \left[a_0 + a_1 \frac{t_1 + t_2}{2} \right] (t_2 - t_1) \quad (2 - 5c)$$

cũng từ (2 - 5a) ta có thể tính q bằng diện tích 1.2.t₁ trên đường cong $c(t)$

$$(2) \quad q = \int_{t_1}^{t_2} C dt = C(t_2 - t_1) \quad (2 - 5d)$$



Hình 2.1. Biểu diễn giá trị nhiệt lượng qua nhiệt dung riêng.

Trong đó $\bar{c}$ là nhiệt dung riêng trung bình của môi chất trong phạm vi nhiệt độ từ t_1 đến t_2 biểu thị bằng chiều cao hình chữ nhật có đáy bằng t_1, t_2 và diện tích bằng $1.2.t_1.t_2$.

$$(3) \quad q = \int_0^{t_2} C dt - \int_0^{t_1} C dt = c \Big|_0^{t_2} - c \Big|_0^{t_1} \quad (2-5e)$$

Ghi chú:

+ Trên cơ sở thực nghiệm, người ta chỉnh lý dưới dạng nhiệt dung riêng thực hoặc nhiệt dung riêng trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ 0 đến t . lúc đó muốn tính theo (2-5d) thì thay t bằng $(t_1 + t_2) / 2$ vào công thức nhiệt dung riêng thực hay thay $t = t_1 + t_2$ vào nhiệt dung riêng trung bình từ 0 đến t sẽ có $\bar{c} \Big|_{t_1}^{t_2}$.

+ Đối với một hỗn hợp khí, có thể tính nhiệt dung riêng tương đương của hỗn hợp theo:

$$C = \sum_{i=1}^n g_i c_i ; \quad (\text{KJ} / \text{kg}^\circ \text{K}) \quad (2-6)$$

$$C' = \sum_{i=1}^n r_i c'_i ; \quad (\text{KJ} / \text{m}^3 \text{t}^\circ \text{K})$$

$$\mu C = \sum_{i=1}^r r_i (\mu C)_i ; (\text{KJ} / \text{Kmol}^\circ \text{K})$$

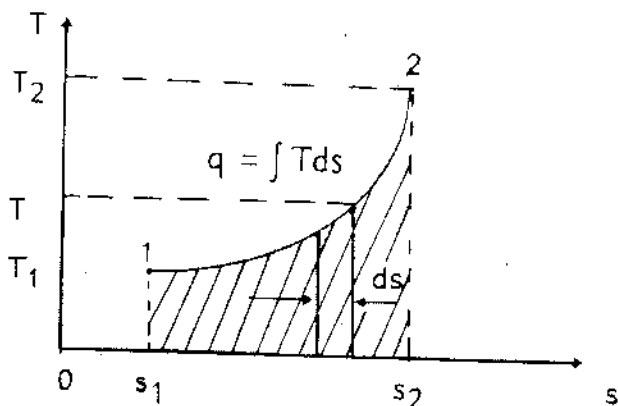
* Ở trên là tính cho một đơn vị môi chất, nếu khác cần nhân với số đơn vị môi chất.

b) Tính nhiệt lượng theo sự thay đổi entropi.

Từ định nghĩa $ds = \frac{\delta q}{T}$

Ta tính nhiệt lượng cần thiết để đưa một đơn vị môi chất từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 theo:

$$q = \int_1^2 \delta q = \int_{s_1}^{s_2} T ds \quad (2 - 7)$$



Hình 2.2. Đồ thị T - s biểu diễn giá trị nhiệt lượng của quá trình.

Từ (2 - 7) ta tính được q nếu thay quan hệ giữa T và S vào để lấy tích phân. Rõ ràng khi $T = \text{const}$ thì rất thuận lợi. Cũng từ (2-7) ta thấy q có thể biểu thị bằng diện tích 1,2, S_2 , S_1 là diện tích giới hạn bởi quá trình, trục hoành và hai đường song song với trục tung kẻ từ 2 điểm nút của quá trình.

Ghi chú:

- Ta thấy dq luôn cùng dấu với ds vì T dương, nghĩa là ds dương, tức là ds tăng thì q dương, quy ước là môi chất nhận nhiệt. Nhưng q không phải luôn đồng dấu với dt.

- q không phải là thông số trạng thái mà là hàm số của quá trình, nghĩa là cùng trạng thái 1 và 2. Nếu tiến hành theo các quá trình khác nhau thì q khác nhau.

2.1.2. Các loại công của môi chất.

Về mặt cơ học, công có trị số bằng tích giữa lực với độ dài theo hướng của lực. Trong nhiệt kỹ thuật thường gặp các loại công: công giãn nở, công lưu động, công kỹ thuật ... và ngoại công.

a) Công giãn nở.

Công giãn nở là công do môi chất thực hiện khi có sự thay đổi về thể tích. Đối với 1kg môi chất khi thể tích của nó thay đổi dv , thì công giãn nở bằng $d\ell = p dv$ (2 - 7). Khi thể tích thay đổi từ v_1 đến v_2 thì công giãn nở của 1 kg môi chất bằng:

$$\ell = \int d\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv \quad (2 - 8)$$

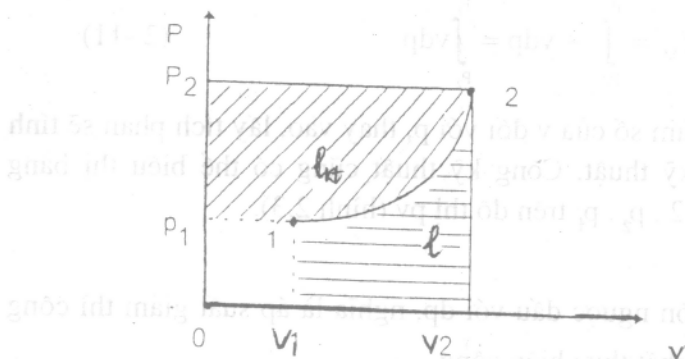
Từ (2 - 8) có thể tính theo phương pháp tính q nghĩa là thay đổi $p = f(v)$ rồi lấy tích phân hoặc biểu thị bằng diện tích 1, 2, v_2 , v_1 trên đồ thị $p-v$ (Hình 2.3).

Ghi chú:

- Công giãn nở không phải là thông số trạng thái mà là hàm số của quá trình.

- $d\ell$ và dv luôn cùng dấu, nghĩa là $dv > 0$ thể tích tăng thì công giãn nở là dương, quy định là công do chất môi giới thực hiện.

- Khi giãn nở, thể tích tăng, còn áp suất thì có thể tăng, giảm hoặc không thay đổi.



Hình vẽ 2.3- Biểu diễn đồ thị p - v các loại công của quá trình.

b) Ngoại công.

Là phần công giãn nở dùng để thắng các phụ tải bên ngoài. Trong hệ thống kín, nếu không có ma sát thì ngoại công có thể bằng công giãn nở do môi chất tạo ra. Còn trong hệ thống hở thì vì môi chất bắt buộc thay đổi vị trí, cần tiêu hao một lượng công gọi là công lưu động, cho nên ngoại công trong trường hợp này gọi là công kỹ thuật, bằng công giãn nở trừ công lưu động.

Đối với 1kg môi chất, công lưu động chứng minh được bằng:

$$\delta l_{ld} = d(pv); \quad (2-9)$$

và công kỹ thuật bằng:

$$\delta l_{kt} = \delta l - \delta l_{ld} = pdv - d(pv) = -vdp \quad (2-10)$$

Từ các công thức (2-9), (2-10) ta thấy công lưu động là một thông số trạng thái, $\delta l_{ld} = d(pv)$ là vi phân toàn phần, còn công kỹ thuật không phải là thông số trạng thái, là hàm của quá trình. Đối với một quá trình hữu hạn, công kỹ thuật có thể tính theo:

$$\ell_{kl} = \int_l \delta \ell_{kl} = \int_{p_2}^{p_1} -v dp = \int_{p_2}^{p_1} v dp \quad (2-11)$$

Nếu có hàm số của v đối với p , thay vào, lấy tích phân sẽ tính được công kỹ thuật. Công kỹ thuật cũng có thể biểu thị bằng diện tích $1 \cdot 2 \cdot p_2 \cdot p_1$ trên đồ thị $p-v$ (hình 2.3).

Ghi chú:

- $\delta \ell_{kl}$ luôn ngược dấu với dp , nghĩa là áp suất giảm thì công dương, môi chất thực hiện công.

- Đối với một quá trình, thì công kỹ thuật và công giãn nở có giá trị khác nhau, còn đối với một chu trình thì công kỹ thuật bằng công giãn nở vì công lưu động trong chu trình bằng 0.

2.2. ĐỊNH LUẬT NHIỆT ĐỘNG THỨ NHẤT.

2.2.1. Khái niệm định luật nhiệt động thứ nhất.

Người ta biết rằng có thể biến nhiệt năng thành cơ năng và ngược lại, Nếu có Q đơn vị nhiệt lượng biến hoá hoàn toàn thành L đơn vị công thì thực nghiệm cho thấy dù biến hoá bằng phương pháp nào giữa Q và L cũng có mối quan hệ nhất định:

$$Q = A \cdot L \text{ hay } L = E \cdot Q \quad (2-12a)$$

Trong đó A là hệ số tỷ lệ gọi là đương lượng nhiệt của công, còn $E = 1/A$ gọi là đương lượng công của nhiệt.

Nếu công đo bằng $kg \cdot m$, nhiệt lượng bằng $kcal$ thì:

$$A = \frac{1}{427} kcal / kg.m \text{ và } E = 427 kg.m / kcal$$

Công thức (2 - 12a) là một dạng biểu thị của định luật nhiệt động thứ I khi không kể đến sự thay đổi nội năng. Trong trường hợp tổng quát phương trình của định luật I phát biểu như sau:

Độ biến thiên năng lượng toàn phần của hệ nhiệt động trong quá trình biến đổi vĩ mô có giá trị bằng tổng công L và nhiệt lượng Q mà hệ nhận được trong quá trình đó.

Vì trong nhiệt động học thường không khảo sát đến chuyển động toàn bộ của hệ và không đặt trong trường lực nào, cho nên ta chỉ quan tâm đến nội năng của hệ bao gồm tất cả các dạng năng lượng chứa bên trong hệ nhiệt động. Như vậy ta có thể viết:

$$\Delta U = L + Q \quad (2 - 12b)$$

Tức là, độ biến thiên nội năng của hệ nhiệt động trong quá trình biến đổi vĩ mô có giá trị bằng tổng công L và nhiệt lượng Q mà hệ nhận được trong quá trình đó.

Các đại lượng ΔU ; L ; Q có thể dương hoặc âm

Nếu ($L > 0$; $Q > 0$) Hệ nhận công, nhiệt nên nội năng hệ tăng $\Delta U > 0$

$L < 0$; $Q < 0$ Hệ sinh công, toả nhiệt nên nội năng hệ giảm $\Delta U < 0$.

Trường hợp quá trình biến đổi vô cùng nhỏ thì phương trình có dạng:

$$dU = \delta L + \delta Q \quad (2 - 12c)$$

dU là vi phân toàn chỉnh. Công δL và nhiệt δQ không phải là vi phân toàn chỉnh. Ý nghĩa vật lý của cách viết đó là nhằm phân biệt sự khác nhau giữa nội năng với công và nhiệt. Hệ ở một

trạng thái nào đấy có nội năng hoàn toàn xác định nhưng không thể nói hệ có công hoặc nhiệt lượng. Công và nhiệt lượng chỉ là những phần năng lượng mà hệ trao đổi với môi trường xung quanh khi nó thay đổi trạng thái mà thôi.

Hệ quả:

- Đối với hệ cô lập tức là hệ không trao đổi công và nhiệt với bên ngoài

$$A = Q = 0 \text{ nên } \Delta U = 0$$

Có nghĩa là $U = \text{const}$. Nội năng của hệ cô lập được bảo toàn. Nếu hệ cô lập chỉ gồm hai vật trao đổi và giả sử Q_1 và Q_2 là nhiệt mà chúng nhận được thì:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0$$

$$\text{tức là } Q_1 = -Q_2$$

Như vậy là nhiệt lượng của vật này thu vào bằng nhiệt lượng do vật toả ra.

- Đối với hệ biến đổi tuần hoàn theo chu trình (sau một quá trình biến đổi hệ trở về trạng thái ban đầu) thì:

$$\Delta U = 0 \text{ nên } L = -Q$$

Nếu $A > 0$ thì $Q < 0$ và ngược lại. Có nghĩa là trong một chu trình công mà hệ sinh ra bằng nhiệt mà hệ nhận được hoặc ngược lại.

Ý nghĩa: Định luật nhiệt động thứ nhất là sự tổng quát hoá định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.

2.2.2. Phương trình của định luật nhiệt động thứ nhất.

a) Phương trình xác lập cho một lượng khí không chuyển động:

Giả thiết có một lượng khí chứa trong xilanh có pít-tông chuyển động. Khi cung cấp cho chất khí nhiệt lượng Q thì nhiệt độ của nó thay đổi làm nội động năng thay đổi một lượng $\Delta U = U_2 - U_1$ và chất khí thực hiện công L . Theo định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng có:

$$Q = \Delta U + L \quad (2 - 13)$$

Phương trình (2 - 13) cho thấy rằng nhiệt lượng truyền cho chất khí trong một quá trình bất kỳ dùng để làm thay đổi nội năng của chất khí và thực hiện công.

Đối với quá trình vô cùng nhỏ, phương trình (2 - 13) có dạng:

$$\delta q = du + \delta \ell \quad (2 - 13b)$$

Với 1 kg khí phương trình có dạng:

$$q = \Delta u + \ell \quad (2 - 13c)$$

$$\text{và } \delta q = du + \delta \ell \quad (2 - 13d)$$

Có thể viết phương trình (2 - 13c) dưới dạng khác. Từ phương trình (2 - 13) được thay thế $\delta \ell = p dv$ có:

$$\delta q = du + p dv;$$

$$\text{nhưng } p dv = d(pv) - v dp$$

$$\text{nên } \delta q = du + d(pv) - v dp$$

$$\delta q = d(u + pv) - v dp$$

$$\text{vậy } \delta q = di - v dp \quad (2 - 13e)$$

Các phương trình trên đều có thể dùng cho khí lý tưởng hay khí thực.

Riêng đối với khí lý tưởng, có thể chứng minh được $du = C_v dt$, phương trình (2 - 13d) có thể viết dưới dạng:

$$\delta q = C_v dt + p dv \quad (2 - 13f)$$

$$\text{hay } dq = C_v dt + d(pv) - v dp$$

$$d(pv) = d(RT) \Rightarrow dq = (C_v + R) dt - v dp$$

$$\delta q = C_p dt - v dp \quad (2 - 13g)$$

$$\delta q = C_v dt + p dv$$

b) Phương trình năng lượng của dòng khí.

Là phương trình định luật nhiệt động I viết cho dòng khí lưu động. Ở đây ta nghiên cứu chất khí lưu động trong ống với các giả thiết sau:

- Dòng khí chuyển động trong điều kiện ổn định, nghĩa là trạng thái của chất khí lưu động ở một vị trí xác định không thay đổi theo thời gian.

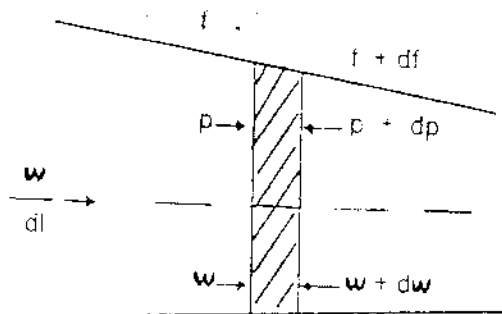
- Dòng chất khí lưu động trong điều kiện liên tục, nghĩa là lưu lượng của chất khí qua mọi tiết diện đều bằng nhau.

Nếu dùng G biểu thị lưu lượng khối lượng (kg/s) tốc độ trung bình dòng khí $w_1, w_2 \dots$ (m/s và $v_1, v_2 \dots$ (m^3 / kg) là thể tích riêng của chất khí tương ứng với các tiết diện ngang $f_1, f_2 \dots$ của ống, trong điều kiện liên tục có thể biểu diễn:

$$G = \frac{f_1 w_1}{v_1} = \frac{f_2 w_2}{v_2} = \frac{f w}{v}$$

Trên dòng khí lưu động ta lấy một khối khí giới hạn bởi hai tiết diện rất gần nhau (f và $f + df$), áp suất của dòng chất khí tác dụng là p

và $p + dp$. Như vậy lực $(p + dp) \cdot (f + df)$ tác động ngăn trở chất khí lưu động.



Hình 2.4. Dòng khí chuyển động trong ống.

Công do chất khí lưu động thực hiện gọi là công lưu động, xác định bằng phương trình:

$$\delta \ell = (p + dp) \cdot (f + df) \cdot (w + dw) - p \cdot f \cdot w$$

Khai triển và bỏ qua các đại lượng vô cùng bé bậc cao ta có:

$$\delta \ell = f \cdot d \cdot f \cdot w + p \cdot f \cdot dw + w \cdot f \cdot dp$$

hay $\delta \ell = p d(f \cdot w) + f \cdot w \cdot dp$

nhưng $f \cdot w = G \cdot V$ (2-14)

nên $\delta \ell = G \cdot (p dv + v dp) = G \cdot d(pv)$

Nếu 1 kg chất khí lưu động trong ống (H - 24) nhận nhiệt lượng dq thì nội năng của nó biến thiên một lượng du , thực hiện được công lưu động $\delta \ell$ và động năng của nó thay đổi một lượng là $d(w^2/2)$. Theo luật định bảo toàn và biến hoá năng lượng có:

$$\delta q = du + \delta \ell + d \frac{w^2}{2} \quad (2 - 15a)$$

$$\text{Hay} \quad \delta q = du + d(pv) + d \frac{w^2}{2} \quad (2 - 15b)$$

$$\delta q = di + d \frac{w^2}{2}$$

Phương trình (2 - 15) gọi là phương trình năng lượng của dòng khí hay phương trình định luật nhiệt động thứ nhất cho dòng khí lưu động.

Với khí lý tưởng (2 - 15) có dạng

$$\delta q = C_v dT + R dT + d \frac{w^2}{2}$$

$$\delta q = C_p dT + d \frac{w^2}{2} \quad (2 - 15 c)$$

Qua các phương trình (2 - 13) và (2 - 15) ta thấy rằng định luật nhiệt động thứ I, thực chất là định luật bảo toàn và biến hoá năng lượng ứng dụng vào phạm vi nhiệt và có thể phát biểu như sau: Giữa nhiệt năng và dạng năng lượng khác như cơ năng, điện năng... có thể biến hoá lẫn nhau và khi một lượng nhiệt năng xác định bị tiêu hao tất sẽ được một lượng xác định năng lượng khác tương ứng, còn tổng năng lượng của môi chất không thay đổi.

