

"Don't study, don't know - Studying you will know!"

NGUYEN TRUNG HOA

# PHẦN 1. KHÁI NIỆM VỀ NHÀ MÁY ĐIỆN

## Chương 1. MỞ ĐẦU

### 1.1 CÁC NGUỒN NĂNG LƯỢNG CÓ THỂ SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG

Sự phát triển năng lượng ở mỗi quốc gia phụ thuộc nhiều vào điều kiện tự nhiên, vào tiềm lực khoa học kỹ thuật, tiềm năng kinh tế và mức độ phát triển các ngành của nền kinh tế.

Các nhà máy có nhiệm vụ biến đổi năng lượng thiên nhiên thành điện năng được gọi là nhà máy điện. Năng lượng thiên nhiên dự trữ dưới nhiều dạng khác nhau và có thể biến đổi thành điện năng. Từ các dạng năng lượng dự trữ này có thể cho phép ta xây dựng các loại nhà máy điện khác nhau:

Từ năng lượng của nhiên liệu hữu cơ có thể xây dựng nhà máy nhiệt điện;

Từ năng lượng của dòng nước có thể xây dựng nhà máy thủy điện;

Từ năng lượng gió có thể xây dựng nhà máy điện sức gió;

Từ năng lượng sóng biển có thể xây dựng nhà máy điện thủy triều;

Từ năng lượng mặt trời có thể xây dựng nhà máy điện mặt trời;

Từ nguồn nóng trong lòng đất có thể xây dựng nhà máy điện địa nhiệt;

Từ năng lượng hạt nhân có thể xây dựng nhà máy điện hạt nhân.

Trong giáo trình này, chúng ta chỉ tập trung nghiên cứu nhà máy nhiệt điện.

Nhà máy nhiệt điện thực hiện việc biến đổi nhiệt năng của nhiên liệu thành cơ năng rồi điện năng, quá trình biến đổi đó được thực hiện nhờ tiến hành một số quá trình liên tục (một chu trình) trong một số thiết bị của nhà máy. Nhà máy nhiệt điện hoạt động dựa trên hai nguyên tắc: có thể theo chu trình thiết bị động lực hơi nước hoặc có thể là chu trình hỗn hợp tuốc bin khí-hơi.

### 1.2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

#### 1.2.1. Nhà máy điện áp dụng chu trình tuốc bin hơi nước

Hiện nay, trên thế giới người ta đã xây dựng được tất cả các loại nhà máy điện biến đổi các dạng năng lượng thiên nhiên thành điện năng. Tuy nhiên sự hoàn thiện, mức độ hiện đại và giá thành điện năng của các loại nhà máy điện đó rất khác nhau, tùy thuộc vào thời gian được nghiên cứu phát triển loại hình nhà máy điện đó. Đối với những nước đang phát triển như Việt Nam, do nền công nghiệp còn chậm phát triển, tiềm năng về kinh tế còn yếu do đó xây dựng chủ yếu nhà máy nhiệt điện dùng Tuốc bin hơi hoặc dùng chu trình hỗn hợp, trong đó biến đổi năng lượng của nhiên liệu thành điện năng.

##### 1.2.1.1. Chu trình Carno hơi nước

Ở phân nhiệt động ta đã biết chu trình Carno thuận chiều là chu trình có hiệu suất nhiệt cao nhất khi có cùng nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh. Chu trình Carno lý tưởng gồm 2 quá trình đoạn nhiệt và 2 quá trình đẳng nhiệt. Về mặt kỹ thuật, dùng

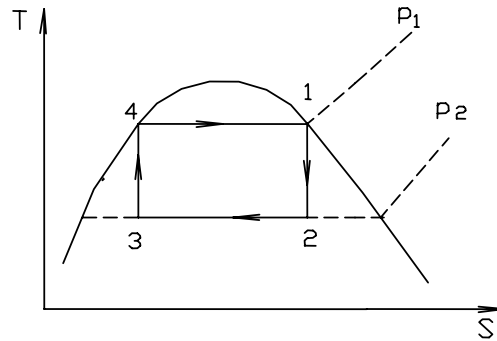
khí thực trong phạm vi bão hòa có thể thực hiện được chu trình Carno và vẫn đạt được hiệu suất nhiệt lớn nhất khi ở cùng phạm vi nhiệt độ.

Chu trình Carno áp dụng cho khí thực trong vùng hơi bão hòa được biểu diễn trên hình 1.1. Tuy nhiên, đối với khí thực và hơi nước thì việc thực hiện chu trình Carno rất khó khăn, vì những lý do sau đây:

- Quá trình hơi nở nhiệt đẳng áp, ngưng tụ thành nước (quá trình 2-3) là quá trình ngưng tụ thực hiện không hoàn toàn, hơi ở trạng thái 3 vẫn là hơi bão hòa, có thể tích riêng rất lớn, do đó để thực hiện quá trình nén đoạn nhiệt hơi ẩm theo quá trình 3-4, cần phải có máy nén kích thước rất lớn và tiêu hao công rất lớn.

- Nhiệt độ tới hạn của nước thấp ( $374,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nên độ chênh nhiệt độ giữa nguồn nóng và nguồn lạnh của chu trình không lớn lắm, do đó công của chu trình nhỏ.

- Độ ẩm của hơi trong tuốc bin cao, các giọt ẩm có kích thước lớn sẽ va đập vào cánh tuốc bin gây tổn thất năng lượng và ăn mòn nhanh cánh Tuốc bin.



Hình 1.1 chu trình Carno hơi nước

### 1.2.1.2. Sơ đồ thiết bị và đồ thị chu trình nhà máy điện

Như chúng ta đã biết, tuy có hiệu suất nhiệt cao nhưng chu trình Carno có một số nhược điểm như đã nêu ở trên khi áp dụng cho khí thực, nên trong thực tế người ta không áp dụng chu trình Carno mà áp dụng một chu trình cải tiến gần với chu trình này gọi là chu trình Renkin. Chu trình Renkin là chu trình thuận chiều, biến nhiệt thành công.

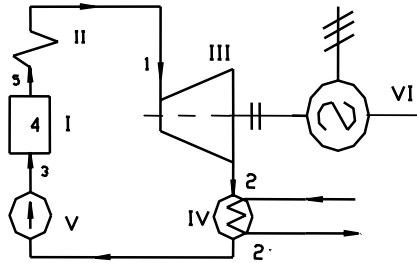
Chu trình Renkin là chu trình nhiệt được áp dụng trong tất cả các loại nhà máy nhiệt điện, môi chất làm việc trong chu trình là nước và hơi nước. Tất cả các thiết bị của các nhà máy nhiệt điện đều giống nhau trừ thiết bị sinh hơi I. Trong thiết bị sinh hơi, nước nhận nhiệt để biến thành hơi

Đối với nhà máy nhiệt điện, thiết bị sinh hơi là lò hơi, trong đó nước nhận nhiệt từ quá trình đốt cháy nhiên liệu. Đối với nhà máy điện mặt trời hoặc địa nhiệt, nước nhận nhiệt từ năng lượng mặt trời hoặc từ nhiệt năng trong lòng đất. Đối với nhà máy điện nguyên tử, thiết bị sinh hơi là thiết bị trao đổi nhiệt, trong đó nước nhận nhiệt từ chất tải nhiệt trong lò phản ứng hạt nhân ra.

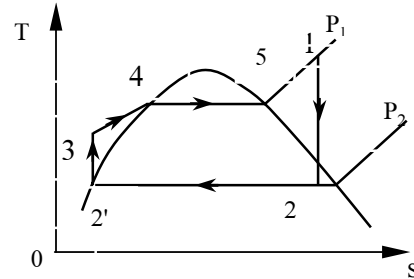
Sơ đồ thiết bị của chu trình nhà máy nhiệt điện được trình bày trên hình 1.2, gồm hai thiết bị chính để biến đổi năng lượng là lò hơi và tuốc bin cùng một số thiết bị phụ khác. Đồ thị T-s của chu trình được biểu diễn trên hình 1.2.

Nước ngưng trong bình ngưng IV (ở trạng thái 2' trên đồ thị) có thông số  $p_2, t_2, i_2$ , được bơm V bơm vào thiết bị sinh hơi I, áp suất tăng từ  $p_2$  đến áp suất  $p_1$  (quá trình 2'-3). Trong thiết bị sinh hơi, nước trong các ống sinh hơi nhận nhiệt tỏa ra từ quá trình cháy, nhiệt độ tăng lên đến sôi (quá trình 3-4), hoá hơi (quá trình 4-5) và thành hơi quá nhiệt trong bộ quá nhiệt II (quá trình 5-1). Quá trình 3-4-5-1 là quá trình hóa hơi đẳng áp ở áp suất  $p_1 = \text{const}$ . Hơi ra khỏi bộ quá nhiệt II (ở trạng thái 1) có thông số  $p_1, t_1$  đi vào tuốc bin III, ở đây hơi dẫn nở đoạn nhiệt đến trạng thái 2, biến nhiệt

năng thành cơ năng (quá trình 1-2) và sinh công trong tuốc bin. Hơi ra khỏi tuốc bin có thông số  $p_2, t_2$ , đi vào bình ngưng IV, ngưng tụ thành nước (quá trình 2-2'), rồi lại được bơm V bơm trở về lò. Quá trình nén đoạn nhiệt trong bơm có thể xem là quá trình nén đẳng tích vì nước không chịu nén (thể tích ít thay đổi).