2.2.3. Ứng dụng của định luật nhiệt động thứ nhất (I).

a) Tính hiệu suất nhiệt.

Có thể xác định được hiệu suất nhiệt của thiết bị nếu biết suất tiêu hao nhiên liệu (là lượng nhiên liệu tiêu hao dùng sản xuất ra một công bằng một mã lực h hoặc kW/ h) và nhiệt trị của nhiên liệu Q; kcal (là nhiệt lượng toả ra khi đốt cháy 1 kg nhiên liệu)

Nhiệt lượng toàn bộ tiêu hao để sản xuất ra một mã lực là $Q.b$; kcal/ mã lực. h

Hiệu suất η_1 của thiết bị là tỷ số giữa nhiệt lượng tương đương với công sản xuất ra trên toàn bộ nhiệt lượng tiêu hao để sản ra công đó.

$$\eta_1 = \frac{632}{Q.b} \quad (2 - 16a)$$

Nếu tính suất tiêu hao nhiên liệu cho 1kw/ h thì:

$$\eta_1 = \frac{860}{Q.b} \quad (2 - 16b)$$

b) *Chứng minh công thức Mayer đối với khí lý tưởng:* Lấy phương trình (2 - 13g) trừ đi (2 - 13f) được:

$$(C_p - C_v)dT = p dv + v dp$$

Hoặc:

$$(C_p - C_v)dT = d(pv)$$

Với khí lý tưởng: $pv = RT$ nên $d(pv) = RdT$

Do vậy:

$$(C_p - C_v)dT = RdT$$

Suy ra:

$$(C_p - C_v) = R \quad \text{nghư đã có ở (2 - 3b)}$$

2.3. CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN.

Quá trình nhiệt động là quá trình thay đổi liên tục trạng thái của môi chất theo một quy luật nào đó.

Điều kiện giới hạn trong mục này là:

- Môi chất phải là khí lý tưởng.

- Quá trình phải là quá trình cân bằng đồng thời là quá trình thuận nghịch, tất cả trạng thái trong quá trình phải cân bằng.

* *Chú ý:* Quá trình biến đổi bao gồm một dãy liên tục các trạng thái cân bằng được gọi là quá trình cân bằng. Được quy ước trên đồ thị opv biểu diễn bằng một đường nét liền, còn quá trình không cân bằng biểu diễn bằng nét chấm chấm.

Chỉ nghiên cứu một số quá trình cơ bản có điều kiện hoặc nhiệt dung riêng không thay đổi hoặc một thông số trạng thái nào đó không đổi trong quá trình; hoặc tỷ số $\alpha = \Delta u / q = \text{const}$ (ví dụ như nhiệt độ, áp suất, thể tích riêng, hoặc Entropi không đổi).

Việc nghiên cứu các quá trình và biểu diễn các quá trình cơ bản tiến hành theo các bước sau:

- Viết phương trình quá trình và biểu diễn các quá trình trên đồ thị.

- Xác định quan hệ giữa các thông số cơ bản ở các trạng thái khác nhau.

- Xác định lượng thay đổi của một thông số trạng thái thường dùng.

- Tính công và nhiệt lượng trao đổi giữa môi chất và môi trường.

2.3.1. Viết phương trình quá trình và biểu diễn trên đồ thị.

Trước hết viết cho một quá trình tổng quát - quá trình đa biến và sau đó suy ra các quá trình cụ thể:

a) Phương trình quá trình đa biến.

Từ biểu thức định luật nhiệt động I và công thức tính nhiệt dung riêng, ta có:

$$\delta q = C_p dT - v dp = C_v dT \quad (2-17a)$$

$$\delta q = C_v dT + p dv$$

Từ hệ phương trình (a) có thể cho hệ phương trình sau:

$$(C - C_p) dT = -v dp \quad (2-17b)$$

$$(C - C_v) dT = p dv$$

Chia theo 2 vế ta được:

$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = - \frac{v dp}{p dv} \quad (2-17c)$$

Đặt $(C - C_p)/(C - C_v) = n$, nó là hằng số và trong quá trình cơ bản đã giả thiết $C = \text{const}$, không thay đổi trong suốt quá trình nên ta có:

$$\frac{dp}{p} + n \frac{dv}{v} = 0$$

Lấy tích phân

$$\int \frac{dp}{p} + n \int \frac{dv}{v} = \ln p + n \ln v = \text{const}$$

Suy ra

$$\ln(pv^n) = \text{const}$$

$$\text{Hay } pv^n = \text{const} \quad (2-17d)$$

Phương trình (2-17d) được gọi là phương trình của quá trình đa biến; n là số mũ đa biến.

Với $n = 0$, ta được $p = \text{const}$ gọi là phương trình quá trình đẳng áp.

Với $n = 1$, ta được $p \cdot v = \text{const}$ gọi là phương trình quá trình đẳng nhiệt.

Với $n = k = C_p / C_v$, ta được $p \cdot v^k = \text{const}$ gọi là phương trình quá trình đoạn nhiệt.

Với $n = \pm \infty$, ta được $v = \text{const}$ gọi là phương trình quá trình đẳng tích.

b) Biểu diễn các quá trình trên đồ thị p.v và T.S

Một trạng thái, một quá trình, một chu trình có môi chất một pha có thể biểu diễn trên đồ thị tọa độ đo hai thông số độc lập với nhau tạo thành. Thường dùng nhất là đồ thị $p - v$ và $T - S$: Vì diện tích trên đồ thị $p \cdot v$ và $p \cdot S$ có thể biểu diễn công và nhiệt lượng trao đổi giữa môi chất và môi trường.

Trên đồ thị $p \cdot v$, quá trình đa biến với phương trình $p \cdot v^n = \text{const}$ được biểu thị bằng họ đường cong có hệ số góc bằng:

$$\frac{dp}{p} = \text{tg}\beta = -n \frac{p}{v} \quad (2-18)$$

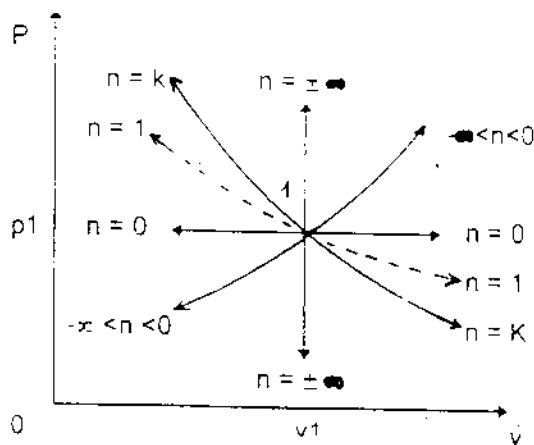
- Với quá trình đẳng áp, $n = 0$; $\text{tg}\beta = 0$ ta được đường thẳng song song với trục hoành v .

- Với quá trình đẳng tích, $n = \pm \infty$; $\text{tg}\beta = \pm \infty$ ta được đường thẳng song song với trục tung.

- Với quá trình đẳng nhiệt, $n = 1$; $\text{tg}\beta = p/v$, được một đường Hypebôn đối xứng.

- Với quá trình đoạn nhiệt có $n = k = C_p / C_v > 1$ ta cũng được một đường Hypebôn có độ dốc lớn hơn độ dốc của đường đẳng nhiệt.

- Với quá trình đa biến bất kỳ, nếu $n > 0$, các đường biểu diễn nằm trong khu vực II và IV, nếu $n < 0$, các đường biểu diễn nằm trong khu vực I và III.



Hình 2.5. Biểu diễn trên đồ thị P - V.

Trên đồ thị T. S, ta tìm dT/dS để xác định hệ số góc của đường biểu diễn

Từ đó
$$dS = \frac{\delta q}{T} = C \frac{dT}{dT} = \frac{T}{S}$$

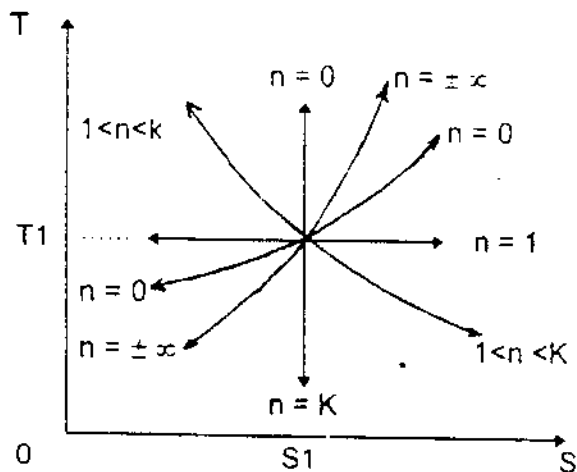
Thay
$$n = \frac{(C - C_p)}{(C - C_v)} \quad \text{và} \quad K = \frac{C_p}{C_v}$$

ta được
$$\frac{dT}{dS} = \frac{T}{C_v} \cdot \frac{(n-1)}{(n-k)} \quad (2-19)$$

- Với quá trình đẳng nhiệt, $n = 1$ nên $dT/dS = 0$, đường biểu diễn là một đường thẳng song song với trục hoành.

- Với quá trình đoạn nhiệt, $n = k$ nên $dT/dS = \infty$ Đường biểu diễn là một đường thẳng song song với trục tung.

- Với quá trình đẳng áp, $n = 0$ nên $dT/dS = T/C_p$, đường biểu diễn là một đường cong có hệ số góc tăng dần theo nhiệt độ. Mặt lồi quay xuống dưới.



H.2.6. Biểu diễn trên đồ thị T - S

Với quá trình đẳng tích, $n = \pm\infty$, nên $dT/dS = T/C_v$, đường biểu diễn cũng có dạng tương tự như đường đẳng áp, nhưng có độ dốc lớn hơn vì $C_p > C_v$ và $T/C_v > T/C_p$.

Cần chú ý là hai đường đẳng áp hoặc hai đường đẳng tích trên đồ thị T - S có khoảng cách nằm ngang không đổi, vì có thể chứng minh được

$$\Delta S_v = R \ln V_2/V_1 \text{ và } \Delta S_p = R \ln P_1/P_2$$

2.3.2. Quan hệ giữa các thông số cơ bản của các trạng thái.

Từ phương trình quá trình đa biến, ta có:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^n \quad (2 - 20a)$$

Hoặc
$$\frac{V_2}{V_1} = \left[\frac{P_1}{P_2} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2 - 20b)$$

Viết phương trình trạng thái $p_2 v_2 = RT_2$ và $p_1 v_1 = RT_1$ rồi chia theo hệ vế ta được:

$$\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Thay vào (2 - 20a) ta được:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{(n-1)/n} = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{n-1} \quad (2 - 20c)$$

- Với quá trình đẳng áp, $n = 0$, và $p_2 = p_1$ ta được:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad (2-20d)$$

- Với quá trình đẳng tích, $n = \pm \infty$ và $v_2 = v_1$ ta có:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad (2 - 20e)$$

- Với quá trình đẳng nhiệt, $n=1$, được $p_2 v_2 = p_1 v_1$: $(2 - 20g)$
và $T_1 = T_2$.

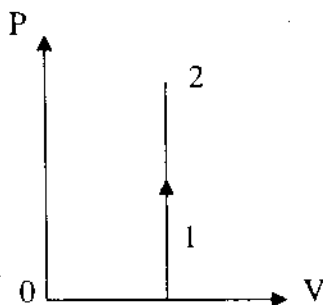
- Với quá trình đoạn nhiệt, $n = k$ nên:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left[\frac{v_1}{v_2} \right]^k \quad \text{và} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{(k-1)/k} = \left[\frac{v_1}{v_2} \right]^{k-1} \quad (2-20h)$$

2.3.3. Lượng thay đổi các thông số trạng thái:

a. *Quá trình đẳng tích:*

- **Định nghĩa:** Là quá trình biến đổi trong đó thể tích của hệ không thay đổi.



Hình 2.7.a

Thí dụ: Hơ nóng hay làm lạnh khí trong bình kín có hệ số dẫn nở không đáng kể.

- *Phương trình của quá trình:*

Từ phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho $V = \text{const}$, ta rút ra phương trình:

$$\frac{P}{T} = \text{const} \quad (2-21a)$$

Đồ thị biểu diễn quá trình là đường song song với trục tung (xem hình 2.7.a) biểu diễn quá trình hơ nóng đẳng tích.

- Công mà hệ nhận được:

$$L = -\int p dV = 0 \quad (2-21b)$$

- Biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \Delta T \quad (2-21d)$$

Ở đây: i là số bậc tự do của phân tử chất khí đó là số độ độc lập cần thiết để xác định vị trí của phân tử trong không gian. Đối với phân tử đơn nguyên tử $i = 3$, đối với phân tử hai nguyên tử $i = 5$ và đối với phân tử có từ ba nguyên tử trở lên thì $i = 6$.

- *Nhiệt mà hệ nhận được:*

Áp dụng nguyên lý thứ nhất ta có:

$$Q = \Delta L - L = \Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \Delta T \quad (2-21d)$$

Mặt khác từ công thức tính nhiệt lượng (11.10) cho quá trình đẳng tích ta lại có:

$$Q = \int \delta Q = \frac{m}{\mu} C_V \int_{T_1}^{T_2} dT = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T \quad (2-21e)$$

So sánh hai kết quả trên, suy ra được công thức tính nhiệt dung phân tử đẳng tích:

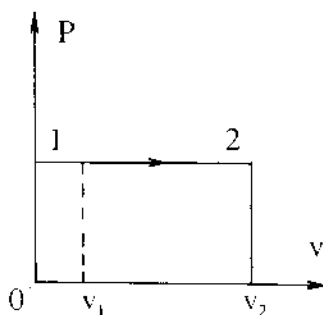
$$C_V = \frac{iR}{2} \quad (2-21g)$$

b) Quá trình đẳng áp.

- **Định nghĩa:** là quá trình biến đổi trong đó áp suất của hệ không đổi.

Thí dụ: Đốt nóng hay làm lạnh khí trong xi lanh có piston di

chuyển tự do để cho áp suất khí trong xi lanh luôn luôn bằng áp suất ngoài.



Hình 2.7.b

- Phương trình của quá trình:

Từ phương trình trạng thái, cho $p = \text{const}$,

ta suy ra:
$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad (2.22a)$$

Trên đồ thị, quá trình này được biểu diễn bởi một đường song song với trục hoành (xem hình 2.7.b biểu diễn quá trình hơi nóng đẳng áp hay giãn nở đẳng áp).

- Công mà hệ nhận được:

$$L = \int_{v_1}^{v_2} p dv = -P(V_2 - V_1) \quad (2-22b)$$

- Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{iR}{2} \Delta T = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T \quad (2-22c)$$

- Nhiệt mà hệ nhận được:

$$Q = \int \delta Q = \frac{m}{\mu} C_P \int_{T_1}^{T_2} dT = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T \quad (2-22d)$$

Mặt khác, từ nguyên lý thứ nhất:

$$Q = \Delta U - L = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T + P(V_2 - V_1)$$

(2-22e)

Nhưng theo phương trình trạng thái

$$P(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} R \Delta T \quad (2-22f)$$

Nên:

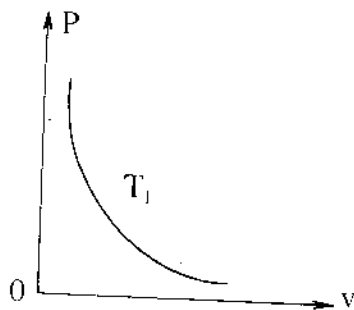
$$Q = \frac{m}{\mu} (C_v + R) \Delta T \quad (2-22g)$$

So sánh (2.22d) và (2.22g) ta có liên hệ:

$$C_p = C_v + R \quad (2.22h)$$

(Gọi là hệ thức May - e)

$$C_p = \frac{(i + 2)R}{2} \quad (2.22c)$$



Hình 2.7.c

Người ta còn gọi tỉ số nhiệt dung phân tử đẳng áp và nhiệt dung phân tử đẳng tích:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{(i+2)}{i} \quad (2-22m)$$

là hệ số Poatxông

c) *Quá trình đẳng nhiệt.*

- **Định nghĩa:** Là quá trình biến đổi mà nhiệt độ không thay đổi.

Thí dụ: Nén hay giãn nở một khối khí khi cho nó tiếp xúc với một môi trường vô hạn có nhiệt độ không đổi.

- Từ phương trình trạng thái, cho $T = \text{const}$, ta có:

$$pV = \text{const} \quad (2-23a)$$

Đó chính là phương trình của định luật Bôimariôt. Trên đồ thị đường đẳng nhiệt là đường Hypebôn (xem hình 2.7.c) biểu diễn quá trình nén đẳng nhiệt ở nhiệt độ $T_1 = \text{const}$ nào đó.

- Công mà hệ nhận được:

$$L = \int_{V_1}^{V_2} p dV = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{p \cdot V_1}{V} dV = - \frac{m}{\mu} RT_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$L = - \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2-23b)$$

- Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T = 0 \quad (2-23c)$$

- Nhiệt mà hệ nhận được:

Áp dụng nguyên lý thứ nhất

$$Q = \Delta U - L = -L = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2-23d)$$

Như vậy trong quá trình đẳng nhiệt, nhiệt nhận vào bằng công sinh ra hoặc ngược lại.

d) *Quá trình đoạn nhiệt.*

- **Định nghĩa:** Là quá trình biến đổi mà hệ không trao đổi nhiệt với bên ngoài ($Q = 0$). Thí dụ: nén hay giãn khí trong bình có vỏ cách nhiệt lý tưởng.

Theo nguyên lý thứ nhất ta có cho quá trình này

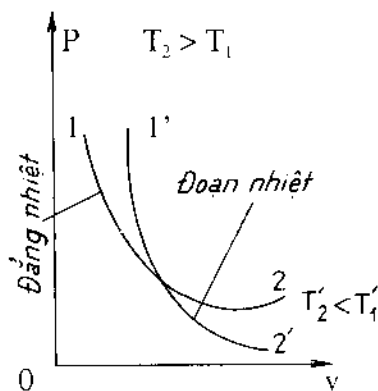
$$dU = \delta L + \delta Q = \delta L \quad (2.24a)$$

$$\frac{m}{\mu} C_v dT = -pdV = \frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V} \quad (2-24b)$$

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_v} \frac{dV}{V} = 0$$

$$V_1: \frac{R}{C_v} = \frac{C_p - C_v}{C_v} = (\gamma - 1)$$

$$\text{nên: } \frac{dT}{T} + (\gamma - 1) \frac{dV}{V} = 0$$



Hình 2.7.d

Hệ thức này có thể viết dưới dạng:

$$d[\ln T + (\gamma - 1) \ln V] = 0$$

Hay: $\ln(TV^{\gamma-1}) = \text{const}$

Vậy: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ (2-25a)

Dùng phương trình trạng thái $pV = \frac{m}{\mu}RT$ thay vào trên ta còn có các phương trình tương đương:

$TP^{(1-\gamma/\gamma)} = \text{const}$ (2-25b)

và: $pV^{\gamma} = \text{const}$ (2-25c)

Các phương trình (2-25) đều là phương trình của quá trình đoạn nhiệt, trong đó (2-25c) còn được gọi là phương trình Poatxông.

Trên đồ thị hình 2.7.d phương trình của quá trình đoạn nhiệt pV^{γ} dốc hơn đường đẳng nhiệt $pV = \text{const}$

12 là quá trình nén đoạn nhiệt, 1'2' là quá trình giãn đoạn nhiệt. Sự khác biệt về độ dốc của đường đoạn nhiệt so với đường đẳng nhiệt dễ dàng hiểu được về mặt vật lý. Thí dụ khi nén, toàn bộ công mà hệ nhận vào được dùng để làm tăng nội năng, tức tăng nhiệt độ của hệ ($T_2 > T_1$); còn trong quá trình đẳng nhiệt ($T_1 = \text{const}$) toàn bộ công nhận vào lại dùng để toả nhiệt hết.

- Công mà hệ nhận được:

$$L = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = - \int_{V_1}^{V_2} P_1 V_1^{\gamma} \frac{dV}{V^{\gamma}} (V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma})$$

$$L = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma} - 1 \right] \quad (2-26a)$$

Hoặc sau khi thay $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$ ta có:

$$L = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} \quad (2-26b)$$

$$\text{- Biến thiên nội năng: } \Delta U = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T \quad (2-27)$$

Vì $\Delta U = L$, nên có thể tính theo công thức 2-26a,; 2-26b và 2-27.

2.4. ĐỊNH LUẬT NHIỆT ĐỘNG II VÀ CÁC CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG.

2.4.1. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch.

a) Định nghĩa:

- Một quá trình được gọi là thuận nghịch nếu nó có thể diễn biến theo cả hai chiều và nếu lúc đầu hệ thực hiện quá trình thuận, sau đó thực hiện quá trình ngược thì hệ phải trở về trạng thái ban đầu mà môi trường bên ngoài không chịu bất cứ một sự biến đổi nào.

- Một quá trình gọi là không thuận nghịch nếu quá trình ngược có thể đưa hệ về trạng thái ban đầu nhưng có sự can thiệp của môi trường bên ngoài. Nói cách khác, môi trường bên ngoài phải chịu một sự thay đổi nào đó sau khi đã đưa về trạng thái ban đầu.

b) Một số nhận xét về quá trình thuận nghịch (tính chất)

- Một quá trình thuận nghịch phải là quá trình cân bằng.
- Trong quá trình thuận nghịch của một quá trình thuận nghịch, hệ phải đi qua tất cả các trạng thái trung gian của quá trình thuận.

- Quá trình thuận nghịch là quá trình lý tưởng, không có trong thực tế. Tuy nhiên người ta cũng thấy rằng nếu càng giảm được lực ma sát và cách nhiệt với bên ngoài càng tốt thì quá trình thực hiện càng gần với quá trình thuận nghịch.

Ý nghĩa: Nhờ có khái niệm quá trình thuận nghịch mà người ta mới có thể tìm thấy được biểu thức xác định hiệu suất tối đa cho các động cơ nhiệt và máy lạnh, tạo nền cho việc nghiên cứu, phát triển khoa học, kỹ thuật lên một trình độ cao hơn.

2.4.2. Định luật nhiệt động II. Chu trình cacnô.

1. Chu trình nhiệt động.

Muốn chuyển hoá liên tục giữa nhiệt năng với các dạng năng lượng khác, người ta phải thực hiện các quá trình kín (chu trình), nghĩa là phải để môi chất thay đổi một cách liên tục, từ trạng thái trung gian rồi lại trở về trạng thái đầu.

Trong nhiệt động học, chủ yếu nghiên cứu những chu trình thuận nghịch, nó chỉ tiến hành qua các trạng thái cân bằng và có đặc điểm “thuận nghịch”, nghĩa là có thể tiến hành ngược lại qua tất cả các trạng thái đã đi qua mà môi chất và môi trường không có gì thay đổi.

Ta thường nghiên cứu hai chu trình: chu trình thuận chiều và chu trình ngược chiều.

Chu trình thuận chiều quy ước biểu diễn có chiều mũi tên thuận kim đồng hồ còn chu trình ngược chiều có chiều mũi tên ngược chiều kim đồng hồ.

Chu trình ngược chiều là chu trình chuyển nhiệt năng từ nguồn có nhiệt độ thấp đến nguồn có nhiệt độ cao nhờ sự hỗ trợ

của năng lượng bên ngoài; là chu trình của máy lạnh hoặc bơm nhiệt. Trên đồ thị $p - v$ và $T - S$ thường dùng là một đường cong khép kín tiến hành ngược chiều kim đồng hồ.

Để đánh giá hiệu quả chuyển hoá năng lượng, đối với chu trình thuận chiều, ta dùng hiệu suất, với chu trình ngược chiều ta dùng hệ số làm nóng.

Hiệu suất là tỷ số giữa phần năng lượng có ích và năng lượng đưa vào. Nếu chia nhiệt năng đại diện cho năng lượng để tính toán, ta có hiệu suất nhiệt.

$$\eta_t = \frac{\bar{q}_1 - q_2}{q_1} = \frac{\Delta q}{q_1} = \frac{\ell_{kt}}{q_1} \quad (2-28)$$

Ở đây: q_1 - Tổng nhiệt lượng đưa vào cho môi chất trong các quá trình cấp nhiệt của chu trình.

q_2 - Tổng nhiệt lượng do môi chất nhả ra trong các quá trình nhả nhiệt của chu trình ℓ, ℓ_{kt} công giãn nở và công kỹ thuật do môi chất sản ra chu trình. Dùng luật định 1 cho chu trình, ta chứng minh được.

$$\ell = \ell_{kt} = q_1 - q_2$$

vì Δi và Δu trong chu trình bằng 0. Ta có thể biểu thị $q_1, q_2, \ell, \ell_{kt}$ và η_t bằng diện tích trên đồ thị $T - S$.

Đối với chu trình ngược chiều, để đánh giá hiệu quả ta dùng hệ số chuyển hoá năng lượng bằng tỷ số giữa năng lượng có ích và công cấp cho môi chất trong chu trình, khi làm việc theo tác dụng của máy lạnh, ta gọi hệ số làm lạnh.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{\ell} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{1}{1 - \frac{q_1}{q_2}} \quad (2-28b)$$

Khi làm việc theo tác dụng bơm nhiệt, ta có hệ số làm nóng

$$\varepsilon = \frac{q_1}{\ell} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{1}{1 - \frac{q_2}{q_1}}$$

$$\text{Ta thấy: } \varphi = \frac{q_1}{\ell} = \frac{q_2 + 1}{1} = \varepsilon + 1 \quad (2-28c)$$

Ta cũng có thể biểu diễn $q_1 - q_2$, ℓ bằng diện tích trên đồ thị $P-S$

2. Chu trình Cacnô thuận nghịch.

Chu trình Cacnô là chu trình gồm hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đoạn nhiệt xen kẽ nhau.

a) Chu trình Cacnô thuận nghịch thuận chiều

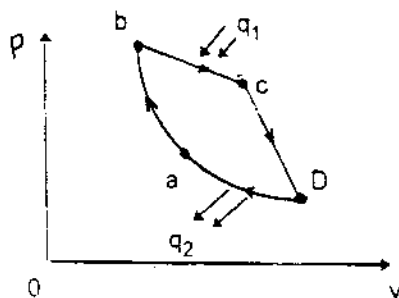
Hình (2-8) là chu trình của một động cơ nhiệt làm việc với hai nguồn nhiệt có nhiệt dung vô cùng lớn giữ nhiệt độ T_1 và T_2 không đổi trong suốt quá trình trao đổi nhiệt. Môi chất thực hiện 4 quá trình thuận nghịch gồm: hai quá trình đẳng nhiệt và hai quá trình đoạn nhiệt tiến hành xen kẽ nhau, cụ thể là:

- Quá trình ab - nén đoạn nhiệt, nhiệt độ môi chất tăng từ T_2 đến T_1 .

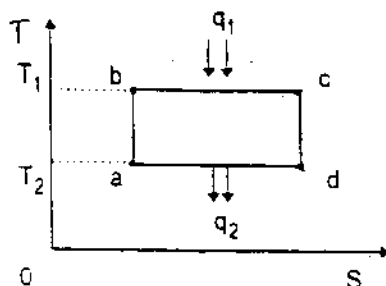
- Quá trình bc - giãn nở đẳng nhiệt, môi chất nhận từ nguồn nóng một nhiệt lượng $q_1 = q_{bc} = T_1(S_c - S_b)$ bằng diện tích bcScS_b trên đồ thị T-S nhiệt độ.

- Quá trình cd - giãn nở đoạn nhiệt, môi chất giãn từ T_2 đến T_1 .

- Quá trình da - nén đẳng nhiệt, môi chất nhả nhiệt cho nguồn lạnh một nhiệt lượng $q_2 = T_2(S_d - S_a)$ bằng diện tích da S_dS_a trên đồ thị T-S:



**Hình 2-8 a Đồ thị p - v
chu trình Carnô**



**Hình 2-8 b Đồ thị T-S
chu trình Carnô**

Hiệu suất nhiệt của chu trình, theo công thức chung, thay giá trị của q_2 và q_1 , ta được hiệu suất nhiệt của chu trình Carnô.

Xét hai quá trình đẳng nhiệt ta có:

$$q_1 = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2.29a)$$

$$q_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \quad (2.29b)$$

$$\text{Vậy: } \eta = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{T_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (2.29c)$$

Xét hai quá trình đoạn nhiệt ta có

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \quad \text{và} \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \quad (2.29d)$$

Chia chúng cho nhau ta được

$$\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} \quad \text{hay} \quad \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)$$

$$\text{do vậy: } \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \frac{V_3}{V_4}$$

Từ đó biểu thức 2.29c có dạng:

$$\eta_{TC} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (2-29)$$

Như vậy trong cùng phạm vi nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh thì chu trình cacnô có hiệu suất cao nhất (có thể chứng minh được trên đồ thị T-S).

Kết luận:

- Hiệu suất nhiệt của chu trình cacnô chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ mà không phụ thuộc vào bản chất của môi chất.

- Muốn nâng cao hiệu suất nhiệt, phải giảm tỷ số T_2/T_1 .

- Tuy η_{TC} là lớn nhất, là mục tiêu hoàn thiện của động cơ nhiệt, nhưng không thể đạt đến 100% và T_1 là hữu hạn và T_2 luôn dương.

b) Chu trình cacnô thuận nghịch ngược chiều.

Là chu trình lý tưởng (về nhiệt) của máy lạnh và bơm nhiệt, cũng gồm các quá trình như trong chu trình thuận, nhưng tiến hành ngược chiều kim đồng hồ. Người ta chứng minh được với chu trình cacnô ngược chiều hệ số làm lạnh bằng:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{1} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{1 - \frac{T_1}{T_2}} \quad (2-30a)$$

Hệ số làm nóng

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{1} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_1}} \quad (2-30a)$$

3. Chu trình cacnô không thuận nghịch:

Ta biết hai nguyên nhân quan trọng làm cho các quá trình thực là không thuận nghịch là do lực ma sát (biến cơ năng thành nhiệt năng) và quá trình truyền nhiệt của hệ ra môi trường bên ngoài. Do ma sát nên công có ích L mà bên ngoài nhận được bao giờ cũng nhỏ hơn công L' mà hệ sản sinh ra trong quá trình thuận nghịch. Ngược lại nhiệt lượng Q_1 mà hệ nhận được lại nhỏ hơn nhiệt lượng Q_1' mà nguồn nóng truyền cho hệ. Vì vậy, hiệu suất của chu trình không thuận nghịch bao giờ cũng nhỏ hơn hiệu suất của chu trình thuận nghịch.

Như vậy ta có thể rút ra biểu thức tổng quát nhau sau:

$$\eta_{TC} < 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Có nghĩa là với cùng một nguồn nóng T_1 và nguồn lạnh T_2 xác định, hiệu suất nhiệt η_{TC} của mọi động cơ nhiệt đều thỏa mãn bất đẳng thức nêu trên. Dấu bằng chỉ đúng cho chu trình thuận nghịch.

Kết luận:

- Hệ số chuyển hoá năng lượng của chu trình cacnô ngược chiều chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ mà không phụ thuộc vào bản chất của môi chất.

- Muốn nâng cao hệ số chuyển hoá năng lượng, cần giảm T_1/T_2 . Với khí hậu nước ta, dùng máy lạnh là cần thiết nhưng không kinh tế, còn dùng bơm nhiệt thì có nhiều thuận lợi.

- Trên đồ thị T-S cho thấy trong cùng điều kiện nhiệt độ môi trường cũng yêu cầu làm lạnh hoặc làm nóng thì hệ số chuyển hoá năng lượng của chu trình cacnô ngược chiều là lớn nhất.

4. Một vài cách phát biểu của định luật nhiệt động thứ hai:

Định luật nhiệt động thứ hai được phát hiện vào giữa thế kỷ 19. Đầu năm 1850 Claoudiut đã nêu: “Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn”. Nhưng cũng có nghĩa nhiệt chỉ truyền từ vật lạnh sang vật nóng nếu có tác dụng của bên ngoài, tức là môi trường xung quanh phải bị biến đổi.

Khoảng năm 1952 TômXơn đưa ra cách phát biểu sau: “Không thể chế tạo được một máy hoạt động tuần hoàn biến đổi liên tục nhiệt thành công nhờ làm lạnh một vật mà xung quanh không chịu một sự thay đổi đồng thời nào”.

Cả hai cách phát biểu trên mới chỉ đề cập một quá trình cụ thể trong tự nhiên, mà chưa khái quát cho xu hướng của một quá

trình. Chỉ vào gần cuối thế kỷ 19 khi nghiên cứu bản chất vĩ mô của các quá trình vi mô bằng phương pháp thống kê, người ta mới phát hiện ra một đại lượng vật lý hết sức quan trọng đó là entropi (S) của hệ vĩ mô, nhờ đó định luật nhiệt động II có được cách phát biểu tổng quát hơn: *“Trong một hệ cô lập, các quá trình thực chỉ diễn biến theo chiều tăng của entropi”*.

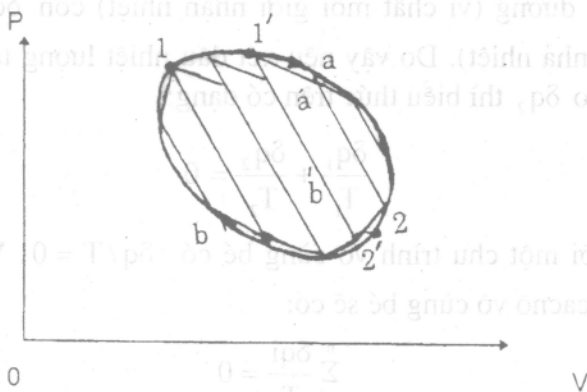
2.4.3. Biểu thức giải tích của định luật nhiệt động II.

a) Chu trình cacnô thuận nghịch:

Giả thiết trên đồ thị p.v có một chu trình thuận nghịch bất kỳ.

Chia chu trình đã cho thành những chu trình cacnô nhỏ bằng các đường đẳng nhiệt và đường đoạn nhiệt. Để ý 2 chu trình cacnô gần nhau, chúng có đoạn chung (hình 2.9).

Trong đoạn chung đó chiều của hai quá trình ngược nhau. vì vậy sau khi thực hiện tất cả các chu trình cacnô có thể xem là thực hiện chu trình rỗng của.



Hình 2.9 Các chu trình nhỏ trong chu trình lớn 1a2b1

Đối với chu trình cacnô rất nhỏ có:

$$\eta_1 = 1 - \frac{\delta q_2}{\delta q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Trong đó δq_1 và δq_2 là nhiệt lượng nhận và nhiệt lượng thải ra sau khi thực hiện chu trình cacnô vô cùng nhỏ vào đó.

T_1 là nhiệt độ của nguồn cung cấp cho môi chất nhiệt lượng δq_1 (nguồn nóng). T_2 là nhiệt độ của nguồn nhiệt nhận của môi chất nhiệt lượng δq_2 (nguồn lạnh).

Từ đó ta có:

$$\frac{\delta q_2}{\delta q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad \text{hay} \quad \frac{\delta q_2}{T_1} = \frac{\delta q_1}{T_1}$$

$$\text{và} \quad \frac{\delta q_1}{T_1} = \frac{\delta q_2}{T_2} = 0$$

Ta thấy: T_1, T_2 đều dương. Nếu xét dấu đến δq_1 và δq_2 ta nhận δq_1 dương (vì chất môi giới nhận nhiệt) còn δq_2 âm (vì môi chất nhả nhiệt). Do vậy nếu xét dấu nhiệt lượng ta gán dấu (-) vào cho δq_2 thì biểu thức trên có dạng:

$$\frac{\delta q_1}{T_1} + \frac{\delta q_2}{T_2} = 0$$

Vậy với một chu trình vô cùng bé có $\delta q/T = 0$. Với tất cả chu trình cacnô vô cùng bé sẽ có:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta q_i}{T} = 0$$

Suy ra

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{\delta q_i}{T} = 0 \quad (2-31)$$

hay
$$\oint \frac{\delta q}{T} = 0$$

b) *Chu trình cacnô không thuận nghịch*

Với lập luận trên, vì hiệu suất nhiệt của chu trình cacnô không thuận nghịch nhỏ hơn hiệu suất của chu trình cacnô thuận nghịch, nên đối với chu trình rơng của có:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta q_i}{T} < 0 \quad (2-32)$$

Hay
$$\oint \frac{\delta q}{T} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{\delta q_i}{T} < 0 \quad \oint \frac{\delta q}{T} < 0$$

Công thức tổng quát cho cả hai trường hợp thuận nghịch và không thuận nghịch là

$$\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0 \quad (2-33)$$

Dấu bằng là chỉ chu trình cacnô thuận nghịch. Ký hiệu $\oint$ chỉ tích phân có cận khép kín là đường kính biểu diễn chu trình dq là vi phân nhiệt nhận vào trong quá trình vi phân đẳng nhiệt T .