Hình 1.2. Sơ đồ thiết bị nhà máy điện



Hình 1.3. Đồ thị T-s của chu trình NMNĐ

### 1.2.1.3. Hiệu suất nhiệt lý tưởng của chu trình Renkin

Nhiệt lượng môi chất nhận được trong quá trình đẳng áp 3-1 ở lò hơi là:

$$q_1 = i_1 - i_3$$

Nhiệt lượng môi chất nhả ra cho nước làm mát trong quá trình đẳng áp 2-2' ở bình ngưng là:

$$q_2 = i_2 - i_{2'}$$

Hiệu suất nhiệt của chu trình  $\eta_t$  được tính theo công thức:

$$\eta_{ct} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} = \frac{l}{q_1} \quad (1-1)$$

Thông thường, ở áp suất không cao lắm, công tiêu tốn cho bơm nước cấp rất bé so với công Tuốc bin sinh ra nên ta có thể bỏ qua công bơm, nghĩa là coi  $i_2 \approx i_3$ . Khi đó công của chu trình sẽ bằng:

$$l = q_1 - |q_2| = i_1 - i_3 - i_2 + i_{2'} \approx i_1 - i_2 \quad (1-2)$$

Hiệu suất nhiệt chu trình sẽ bằng:

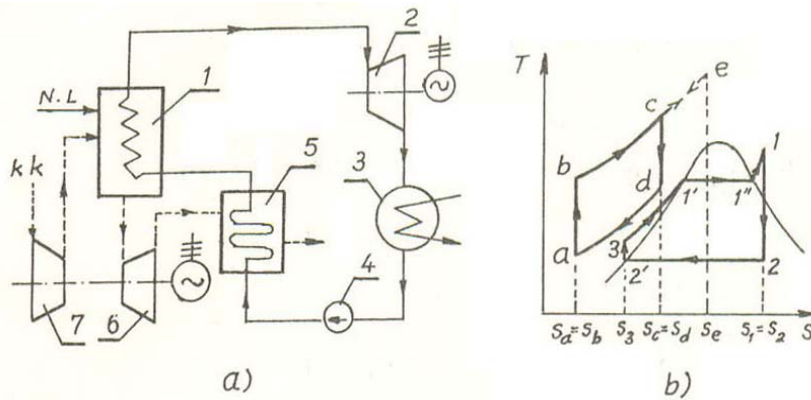
$$\eta_{ct} = \frac{l}{q_1} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} \quad (1-3)$$

### 1.2.2. Nhà máy điện dùng chu trình hỗn hợp Tuốc bin khí - hơi

Chu trình hỗn hợp là một chu trình ghép, gồm chu trình Renkin hơi nước và chu trình Tuốc bin khí. Sơ đồ thiết bị và đồ thị T-s của chu trình được thể hiện trên hình 1.4. Hệ thống thiết bị bao gồm: thiết bị sinh hơi 1 (buồng đốt); tuốc bin hơi nước 2; bình ngưng hơi 3; bơm nước cấp 4; bộ hâm nước 5; tuốc bin khí 6; máy nén không khí 7.

Nguyên lí làm việc của chu trình thiết bị như sau: Không khí được nén đoạn nhiệt trong máy nén 7 đến áp suất và nhiệt độ cao, được đưa vào buồng đốt 1 cùng với nhiên liệu và cháy trong buồng đốt dưới áp suất cao, không đổi. Sau khi nhả một phần nhiệt cho nước trong dàn ống của buồng đốt 1, sản phẩm cháy đi vào tuốc bin khí 6, dẫn nở sinh công. Ra khỏi tuốc bin khí, sản phẩm cháy có nhiệt độ còn cao, tiếp tục đi qua bộ hâm nước 5, gia nhiệt cho nước rồi thải ra ngoài.

Nước được bơm 4 bơm qua bộ hâm nước 5, vào dàn ống của buồng đốt 1. Ở đây nước nhận nhiệt và biến thành hơi quá nhiệt. Hơi quá nhiệt đi vào tuốc bin hơi 2, dẫn nở đoạn nhiệt và sinh công. Ra khỏi tuốc bin, hơi đi vào bình ngưng 3 nhả nhiệt đẳng áp, ngưng tụ thành nước rồi được bơm 4 bơm trở về lò, lặp lại chu trình cũ.



Hình 1.3. Sơ đồ thiết bị và đồ thị T-s của chu trình hỗn hợp

Đồ thị T-s của chu trình nhiệt được biểu diễn trên hình 1.4. Nhiệt lượng do nhiên liệu cháy tỏa ra trong quá trình be chia thành hai phần: một phần dùng để sản xuất hơi nước trong thiết bị sinh hơi 1, một phần cấp cho tuốc bin khí 6.

- a-b: quá trình nén đoạn nhiệt không khí trong máy nén khí 7;
- b-c: quá trình cấp nhiệt (cháy) đẳng áp trong buồng đốt 1;
- c-d: quá trình dẫn nở đoạn nhiệt sinh công trong tuốc bin khí 6;
- d-a: quá trình nhả nhiệt đẳng áp trong bộ hâm nước 5;
- 3-4-5-1: quá trình nước nhận nhiệt đẳng áp trong bộ hâm 5 và buồng đốt 1;
- 1-2; 2-2'; 2'-3 là các quá trình dẫn nở đoạn nhiệt trong tuốc bin, ngưng đẳng áp trong bình ngưng, nén đoạn nhiệt trong bơm như ở chu trình Renkin.

Hiệu suất chu trình là:

$$\eta_{ct} = \frac{l}{q_1} \quad (1-4)$$

Trong đó:

l: Công của tuốc bin hơi và tuốc bin khí,  $l = l_h + l_k$

$q_1$ : nhiệt lượng nhiên liệu tỏa ra khi cháy trong buồng đốt 1.

### 1.3 CÁC LOẠI PHỤ TẢI NHIỆT VÀ ĐIỆN

Hiện nay, các nhà máy điện có thể được xây dựng để đảm bảo yêu cầu của các hộ dùng điện hoặc vừa đảm bảo nhu cầu điện vừa đảm bảo nhu cầu về nhiệt của các

hộ tiêu thụ như ở các khu dân cư thuộc các nước xứ lạnh hoặc các khu công nghiệp lớn như khu công nghiệp giấy Bãi Bằng; khu công nghiệp Việt Trì; các nhà máy đường; các khu chế xuất . . v.v.

### 1.3.1. Phụ tải điện

Phụ tải điện của nhà máy hay của hệ thống điện bao gồm:

- Phụ tải công nghiệp: điện cung cấp cho các nhà máy, các khu công nghiệp;
- Phụ tải nông nghiệp: điện cung cấp cho các hệ thống trạm bơm;
- Phụ tải Giao thông: điện cung cấp cho các thiết bị giao thông vận tải như tàu điện; ô tô điện; tàu điện ngầm; tàu hỏa. . .
- Phụ tải sinh hoạt: điện cung cấp trực tiếp cho nhu cầu sinh hoạt hàng ngày của con người như thắp sáng, đun nấu, vui chơi giải trí.

### 1.3.2. Phụ tải nhiệt

Trong các khu công nghiệp và các thành phố lớn, nhu cầu nhiệt cho các quá trình công nghệ như đun sôi, chưng cất, sấy, của các nhà máy (như hóa chất; chế biến thực phẩm; thuốc lá; rượu; bia . . v. v) hoặc sưởi ấm ở các nước xứ lạnh là rất lớn. Cung cấp năng lượng nhiệt cho các hộ tiêu thụ này hợp lý nhất là sử dụng phần năng lượng nhiệt còn lại trong quá trình sản xuất điện năng.

Nhà máy điện vừa cung cấp nhiệt, vừa cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ gọi là trung tâm nhiệt điện.

Nhiệt lượng cung cấp từ trung tâm nhiệt điện có thể là hơi hoặc nước nóng. Theo yêu cầu của các hộ dùng nhiệt, có thể phân thành các loại hộ dùng nhiệt như sau:

Phụ tải công nghiệp: Nhiệt năng cung cấp cho các quá trình công nghệ trong các nhà máy, thường là hơi có áp suất từ 3,5at đến 16 at (0,35 đến 1,6 Mpa) với độ quá nhiệt từ 25 đến 50 °C nhằm đảm bảo cho hơi chưa bị ngưng tụ thành nước trước khi đến hộ tiêu thụ .

Phụ tải sinh hoạt: Nhiệt năng cung cấp cho các quá trình sấy sưởi trong khu dân cư, thường là nước nóng có nhiệt độ từ 55 đến 150 °C hoặc hơi có áp suất từ 1,5at đến 3 at (0,15 đến 0,3 Mpa).

Phụ tải điện và phụ tải nhiệt thay đổi theo giờ trong ngày, theo tháng và theo mùa phụ thuộc vào chế độ làm việc của các nhà máy và sinh hoạt ở các khu dân cư. Sự phụ thuộc của phụ tải vào thời gian được biểu thị trên đồ thị gọi là đồ thị phụ tải.

Trên đồ thị phụ tải, phần phía dưới gọi là phụ tải gốc, có giá trị ổn định, còn phần đỉnh gọi là phụ tải ngọn, có giá trị thay đổi liên tục.

Các nhà máy điện lớn, hiện đại, có hiệu suất cao được gọi là nhà máy điện chính, thường mang phụ tải gốc, chạy thường xuyên, số giờ sử dụng thiết bị hàng năm cao.

Các nhà máy điện nhỏ, cũ, có hiệu suất thấp hoặc là nhà máy điện tuốc bin khí, nhà máy thủy điện trong thời kỳ cạn nước được gọi là nhà máy điện cao điểm, thường mang phụ tải ngọn (phụ tải thay đổi thường xuyên).



## PHẦN 2. LÒ HƠI

### Chương 2 NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ HƠI

#### 2.1. Vai trò của lò hơi trong công nghiệp và sản xuất điện

Lò hơi là thiết bị trong đó xảy ra quá trình đốt cháy nhiên liệu, nhiệt lượng tỏa ra sẽ biến nước thành hơi, biến năng lượng của nhiên liệu thành nhiệt năng của dòng hơi.

Lò hơi là thiết bị có mặt gần như trong tất cả các xí nghiệp, nhà máy, để sản xuất hơi nước phục vụ cho quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy điện; phục vụ cho các quá trình đun nấu, chưng cất các dung dịch, sấy sản phẩm trong các quá trình công nghệ ở các nhà máy hóa chất, đường, rượu, bia, nước giải khát, thuốc lá, dệt, chế biến nông sản và thực phẩm . . .

Tùy thuộc vào nhiệm vụ của lò hơi trong sản xuất, ta có thể phân thành hai loại sau:

Trong các nhà máy công nghiệp như nhà máy hóa chất, đường, rượu, bia, nước giải khát, thuốc lá, dệt, chế biến thực phẩm . . . , hơi nước phục vụ cho các quá trình công nghệ như đun nấu, chưng cất các dung dịch, cô đặc và sấy sản phẩm . . . thường là hơi bão hòa. Áp suất hơi tương ứng với nhiệt độ bão hòa cần thiết cho quá trình công nghệ, nhiệt độ thường từ 110 đến 180 °C. Loại lò hơi này được gọi là lò hơi công nghiệp, có áp suất hơi thấp, sản lượng nhỏ.

Trong nhà máy điện, lò hơi sản xuất ra hơi để làm quay tuốc bin, phục vụ cho việc sản xuất điện năng, đòi hỏi phải có công suất lớn, hơi là hơi quá nhiệt có áp suất và nhiệt độ cao. Loại này được gọi là lò hơi nhà máy điện.

Nhiên liệu đốt trong lò hơi có thể là nhiên liệu rắn như than, củi, bã mía, có thể là nhiên liệu lỏng như dầu nặng (FO), dầu diezen (DO) hoặc nhiên liệu khí.

#### 2.2. Nguyên lý làm việc của lò hơi trong nhà máy điện

Trong các lò hơi nhà máy điện, hơi được sản xuất ra là hơi quá nhiệt. Hơi quá nhiệt nhận được nhờ các quá trình: đun nóng nước đến sôi, sôi để biến nước thành hơi bão hòa và quá nhiệt hơi để biến hơi bão hòa thành hơi quá nhiệt có nhiệt độ cao trong các bộ phận của lò. Công suất của lò hơi phụ thuộc vào lưu lượng, nhiệt độ và áp suất hơi. Các giá trị này càng cao thì công suất lò hơi càng lớn.

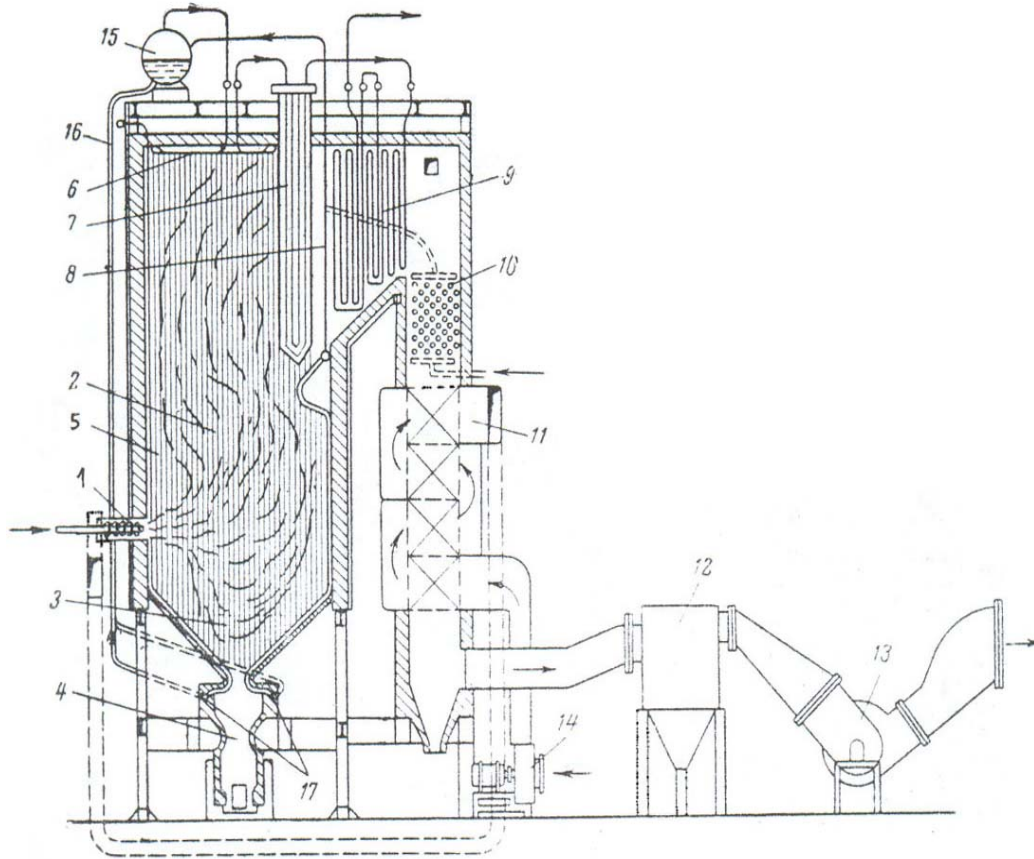
Hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt giữa ngọn lửa và khói với môi chất trong lò hơi phụ thuộc vào tính chất vật lý của môi trường (sản phẩm cháy) và của môi chất tham gia quá trình (nước hoặc hơi) và phụ thuộc vào hình dáng, cấu tạo, đặc tính của các phần tử lò hơi.

Trên hình 2.1 trình bày nguyên lý cấu tạo của lò hơi tuần hoàn tự nhiên hiện đại trong nhà máy điện.

Nhiên liệu và không khí được phun qua vòi phun số 1 vào buồng lửa số 2, tạo thành hỗn hợp cháy và được đốt cháy trong buồng lửa, nhiệt độ ngọn lửa có thể đạt tới 1.900 °C. Nhiệt lượng tỏa ra khi nhiên liệu cháy truyền cho nước trong dàn ống



sinh hơi 3, nước tăng dần nhiệt độ đến sôi, biến thành hơi bão hòa. Hơi bão hòa theo ống sinh hơi 3 đi lên, tập trung vào bao hơi số 5. Trong bao hơi số 5, hơi được phân li ra khỏi nước, nước tiếp tục đi xuống theo ống xuống 4 đặt ngoài tường lò rồi lại sang ống sinh hơi số 3 để tiếp tục nhận nhiệt. Hơi bão hòa từ bao hơi số 5 sẽ đi qua ống góp hơi số 6 vào các ống xoắn của bộ quá nhiệt số 7. Ở bộ quá nhiệt số 7, hơi bão hòa chuyển động trong các ống xoắn sẽ nhận nhiệt từ khói nóng chuyển động phía ngoài ống để biến thành hơi quá nhiệt có nhiệt độ cao hơn và đi vào ống góp để sang tua bin hơi và biến đổi nhiệt năng thành cơ năng làm quay tua bin.



Hình 2.1. Nguyên lý cấu tạo của lò hơi

1. Vòi phun nhiên liệu + không khí; 2. Buồng đốt; 3. phễu tro lạnh; 4. Đáy thải xỉ; 5. Dàn ống sinh hơi; 6. Bộ quá nhiệt bức xạ; 7. Bộ quá nhiệt nửa bức xạ; 8. ống hơi lên; 9. Bộ quá nhiệt đối lưu; 10. Bộ hãm nước; 11. Bộ sấy không khí; 12. Bộ khử bụi; 13. Quạt khói; 14. Quạt gió; 15. Bao hơi; 16. ống nước xuống; 17. ống góp nước;

Ở đây, ống sinh hơi số 3 đặt phía trong tường lò nên môi chất trong ống nhận nhiệt và sinh hơi liên tục do đó trong ống ống sinh hơi 3 là hỗn hợp hơi và nước, còn ống xuống 4 đặt ngoài tường lò nên môi chất trong ống 4 không nhận nhiệt do đó trong ống 4 là nước. Khối lượng riêng của hỗn hợp hơi và nước trong ống 3 nhỏ hơn

khối lượng riêng của nước trong ống xuống 4 nên hỗn hợp trong ống 3 đi lên, còn nước trong ống 4 đi xuống liên tục tạo nên quá trình tuần hoàn tự nhiên, bởi vậy lò hơi loại này được gọi là lò hơi tuần hoàn tự nhiên.

Buồng lửa trình bày trên hình 2.1 là buồng lửa phun, nhiên liệu được phun vào và cháy lơ lửng trong buồng lửa. Quá trình cháy nhiên liệu xảy ra trong buồng lửa và đạt đến nhiệt độ rất cao, từ 1300 °C đến 1900 °C, chính vì vậy hiệu quả trao đổi nhiệt bức xạ giữa ngọn lửa và dàn ống sinh hơi rất cao và lượng nhiệt dàn ống sinh hơi thu được từ ngọn lửa chủ yếu là do trao đổi nhiệt bức xạ. Để hấp thụ có hiệu quả nhiệt lượng bức xạ của ngọn lửa đồng thời bảo vệ tường lò khỏi tác dụng của nhiệt độ cao và những ảnh hưởng xấu của tro nóng chảy, người ta bố trí các dàn ống sinh hơi 3 xung quanh tường buồng lửa.

Khói ra khỏi buồng lửa, trước khi vào bộ quá nhiệt đã được làm nguội một phần ở cụm phecston, ở đây khói chuyển động ngoài ống truyền nhiệt cho hỗn hợp hơi nước chuyển động trong ống. Khói ra khỏi bộ quá nhiệt có nhiệt độ còn cao, để tận dụng phần nhiệt thừa của khói khi ra khỏi bộ quá nhiệt, ở phần đuôi lò người ta đặt thêm bộ hâm nước và bộ sấy không khí.

Bộ hâm nước có nhiệm vụ gia nhiệt cho nước để nâng nhiệt độ của nước từ nhiệt độ ra khỏi bình gia nhiệt lên đến nhiệt độ sôi và cấp vào bao hơi 5. Đây là giai đoạn đầu tiên của quá trình cấp nhiệt cho nước để thực hiện quá trình hóa hơi đẳng áp nước trong lò. Sự có mặt của bộ hâm nước sẽ làm giảm tổng diện tích bề mặt đốt của lò hơi và sử dụng triệt để hơn nhiệt lượng tỏa ra khi cháy nhiên liệu, làm cho nhiệt độ khói thoát khỏi lò giảm xuống, làm tăng hiệu suất của lò.