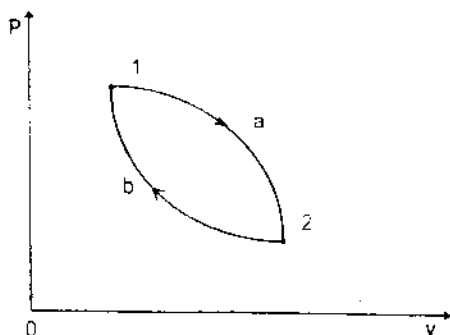
Biểu thức 2.33 gọi là biểu thức giải tích của định luật nhiệt động II và được phát biểu như sau: “Nhiệt thu gọn của chu trình đều nhỏ hơn hoặc bằng không”.

2.4.4. Tính chất vật lý của Entropi

Entropi của hệ ở một trạng thái nào đó là một đại lượng vật lý có độ lớn bằng nhiệt thu gọn của một quá trình thuận nghịch bất kỳ đưa hệ từ trạng thái đó về trạng thái gốc 0°K

Từ biểu thức (2-31) đối với chu trình cacnô thuận nghịch bất kỳ 1.a.2.b.1 chúng ta có thể viết:

$$\int_{1a2} \frac{\delta q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta q}{T} = 0$$



H.2-10 chu trình cacnô 1a2b1 trên đồ thị p.v

Hay

$$\int_{1a2} \frac{\delta q}{T} - \int_{1b2} \frac{\delta q}{T} = 0$$

Suy ra:

$$\int_{1a2} \frac{\delta q}{T} = \int_{1b2} \frac{\delta q}{T} \quad (2-34)$$

Công thức (2-34) cho thấy $\int \delta q / T$ chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và cuối của quá trình đó. Nó là một thông số trạng thái và được ký hiệu là S (kJ/kg độ hay kcal/kg độ)

Cũng như các thông số trạng thái khác, Entropi S hoàn toàn xác định được khi biết 2 thông số trạng thái bất kỳ khác. Trong

tính toán nhiệt, người ta chỉ xác định độ biến thiên Entropi trong quá trình.

Hiệu Entropi giữa hai trạng thái vĩ mô đo bằng nhiệt thu gọn của quá trình thuận nghịch giữa hai trạng thái đó.

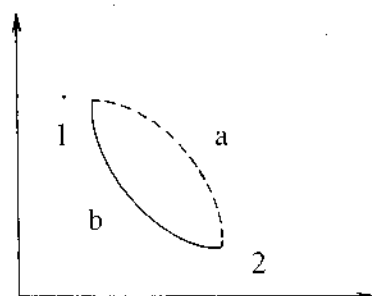
$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} \quad (2-35)$$

Entropi là đại lượng có tính cộng được. Entropi của một hệ cân bằng tổng Entropi của từng phần riêng biệt của hệ.

2.4.5. Nguyên lý tăng Entropi

Giả sử có một quá trình thực xảy ra trong một hệ cô lập (hệ kín) đưa hệ từ trạng thái 1 sang trạng thái 2 (hình vẽ). Vì là quá trình thực nên không thể là quá trình cân bằng, ta không thể biểu diễn quá trình bằng một đoạn cong liên tục nào đó, do vậy ta biểu diễn quá trình thực này bằng đường cong chấm chấm 1a2.

Trường tự đưa hệ trở lại trạng thái bằng một quá trình thuận nghịch bất kỳ 2b1 nào đó. Ta được một chu trình không thuận nghịch. Theo biểu thức 2.31 trường hợp chu trình không thuận nghịch ta có:



Hình 2.11

$$\oint \frac{\delta q}{T} = \int \frac{\delta q}{T} + \int \frac{\delta q}{T} < 0$$

1.a.2 ; 2.b.1 ; 2.36

Theo định nghĩa của S thì quá trình 2b1 là thuận nghịch.

$$\int_2^1 \frac{\delta q}{T} = s_1 - s_2 \quad (2-37)$$

Thay vào 2-36 và chuyển vế ta được:

$$s_2 - s_1 > \int_1^2 \frac{\delta q}{T} \quad (2-38)$$

Vì hệ cô lập, không trao đổi nhiệt với bên ngoài ($\delta q = 0$) nên:

$$s_2 - s_1 > 0 \text{ hay } s_2 > s_1$$

Có nghĩa là, trong hệ cô lập, các quá trình thực xảy ra theo chiều tăng của entropi, gọi là nguyên lý tăng entropi.

Đây là cách phát biểu của định luật nhiệt động II, nó không đề cập đến một quá trình cụ thể nào, mà tổng quát cho chiều hướng diễn biến của mọi quá trình thực xảy ra trong một hệ cô lập.

2.4.6. Độ biến thiên entropi của một quá trình.

Ta tính độ biến thiên entropi của hệ khí lý tưởng trong một quá trình thuận nghịch.

a) Quá trình đoạn nhiệt ($\delta Q = 0$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = 0 \rightarrow s = \text{const.} \quad (2-39)$$

b) Quá trình đẳng nhiệt. ($T = \text{const}$)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q}{T} \quad (2-40)$$

c) Quá trình đẳng tích và đẳng áp ($V = \text{const}$ và $P = \text{const}$) theo định luật nhiệt động I.

$$\delta Q = dU = pdV \quad (2-41)$$

$$\text{mà} \quad dU = \frac{m}{\mu} C_v dT; \quad P = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V}$$

$$\text{nên} \quad \delta Q = \frac{m}{\mu} C_v dT + \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV$$

$$\begin{aligned} \text{do đó} \quad \Delta S &= \int \frac{\delta Q}{T} = \frac{m}{\mu} C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \\ \Delta S &= \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} \end{aligned} \quad (2-42)$$

Nếu biểu diễn ΔS qua thông số P và V ta thay

$$T = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{mR} \quad \text{vào 2-42 thì được:}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Từ các công thức trên suy ra:

+ Với quá trình đẳng tích ($V = \text{const}$)

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (2.43)$$

+ Với quá trình đẳng áp ($P = \text{const}$)

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (2-44)$$

Chương III

NHỮNG TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC CỦA HƠI NƯỚC

3.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM.

Từ thực nghiệm chúng ta biết rằng, cùng một chất phụ thuộc vào các điều kiện như nhiệt độ, áp suất... nó có thể tồn tại ở các pha khác nhau như pha rắn, pha lỏng, pha khí.

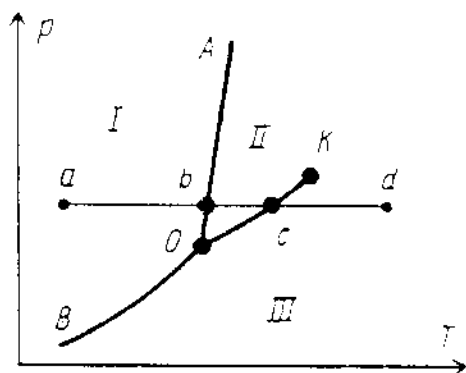
Pha trong kỹ thuật được hiểu là một hệ đồng nhất có tính chất vật lý như nhau ở tất cả mọi phần của vật thể đó.

Giữa các pha của một chất có thể chuyển hoá lẫn nhau khi có sự thay đổi các tính chất vật lý của nó. Sự chuyển hoá từ pha lỏng sang pha kết tinh gọi là sự kết tinh hay còn gọi là sự đông cứng. Sự chuyển hoá từ pha rắn sang pha khí xảy ra trong điều kiện nhiệt độ thấp gọi là sự thăng hoa. Sự chuyển hoá từ pha lỏng sang pha khí gọi là sự hoá hơi. Quá trình chuyển hoá từ pha khí sang pha lỏng gọi là sự ngưng tạo.

Sự chuyển hoá các pha của một chất có thể được mô tả bằng đồ thị trên hình vẽ sau: (Hình vẽ 3.1).

Theo đồ thị trên thì một chất ở một pha nào đó phụ thuộc vào giá trị nhiệt độ và áp suất của nó. Đường OA biểu diễn trạng thái nóng chảy, đường OK - quá trình sôi, còn đường OB - biểu diễn trạng thái thăng hoa. Bên phải đường KOB (vùng III) là vùng pha khí của vật; Giữa OA và OK là vùng pha lỏng (vùng II); còn bên

trái đường AOB là vùng pha rắn của vật (vùng I). Điểm O trên đồ thị gọi là điểm giao của ba pha vì tại đó chất đồng thời tồn tại cả ba pha (rắn, lỏng, khí).



Hình 3.1: Đồ thị pha của một chất

Đối với nước, điểm ba pha (điểm O) có các giá trị nhiệt độ $t^0 = 0,01^{\circ}\text{C}$ và áp suất $P = 610,8 \text{ Pa}$ (hay $0,006228 \text{ KF/cm}^2$).

Đường nóng chảy OA đi lên phía trên cùng với sự gia tăng áp suất và phụ thuộc hoàn toàn vào giá trị áp suất. Có khi lên đến vài nghìn atmôtphe. Đường OK chỉ phát triển đến điểm K gọi là điểm tới hạn có các giá trị nhiệt độ tới hạn và áp suất tới hạn. Đối với nước thì nhiệt độ tới hạn $T_{\text{th}} = 647^{\circ}\text{K}$ ($t_{\text{th}} \approx 374^{\circ}\text{C}$) và áp suất tới hạn $P_{\text{th}} = 22,1 \text{ M.Pa}$. Đối với axit cacbonic $T_{\text{th}} = 304^{\circ}\text{K}$ và $P_{\text{th}} = 7,41 \text{ M.Pa}$. Khi vượt quá các giá trị tới hạn thì không tồn tại sự khác biệt giữa trạng thái lỏng và trạng thái khí của chất đó nữa.

Cũng trên đồ thị hình vẽ 3.1, cho thấy sự thay đổi trạng thái của chất trong quá trình nung nóng dưới áp suất không đổi, được

biểu diễn bằng đường a.b.c.d. Đoạn a - b, biểu diễn quá trình nung nóng chất ở pha rắn đến bắt đầu nóng chảy, đoạn b - c nung nóng pha lỏng đến lúc sôi, còn đoạn c - d nung nóng pha khí. Ở các điểm b và c xảy ra quá trình chuyển hoá pha của chất.

3.2. TÍNH TOÁN SỰ THAY ĐỔI THÔNG SỐ TRẠNG THÁI CỦA HƠI NƯỚC CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG.

Có hai phương pháp tính toán. Nếu tính theo các công thức với các số liệu tra bảng thông số nhiệt kỹ thuật của chất thì độ chính xác cao hơn nhưng phức tạp hơn. Trong kỹ thuật người ta thường dùng phương pháp đồ thị is (hoặc giản đồ is) với độ sai số cho phép.

3.2.1. Phương pháp đồ thị được thực hiện qua các bước sau:

- Bước 1: Theo các số liệu đã có xây dựng trên đồ thị is sự thay đổi của quá trình.
- Bước 2: Trên đồ thị đã được xây dựng, xác định giá trị số các thông số trạng thái ở điểm đầu và điểm cuối của quá trình.
- Bước 3: Tính toán sự thay đổi nội năng của hơi nước của bất kỳ quá trình nào theo công thức sau:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - i_1) - (p_2 v_2 - p_1 v_1) \quad (3-1)$$

- Bước 4: Tính nhiệt lượng q, mà hơi nước nhận được
Đối với quá trình đẳng tích.

$$q = u_2 - u_1 = i_2 - i_1 - v(p_2 - p_1) \quad (3-2)$$

Đối với quá trình đẳng áp

$$q = i_2 - i_1 \quad (3-3)$$

Đối với quá trình đẳng nhiệt

$$q = T \cdot \Delta s = (t + 273,16) (s_2 - s_1) \quad (3-4)$$

- Bước 5: Tính công đối với tất cả các quá trình

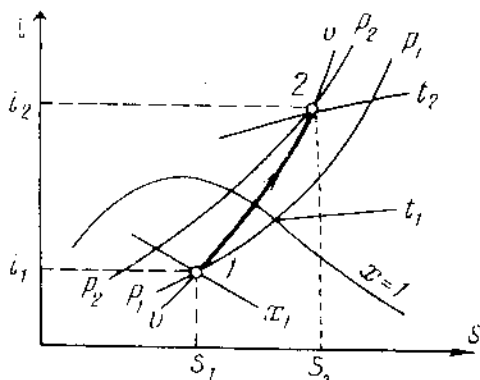
$$l = q - \Delta u ; \quad (3-5)$$

3.2.2. Tính toán các thông số đối với từng quá trình cụ thể:

a) *Đối với quá trình đẳng tích.*

Giả sử rằng, trong quá trình đẳng tích ở trạng thái ban đầu (1) của hơi nước có p_1 và x_1 , còn ở trạng thái cuối (2) áp suất là p_2 được biểu diễn trên đồ thị is (hình vẽ 3.2)

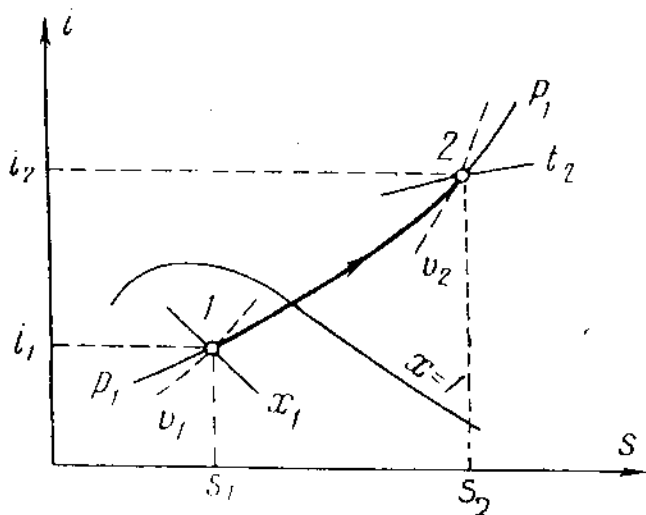
Điểm đầu (1) được xác định là giao điểm của đường áp suất P_1 và đường hệ số độ khô x_1 . Còn điểm cuối (2) là giao điểm của đường đẳng tích v đi qua điểm (1) và đường áp suất P_2 . Căn cứ vào tọa độ của điểm đầu (1) và điểm cuối (2) trên đồ thị is ta có thể xác định được giá trị các thông số trạng thái của hơi nước trạng thái đẳng tích bao gồm: t_1 ; v ; t_1 ; s_1 ; t_2 ; s_2 . Còn việc xác định sự thay đổi nội năng Δu và công ℓ xác định theo các công thức từ 3 - 1 đến 3 - 5.



Hình vẽ 3.2 - Đồ thị is quá trình nung nóng hơi nước với thể tích không đổi.

b) Đối với quá trình đẳng áp.

Sự thay đổi các thông số trạng thái của hơi nước khi được nung nóng đẳng áp được biểu diễn trên đồ thị is hình vẽ 3.3



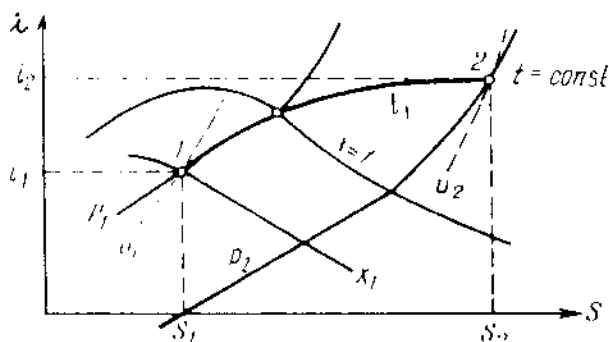
Hình vẽ 3.3 - Đồ thị is quá trình nung nóng hơi nước với áp suất không đổi.

Tương tự, căn cứ vào tọa độ của điểm đầu (1) và điểm cuối (2) xác định giá trị các thông số t_1 ; v_1 ; i_1 ; t_2 ; i_2 ; s_2 . Còn Δu và l xác định theo công thức từ 3.1 đến 3.5

c) Đối với quá trình đẳng nhiệt.

Sự thay đổi các thông số trạng thái của hơi nước trong trường hợp đẳng nhiệt được biểu diễn trên hình vẽ 3.4 đồ thị is.

Căn cứ vào tọa độ điểm đầu (1) và điểm cuối (2) xác định giá trị các thông số t_1 ; v_1 ; i_1 ; s_1 và v_2 ; t_2 ; s_2 còn sự thay đổi nội năng Δu và công l tính theo các công thức từ 3.1 đến 3.5



Hình vẽ: 3.4 - Đồ thị is trong trường hợp đẳng nhiệt.

d) Đối với quá trình đoạn nhiệt

Sự thay đổi các thông số trạng thái của hơi nước trong trường hợp đoạn nhiệt được biểu diễn trên đồ thị is hình vẽ 3.5.

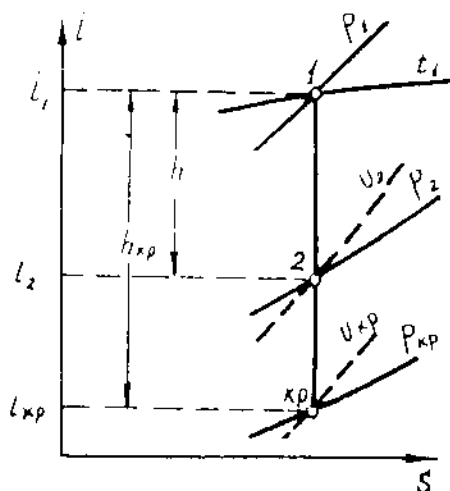
Tương tự như các trường hợp trên, khi biết tọa độ điểm đầu (1) và điểm cuối (2) của trạng thái ta xác định được giá trị các thông số khác $v_1 : t_2 ; s_1 : v_2 ; t_2, s_2 = s_1$.

Hệ số đoạn nhiệt k tiếp nhận bằng 1,3 khi hơi nước được nung nóng. Còn trường hợp hơi nước ở trạng thái bão hoà thì

$$k = 1,035 + 0,1x.$$

$$\text{Hoặc} \quad k = \frac{\lg\left(\frac{p_1}{p_2}\right)}{\lg\left(\frac{v_2}{v_1}\right)} \quad (3-6)$$

Trong các trường hợp nêu trên, x gọi là hệ số độ khô của hơi nước, được xác định như sau:



Hình vẽ 3.6 - Đồ thị i đối với trường hợp chảy đoạn nhiệt qua miệng vòi phun

Nếu tỷ số $P_m / P_1 \geq \beta_{th}$, thì áp suất ở thiết diện đầu ra của miệng vòi $P_2 = P_m$ và vận tốc chảy của dòng hơi nước nhỏ hơn vận tốc tối hạn.

$$\omega_2 \sqrt{2(i_1 - i_2) + \omega_1^2} \quad (3-8)$$

Và lưu lượng hơi nước sẽ là:

$$G = \frac{F_2 \omega_2}{\gamma_2} = F_2 \frac{\sqrt{2(i_1 - i_2)}}{\gamma_2} \quad (3-9)$$

Ở các công thức trên: P_m - áp suất trước miệng vòi phun

β_{th} - Hệ số tỷ lệ áp suất trước và sau miệng vòi. Đối với hơi nước nóng thì $\beta_{th} = 0,546$, còn hơi nước bão hoà khô $\beta_{th} = 0,577$.

F - Diện tích thiết diện miệng vòi

ω - Vận tốc dòng chảy

ω_{th} - Vận tốc tới hạn

Nếu $P_m / P_1 < \beta_{th}$ thì áp suất $P_2 = P_{th} = \beta_{th} \cdot P_1$; còn vận tốc dòng chảy bằng vận tốc tới hạn.

$$\omega_{th} = \sqrt{2(i_1 - i_{th})} \quad (3-10)$$

$$G_{th} = \frac{F_2 \sqrt{2(i_1 - i_{th})}}{v_{th}} \quad (3-11)$$

3.3. TIẾT LƯU

Tiết lưu là một quá trình nhiệt động học, nó xảy ra khi dòng hơi nước (ở pha lỏng hoặc pha khí) đi qua một thiết bị tiết lưu.

Hiện tượng tiết lưu bao giờ cũng kèm theo sự giảm áp ở phần sau của dòng chảy khi đi qua thiết bị tiết lưu. Trường hợp tiết lưu xảy ra không có sự trao đổi nhiệt của hệ thống với môi trường xung quanh gọi là tiết lưu đoạn nhiệt. Và trong phần này chúng ta chỉ nghiên cứu quá trình này.

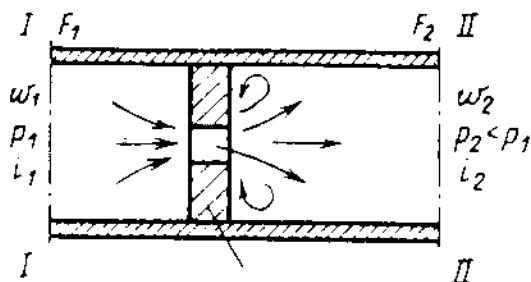
Hệ thống động học được giới hạn bởi thành của thiết bị và mặt cắt đầu vào I và mặt cắt đầu ra (II) của dòng chảy như hình vẽ 3.7 gọi là hệ thống lưu động.

Theo định luật nhiệt động thứ nhất đối với hệ thống
Ta có:

$$i_1 + \frac{\omega_1^2}{2} = i_2 + \frac{\omega_2^2}{2} \quad (3-12)$$

Thông thường khi tiết lưu vận tốc dòng chảy ω_1 và ω_2 có sự chênh lệch không lớn vì thế giá trị $\frac{\omega^2}{2}$ là rất nhỏ so với entanpi (i) và có thể bỏ qua, nên công thức trên có thể viết gọn thành $i_1 =$

i_2 . Có nghĩa là trong quá trình tiết lưu đoạn nhiệt entanpi đầu (i_1) bằng entanpi cuối (i_2) (đối với hơi nước).



Hình vẽ 3.7. Dòng chảy qua thiết bị tiết lưu

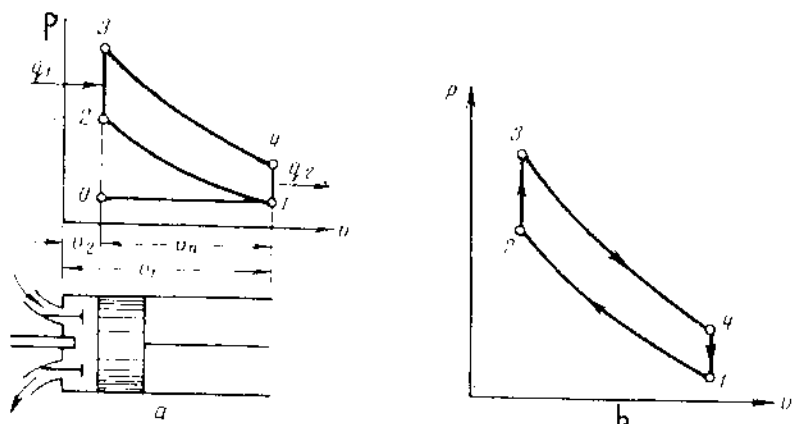
Quá trình tiết lưu được áp dụng rộng rãi trong các lĩnh vực kỹ thuật, như trong động cơ hơi nước, thiết bị làm lạnh và nén khí.

Chương IV

CÁC CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA MÁY NHIỆT.

4.1. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG ĐỘNG CƠ PÍT TÔNG

4.1.1. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông trong trường hợp đẳng tích.



Hình vẽ 4.1: Đồ thị $p-v$ của chu trình nhiệt động động cơ pít tông trường hợp đẳng tích

a) Trường hợp thực

b) Trường hợp lý tưởng.

Chu trình nhiệt động được thực hiện như sau:

Hỗn hợp khí cháy (hơi xăng và không khí) đi vào xi lanh qua van hút với áp suất P_1 và nhiệt độ t_1 (đường 0-1) do pít tông chuyển động về bên phải (hình vẽ 4.1a). Khi pít tông chuyển động về bên trái, van đóng, hỗn hợp khí bị nén (đường 1-2) tăng áp suất và nhiệt độ lên P_2 và t_2 . Lúc này hỗn hợp bị đốt cháy bằng tia lửa điện qua thiết bị đánh lửa, sự cháy xảy ra rất nhanh trong một thể tích gần như không đổi, (đường 2-3). Sau đó sản phẩm cháy giãn nở thực hiện một công đẩy pít tông chuyển dịch từ trái sang phải (đường 3-4). Ở điểm 4, van xả mở. Khi pít tông chuyển động từ phải sang trái (đường 1-0) sản phẩm cháy trong xi lanh được đẩy ra ngoài. Cứ như vậy chu trình được lặp lại.

Theo chu trình đối với khí lý tưởng (hình vẽ 4.1). Khi cháy với các thông số ban đầu v_1 ; t_1 ; P_1 được nén đoạn nhiệt 1-2. Sau đó thực hiện quá trình đẳng tích 2-3 và nhận nhiệt q_1 , tiếp đó là quá trình giãn nở đoạn nhiệt 3-4 và cuối cùng là quá trình đẳng tích 4 - 1, môi chất lại trở về trạng thái ban đầu và làm mất nhiệt q_2 .

Chu trình được đặc trưng bằng hệ số nén (mức độ nén) thể tích khí. $\epsilon = v_1 / v_2$

Hiệu suất nhiệt của chu trình được xác định:

$$\eta_i = 1 - q_2/q_1 \quad (4-1)$$

$$q_2 = C_v(T_4 - T_3) = C_v T_3 \left(1 - \frac{T_4}{T_3} \right) \quad (4-2)$$

$$q_1 = C_v(T_2 - T_1) = C_v T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \quad (4-3)$$

Đối với đường đoạn nhiệt 1 - 2 và 3 - 4 thì

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = \epsilon^{k-1} \frac{T_3}{T_4} \cdot \left(\frac{v_4}{v_3} \right)^{k-1} = \epsilon^{k-1} \quad (4-4)$$

$$\text{Rút ra} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow \frac{T_2}{T_4} = \frac{T_1}{T_4} \quad (4-5)$$

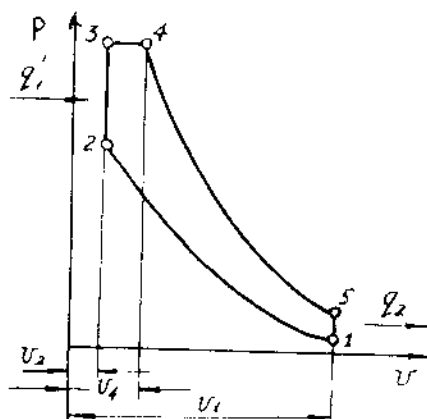
Thay các giá trị ta có:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4}{T_3} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \quad (4-6)$$

Như vậy hiệu suất nhiệt của chu trình η_t tăng cùng với sự tăng hệ số nén thể tích ϵ . Nhưng đối với động cơ đốt trong dạng này hệ số ϵ không được tăng vượt quá 9. Vì nếu tăng quá có thể dẫn đến nổ hỗn hợp (do cháy quá nhanh) làm hỏng động cơ.

4.1.2. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông trong trường hợp đẳng tích và đẳng áp.

Đồ thị p-v của chu trình được thể hiện trên hình vẽ 4.2



Hình vẽ 4.2. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông trong trường hợp đẳng tích và đẳng áp

Không khí hút vào xi lanh sau đó được nén đoạn nhiệt (đường 1-2). Trong xi lanh chỉ có không khí vì thế hệ số nén ϵ cho phép tăng đến 20 lần. Nhiệt độ không khí ở cuối quá trình nén khoảng 600 - 800°C. Tiếp đến bơm vào xi lanh động cơ chất cháy (xăng dầu) qua thiết bị phun. Một phần chất cháy được đốt cháy tức thời ở thể tích không đổi, số còn lại được tiếp tục đốt cháy trong quá trình pit tông chuyển động và thể tích khí trong xi lanh tăng, còn áp suất gần như không đổi. Nhiệt lượng q_1 mà môi chất nhận được ở cả quá trình đẳng tích (2-3) là q_1' và quá trình đẳng áp (3-4) là q_1'' . Tức là $q_1 = q_1' + q_1''$. Sau đó sản phẩm cháy trong xi lanh giãn nở đoạn nhiệt (4-5). Nhiệt lượng q_2 thoát ra ngoài theo đường đẳng tích (5-1). Cứ như vậy chu trình được lặp lại.

Chu trình được đặc trưng bởi hệ số nén $\epsilon = v_1 / v_2$ hệ số tăng áp suất $\lambda = p_3 / p_2$ và hệ số giãn nở $\rho = v_4 / v_3$.

Hiệu suất nhiệt của chu trình được xác định như sau:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1' + q_1''} \quad (4-7)$$

$$q_1' = C_v (T_3 - T_2); \quad q_1'' = C_p (T_4 - T_3); \quad q_2 = C_v (T_5 - T_1) \quad (4-8)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v (T_5 - T_1)}{C_v (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3)} \quad (4-9)$$

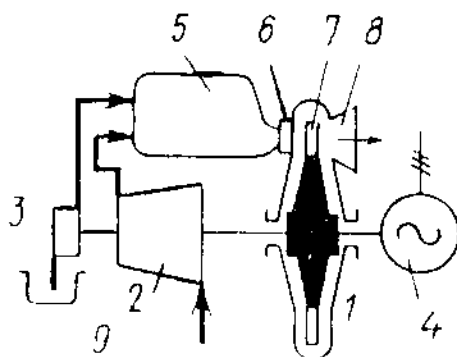
hay qua biến đổi ta có

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \rho^k - 1}{\epsilon^{k-1} [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)]} \quad (4-10)$$

4.2. CHU TRÌNH TUA BIN KHÍ

4.2.1. Chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng áp

Nguyên lý cấu tạo của tua bin khí được thể hiện ở hình vẽ 4.3.



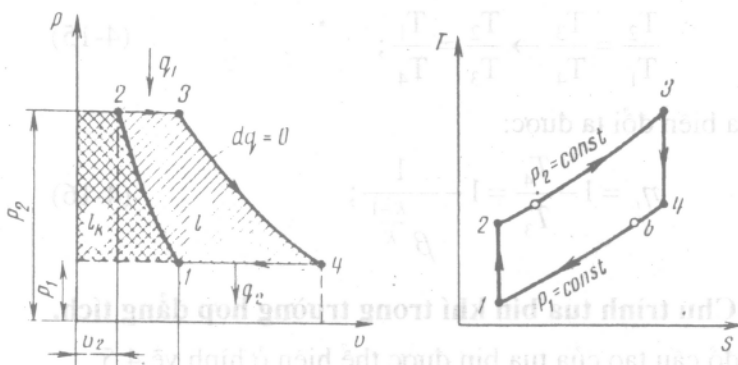
Hình vẽ 4.3: Sơ đồ cấu tạo tua bin khí trường hợp đẳng áp.

1. Tua bin khí; 2. Máy nén khí; 3. Máy bơm chất đốt; 4. Nguồn tiêu thụ nhiệt; 5. Buồng đốt; 6. Miệng vòi của tua bin khí; 7. Cánh quạt tua bin; 8. Bể nhiên liệu.

Không khí nén qua máy nén khí 2 đưa vào buồng đốt 5. Trong buồng đốt, chất cháy được máy bơm 3 đưa vào qua thiết bị phun với áp suất không đổi và được đốt cháy. Sản phẩm cháy được dẫn đến miệng vòi của tua bin 6. Ở các miệng vòi phun, thế năng của khí được chuyển hoá thành động năng. Dòng khí với vận tốc lớn từ các miệng vòi phun được đẩy vào cánh quạt 7 của tua bin, nó chuyển động năng của dòng khí thành cơ năng làm quay tua bin.

Trên hình vẽ 4.4.a biểu diễn trên đồ thị PV - chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng áp. Đường 1-2 biểu diễn quá trình nén

không khí đoạn nhiệt trong máy nén; đường 2-3 là quá trình cấp nhiệt q cho không khí nén trong buồng đốt; đường 3-4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt sản phẩm cháy trong tua bin khí; đường 4-1 là quá trình mất nhiệt q_2 đẳng áp. Công của chu trình được minh họa bằng diện tích 1.2.3.4.1 trên hình vẽ 4.4.b. đồ thị TS của chu trình.



Hình vẽ 4.4. Đồ thị PV và TS chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng áp.

Hiệu suất nhiệt của chu trình được xác định theo công thức sau.

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad (4-11)$$

$$q_1 = C_P(T_3 - T_2) = C_P T_3 \left(1 - \frac{T_2}{T_3}\right) \quad (4-12)$$

$$q_2 = C_P(T_4 - T_1) = C_P T_4 \left(1 - \frac{T_1}{T_4}\right) \quad (4-13)$$

Đối với các quá trình đoạn nhiệt 1 - 2 và 3 - 4.

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}; \quad \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (4-14)$$

Ở đây $\beta = \frac{P_2}{P_1}$ là hệ số tăng áp suất.

Từ các công thức trên ta có:

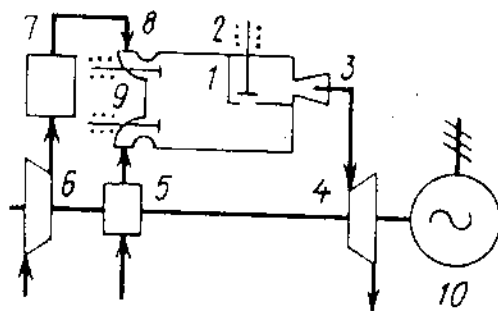
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_4}; \quad (4-15)$$

Qua biến đổi ta được:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4}{T_3} = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}; \quad (4-16)$$

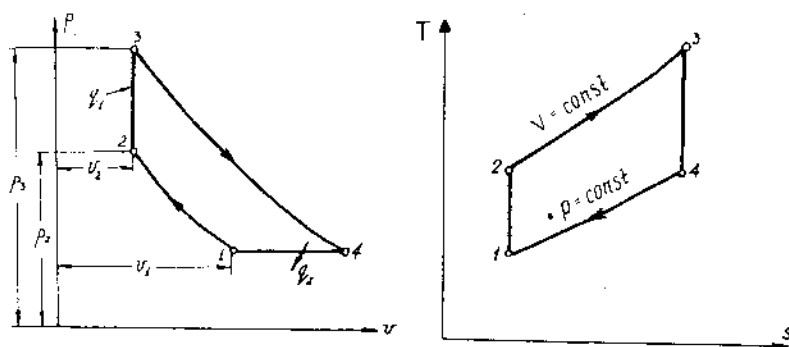
4.2.2. Chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng tích.

Sơ đồ cấu tạo của tua bin được thể hiện ở hình vẽ 4.5



Hình vẽ: 4.5. Sơ đồ cấu tạo tua bin khí trong trường hợp đẳng tích.

Không khí từ bên ngoài được máy nén khí 6 đưa vào bể điều chỉnh (7). Từ bể 7, không khí được đưa qua van 8 vào buồng đốt 1. Đồng thời chất cháy được máy bơm 5 bơm qua van 9 vào buồng đốt 1; Trong buồng đốt các van 2; 8; 9 ở trạng thái đóng xảy ra quá trình cháy chất cháy nhờ tia lửa của bu zi. Sau khi cháy, van 2 mở, sản phẩm cháy đi vào miệng vòi 3, được giãn nở đến áp suất bên ngoài. Khí đi qua cánh quạt tua bin 4 và sinh công có ích truyền cho máy phát điện, sau đó khí thoát ra ngoài.



Hình vẽ 4.6. Đồ thị PV và TS của chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng tích.

Hiệu suất nhiệt của chu trình là:

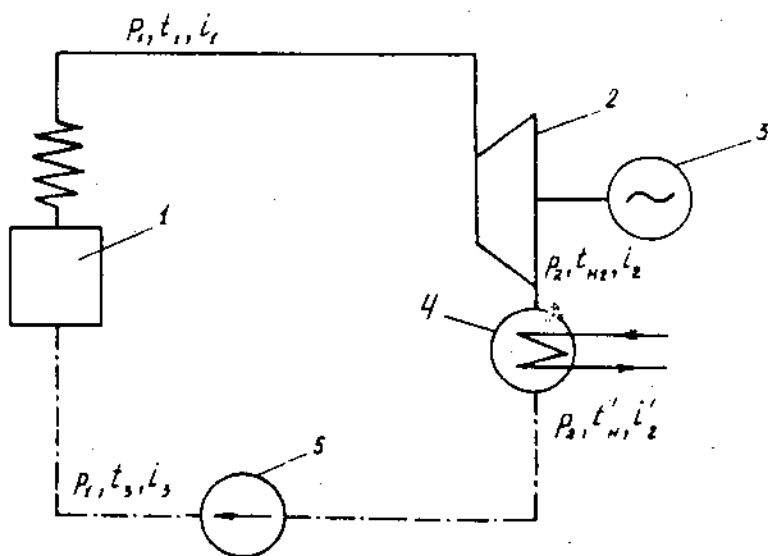
$$\eta_1 = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_P(T_4 - T_1)}{C_V(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{k(T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \quad (4-17)$$

$$\text{Thay } \beta = \frac{P_2}{P_1} \text{ và } \lambda = \frac{P_3}{P_2} \text{ ta có} \quad (4-18)$$

$$\eta_i = 1 - \left[k(\lambda^{1/K} - 1) \right] \left[\beta^{\frac{K-1}{K}} (\lambda - 1) \right] \quad (4-19)$$

4.3. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ HƠI NƯỚC

Sơ đồ cấu tạo của động cơ hơi nước được thể hiện ở hình vẽ 4.7



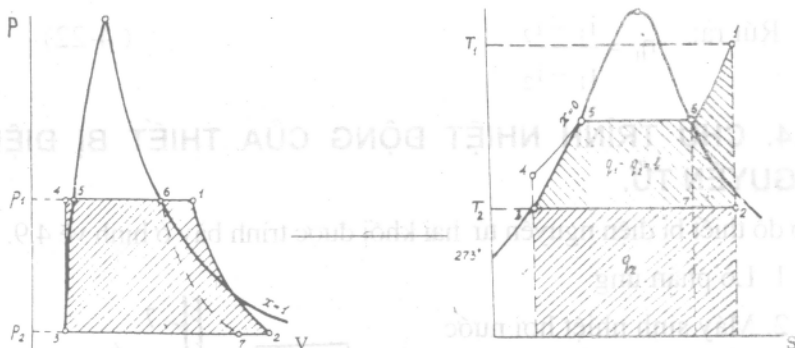
Hình vẽ 4.7. Sơ đồ cấu tạo động cơ hơi nước của Rencin

1. Nồi hơi; 2. Tua bin; 3. Thiết bị tiêu thụ;
4. Thiết bị ngưng tụ; 5. Máy bơm.

Môi chất trong động cơ có hơi nước là nước được đưa vào nồi hơi 1 để chuyển hoá thành hơi nước bão hoà, sau đó được đưa vào thiết kế bị nung nóng để trở thành hơi nóng có các thông số

P_1 ; t_1 và i_1 rồi đi vào tua bin 2; Ở đây nó được giãn nở đến P_2 ; rồi sinh công có ích truyền cho thiết bị tiêu thụ (tức thiết bị sinh điện năng). Hơi nước thải ra có các thông số P_2 , t_2 và i_2 đi vào thiết bị ngưng tụ 4; chất ngưng tụ (nước) được máy bơm 5 lại đưa trở lại nồi hơi 1. Chu trình nhiệt động này được kỹ sư người Scotlan là Renkin phát minh ra nên còn gọi là chu trình Renkin.