Không khí lạnh từ ngoài trời được quạt gió 14 hút vào và thổi qua bộ sấy không khí 11. Ở bộ sấy, không khí nhận nhiệt của khói, nhiệt độ được nâng từ nhiệt độ môi trường đến nhiệt độ yêu cầu và được đưa vào vòi phun số 1 để cung cấp cho quá trình đốt cháy nhiên liệu.

Như vậy bộ hâm nước và bộ sấy không khí đã hoàn trả lại buồng lửa một phần nhiệt đáng lẽ bị thải ra ngoài. Chính vì vậy người ta còn gọi bộ hâm nước và bộ sấy không khí là bộ tiết kiệm nhiệt.

Như vậy, từ khi vào bộ hâm nước đến khi ra khỏi bộ quá nhiệt của lò hơi, môi chất (nước và hơi) trải qua các giai đoạn hấp thụ nhiệt trong các bộ phận sau: Nhận nhiệt trong bộ hâm nước đến sôi, sôi trong dàn ống sinh hơi, quá nhiệt trong bộ quá nhiệt. Nhiệt lượng môi chất hấp thụ được biểu diễn bằng phương trình:

$$Q_{mc} = [i''_{hn} - i'_{hn}] + [i_s - i''_{hn} + rx] + [r(1-x) + (i''_{qn} - i'_{qn})] \quad (2-1)$$

$$Q_{mc} = i''_{qn} - i'_{qn} + i_s + r - i'_{hn} \quad (2-1a)$$

Trong đó:

$Q_{mc}$  là nhiệt lượng môi chất nhận được trong lò hơi.

$i'_{hn}, i''_{hn}$  : Entanpi của nước vào và ra khỏi bộ hâm nước.

$r$  : Nhiệt ẩn hóa hơi của nước.

$x$  : độ khô của hơi ra khỏi bao hơi.

$i'_{qn}, i''_{qn}$  : Entanpi hơi vào và ra khỏi bộ quá nhiệt.

### 2.3. Các đặc tính kỹ thuật của Lò hơi

Đặc tính kỹ thuật chính của lò là các đại lượng thể hiện số lượng và chất lượng

hơi được sản xuất ra. Số lượng hơi sản xuất ra được xác định bằng sản lượng hơi còn chất lượng hơi được xác định bằng thông số hơi.

1- Thông số hơi của lò:

Đối với lò hơi của nhà máy điện, hơi sản xuất ra là quá nhiệt nên thông số hơi của lò được biểu thị bằng áp suất và nhiệt độ hơi quá nhiệt:  $P_{qn}$  (Mpa),  $t_{qn}$  ( $^{\circ}$ C).

2- Sản lượng hơi của lò:

Sản lượng hơi của lò là lượng hơi mà lò sản xuất ra được trong một đơn vị thời gian (Kg/h hoặc Tấn/h). Thường dùng 3 khái niệm sản lượng.

- Sản lượng hơi định mức ( $D_{dm}$ ): là sản lượng hơi lớn nhất lò có thể đạt được, đảm bảo vận hành trong thời gian lâu dài, ổn định với các thông số hơi đã cho mà không phá hủy hoặc gây ảnh hưởng xấu đến chế độ làm việc của lò.

- Sản lượng hơi cực đại ( $D_{max}$ ): là sản lượng hơi lớn nhất mà lò có thể đạt được, nhưng chỉ trong một thời gian ngắn, nghĩa là lò không thể làm việc lâu dài với sản lượng hơi cực đại được. Sản lượng hơi cực đại bằng:

$$D_{max} = (1,1 - 1,2) D_{dm} \quad (2-2)$$

- Sản lượng hơi kinh tế là sản lượng hơi mà ở đó lò làm việc với hiệu quả kinh tế cao nhất. Sản lượng hơi kinh tế bằng:

$$D_{kt} = (0,8 - 0,9) D_{dm} \quad (2-3)$$

3- Hiệu suất của lò:

Hiệu suất của lò là tỉ số giữa lượng nhiệt mà môi chất hấp thụ được (hay còn gọi là lượng nhiệt có ích) với lượng nhiệt cung cấp vào cho lò.

Hiệu suất của lò ký hiệu bằng  $\eta$

$$\eta = \frac{D(i_{qn} - i'_{hn})}{BQ_t^{lv}} \quad (2-4)$$

Trong đó:  $D$  là sản lượng hơi, (kg/h)

$i_{qn}$  là entanpi của hơi quá nhiệt, (Kj/kg)

$i'_{hn}$  là entanpi của nước đi vào bộ hâm nước, (Kj/kg)

$B$  là lượng nhiên liệu tiêu hao trong một giờ, (kg/h)

$Q_t^{lv}$ : Nhiệt trị thấp làm việc của nhiên liệu, (Kj/kg).

4- Nhiệt thế thể tích của buồng lửa:

Nhiệt thế thể tích của buồng lửa là lượng nhiệt sinh ra trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị thể tích của buồng lửa.

$$q_v = \frac{BQ_t^{lv}}{V_{bl}}, (W/m^3) \quad (2-5)$$

Trong đó:

$V_{bl}$ : Thể tích buồng lửa, ( $m^3$ ),  $B$  (kg/s)

Đối với các lò hơi nhỏ, người ta còn chú ý đến các đặc tính sau đây

5- Nhiệt thế diện tích trên ghi:

Nhiệt thế diện tích trên ghi là nhiệt lượng sinh ra trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị diện tích bề mặt của ghi:

$$q_r = \frac{BQ_t^{lv}}{R}, (W/m^2) \quad (2-6)$$

R: diện tích mặt ghi, (m<sup>2</sup>).

6- *Năng suất bốc hơi của bề mặt sinh hơi:*

Năng suất bốc hơi của bề mặt sinh hơi là khả năng bốc hơi của một đơn vị diện tích bề mặt đốt (bề mặt sinh hơi) trong một đơn vị thời gian, ký hiệu là S,

$$S = \frac{D}{H}, (\text{kg/m}^2\text{h}) \quad (2-7)$$

D: Sản lượng hơi của lò, (kg/h)

H: diện tích bề mặt sinh hơi (bề mặt đốt), (m<sup>2</sup>)

## Chương 3. NHIÊN LIỆU VÀ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU

### 3.1. KHÁI NIỆM VỀ NHIÊN LIỆU

#### 3.1.1. Nhiên liệu và phân loại nhiên liệu

Nhiên liệu là những vật chất khi cháy phát ra ánh sáng và nhiệt năng. Trong công nghiệp thì nhiên liệu phải đạt các yêu cầu sau:

- Có nhiều trong tự nhiên, trữ lượng lớn, dễ khai thác, giá thành rẻ.
- Khi cháy không sinh ra các chất gây nguy hiểm.

Nhiên liệu có thể phân thành hai loại chính: nhiên liệu vô cơ và nhiên liệu hữu cơ.

##### 3.1.1.1. Nhiên liệu hữu cơ:

Nhiên liệu hữu cơ là nhiên liệu có sẵn trong thiên nhiên do quá trình phân hủy hữu cơ tạo thành. Nhiên liệu hữu cơ dùng trong ngành năng lượng có 3 loại:

- + Khí thiên nhiên.
- + Nhiên liệu lỏng: dầu Diezen, dầu nặng (FO).
- + Nhiên liệu rắn: theo tuổi hình thành nhiên liệu ta có gỗ, than bùn, than nâu, than đá, than cám.

##### 3.1.1.2. Nhiên liệu vô cơ:

Nhiên liệu vô cơ là nhiên liệu được tạo ra do phản ứng phân hủy hạt nhân Uranium.

### 3.1.2. Thành phần và đặc tính công nghệ của nhiên liệu

#### 3.1.2.1. Thành phần của nhiên liệu

Nhiên liệu bao gồm những chất có khả năng bị oxy hóa gọi là chất cháy và những chất không thể bị oxy hóa gọi là chất trơ.

*\* Nhiên liệu rắn và lỏng*

Trong nhiên liệu rắn hoặc lỏng có các nguyên tố: Cacbon(C), Hydro (H), Ôxi (O), Nitơ (N), Lưu huỳnh (S), độ tro (A) và độ ẩm (W). Các nguyên tố hóa học trong nhiên liệu đều ở dạng liên kết các phân tử hữu cơ rất phức tạp nên khó cháy và không thể thể hiện đầy đủ các tính chất của nhiên liệu. Trong thực tế, người ta thường phân tích nhiên liệu theo thành phần khối lượng ở các dạng mẫu khác nhau như: mẫu làm việc, mẫu khô, mẫu cháy, dựa vào đó có thể đánh giá ảnh hưởng của các quá trình khai thác, vận chuyển và bảo quản đến thành phần nhiên liệu.

Đối với mẫu làm việc, thành phần nhiên liệu được xác định theo phần trăm khối lượng ở trạng thái thực tế, ở đây có mặt tất cả các thành phần của nhiên liệu:

$$C^{lv} + H^{lv} + S_c^{lv} + N^{lv} + O^{lv} + A^{lv} + W^{lv} = 100\% \quad (3-1)$$

Sấy mẫu làm việc ở nhiệt độ 105 °C, thành phần ẩm sẽ tách khỏi nhiên liệu (W= 0), khi đó ta có mẫu nhiên liệu khô:

$$C^k + H^k + S_c^k + N^k + O^k + A^k = 100\% \quad (3-2)$$

Đối với mẫu cháy, thành phần nhiên liệu được xác định theo phần trăm khối lượng các chất cháy được:

$$C^{ch} + H^{ch} + S_c + N^{ch} + O^{ch} = 100\% \quad (3-3)$$

*Carbon:* Các bon là thành phần cháy chủ yếu trong nhiên liệu, có thể chiếm tới 95% khối lượng nhiên liệu. Khi cháy, 1kg các bon tỏa ra một nhiệt lượng khá lớn, khoảng 34150 KJ/Kg, gọi là nhiệt trị của các bon, do vậy nhiên liệu càng nhiều các bon thì nhiệt trị càng cao. Tuổi hình thành than càng cao thì lượng các bon chứa ở than càng nhiều nghĩa là nhiệt trị càng cao.