Đồ thị PV và TS của chu trình được biểu diễn trên hình vẽ 4.8.



Hình vẽ 4.8. Chu trình Renkin

a) Đồ thị P- V;

b) Đồ thị T-S

Đường 1-2 biểu diễn quá trình giãn nở đoạn nhiệt hơi nước trong tua bin. Đường 2 - 3 quá trình ngưng tụ đẳng áp trong thiết bị ngưng tụ, đường 3 - 4 quá trình nung nóng nước được bơm từ thiết bị ngưng tụ đến nồi hơi; đường 4 - 5 là quá trình nung nóng đẳng áp. Đường 5 - 6 quá trình tạo hơi nước trong lò hơi; và đường 6-5 là quá trình nung nóng hơi nước.

Hiệu suất nhiệt của chu trình là:

$$\eta_1 = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{\ell_0}{q_1} = \frac{i_1 - i_2}{q_1}; \quad (4-20)$$

$$q_1 = i_1 - i_2; \quad q_2 = i_2 - i_2' \quad (4-21)$$

i_1 - entanpi của hơi nước được nung nóng trước khi vào tua bin.

i_2' - entanpi của chất ngưng tụ với áp suất P_2 ;

i_2 - entanpi của hơi nước thoát ra ngoài.

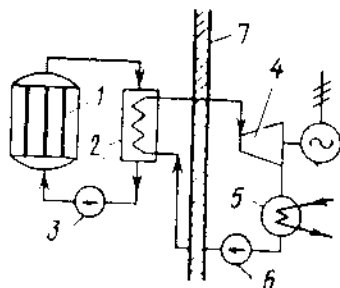
ℓ_0 - là công được sinh ra trong chu trình

$$\text{Rút ra: } \eta_1 = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} \quad (4-22)$$

4.4. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ ĐIỆN NGUYÊN TỬ.

Sơ đồ thiết bị điện nguyên tử hai khối được trình bày ở hình vẽ 4.9.

1. Lò phản ứng
2. Máy sinh nhiệt hơi nước
3. Máy bơm
4. Tua bin
5. Thiết bị ngưng tụ
6. Máy bơm
7. Tường ngăn bảo vệ khu lò phản ứng



Hình vẽ 4.9. Sơ đồ thiết bị điện nguyên tử hai khối

Trong lò phản ứng nguyên tử 1 do kết quả phản ứng phân rã sinh ra nhiệt. Nhiệt lượng được truyền đến chất mang nhiệt trung gian nhờ máy bơm 3 rồi đi vào máy sinh nhiệt 2. Nó truyền nhiệt

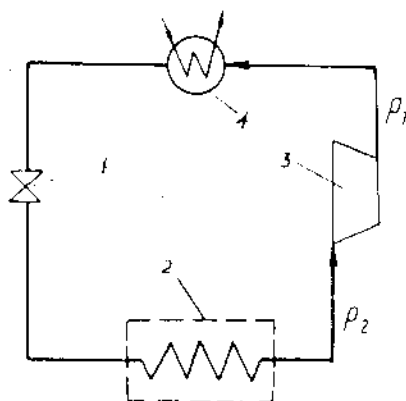
cho tua bin 4, làm quay tua bin và phát điện. Tiếp đó hơi nước được đưa vào thiết bị ngưng tụ 5 rồi nhờ máy bơm 6 bơm nước vào máy sinh nhiệt 2. Để bảo vệ và chống rò rỉ phóng xạ người ta xây tường ngăn 7 để bảo vệ khu lò phản ứng.

Chu trình nhiệt động của thiết bị điện nguyên tử về cơ bản giống như chu trình nhiệt động cơ hơi nước hay tua bin khí. Chỉ khác là chất sinh nhiệt dùng chất phóng xạ Uran hay Plutoni.

4.5. CHU TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ LÀM LẠNH.

Sơ đồ thiết bị làm lạnh được trình bày trên hình vẽ 4.10

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| 1. Van tiết lưu | 2. Thiết bị làm hoá hơi |
| 3. Máy nén khí | 4. Thiết bị ngưng tụ |



Hình vẽ 4.10. Sơ đồ thiết bị làm lạnh

Chất halozen ở thể khí được đưa từ thiết bị hoá hơi 2 vào máy nén 3, ở đây nó được nén đến áp suất P_1 . Sau đó nó được đưa vào

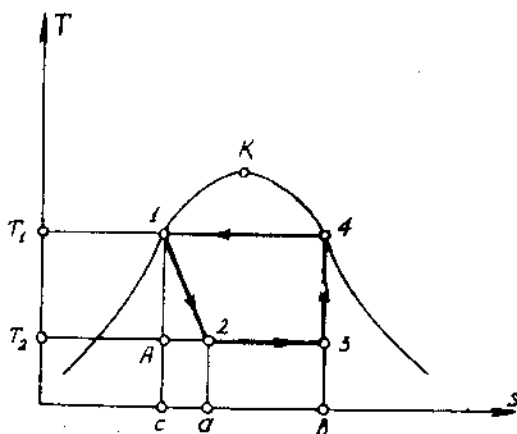
thiết bị ngưng tụ 4. Truyền nhiệt cho môi trường lạnh và tự ngưng tụ ở nhiệt độ T_1 và áp suất P_1 . Chất halozen lỏng ở trạng thái bão hoà được đưa qua van tiết lưu 1 vào thiết bị hoá hơi 2. Khi đi qua van tiết lưu 1, halozen lỏng bị giảm nhiệt độ xuống T_2 và áp suất P_2 .

Đồ thị TS của chu trình được thể hiện trên hình vẽ 4.11. Quá trình tiết lưu trong van tiết lưu được biểu diễn bằng đường 1-2. Quá trình hoá hơi với nhiệt độ T_2 và P_2 được biểu diễn bằng đường 2 - 3. Quá trình nén trong máy nén đường 3 - 4 và quá trình ngưng tụ đẳng áp và đẳng nhiệt là đường 4 - 5.

Công của chu trình bằng $\ell = i_4 - i_3$; và nhiệt lượng q_2 truyền cho vật làm lạnh trong buồng lạnh là $q_2 = i_3 - i_2$.

Hiệu suất làm lạnh của chu trình là

$$\varepsilon = \frac{i_3 - i_2}{i_4 - i_3} \quad (4-23)$$



Hình vẽ 4.11. Đồ thị TS của chu trình thiết bị làm lạnh.

Hiện nay chất halozen dùng trong thiết bị làm lạnh thường là các chất sau: Amôniắc NH_3 ; etan C_2H_6 ; clouruamêtin CH_3CL . Các phereôn: $\phi - 12$ (CF_2CL_3); $\phi - 113$ ($\text{C}_2\text{F}_3\text{CL}_3$); $\phi - 162$ ($\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3\text{CL}$).

Chương V

PHÂN TÍCH CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG CỦA ĐÁM CHÁY XẢY RA Ở TRONG PHÒNG

5.1. KHÁI NIỆM.

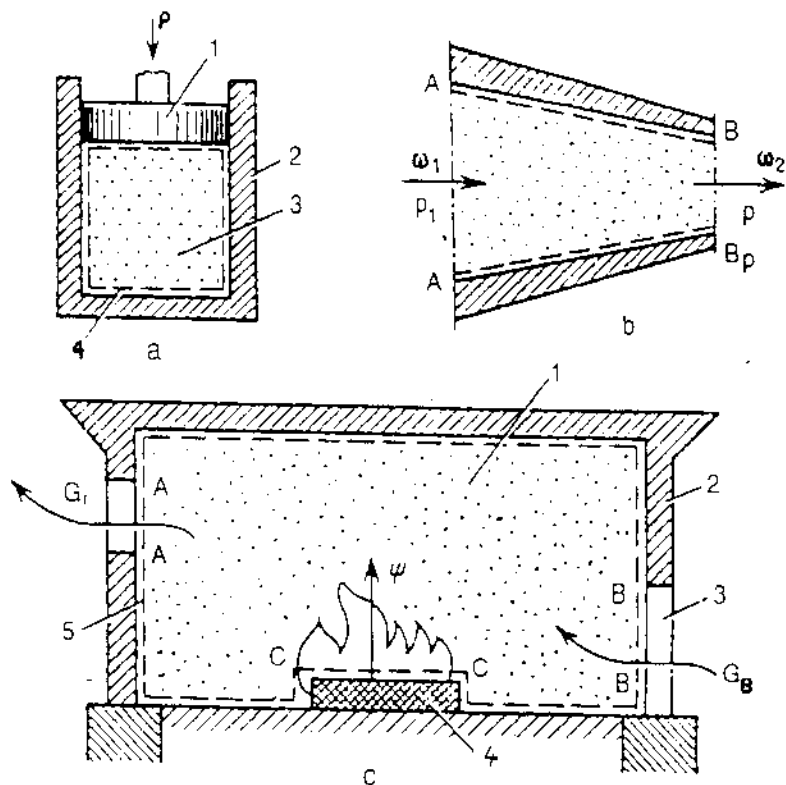
Đám cháy xảy ra ở trong phòng là quá trình đặc trưng kéo theo sự thay đổi thành phần môi trường có ở trong phòng. Môi trường khí cháy ở trong phòng thông qua các cửa đi, cửa sổ... tác động qua lại với không khí ở bên ngoài như là hệ thống nhiệt động hở. Sự thay đổi các thông số trạng thái của hệ thống này là do sự trao đổi năng lượng với môi trường bên ngoài.

Trong môi trường khí cháy ở trong phòng vào bất kỳ thời điểm nào cũng có sự cân bằng cục bộ. Môi trường đó có thể coi là môi trường khí thực. Các thông số nhiệt động cơ bản của trạng thái khí ở mỗi điểm trong khoảng không tự do của phòng có mối quan hệ với nhau bằng phương trình Clapezon - Mendeleep (1-12a).

Trạng thái của môi trường khí cháy ở trong phòng có thể được biểu diễn đặc trưng thông qua các thông số nhiệt động trung bình thể tích, giữa chúng có mối quan hệ với nhau thông qua phương trình được xác định từ điều kiện cân bằng cục bộ.

Nhờ có các thông số trạng thái trung bình thể tích, ta có thể xem xét các quy luật chung của quá trình phát triển đám cháy,

giải thích những đặc trưng riêng biệt và các yếu tố gây nên các quy luật đó.



Hình vẽ 5.1: Các hệ thống nhiệt động

- a) Hệ thống kín
- b) Hệ thống chảy lưu
- c) Hệ thống hở (đám cháy ở trong phòng có cửa thông với môi trường bên ngoài)

1. Môi trường khí cháy
2. Tường ngăn
3. Cửa thông khí
4. Chất cháy

ψ , G_B , G_r là dòng sản phẩm khí nhiệt phân không khí và khí cháy thoát ra ngoài.

Hiểu biết các quy luật đó là cần thiết khi giải một loạt các bài toán kỹ chiến thuật phòng cháy, chữa cháy trong việc đảm bảo an toàn thoát nạn, xây dựng phương án chữa cháy, bố trí lực lượng, phương tiện chữa cháy, đánh giá mức độ chịu lửa thực tế của ngôi nhà, điều tra kết luận nguyên nhân cháy.

Các thông số trạng thái trung bình thể tích cơ bản của môi trường khí cháy khi đám cháy xảy ra ở trong phòng bao gồm: Nhiệt độ trung bình thể tích (T_m); áp suất trung bình thể tích (P_m); khối lượng riêng trung bình thể tích (ρ_m), nồng độ trung bình của các thành phần của môi trường khí cháy là O_2 , CO_2 , CO ...

5.2. CÁC THÔNG SỐ TRẠNG THÁI TRUNG BÌNH THỂ TÍCH CỦA MÔI TRƯỜNG KHÍ CHÁY Ở TRONG PHÒNG.

a) Khối lượng riêng (ρ_m)

Một phòng thể tích V có số lượng cửa bất kỳ (hình vẽ 5.1). Chúng ta sẽ xem xét một số thời điểm của quá trình phát triển đám cháy xảy ra trong phòng. Khối lượng khí cháy có ở trong phòng vào một thời điểm cháy là m (G). Chia khối lượng m cho thể tích V ta có khối lượng riêng trung bình ρ_m

$$\rho_m = \frac{m}{V} \text{ kg/m}^3 \quad (5-1)$$

Biểu diễn dưới dạng vi phân ta có:

$$dm = \rho dV \quad (5-2)$$

$$\rho_m = \frac{1}{V} \int_V \rho dV \quad \text{kg / m}^3 \quad (5-3)$$

b) Khối lượng riêng: thành phần trung bình thể tích và nồng độ của thành phần môi trường khí cháy.

Đặt m_i là khối lượng của thành phần thứ i của hỗn hợp khí cháy ở trong phòng. Chia khối lượng m_i cho thể tích của phòng V , ta nhận được khối lượng riêng của thành phần thứ i của hỗn hợp.

$$\rho_{m_i} = \frac{m_i}{V} \quad \text{kg / m}^3 \quad (5-4)$$

Tương tự nếu biết khối lượng riêng ρ_i ta sẽ có

$$\rho_m = \frac{1}{V} \int_V \rho_i dV \quad \text{kg / m}^3 \quad (5-5)$$

Mối quan hệ giữa ρ_m và ρ_{m_i} được xác lập thông qua khối lượng, vì

$$m = \sum_{i=1}^n m_i \quad (5-6)$$

Khi đó
$$\rho_m = \sum_{i=1}^n \rho_{m_i} \quad (5-7)$$

c) Áp suất trung bình thể tích (P_m)

Chia thể tích phòng V thành các phần nhỏ dV . Khi đó áp suất trong thể tích nhỏ là p . Tại các điểm khác nhau trong phòng thì áp suất về cơ bản bằng nhau và bằng :

$$P_m = \frac{1}{V} \int_V p dV \quad \text{kg / m} \quad (5-8)$$

d) Nhiệt độ trung bình thể tích (T_m)

Căn cứ vào điều kiện cân bằng cục bộ trạng thái môi trường khí cháy, các thông số trạng thái cục bộ ở mỗi điểm trong khoảng không thể tích phòng có mối quan hệ với nhau bằng phương trình Klaperton.

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (5-9)$$

Khi phân tích giá trị hằng số chất khí ở các môi trường cháy khác nhau, người ta thấy rằng giá trị của nó thay đổi trong quá trình cháy, tuy nhiên sự thay đổi đó rất nhỏ không đáng kể so với giá trị hằng số đối với không khí.

Nhân 2 vế phương trình trên với dV ta có:

$$\rho dV = \frac{P}{RT} dV \quad (5-10)$$

Vế phải của (5.10) ta nhân và chia cho P_m và R_m

$$\rho dV = \frac{P_m}{R_m} \frac{P}{P_m} \cdot \frac{R_m}{R} \cdot \frac{1}{T} dV \quad (5-11)$$

R_m - hằng số chất khí trung bình của môi trường cháy

Tích phân phương trình trên theo giá trị thể tích phòng và chia kết quả cho thể tích phòng ta được

$$\frac{1}{V} \int \rho dV = \frac{P_m}{R_m} \left[\frac{1}{V} \int \left(\frac{P}{P_m} \cdot \frac{R_m}{R} \right) \frac{1}{T} dV \right] \quad (5-12)$$

$$\rho_m = \frac{P_m}{R_m} \left[\frac{1}{V} \int \left(\frac{P}{P_m} \cdot \frac{R_m}{R} \right) \frac{1}{T} dV \right] \quad (5-13)$$

Cân bằng hai công thức (5.13) và (5.9) và thay bằng giá trị

$$T_m \text{ ta được: } \frac{1}{T_m} = \left[\frac{1}{V} \int_v \left(\frac{P}{P_m} \cdot \frac{R_m}{R} \right) \frac{1}{T} dV \right] \quad (5-14)$$

$$\text{Hoặc } T_m = \left[\frac{1}{V} \int_v \left(\frac{P}{P_m} \cdot \frac{R_m}{R} \right) \frac{1}{T} dV \right]^{-1} \quad (5-15)$$

Đại lượng T_m được xác định theo công thức (5.15) là nhiệt độ trung bình thể tích của môi trường khí cháy ở trong phòng. Giữa các đại lượng trung bình thể tích ρ_m , P_m , T_m , R_m tồn tại mối quan hệ theo công thức sau:

$$\rho_m = \frac{P_m}{R_m \cdot T_m} \quad (5-16)$$

Có nghĩa là cũng giống như mối quan hệ của các thông số cục bộ ρ , P , T , R của môi trường khí.

Trong các điều kiện thực tế của đám cháy nếu không có những tác động của sóng không khí do ảnh hưởng của nổ thì giá trị áp suất ở các điểm khác nhau ở trong phòng không khác nhau nhiều, sự khác nhau lớn nhất chỉ là khoảng 10 Па. Giá trị này chỉ chiếm một phần mười phần trăm so với áp suất trung bình ở trong phòng. Vì thế trong các điều kiện thực tế của đám cháy ta có $P/R_m \approx 1$. Tương tự ta có $R_m/R \approx 1$.

Khi đó T_m có thể tính theo công thức rút gọn sau:

$$T_m = \left[\frac{1}{V} \int_v \frac{1}{T} dV \right]^{-1} \quad (5-17)$$

Ngoài ra, người ta cũng có thể dùng công thức sau để xác định T_m

$$T_m' = \frac{1}{V} \int_V T dV \quad (5-18)$$

Trong trường hợp nhiệt độ không đồng nhất, nhiệt độ trung bình thể tích T_m theo công thức (5.17) nhỏ hơn T_m' tính theo (5.18). Trong các điều kiện thực tế của đám cháy, sự chênh lệch giữa T_m và T_m' chỉ chiếm khoảng 5-10%.

5.3. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CỦA ĐÁM CHÁY Ở TRONG PHÒNG.

Các phương trình của đám cháy mô tả sự thay đổi các thông số trạng thái trung bình của thể tích theo thời gian cháy. Những phương trình này được xây dựng từ những quy luật lý học: như quy luật bảo toàn khối lượng, quy luật nhiệt động thứ nhất (quy luật bảo toàn năng lượng).

5.3.1. Phương trình cân bằng vật chất.

Trong quá trình xảy ra đám cháy ở trong phòng có thể tích V và có các cửa thông gió với bên ngoài như hình vẽ trên, các thông số nhiệt độ, khối lượng riêng, tổng khối lượng khí cháy (gồm sản phẩm cháy và không khí có ở trong phòng). Vào thời điểm τ khối lượng khí cháy là $m = \rho_{m\tau} V$. Sau sự biến thiên rất nhỏ thời gian cháy $d\tau$ thì khối lượng khí cháy cũng thay đổi một lượng rất nhỏ được $d(\rho_{m\tau} V)$

Trong khoảng thời gian $d\tau$, qua các cửa thông gió của phòng thoát ra ngoài một lượng khí cháy và đồng thời cũng có một lượng không khí vào phòng để duy trì sự cháy. Trong quá trình cháy, chất rắn hoặc chất lỏng cháy bị nhiệt phân được tạo nên những khí cháy tham gia vào quá trình cháy.

Nếu vào thời điểm tính toán τ , lượng không khí vào bằng G_B , lượng khí cháy thoát ra G_r , vận tốc cháy hoàn toàn ψ (tức là số lượng chất cháy được hoàn toàn chuyển sang thể khí trong một đơn vị thời gian).

Đối với quãng thời gian vô cùng nhỏ $d\tau$, sự thay đổi của G_B , G_r và ψ là không đáng kể có thể bỏ qua. Khi đó lượng thay đổi của các đại lượng trên theo $d\tau$ sẽ là : $G_B d\tau$, $G_r d\tau$, $\psi d\tau$

Từ quy luật bảo toàn khối lượng ta có:

$$d(\rho_m V) = G_B d\tau + \psi d\tau - G_r d\tau \quad (5-19)$$

Hoặc có thể viết

$$\frac{d}{d\tau} (\rho_m V) = G_B + \psi - G_r \quad (5-20)$$

Đây là phương trình cân bằng vật chất của đám cháy ở trong phòng

Trong những trường hợp thể tích của phòng xảy ra cháy không đổi ($V = \text{const}$) ta có:

$$V \frac{d\rho_m}{d\tau} = G_B + \psi - G_r \quad (5-21)$$

Phương trình (5.21) cho phép xác lập một quy luật chung của quá trình phát triển đám cháy ở trong phòng có cửa thông với môi trường bên ngoài.

Sự phụ thuộc T_m theo thời gian được thể hiện ở hình vẽ. Theo phương trình (5.21) có thể chia ra 3 chế độ phát triển đám cháy.

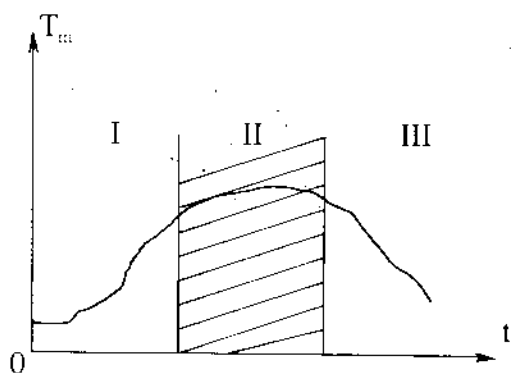
- Chế độ I: Được đặc trưng bởi sự gia tăng nhiệt độ T_m và giảm khối lượng riêng ρ_m , có nghĩa là $\frac{d\rho_m}{d\tau} < 0$ khi đó ta có:

$$G_B + \psi < G_r$$

Ở chế độ I, lượng khí cháy thoát ra ngoài phòng nhiều hơn lượng không khí đi vào phòng cộng với lượng chất khí được chuyển hoá của chất cháy sang trạng thái khí.

- Chế độ II : Là chế độ nhiệt ổn định $\frac{d\rho_m}{d\tau} \approx 0$ tức $G_b + \psi \approx G_r$, lượng khí cháy thoát ra ngoài phòng gần bằng tổng lượng không khí vào phòng và số lượng khí được tạo thành do chuyển hoá của chất cháy.

- Chế độ III : Ta có $\frac{d\rho_m}{d\tau} > 0$ tức $G_b + \psi > G_r$, lượng khí cháy thoát ra ngoài phòng nhỏ hơn tổng lượng không khí vào phòng và số lượng khí được tạo thành do nhiệt phân chất cháy.



Hình vẽ 5.2. Các chế độ của đám cháy

I. Sự tăng nhiệt độ; II. Chế độ nhiệt ổn định; III. Sự giảm nhiệt độ

5.3.2. Phương trình cân bằng ô xy

Cũng với cân phòng có thể tích như trên. Vào thời điểm τ , khối lượng ôxy (m_1) được xác định theo công thức sau:

$$m_l = \rho_m \cdot V \cdot x_l \quad (5-22)$$

X_l là nồng độ trung bình thể tích của ô xy vào thời điểm cháy τ :

Khi thời gian gia tăng $d\tau$ thì khối lượng ô xy sẽ gia tăng thêm một lượng $d(\rho_m \cdot V \cdot x_l) = dm_l$

Số lượng ôxy bị tiêu hao qua thời gian cháy $d\tau$ bằng $\eta\psi \cdot L_l \cdot d\tau$

L_l - là khối lượng ô xy cần thiết để cháy hết hoàn toàn một đơn vị khối lượng chất cháy, đơn vị đo L_l là kg/kg.

η - hệ số cháy hoàn toàn chất cháy.

Số lượng ô xy đi vào phòng cùng không khí để duy trì sự cháy là $G_B x_{lb} \cdot d\tau$

X_{lb} - nồng độ ô xy có trong không khí, thường lấy bằng $X_{lb} = 0,23$

Số lượng ô xy thoát ra khỏi phòng cùng với khí cháy bằng : $G_r X_{lr} \cdot d\tau$

X_{lr} - nồng độ ô xy có trong khí cháy

$$\frac{X_{lr}}{X_l} = n_l \leq 1 \quad (5-23)$$

$$X_{lr} \leq X_l$$

Thực tế cho thấy X_{lr} không khác biệt lắm với X_l .

Từ quy luật bảo toàn khối lượng ta có:

$$d(\rho_m x_l V) = G_B x_{lb} \cdot d\tau - G_r x_{lr} \cdot d\tau - \psi \eta \cdot L_l \cdot d\tau \quad (5-24)$$

Chia 2 vế cho $d\tau$:

$$\frac{d}{d\tau}(\rho_m x_l V) = G_B x_{lb} - G_r x_{lr} - \psi \eta L_l \quad (5-25)$$

Đây là phương trình cân bằng ô xy trong đám cháy xảy ra ở trong phòng .

Kết hợp công thức (5.25) và (5.20) ta có:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} (\rho_m x_1 V) &= \rho_m V \frac{dx_1}{dt} + x_1 \frac{d}{dt} (\rho_m V); \\ &= \rho_m V \frac{dx_1}{dt} + x_1 (G_B + \psi - G_I); \end{aligned} \quad (5-26)$$

Thay (5-26) vào (5.25) ta được :

$$\rho_m V \left[\frac{dx_1}{dt} \right] = G_B (x_{IB} - x_1) + G_I x_1 (1 - n_1) - \psi (x_1 + \eta L_1) \quad (5-27)$$

5.3.3. Phương trình cân bằng sản phẩm cháy của đám cháy.

Trong quá trình cháy tạo thành các sản phẩm cháy nguy hiểm cho tính mạng con người như CO_2 , CO , v.v.. Vào thời điểm τ khối lượng từng loại sản phẩm cháy được xác định theo công thức sau:

$$m_2 = \rho_m x_2 V \quad (5-28)$$

x_2 - Là nồng độ trung bình thể tích của sản phẩm cháy.

Khi thời gian thay đổi lượng dt thì khối lượng sản phẩm cháy thay đổi lượng :

$$dm_2 = d(\rho_m x_2 V) \quad (5-29)$$

Số lượng sản phẩm cháy tạo thành qua thời gian dt là $\eta_1 \psi L_2 dt$

L_2 - Là số lượng sản phẩm cháy tạo thành do cháy hoàn toàn một đơn vị khối lượng chất cháy. Đơn vị đo $L_2 = \text{kg/kg}$

Số lượng sản phẩm cháy thoát ra ngoài trong khoảng thời gian $d\tau$ là $G_1 \cdot x_{21} \cdot d\tau$.

x_{21} - nồng độ sản phẩm cháy

Nồng độ sản phẩm cháy có mối quan hệ sau

$$\frac{x_{21}}{x_2} = n_2 \geq 1$$

Số lượng sản phẩm cháy đi vào trong phòng cùng với không khí trong thời gian $d\tau$ là $G_B x_{2B} d\tau$.

x_{2B} - Nồng độ loại sản phẩm cháy có trong không khí.

Theo quy luật bảo toàn khối lượng tổng đại số các dòng khối lượng sản phẩm cháy phải bằng sự thay đổi khối lượng chính của sản phẩm cháy đó ở trong phòng.

$$d(\rho_m x_2 V) = \eta \psi L_2 d\tau + G_B x_{2B} d\tau - G_1 x_{21} d\tau \quad (5-30)$$

Chia cho $d\tau$

$$\frac{d}{d\tau}(\rho_m x_2 V) = \eta \psi L_2 + G_B x_{2B} - G_1 x_{21} \quad (5-31)$$

Đây là phương trình cân bằng sản phẩm cháy

Kết hợp (5-31) với (5-20) ta được

$$\rho_m V \left(\frac{dx_2}{d\tau} \right) = \psi (L_2 \eta - x_2) + G_B (x_{2B} - x_2) - G_1 x_2 (n_2 - 1) \quad (5-32)$$

Đối với những loại sản phẩm cháy mà trong thành phần không khí không có hoặc có không đáng kể, ta có thể bỏ qua tính toán thì công thức (5.32) sẽ có dạng sau :

$$\rho_m V \left(\frac{dx_2}{d\tau} \right) = \psi (L_2 \eta - x_2) + G_H (x_{2H} - x_2) - G_L x_2 (n_2 - 1) \quad (5-33)$$

5.3.4. Phương trình cân bằng khí trơ ở đám cháy

Khí trơ là những khí không tham gia vào các phản ứng hoá học xảy ra trong quá trình cháy. Ví dụ như Nitơ

Phương trình cân bằng khí trơ ở đám cháy có thể rút ra từ phương pháp xem xét các phương trình nêu ở trên và có dạng sau:

$$\frac{d}{d\tau} (\rho_m x_3 V) = x_{3H} G_H - x_3 n_3 G_L \quad (5-34)$$

x_3 - Nồng độ trung bình thể tích của khí trơ có ở trong phòng.

x_{3H} - Nồng độ loại khí trơ này có trong không khí.

$\frac{x_{3H}}{x_3} = n_3$ - Hệ số biểu thị sự khác biệt giữa hai giá trị nồng độ.

Kết hợp công thức (5.34) vào công thức (5.20) ta có :

$$\rho_m V \left(\frac{dx_1}{d\tau} \right) = G_H (x_{3H} - x_3) - x_3 \psi - G_L x_3 (n_3 - 1) \quad (5-35)$$

5.3.5. Phương trình năng lượng.

Hệ thống nhiệt động đối với đám cháy xảy ra ở trong phòng có cửa thông với môi trường bên ngoài là hệ thống nhiệt động hở. Vì thế không thực hiện công giãn nở, cũng như công kỹ thuật. Động năng sự chuyển động của hệ nhỏ so với nội năng (năng lượng bên trong) của nó không lớn nên có thể bỏ qua trong các tính toán .

Nội năng của khí cháy ở trong phòng được xác định như sau:
Ta chia thể tích phòng ra thành các phần nhỏ dV . Khối lượng khí cháy ở thời điểm τ là ρdV còn năng lượng của khối lượng khí đó là $C_v \cdot \rho \cdot T \cdot dV$. Nội năng của toàn bộ khí cháy ở trong phòng là :

$$U = \int_v C_v \rho \cdot T \cdot dV \quad (5-36)$$

$$\text{Vì } \rho \cdot T = P/R \text{ và } C_v/R = \frac{1}{k-1}$$

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

$$U = \int_v \frac{1}{k-1} P \cdot dV \quad (5-37)$$

Trong quá trình cháy tính nguyên tử của khí cháy có một số thay đổi. Giá trị hệ số đoạn nhiệt k có thể bằng nhau ở mọi điểm trong thể tích của phòng. Tuy rằng trong đám cháy thực tế có thể có sự khác nhau không lớn, Vì thế có thể coi $k = \text{const}$. Khi đó công thức (5-37) có dạng :

$$U = \frac{1}{k-1} \int_v P dV = \frac{1}{k-1} P_m V \quad (5-38)$$

Sự thay đổi nội năng của hệ thống nhiệt động đám cháy ở trong phòng sau một thời gian dt bằng :

$$dU = \frac{1}{k-1} d(P_m V) \quad (5-39)$$

Sự thay đổi nội năng của hệ nhiệt động nêu trên là do sự cung cấp nhiệt của nhiệt lượng tạo thành từ quá trình cháy do mất nhiệt vào việc nung nóng cấu kiện xây dựng và sự trao đổi chất trên đám cháy.

Số lượng nhiệt toả ra từ quá trình cháy sau khoảng thời gian $d\tau$ là $\psi \cdot \eta \cdot Q_H^p \cdot d\tau$

Q_H^p - Nhiệt lượng cháy nhỏ nhất của một đơn vị chất cháy.

η - Hệ số cháy hoàn toàn của chất cháy.

Số lượng nhiệt mất đi do nung nóng cấu kiện xây dựng là $Q_w \cdot d\tau$.

Q_w - dòng nhiệt lượng mà cấu kiện nhận được trong một đơn vị thời gian.

Khối lượng chất cháy được xác định từ định luật nhiệt động thứ nhất.

$$\frac{1}{k-1} d(P_m V) = \psi \cdot \eta \cdot Q_H^p d\tau - Q_w \cdot d\tau + (G_B i_B + \psi i_{II} - G_I i_I) d\tau \quad (5-40)$$

$i_B = C_{pB} \cdot T_B$ - Entanpi của không khí

$i_I = C_{pI} \cdot T_I$ - Entanpi của khí cháy.

i_{II} Entanpi của sản phẩm nhiệt phân chất cháy.

T_B - Nhiệt độ của khí cháy.

$C_{p,B}$ - Nhiệt dung riêng tăng áp của không khí.

$C_{p,I}$ - Nhiệt dung riêng đẳng áp của khí cháy.

$$\text{Đặt} \quad m = \frac{i_I}{i_m} = \frac{C_{p,I} T_I}{C_{p,m} T_m} \geq 1 \quad (5-41)$$

Thay (5.41) và (5.40) ta được :

$$\frac{1}{k-1} \frac{d}{d\tau} (P_m \cdot V) = \eta \psi Q_H^p - Q_w + G_B C_{p,B} T_B + \psi i_{II} - G_I C_{pI} m \cdot T_m \quad (5-42)$$

Phương trình (5-42) là phương trình năng lượng của đám cháy.

5.3.6. Những điều kiện ban đầu.

Những điều kiện ban đầu của hệ nhiệt động học của đám cháy xảy ra ở trong phòng đó là những giá trị của các thông số trạng thái môi trường khi đám cháy xảy ra:

Với $\tau = 0$

$$\text{Ta có : } T_m = T_{m0}; P_m = P_{m0}; \rho_m = \rho_{m0}; x_i = x_{i,0} \quad (5-43)$$

ký hiệu “ 0 ” cho ta hiểu là trước khi đám cháy xảy ra

Tất cả các công thức phương trình trạng thái, phương trình cân bằng vật chất, cân bằng ô xy, cân bằng sản phẩm cháy, cân bằng khí trơ, phương trình năng lượng và những điều kiện ban đầu cho ta một khái quát chung dưới dạng các công thức toán học về đám cháy xảy ra ở trong phòng có sự trao đổi khí với môi trường xung quanh.

Các phương trình trên có chứa các tham số $\rho_m, P_m, T_m, x_1, x_2, x_3$. Số lượng các tham biến bằng số lượng phương trình nên sự mô tả mạng tính khép kín.

Trong các phương trình trên, ngoài các tham số như đã nêu, còn có các đại lượng khác có thể xác định từ các bảng tra cứu hoặc phụ lục như : $Q_H^p, L_1, L_2, C_{PB} \dots$ các thông số G_B, G_T, Q_W, ψ xác định theo các công thức tính toán chúng được trình bày ở các giáo trình phòng cháy trong xây dựng, hoặc trong phần truyền nhiệt.