*Hydro:* Hydro là thành phần cháy quan trọng của nhiên liệu. Tuy lượng hydro trong nhiên liệu rất ít, tối đa chỉ đến 10% khối lượng nhiên liệu, nhưng nhiệt trị của Hydro rất lớn. Khi cháy, 1kg Hydro tỏa ra một nhiệt lượng khoảng 144.500 KJ/Kg .

*Lưu huỳnh:* Tuy là một thành phần cháy, nhưng lưu huỳnh là một chất có hại trong nhiên liệu vì khi cháy tạo thành  $SO_2$  thải ra môi trường rất độc và  $SO_3$  gây ăn mòn kim loại rất mạnh, đặc biệt  $SO_2$  tác dụng với nước tạo thành axit  $H_2SO_4$ .

Lưu huỳnh tồn tại dưới 3 dạng: liên kết hữu cơ  $S_{hc}$ , khoáng chất  $S_k$  và liên kết Sunfat  $S_{sp}$ .

$$S = S_{hc} + S_k + S_{sp} \quad (3-4)$$

Lưu huỳnh hữu cơ và khoáng chất có thể tham gia quá trình cháy gọi là lưu huỳnh cháy, còn lưu huỳnh Sunfat thường nằm dưới dạng  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ...không tham gia quá trình cháy mà tạo thành tro của nhiên liệu.

*Ôxi và Nitơ:* Ôxi và Nitơ là những thành phần vô ích trong nhiên liệu vì sự có mặt của nó trong nhiên liệu sẽ làm giảm các thành phần cháy được của nhiên liệu, do đó làm giảm nhiệt trị chung của nhiên liệu. Nhiên liệu càng non thì lượng oxy càng nhiều.

\* *Nhiên liệu khí:* Nhiên liệu khí được đặc trưng bằng hàm lượng các chất Cacbuahydrô như:  $CH_4$ ,  $CH_4$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ , . . . , tính theo phần trăm thể tích .

### 3.1.2.2. Đặc tính công nghệ của nhiên liệu

Việc lựa chọn phương pháp đốt và sử dụng nhiệt lượng giải phóng từ quá trình cháy nhiên liệu phụ thuộc nhiều vào các đặc tính công nghệ của nhiên liệu. Trong công nghiệp, người ta coi các đặc tính sau đây là đặc tính công nghệ của nhiên liệu: độ ẩm, chất bốc, cốc, tro và nhiệt trị.

\* *Độ ẩm:*

Độ ẩm ký hiệu là W, là lượng nước chứa trong nhiên liệu, lượng nước này nên nhiệt trị của nhiên liệu giảm xuống. Mặt khác khi nhiên liệu cháy cần cung cấp một nhiệt lượng để bốc ẩm thành hơi nước.

Độ ẩm của nhiên liệu được chia ra 2 loại: Độ ẩm trong và độ ẩm ngoài.

Độ ẩm trong có sẵn trong quá trình hình thành nhiên liệu, thường ở dạng tinh thể ngưng nước và chỉ tách ra khỏi nhiên liệu khi nung nhiên liệu ở nhiệt độ khoảng  $800^{\circ}C$

Độ ẩm ngoài xuất hiện trong quá trình khai thác, vận chuyển và bảo quản nhiên liệu. Độ ẩm ngoài tách ra khỏi nhiên liệu khi sấy ở nhiệt độ khoảng  $105^{\circ}C$ .

*\* Chất bốc và cốc:*

Chất bốc ký hiệu là V, Khi đốt nóng nhiên liệu trong điều kiện không có ôxi ở nhiệt độ 800-850°C thì có chất khí thoát ra gọi là chất bốc, đó là kết quả của sự phân hủy nhiệt các liên kết hữu cơ của nhiên liệu. Nó là thành phần cháy ở thể khí gồm: hydro, cacbua hydro, cacbon, oxit cacbon, cacbonic, oxi và nitơ . . . Nhiên liệu càng già thì lượng chất bốc càng ít, nhưng nhiệt trị của chất bốc càng cao, lượng chất bốc của nhiên liệu thay đổi trong phạm vi: than Anfraxit 2-8%, than đá 10-45%, than bùn 70%, gỗ 80%. Nhiên liệu càng nhiều chất bốc càng dễ cháy.

Sau khi chất bốc bốc ra, phần rắn còn lại của nhiên liệu có thể tham gia quá trình cháy gọi là cốc. Nhiên liệu càng nhiều chất bốc thì cốc càng xốp, nhiên liệu càng có khả năng phản ứng cao. Khi đốt nhiên liệu ít chất bốc như than antraxit, cần thiết phải duy trì nhiệt độ ở vùng bốc cháy cao, đồng thời phải tăng chiều dài buồng lửa để đảm bảo cho cốc cháy hết trước khi ra khỏi buồng lửa.

*\* Độ tro:*

Độ tro ký hiệu là A, tro của nhiên liệu là phần rắn ở dạng chất khoáng còn lại sau khi nhiên liệu cháy. Thành phần của nó gồm một số hỗn hợp khoáng như đất sét, cát, pyrit sắt, oxit sắt, . . . Sự có mặt của nó làm giảm thành phần cháy được của nhiên liệu, do đó giảm nhiệt trị của nhiên liệu. Trong quá trình cháy, dưới tác dụng của nhiệt độ cao một phần bị biến đổi cấu trúc, một phần bị phân hủy nhiệt, bị oxy hóa nhưng chủ yếu biến thành tro.

Độ tro của một số loại nhiên liệu trong khoảng: Than 15-30%, gỗ 0,5 đến 1,0%, mazut 0,2 đến 0,3%, khí 0%, được xác định bằng cách đốt nhiên liệu ở nhiệt độ 850°C với nhiên liệu rắn, đến 500°C với nhiên liệu lỏng cho đến khi khối lượng còn lại hoàn toàn không thay đổi.

Tác hại của tro: sự có mặt của tro trong nhiên liệu làm giảm nhiệt trị của nhiên liệu, cản trở quá trình cháy. Khi bay theo khói tro sẽ mài mòn các bề mặt đốt của lò hơi. Một trong những đặc tính quan trọng của tro ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của lò là nhiệt độ nóng chảy của tro. Nhiệt độ nóng chảy của tro trong khoảng từ 1200°C đến 1425°C. Tro có nhiệt độ chảy thấp thì có nhiều khả năng tạo xỉ bám lên các bề mặt ống, ngăn cản sự trao đổi nhiệt giữa khói với môi chất trong ống và làm tăng nhiệt độ vách ống gây nguy hiểm cho ống.

*\* Nhiệt trị của nhiên liệu:*

Nhiệt trị của nhiên liệu là lượng nhiệt sinh ra khi cháy hoàn toàn 1kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng hay 1m<sup>3</sup> tiêu chuẩn nhiên liệu khí (Kj/kg, Kj/m<sup>3</sup><sub>tc</sub>).

Nhiệt trị làm việc của nhiên liệu gồm nhiệt trị cao và nhiệt trị thấp, ký hiệu là Q<sub>c</sub><sup>lv</sup> và Q<sub>t</sub><sup>lv</sup>. Trong nhiên liệu có hơi nước, nếu hơi nước đó ngưng tụ thành nước sẽ tỏa ra một lượng nhiệt nữa. Nhiệt trị cao là nhiệt trị có kể đến cả lượng nhiệt khi ngưng tụ hơi nước trong sản phẩm cháy nữa. Nhiệt trị thấp là nhiệt trị không kể đến lượng nhiệt ngưng tụ hơi nước trong sản phẩm cháy.

Nhiệt trị của nhiên liệu khi cháy trong thiết bị thực tế là nhiệt trị thấp vì nhiệt độ của khói ra khỏi lò cao hơn nhiệt độ ngưng tụ hơi nước, còn nhiệt trị cao được dùng khi tính toán trong điều kiện phòng thí nghiệm.

Khi so sánh các loại nhiên liệu với nhau, người ta thường dùng khái niệm nhiên liệu tiêu chuẩn, có nhiệt trị Q<sub>t</sub>=7000 Kcal/kg (29330 Kj/kg).

## 3.2. QUÁ TRÌNH CHÁY CỦA NHIÊN LIỆU

### 3.2.1. Khái niệm

Quá trình cháy nhiên liệu là quá trình phản ứng hóa học giữa các nguyên tố hóa học của nhiên liệu với oxi và sinh ra nhiệt, quá trình cháy còn là quá trình oxi hóa.

Chất oxi hóa chính là oxi của không khí cấp vào cho quá trình cháy, chất bị oxy hóa là các nguyên tố cháy được của nhiên liệu. Sản phẩm tạo thành sau quá trình cháy gọi là sản phẩm cháy (khói). Quá trình cháy có thể xảy ra hoàn toàn hoặc không hoàn toàn.

- Quá trình cháy hoàn toàn là quá trình cháy trong đó các thành phần cháy được của nhiên liệu đều được oxi hóa hoàn toàn và sản phẩm cháy của nó gồm các khí  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ , và  $\text{O}_2$ .

- Quá trình cháy không hoàn toàn là quá trình cháy trong đó còn những chất có thể cháy được chưa được ô xi hóa hoàn toàn. Khi cháy không hoàn toàn, ngoài những sản phẩm của quá trình cháy hoàn toàn trong khói còn có những sản phẩm khác:  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ...

Nguyên nhân của quá trình cháy không hoàn toàn có thể là do thiếu không khí cho quá trình oxi hóa hoặc có đủ không khí nhưng không khí và nhiên liệu pha trộn không đều tạo ra chỗ thừa, chỗ thiếu không khí. Quá trình cháy nhiên liệu là một quá trình rất phức tạp bao gồm nhiều giai đoạn: sấy nóng, bốc hơi, sinh chất bốc, bắt lửa, cháy chất bốc và cốc, tạo xỉ.

Giai đoạn sấy nóng và sinh chất bốc là giai đoạn chuẩn bị cho nhiên liệu bốc cháy, cần thiết phải có không khí nóng có nhiệt độ khoảng từ 150 đến 400°C để sấy nóng, bốc ẩm và bốc chất bốc khỏi nhiên liệu.

Giai đoạn bắt lửa bắt đầu ở nhiệt độ cao hơn, khi nhiên liệu tiếp xúc với không khí nóng.

Giai đoạn cháy chất bốc và cốc kèm theo quá trình tỏa nhiệt, nhiệt lượng này có tác dụng làm tăng nhiệt độ hỗn hợp để phản ứng oxy hóa cốc xảy ra nhanh hơn, đây là giai đoạn oxi hóa mãnh liệt nhất.

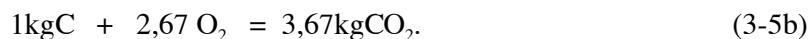
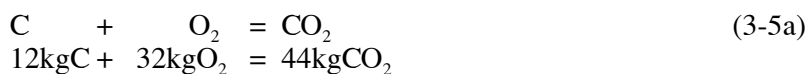
Giai đoạn kết thúc quá trình cháy là giai đoạn tạo thành tro và xỉ.

### 3.2.2. Các phương trình phản ứng cháy

#### 3.2.2.1. Cháy nhiên liệu rắn

+ Phản ứng của quá trình cháy hoàn toàn:

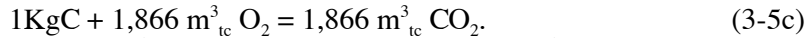
- Cháy cacbon:



Khi thay khối lượng riêng của Oxi  $\rho_{\text{O}_2} = 1,428\text{kg}/\text{m}^3_{\text{tc}}$  và cacbonic

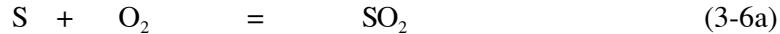
$\rho_{\text{CO}_2} = 1,964\text{kg}/\text{m}^3_{\text{tc}}$  vào (3-5b), ta được:



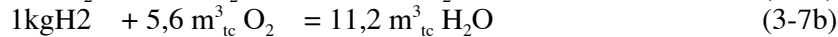
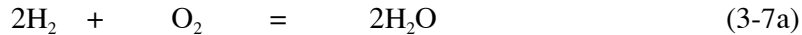


Tương tự, ta có thể tính lượng không khí cần thiết để đốt cháy các thành phần khác.

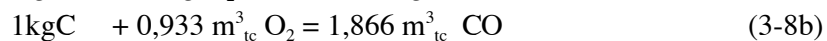
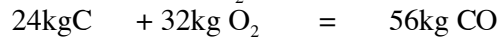
- Cháy lưu huỳnh:



- Cháy hydro:



+ Phản ứng cháy không hoàn toàn:



### 3.2.2.2. Cháy nhiên liệu khí:

Nhiên liệu khí bao gồm các thành phần  $\text{H}_2$ , S,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$ , CO,  $\text{H}_2\text{S}$ . Phương trình các phản ứng cháy nhiên liệu khí cũng được viết tương tự như đối với nhiên liệu rắn hoặc lỏng. Từ các phương trình phản ứng cháy ta có thể tính được lượng oxi lý thuyết cần thiết cung cấp cho quá trình cháy, đảm bảo cho nhiên liệu cháy hoàn toàn (cháy kiệt). Từ đó tính được lượng không khí cần cung cấp cho lò hơi. Đồng thời từ các phương trình phản ứng cháy cũng có thể tính được lượng khói thải ra khỏi lò.

### 3.2.3. Xác định thể tích không khí cấp cho quá trình cháy

\* *Thể tích không khí lý thuyết:*

Thể tích không khí lý thuyết cần thiết cho quá trình cháy là lượng không khí tương ứng với lượng  $\text{O}_2$  cần thiết cho quá trình cháy hoàn toàn 1kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng hay  $1 \text{ m}^3_{\text{tc}}$  tiêu chuẩn nhiên liệu khí.

Trong nhiên liệu rắn, các thành phần C, H, S có thể cháy được và sinh nhiệt. Lượng oxi cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu bằng tổng lượng oxi cần thiết để đốt cháy hoàn toàn lượng C, H, S có trong 1kg nhiên liệu. Vậy có thể tính lượng oxi cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu theo các phương trình phản ứng (3-5), (3-6), (3-7).

$$V_{\text{O}_2}^0 = 1,866 \frac{\text{C}^{\text{lv}}}{100} + 0,7 \frac{\text{S}^{\text{lv}}}{100} + 5,6 \frac{\text{H}^{\text{lv}}}{100} - \frac{\text{O}^{\text{lv}}}{1,428.100} \quad (3-9)$$

Oxi cấp cho quá trình cháy trong lò hơi lấy từ không khí, mà trong không khí oxi chiếm 21%, do đó có thể tính được lượng không khí lý thuyết cần thiết cho quá trình cháy hoàn toàn 1kg nhiên liệu:

$$V_{\text{kk}}^0 = \frac{V_{\text{O}_2}^0}{0,21} = \frac{1}{0,21} \left( 1,866 \frac{\text{C}^{\text{lv}}}{100} + 0,7 \frac{\text{S}^{\text{lv}}}{100} + 5,6 \frac{\text{H}^{\text{lv}}}{100} - \frac{\text{O}^{\text{lv}}}{1,428.100} \right) \quad (3-10)$$

Lượng không khí lý thuyết để đốt cháy 1kg nhiên liệu rắn, lỏng là:

$$V_{\text{kk}}^0 = 0,0889(\text{C}^{\text{lv}} + 0,375\text{S}^{\text{lv}}) + 0,265\text{H}^{\text{lv}} - 0,0333\text{O}^{\text{lv}}, (\text{m}^3_{\text{tc}} / \text{kg}) \quad (3-11)$$

\* *Thể tích không khí thực tế:*

Thể tích không khí lý thuyết cần thiết cho quá trình cháy được xác định theo các phương trình phản ứng hóa học nêu trên. Nghĩa là được tính toán với điều kiện lý tưởng, trong đó từng phân tử các chất oxi hóa và bị oxi hóa tiếp xúc và phản ứng với nhau. Trong thực tế không khí và nhiên liệu không thể tiếp xúc lý tưởng với nhau được như vậy. Do vậy để quá trình cháy có thể xảy ra hoàn toàn (nghĩa là gần với điều kiện lý tưởng) thì lượng không khí thực tế cần phải cung cấp vào nhiều hơn lượng không khí tính toán được theo lý thuyết. Tỉ số giữa lượng không khí thực tế cấp vào với lượng không khí lý thuyết tính toán được gọi là hệ số không khí thừa, ký hiệu là  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{V_{kk}}{V_{kk}^0} > 1 \quad (3-12)$$

Trong đó:

$V_{kk}$ : Thể tích không khí thực tế, ( $m^3_{tc}/kg$ )

$V_{kk}^0$ : Thể tích không khí lý thuyết, ( $m^3_{tc}/kg$ ).

Giá trị tiêu chuẩn của hệ số không khí thừa đối với từng loại lò hơi như sau:

+ Đốt nhiên liệu trong buồng lửa ghi :  $\alpha = 1,3$  đến  $1,5$

+ Đốt nhiên liệu trong buồng lửa phun:

Lò hơi đốt bột than (phun) :  $\alpha = 1,13$  đến  $1,25$

Lò hơi đốt dầu:  $\alpha = 1,03$  đến  $1,15$

Lò hơi đốt khí:  $\alpha = 1,02$  đến  $1,05$

Lò hơi không thể kín tuyệt đối được vì có các chỗ ghép nối tường lò, trên tường lò phải có cửa vệ sinh, cửa quan sát. Khi lò làm việc, áp suất đường khói luôn thấp hơn áp suất khí quyển, do đó không khí lạnh từ ngoài sẽ lọt vào đường khói làm tăng hệ số không khí thừa trong đường khói. áp suất khói giảm dần theo chiều khói đi, do đó lượng không khí lạnh lọt vào đường khói tăng dần, nghĩa là ( tăng dần theo chiều đi của khói. Khi ( tăng thì nhiệt độ của khói giảm xuống tức là quá trình truyền nhiệt giảm xuống, nhiệt thừa của khói tăng lên tức là lượng nhiệt do khói mang ra ngoài trời ( $q_2$ ) tăng lên, hiệu suất lò giảm xuống. Vì vậy, khi vận hành cần phải phấn đấu giữ cho  $\alpha$  ở giá trị tối thiểu.

### 3.2.4. Thể tích sản phẩm cháy sinh ra khi cháy nhiên liệu

Sản phẩm cháy (gọi là khói thực) gồm có khói khô và hơi nước. Tùy thuộc vào điều kiện cháy hoàn toàn hay không hoàn toàn các nguyên tố cháy của nhiên liệu mà tỷ lệ các thành phần các chất sinh ra trong sản phẩm cháy khác nhau. ở trạng thái lý thuyết, khi cháy hoàn toàn (với  $\alpha = 1$ ) sẽ tạo thành trong khói các chất:  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $N_2$  và  $H_2O$ .

Ở các lò hơi đốt dầu sử dụng vòi phun hơi thì cần thiết phải có một lượng hơi để phun dầu vào lò dưới dạng sương mù nên lượng khói thực tế bao giờ cũng lớn hơn lượng khói lý thuyết.