PHỤ LỤC

1. Tỷ lệ giữa các đơn vị đo áp suất

Số tt	Đơn vị đo	Pa	Bar	At một phe kỹ thuật Kl/cm ²	Mm Hg	Mm H ₂ O
1	1 Pa	1	10 ⁻⁵	1,02.10 ⁻⁵	7,5024.10 ⁻³	0,102
2	1 Bar	10 ⁵	1	1,02	7,5024.10 ²	1,02.10 ⁴
3	1KTC/cm ²	9,8067.10 ⁴	0,98067	1	735	10
4	Mm thủy ngân (mm.Hg)	133	1,33.10 ⁻³	1,36.10 ⁻³	1	13,6
5	Mm cột nước (mmH ₂ O)	9,8067	9,8067.10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	7,35.10 ⁻²	1

2. Tỷ lệ giữa các đơn vị đo nhiệt độ

$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$$

$$T^{\circ}\text{K} \quad - \text{ Nhiệt độ Kelvin}$$

$$t^{\circ}\text{F} = 1,8.t^{\circ}\text{C} + 32$$

$$t^{\circ}\text{F} \quad - \text{ Nhiệt độ Farenhe}$$

$$t^{\circ}\text{Ra} = 1,8.(t^{\circ}\text{C} + 273,15)$$

$$t^{\circ}\text{Ra} \quad - \text{ Nhiệt độ Renkin}$$

$$t^{\circ}\text{R} = 0,8 t^{\circ}\text{C}$$

$$t^{\circ}\text{R} \quad - \text{ Nhiệt độ Renulra}$$

3. Hệ số k và β_{th} của khí

Loại khí	$K = C_p/C_v$	$\beta_{th} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$
Một nguyên tử	1,67	0,482
Hai nguyên tử	1,4	0,528
Ba nguyên tử và hơi nước nóng	1,3	0,546

4. Một thông số nguy hiểm cháy của các chất

Số TT	Chất cháy	Vận tốc cháy theo trọng lượng M_o kg/m ² .h	Nhiệt lượng cháy thấp Q_{th} ; KJ/kg	Thể tích không khí cần cho sự cháy V_o ; m ³ /kg	Thể tích sản phẩm cháy V_{sp} ; m ³ /kg	Nhiệt độ bốc cháy t^0 ; C_{be}
1.	A xeton	158	28.800	7,26	8,14	610
2.	Xăng	160÷200	41.80	11,6	12,5	250
3.	Gỗ (đổ vật)	54	13.800	4,2	4,9	-
4.	Dầu diesel	150	48.800	11,2	12,0	300
5.	Cao su tự nhiên	22	26.900	6,8	7,5	-
6.	Dầu hỏa	160	41.870	11,36	12,29	250
7.	Phim anli	4200	16700	4,5	5,0	-
8.	Dầu mazut	125	38.700	10,44	11,35	300
9.	Giấy	20	13.400	4,2	4,9	-
10.	Cao su nhân tạo	40	33500	9,97	10,52	-
11.	Bông tơi	15	15.700	3,75	4,52	-
12.	Sợi	24	13.800	4,2	4,9	-
13.	Rượu etih	96-120	27.200	6,69	7,76	465
14.	Bia các tôn	22	26.900	6,8	7,5	-

5. Dòng nhiệt lượng tới hạn đối với một số chất

Số TT	Chất cháy	Nhiệt độ tự bốc cháy T^0K	Dòng nhiệt lượng tới hạn q_{th} w/m^2 tương ứng với thời gian tác động		
			3 phút	5 phút	15 phút
1.	Gỗ thông có độ ẩm 12% bề mặt sần sùi	679	20600	17.500	12.900
2.	Bông -- sợi	680	11000	9700	7500
3.	Bìa các tôn xám	-	18000	15.200	10.800
4.	Cao su nhân tạo	-	22600	19.200	14.800
5.	Than đá	-	-	35.000	35.000
6.	Gỗ có bề mặt sơn đỏ nhẵn	-	26.700	23.300	17.500

6. Bảng nhiệt dung riêng hằng số

Khí	kcal/kmol.k		kJ/kmol.k	
	C_{mv}	C_{mp}	C_{mv}	C_{mp}
Một nguyên tử	3	5	12,6	20,9
Hai nguyên tử	5	7	20,9	29,3
Ba và nhiều nguyên tử	7	9	29,3	37,7

7. Bảng nhiệt dung riêng trung bình phụ thuộc vào nhiệt độ (trong khoảng $0^0 \div 1500^0C$)

Khí	Nhiệt dung riêng khối lượng; kcal/kg.k	Nhiệt dung riêng thể tích; kcal/m _{ic} . ³ k
O ₂	$C_{ptb} = 0,2198 + 0,00002544t$	$C'_{ptb} = 0,3138 + 0,00003766t$
	$C_{vtb} = 0,1577 + 0,00002544t$	$C'_{vtb} = 0,2252 + 0,00603766t$
N ₂	$C_{ptb} = 0,2446 + 0,00002115t$	$C'_{ptb} = 0,3057 + 0,00002643t$
	$C_{vtb} = 0,1737 + 0,00002115t$	$C'_{vtb} = 0,2171 + 0,00002643t$
Không khí	$C_{ptb} = 0,2378 + 0,00002221t$	$C'_{ptb} = 0,3073 + 0,00002869t$
	$C_{vtb} = 0,1693 + 0,00002221t$	$C'_{vtb} = 0,2187 + 0,00002869t$
H ₂ O	$C_{ptb} = 0,4379 + 0,0000713t$	$C'_{ptb} = 0,3519 + 0,00005967t$
	$C_{vtb} = 0,3276 + 0,0000713t$	$C'_{vtb} = 0,2633 + 0,00005967t$
CO ₂	$C_{ptb} = 0,2067 + 0,00005836t$	$C'_{ptb} = 0,4058 + 0,00001146t$
	$C_{vtb} = 0,1616 + 0,00005836t$	$C'_{vtb} = 0,3172 + 0,00001146t$

**7. Bảng nhiệt dung riêng trung bình phụ thuộc vào nhiệt độ
(trong khoảng $0^{\circ} \div 1500^{\circ}\text{C}$) (tiếp theo)**

Khí	Nhiệt dung riêng khối lượng; kJ/kg.k	Nhiệt dung riêng thể tích; $\text{kJ/m}_c^3\text{k}$
O_2	$C_{ptb} = 0,9203 + 0,0001065t$ $C_{vtb} = 0,6603 + 0,0001065t$	$C'_{ptb} = 1,3138 + 0,0001577t$ $C'_{vtb} = 0,9492 + 0,0001577t$
N_2	$C_{ptb} = 1,024 + 0,00008855t$ $C_{vtb} = 0,7272 + 0,00008855t$	$C'_{ptb} = 1,2799 + 0,0001107t$ $C'_{vtb} = 0,9089 + 0,0001107t$
Không khí	$C_{ptb} = 0,9956 + 0,00009299t$ $C_{vtb} = 0,7088 + 0,00009299t$	$C'_{ptb} = 1,2866 + 0,0001201t$ $C'_{vtb} = 0,9757 + 0,0001201t$
H_2O	$C_{ptb} = 1,833 + 0,0003111t$ $C_{vtb} = 1,3716 + 0,0003111t$	$C'_{ptb} = 1,4733 + 0,0002498t$ $C'_{vtb} = 1,1024 + 0,0002498t$
CO_2	$C_{ptb} = 0,8654 + 0,0002443t$ $C_{vtb} = 0,6764 + 0,0002443t$	$C'_{ptb} = 1,6990 + 0,0004798t$ $C'_{vtb} = 1,3281 + 0,0004798t$

8. Hàm số mũ và hàm số hypebolic

x	e^x	e^{-x}	Shx	Chx	thx
0,0	1,00	1,00	0,000	1,000	0,000
0,1	1,11	0,90	0,100	1,005	0,100
0,2	1,22	0,82	0,201	1,020	0,197
0,3	1,34	0,74	0,305	1,045	0,291
0,4	1,49	0,67	0,411	1,081	0,380
0,5	1,64	0,61	0,521	1,128	0,462
0,6	1,82	0,55	0,637	1,186	0,537
0,7	2,00	0,50	0,759	1,255	0,604
0,8	2,22	0,45	0,888	1,337	0,664
0,9	2,46	0,41	1,027	1,433	0,716
1,0	2,72	0,37	1,175	1,543	0,762
1,1	3,00	0,33	1,336	1,668	0,801
1,2	3,32	0,30	1,510	1,811	0,834
1,3	3,70	0,27	1,698	1,971	0,862
1,4	4,06	0,25	1,904	2,151	0,885
1,5	4,50	0,22	2,129	2,352	0,905
1,6	4,95	0,20	2,376	2,577	0,922
1,7	5,55	0,18	2,646	2,828	0,935
1,8	6,05	0,17	2,942	3,108	0,977
1,9	6,63	0,15	3,268	3,418	0,956
2,0	7,39	0,14	3,627	3,762	0,964
2,1	8,12	0,12	4,022	4,144	0,971
2,2	9,03	0,11	4,457	4,568	0,976
2,3	9,98	0,10	4,937	5,037	0,980
2,4	11,0	0,091	5,466	5,557	0,984
2,5	12,3	0,083	6,050	6,132	0,987
2,6	13,5	0,074	6,695	6,769	0,989
2,7	14,8	0,067	7,406	7,474	0,991
2,8	16,4	0,061	8,192	8,253	0,993
2,9	18,2	0,055	9,060	9,115	0,994
3,0	20,1	0,050	10,018	10,068	0,995
3,1	22,2	0,045	11,077	11,245	
3,2	24,5	0,041	12,230	12,270	
3,3	27,1	0,037	93,531	13,568	
3,4	29,9	0,033	14,966	14,966	

9. Độ đen bức xạ toàn phần của các loại vật liệu khác nhau

Tên vật liệu	Nhiệt độ, °C	Độ đen ϵ
Nhôm nhẵn	50 ÷ 500	0,04 ÷ 0,06
Nhôm bề mặt nhám	20 ÷ 50	0,06 ÷ 0,07
Nhôm bị oxy hoá mạnh	50 ÷ 500	0,2 ÷ 0,3
Đồng bị oxy hoá	50	0,6 ÷ 0,7
Đồng đỏ nhẵn	50	0,1
Đồng đỏ nhám, có lỗ nhỏ	50 ÷ 150	0,55
Đồng thau mờ đục	200	0,03
Đồng thau nhẵn	20 ÷ 350	0,22
Đồng thau lá, dát	20	0,06
Vônfram	200	0,05
Vônfram	600 ÷ 1000	0,1 ÷ 0,16
Vônfram	1500 ÷ 2200	0,24 ÷ 0,31
Bitmut nhẵn	80	0,37
Sắt nhẵn	400 ÷ 1000	0,14 ÷ 0,38
Sắt bị oxy hoá	100	0,74
Sắt bị oxy hoá	125 ÷ 525	0,78 ÷ 0,82
Vàng nhẵn	130	0,018
Môlipđen	600 ÷ 1000	0,08 ÷ 0,13
Môlipđen	1500 ÷ 2200	0,19 ÷ 0,26
Niken sạch nhẵn	100	0,045
Niken sạch nhẵn	200 ÷ 400	0,07 ÷ 0,09
Niken bị oxy hoá ở 600°C	200 ÷ 600	0,37 ÷ 0,48
Thiếc sáng	20 ÷ 50	0,04 ÷ 0,06
Thiếc bị oxy hoá	20 ÷ 50	0,40
Bạch kim sạch nhẵn	200 ÷ 600	0,05 ÷ 0,01
Thuỷ ngân sạch nhẵn	0 ÷ 100	0,09 ÷ 0,12
Thép lá nhẵn	750 ÷ 1050	0,52 ÷ 0,56
Thép bề mặt nhám	50	0,95 ÷ 0,98
Thép bị oxy hoá	200 ÷ 600	0,8 ÷ 0,9
Gang bị oxy hoá ở 600°C	200 ÷ 600	0,64 ÷ 0,78

Tên vật liệu	Nhiệt độ, °C	Độ đen E
Crôm	38 ÷ 538	0,08 ÷ 0,26
Bạc nguyên chất nhẵn bóng	200 ÷ 600	0,02 ÷ 0,03
Thạch cao	20	0,903
Thủy tinh	20 ÷ 100	0,94 ÷ 0,91
Thủy tinh	250 ÷ 1000	0,87 ÷ 0,72
Thủy tinh	1100 ÷ 1500	0,70 ÷ 0,67
Gạch samôt	20	0,85
Gạch samôt	1000	0,75
Gạch samôt	1200	0,59
Gạch đỏ	20	0,88 ÷ 0,93
Cactông amiăng	20	0,96
Than	100 ÷ 600	0,81 ÷ 0,79
Ximăng	20	0,54
Xỉ lò hơi	0 ÷ 100	0,97 ÷ 0,93
Xỉ lò hơi	200 ÷ 500	0,89 ÷ 0,78
Xỉ lò hơi	600 ÷ 1200	0,76 ÷ 0,70
Sơn đen bóng	40 ÷ 95	0,96 ÷ 0,98
Sơn trắng	40 ÷ 95	0,8 ÷ 0,95
Giấy trắng	20	0,7 ÷ 0,9
Giấy đỏ	20	0,76
Giấy vàng	20	0,72
Giấy đen	20	0,9
Giấy xanh	20	0,85
Nước	0 ÷ 100	0,95 ÷ 0,963
Vôi vữa	10 ÷ 90	0,91
Sứ có tráng men	22	0,92
Mỏ hống	40 ÷ 370	0,945

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS. TSKH La Văn Bình. Nhiệt động trong hoá kỹ thuật. NXB KHKT. Hà Nội 2001.
2. Nguyễn Viết Kính, Bạch Thành Công, Phan Văn Thích. Giáo trình: Vật lý học đại cương. ĐHQG Hà Nội 1996 (Tập 1).
3. Nguyễn Hữu Hồ, Đặng Quang Khang. Giáo trình: Vật lý đại cương. NXB ĐH và THCN 1982.
4. Ngô Văn Xiêm. Giáo trình: Nhiệt động kỹ thuật và truyền nhiệt trong phòng cháy chữa cháy, NXB TN. Hà Nội 1999.
5. Nguyễn Hà Thành, Hoàng Đình Tín. Cơ sở truyền nhiệt. NXB ĐH và THCN 1972.
6. Giáo trình: Quá trình công nghệ và thiết bị hoá học. Trường ĐHBK. Hà Nội 1991.
7. Đặng Quốc Phú, Trần Thế Sơn, Trần Văn Phú. Truyền nhiệt. ĐHBK. Hà Nội 1991.
8. Nguyễn Hữu Lãi. Truyền nhiệt trong công tác PCCC. Trường Cao đẳng PCCC. 1986.
9. Ngô Văn Xiêm. Xây dựng hướng dẫn chữa cháy trên cơ sở nghiên cứu các thông số cháy và chữa cháy trong nhà kho chứa vải sợi. Luận án PTS.KHKT. 1984.
10. KS Cao Đắc Phong. Tập bài tập các bài toán nhiệt động và truyền nhiệt trong PCCC. Trường Cao đẳng PCCC. 1998.

11. Ю.А.КОШМАРОВ;М.П.БАШКИРЦЕВ: ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ПОЖАРНОМ ДЕЛЕ. МОСКВА. 1987
12. Н.Н. БРУШЛИНСКИЙ; А.Я. КОРОЛЬЧЕНКО. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ. МОСКВА. 2000
13. Н.Н. БРУШЛИНСКИЙ. ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРОВ МОСКВА. 2000
14. Н.П. КОПЫЛОВ; А.М. РЫЖОВ; И.Р.ХАСАНОВ. КРУПНЫЕ ПОЖАРЫ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ. МОСКВА. 2000

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương I: Những khái niệm cơ bản.....	5
<i>1.1. Một số khái niệm.....</i>	<i>5</i>
1.1.1. Nhiệt động học:	5
1.1.2. Thiết bị nhiệt và nguyên lý làm việc của chúng.	6
1.1.3. Hệ thống nhiệt:.....	7
1.1.4. Nguồn nhiệt:.....	7
1.1.5. Môi chất:	7
<i>1.2. Các thông số trạng thái của môi chất.....</i>	<i>8</i>
1.2.1. Nhiệt độ và định luật nhiệt thứ không.	8
1.2.2. Áp suất tuyệt đối.	9
1.2.3. Thể tích riêng khối lượng riêng	10
1.2.4. Nội năng	11
1.2.5. Entanpi.	12
1.2.6. Entropi.....	13
1.2.7. Execgi.....	14
<i>1.3. Phương trình trạng thái của vật chất ở thể khí.....</i>	<i>14</i>
1.3.1. Định luật pha của Gibbs.	14
1.3.2. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng.	15
1.3.3. Phương trình trạng thái của hỗn hợp khí lý tưởng.	17
1.3.4. Phương trình trạng thái của khí thực.	21
Chương II: Các quá trình thay đổi trạng thái của chất khí (hoặc hơi)	23
2.1. Nhiệt, công và các phương pháp xác định.	23
2.1.1. Nhiệt lượng và các phương pháp tính:	24

2.1.2. Các loại công của môi chất.....	30
2.2. Định luật nhiệt động thứ nhất.....	32
2.2.1. Khái niệm định luật nhiệt động thứ nhất.....	32
2.2.3. Ứng dụng của định luật nhiệt động thứ nhất (I).....	38
2.3.1. Viết phương trình quá trình và biểu diễn trên đồ thị.....	40
2.3.2. Quan hệ giữa các thông số cơ bản của các trạng thái.....	45
2.3.3. Lượng thay đổi các thông số trạng thái:.....	46
2.4. Định luật nhiệt động II và các chu trình nhiệt động.....	53
2.4.1. Quá trình thuận nghịch và không thuận nghịch.....	53
2.4.2. Định luật nhiệt động II. Chu trình Carnot.....	54
2.4.3. Biểu thức giải tích của định luật nhiệt động II.....	61
2.4.4. Tính chất vật lý của Entropi.....	63
2.4.5. Nguyên lý tăng Entropi.....	65
2.4.6. Độ biến thiên entropi của một quá trình.....	66
Chương III: Những tính chất nhiệt động học của hơi nước	68
3.1. Một số khái niệm.....	68
3.2. Tính toán sự thay đổi thông số trạng thái của hơi nước các quá trình nhiệt động.....	70
3.3. Tiết lưu.....	76
Chương IV: Các chu trình nhiệt động của máy nhiệt	78
4.1. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông.....	78
4.1.1. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông trong trường hợp đẳng tích.....	78
4.1.2. Chu trình nhiệt động động cơ pít tông trong trường hợp đẳng tích và đẳng áp.....	80
4.2. Chu trình tua bin khí.....	82
4.2.1. Chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng áp.....	82
4.2.2. Chu trình tua bin khí trong trường hợp đẳng tích.....	84
4.3. Chu trình nhiệt động của động cơ hơi nước.....	86
4.4. Chu trình nhiệt động của thiết bị điện nguyên tử.....	88

4.5. Chu trình nhiệt động của thiết bị làm lạnh.....	89
Chương V: Phân tích các quá trình nhiệt động của đám cháy xảy ra ở trong phòng.....	92
Phân tích các quá trình nhiệt động của đám cháy xảy ra ở trong phòng	92
5.1. Khái niệm.....	92
5.2. các thông số trạng thái trung bình thể tích của môi trường khí cháy ở trong phòng.....	94
5.3. Các phương trình của đám cháy ở trong phòng.....	98
5.3.1. Phương trình cân bằng vật chất.....	98
5.3.2. Phương trình cân bằng ô xy.....	100
5.3.3. Phương trình cân bằng sản phẩm cháy của đám cháy..	102
5.3.4. Phương trình cân bằng khí trơ ở đám cháy.....	104
5.3.5. Phương trình năng lượng.....	104
5.3.6. Những điều kiện ban đầu.....	107
Phụ lục.....	108
Tài liệu tham khảo.....	116

203088



Giá: 9.000đ