Trong quá trình vận hành lò hơi, thường phải kiểm tra các mẫu khói định kỳ để phát hiện trong khói có thành phần CO không. Nếu có CO chứng tỏ quá trình cháy xảy ra không hoàn toàn, nhiên liệu chưa bị oxi hóa hoàn toàn, cần thiết phải tìm

nguyên nhân để khắc phục và điều chỉnh quá trình cháy. Đồng thời việc phân tích khói còn cho phép xác định hệ số không khí thừa xem có đúng tiêu chuẩn không. Nếu  $\alpha$  nhỏ hơn tiêu chuẩn thì quá trình cháy sẽ thiếu  $O_2$  cháy không hết nhiên liệu. Nếu  $\alpha$  lớn thì tổn thất nhiệt  $q_2$  tăng, hiệu suất của lò giảm xuống. Khi phân tích khói thường xác định chung giá trị thể tích của khí 3 nguyên tử có trong khói  $CO_2$  và  $SO_2$ , ký hiệu là  $RO_2$

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} \quad (3-13)$$

### 3.3. CÂN BẰNG NHIỆT VÀ TÍNH HIỆU SUẤT CỦA LÒ

#### 3.3.1. Phương trình cân bằng nhiệt tổng quát của lò

Nhiệt lượng sinh ra khi đốt cháy nhiên liệu trong lò hơi chính là năng lượng do nhiên liệu và không khí mang vào:

$$Q_{dv} = Q_{nl} + Q_{kk} \quad (3-14)$$

Nhiệt lượng này một phần được sử dụng hữu ích để sinh hơi, còn một phần nhỏ hơn bị mất mát đi gọi là tổn thất nhiệt.

$$Q_{dv} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (3-15)$$

Trong đó:

$Q_1$  là nhiệt lượng sử dụng hữu ích để sinh hơi, (Kj/kg)

$Q_2$  là lượng tổn thất nhiệt do khói thải mang ra ngoài lò hơi, (Kj/kg)

$Q_3$  là lượng tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt hóa học, (Kj/kg)

$Q_4$  là lượng tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học, (Kj/kg)

$Q_5$  là lượng tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt từ mặt ngoài tường lò ra không khí xung quanh, (Kj/kg)

$Q_6$  là lượng tổn thất nhiệt do xỉ nóng mang ra ngoài, (Kj/kg).

Nhiệt lượng sinh ra do đốt cháy nhiên liệu trong lò hơi chính bằng nhiệt lượng được sử dụng hữu ích để sinh hơi và phần nhiệt bị tổn thất trong quá trình làm việc. Phương trình biểu diễn sự cân bằng này gọi là phương trình cân bằng nhiệt tổng quát của lò.

$$Q_{dv} = Q_{nl} + Q_{kk} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (3-16)$$

#### 3.3.2. Xác định hiệu suất của lò hơi

Hiệu suất của lò hơi là tỉ số giữa lượng nhiệt sử dụng hữu ích và lượng nhiệt cung cấp vào lò hơi.

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{dv}} \cdot 100, (\%) \quad (3-17)$$

Hiệu suất của lò hơi có thể xác định bằng 2 phương pháp: phương pháp cân bằng thuận và phương pháp cân bằng nghịch.

### 3.3.2.1. Phương pháp cân bằng thuận:

Phương pháp xác định hiệu suất nhiệt theo phương trình (3-17) gọi là phương pháp cân bằng thuận. Để tính hiệu suất của lò theo phương pháp cân bằng thuận cần tính lượng nhiệt sử dụng hữu ích  $Q_1$  và lượng nhiệt cung cấp vào lò hơi  $Q_{dv}$ .

+ Nhiệt sử dụng hữu ích hơi nhận được:

$$Q_1 + D(i_{qn} - i'_{nc}) \quad (3-18)$$

$D$  là sản lượng hơi của lò hơi, (kg/h)

$i_{qn}$  là entanpi hơi quá nhiệt, (Kj/kg)

$i'_{nc}$  là entanpi nước ở đầu vào bộ hâm nước, (Kj/kg)

+ Lượng nhiệt do nhiên liệu sinh ra khi cháy (nếu bỏ qua nhiệt lượng do không khí mang vào):

$$Q_{dv} = BQ_t^{lv} \quad (3-19)$$

$B$  là lượng nhiên liệu lò hơi tiêu thụ trong 1h (kg/h). Thay vào (3-17) ta có:

$$\eta = \frac{D(i_{qn} - i'_{qn})}{BQ_t^{lv}} 100, (\%) \quad (3-20)$$

Như vậy muốn xác định hiệu suất của lò theo phương pháp thuận cần xác định chính xác lượng tiêu hao nhiên liệu tương ứng với lượng hơi sản xuất ra. Đây là một điều khó khăn đối với các lò hơi lớn vì lượng tiêu hao nhiên liệu rất lớn nên rất khó xác định chính xác lượng tiêu hao nhiên liệu của lò. Vì vậy phương pháp này chỉ dùng để xác định hiệu suất cho các lò hơi nhỏ, có lượng tiêu hao nhiên liệu ít có thể xác định được chính xác, còn sản lượng hơi được xác định bằng cách đo lượng nước cấp vào lò. Đối với các lò lớn thì hiệu suất được xác định theo phương pháp cân bằng nghịch.

### 3.3.2.2. Phương pháp cân bằng nghịch:

Từ phương trình cân bằng nhiệt tổng quát của lò (3-16) ta có:

$$Q_1 = Q_{dv} - Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6 \quad (3-21)$$

Chia cả hai vế cho  $Q_{dv}$  ta được:

$$\frac{Q_1}{Q_{dv}} = \frac{Q_{dv}}{Q_{dv}} - \frac{Q_2}{Q_{dv}} - \frac{Q_3}{Q_{dv}} - \frac{Q_4}{Q_{dv}} - \frac{Q_5}{Q_{dv}} - \frac{Q_6}{Q_{dv}} \quad (3-22)$$

hay:

$$\eta = q_1 = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (3-23)$$

$$\eta = q_1 = 100 - \sum_{i=2}^6 q_i (\%)$$

trong đó:  $q_1 = \frac{Q_1}{Q_{dv}} (\%)$ ;  $q_2 = \frac{Q_2}{Q_{dv}} (\%)$ ,  $q_3 = \frac{Q_3}{Q_{dv}} (\%)$ . . . .

Phương pháp xác định hiệu suất nhiệt theo phương trình (3-23) gọi là phương pháp cân bằng nghịch. Để tính hiệu suất của lò theo phương pháp cân bằng nghịch cần tính các tổn thất nhiệt  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$ .

### 3.4. TỔN THẤT NHIỆT TRONG LÒ HƠI

#### 3.4.1. Tổn thất nhiệt do khói thải mang ra ngoài lò hơi $q_2$ (%)

Khói được tạo thành trong quá trình cháy tức là từ không khí và nhiên liệu. Không khí vào lò có nhiệt độ khoảng 20-35°C, trong khi đó nhiệt độ khói thải ra khỏi lò thường lớn hơn 110°C, đặc biệt đối với các lò nhỏ không có bề mặt đốt phân đuôi thì nhiệt độ khói thoát có thể tới 400°C. Như vậy phải mất một lượng nhiệt để đốt nóng không khí và nhiên liệu từ nhiệt độ môi trường đến nhiệt độ khói thải. Tổn thất này gọi là tổn thất nhiệt do khói thải, ký hiệu là  $q_2$  (%)

Hệ số không khí thừa ra khỏi lò hơi và nhiệt độ khói thải là 2 yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến  $q_2$ . Nhiệt độ khói thải càng cao thì tổn thất  $q_2$  càng lớn. Tuy nhiên khi nhiệt độ khói thải thấp hơn nhiệt độ đọng sương sẽ gây ngưng đọng sương hơi nước trong khói. Nước ngưng đọng sẽ dễ hòa tan  $SO_2$  tạo thành  $H_2SO_4$  gây hiện tượng ăn mòn kim loại. Vì vậy chúng ta phải tìm những biện pháp để giảm nhiệt độ khói thải đến mức hợp lý nhất.

Khi hệ số không khí thừa càng lớn thì nhiệt độ cháy lý thuyết của quá trình giảm, làm giảm lượng nhiệt hấp thu bằng bức xạ của buồng lửa, dẫn đến nhiệt độ khói sau buồng lửa tăng lên tức là nhiệt độ khói thoát tăng. Mặt khác hệ số không khí thừa càng lớn thì thể tích khói thải càng lớn và như vậy thì  $q_2$  cũng càng lớn. Vì vậy cần khống chế (ở mức nhỏ nhất, đồng thời hạn chế không khí lạnh lọt vào lò hơi. Tổn thất nhiệt  $q_2$  thường trong khoảng từ 4-7%

#### 3.4.2. Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học $q_3$ (%)

Khi nhiên liệu cháy không hoàn toàn thì trong khói còn có các chất khí cháy không hoàn toàn như  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ . Những khí này còn có thể cháy và sinh nhiệt được nhưng chưa cháy đã bị thải ra ngoài, gây nên tổn thất nhiệt gọi là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học, ký hiệu là  $q_3$  (%). Nguyên nhân của tổn thất này là có thể do thiếu không khí hoặc không khí pha trộn không đều với nhiên liệu.

Các yếu tố ảnh hưởng đến  $q_3$  bao gồm: Nhiệt độ buồng lửa, hệ số không khí thừa và phương thức xáo trộn giữa không khí với nhiên liệu trong buồng lửa. Hệ số không khí thừa lớn thì  $q_3$  càng nhỏ nhưng  $q_2$  lại tăng (Tuy nhiên hệ số không khí thừa quá lớn làm cho nhiệt độ buồng lửa quá thấp thì  $q_3$  lại tăng). Sự pha trộn giữa nhiên liệu và không khí càng tốt thì  $q_3$  càng nhỏ. Vì vậy phải tính chọn  $\alpha$  sao cho tổng tổn thất nhiệt  $q_2 + q_3$  là nhỏ nhất.

Khi đốt nhiên liệu rắn: đối với buồng lửa ghi tổn thất  $q_3$  có thể đạt đến 0,5-1%, buồng đốt phun  $q_3$  có thể đạt đến 0,5% và với buồng lửa thủ công  $q_3$  có thể đạt đến 2% hoặc cao hơn. Khi đốt mazut thì  $q_3$  cao hơn vì khi cháy mazut cacbua hydro dễ bị phân hủy tạo thành những liên kết khó phản ứng, thường  $q_3 = 3\%$ .

#### 3.4.3. Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học $q_4$ (%)

Nhiên liệu đưa vào lò có một phần chưa kịp cháy đã bị thổi ra ngoài theo các đường: bay theo khói, lọt qua ghi lò hoặc rơi xuống đáy buồng lửa cùng với xỉ gây nên tổn thất nhiệt gọi là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học.

Yếu tố ảnh hưởng đến tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học là kích cỡ hạt, tính kết dính của tro, tốc độ và cách tổ chức cấp gió. Ở lò ghi, khe hở của ghi càng lớn thì tổn thất  $q_4$  càng lớn. Nếu việc phân phối gió cấp I và II không tốt, sẽ thổi bay các hạt nhiên liệu chưa cháy hết ra khỏi buồng lửa. Kích thước hạt càng không đều thì  $q_4$  càng lớn. Buồng lửa phun có  $q_4$  bé nhất, đặc biệt là buồng lửa thổi xỉ lỏng có thể coi  $q_4 = 0$ . Đối với buồng đốt kiểu phun:  $q_4$  có thể đạt đến 4%; đối với buồng đốt ghi từ 2-14%.

#### **3.4.4. Tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh $q_5$ (%)**

Bề mặt tường xung quanh của lò luôn có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ môi trường xung quanh, do đó luôn có sự tỏa nhiệt từ mặt ngoài tường lò đến môi trường gây nên tổn thất, gọi là tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, ký hiệu là  $q_5$  (%). Tổn thất nhiệt  $q_5$  phụ thuộc vào nhiệt độ, diện tích bề mặt xung quanh của tường lò, chất lượng lớp cách nhiệt tường lò. Tổn thất  $q_5$  tỷ lệ thuận với diện tích xung quanh, với nhiệt độ bề mặt ngoài của tường lò. Tuy nhiên, công suất lò càng lớn thì diện tích bề mặt càng tăng nhưng độ tăng diện tích bề mặt xung quanh nhỏ hơn độ tăng sản lượng lò, do đó trị số  $q_5$  ứng với 1kg nhiên liệu sẽ giảm xuống.

Đối với lò hơi lớn  $q_5$  khoảng 0,5%. Muốn giảm  $q_5$  phải thiết kế tường lò sao cho hợp lý.

#### **3.4.5. Tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài lò hơi $q_6$ (%)**

Xỉ sinh ra từ nhiên liệu trong quá trình cháy, được thổi ra khỏi lò ở nhiệt độ cao. Đối với lò hơi thổi xỉ khô nhiệt độ xỉ ra khỏi lò khoảng 600 - 800°C, đối với lò hơi thổi xỉ lỏng nhiệt độ xỉ khoảng 1300 - 1400°C, trong khi đó nhiên liệu vào lò có nhiệt độ khoảng 20-35°C. Như vậy lò hơi đã mất đi một lượng nhiệt để nâng nhiệt độ xỉ từ nhiệt độ bằng nhiệt độ môi trường lúc vào đến nhiệt độ xỉ lúc ra khỏi lò, gọi là tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài  $q_6$  (%).

Tổn thất  $q_6$  phụ thuộc vào độ tro của nhiên liệu, vào phương pháp thổi xỉ ra khỏi buồng lửa. Đối với nhiên liệu càng nhiều tro thì  $q_6$  càng lớn. Các lò thổi xỉ khô có  $q_6$  nhỏ hơn khi thổi xỉ lỏng. Tổn thất  $q_6$  có thể đạt đến 5%

## Chương 4. CÁC PHẦN TỬ CỦA Lò HƠI

### 4.1. KHUNG Lò VÀ TƯỜNG Lò

#### 4.1.1. Khung lò

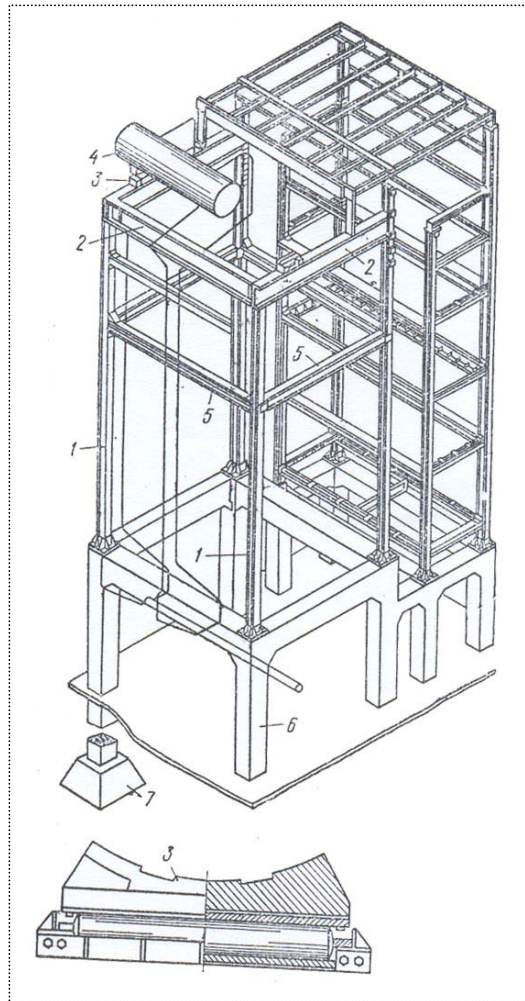
Khung lò là một kết cấu kim loại dùng để treo hoặc đỡ tất cả các phần tử của lò. Khung lò gồm có các cột chính, phụ đặt trên hệ thống móng và được nối với nhau bằng các dầm. Ngoài ra còn các hệ thống treo đỡ dàn ống quá nhiệt, bộ hâm nước, bộ sấy không khí, toàn bộ sàn thao tác để phục vụ cho công nhân làm việc ở vị trí cao và ở các chỗ cần kiểm tra, theo dõi, quan sát tro bụi.

Khung lò thường làm bằng các thanh thép chữ I, V, U đơn hoặc các thanh này ghép lại với nhau. Các kết cấu treo và đỡ phải đảm bảo sao cho các phần tử của lò có thể dịch chuyển được khi bị giãn nở nhiệt. Kết cấu khung lò được chỉ trên hình 4.1.

#### 4.1.2. Tường lò

Tường lò có nhiệm vụ ngăn cách các phần tử được đốt nóng của lò với môi trường xung quanh nhằm giảm bớt tổn thất nhiệt do tỏa ra môi trường xung quanh, đồng thời hạn chế việc đốt nóng quá mức không khí ở chung quanh nhằm đảm bảo điều kiện làm việc cho công nhân vận hành, mặt khác nó còn có nhiệm vụ ngăn cản việc lọt gió lạnh ở ngoài vào trong buồng lửa và đường khói.

Theo tiêu chuẩn vận hành, để đảm bảo an toàn cho công nhân vận hành, nhiệt độ không khí ở khu làm việc phải nhỏ hơn  $50^{\circ}\text{C}$ . Vì vậy tường lò phải cách nhiệt tốt đảm bảo điều kiện nhiệt độ mặt ngoài của tường lò không được vượt quá  $50^{\circ}\text{C}$ . Thông thường, tường lò tiếp xúc trực tiếp với ngọn lửa và dòng khói, chịu tác dụng phá hủy do mài mòn của tro bay, ăn mòn của xỉ nên tường lò được cấu trúc gồm 3 lớp được biểu diễn trên hình 4.2. Lớp trong cùng là vật liệu chịu lửa, xây bằng gạch chịu lửa, chịu được tác dụng của nhiệt độ cao, ăn mòn và mài mòn của xỉ. Lớp thứ hai là vật liệu cách nhiệt, có tác dụng cách nhiệt và ngoài cùng là lớp tôn mỏng vừa có tác dụng

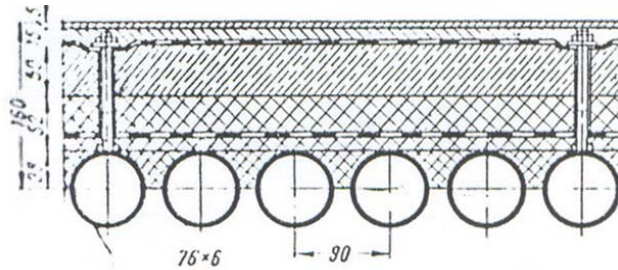


Hình 4.1. Kết cấu khung lò

bảo vệ lớp cách nhiệt vừa có tác dụng trang trí.

Hình 4.2 tường lò

1. là lớp gạch chịu lửa.
2. là lớp vật liệu cách nhiệt.
3. là lớp kim loại bảo vệ
4. ống sinh hơi



+ *Vật liệu chịu lửa*: Ở lò hơi thường dùng các loại vật liệu chịu lửa như: Samot, Cromit. Yêu cầu đối với vật liệu chịu lửa là độ chịu lửa, độ bền nhiệt, độ chịu xỉ cao.

- *Độ chịu lửa*: là khả năng chịu được nhiệt độ cao (trên  $1500^{\circ}\text{C}$ ), tức là vẫn giữ được các tính chất cơ học và vật lý ở nhiệt độ cao.

- *Độ bền nhiệt*: là khả năng chịu được sự thay đổi nhiệt độ nhiều lần mà không bị thay đổi về cấu tạo và tính chất.

- *Độ chịu xỉ*: là khả năng chịu được sự mài mòn và ăn mòn hóa học của xỉ.

Samốt là loại vật liệu được sử dụng nhiều vì có sẵn trong tự nhiên, rẻ tiền, có thể chịu được nhiệt độ đến  $1730^{\circ}\text{C}$ , thường được sản xuất ra dưới dạng bột hoặc gạch có kích thước tiêu chuẩn.

Cromit có thể chịu nhiệt độ đến  $2000^{\circ}\text{C}$ , đắt tiền, thường dùng trong lò hơi ở dạng bột để làm vữa trát lên một phần dàn ống của buồng lửa (ngang vòi phun) để tạo thành đai cháy của lò.

Ở những vùng có nhiệt độ cao hơn (trên  $2000^{\circ}\text{C}$ ) cần phải dùng zirconi, loại này có độ chịu lửa cao nhưng đắt tiền.

+ *Vật liệu cách nhiệt*: Yêu cầu đối với vật liệu cách nhiệt là có hệ số dẫn nhiệt thấp và hệ số này giữ không đổi trong quá trình làm việc, ngoài ra còn đòi hỏi về độ bền về cơ, độ bền nhiệt và độ xốp. Thường vật liệu cách nhiệt có hệ số dẫn nhiệt bằng khoảng 0,03 đến  $0,25\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ . Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt phụ thuộc vào bản chất, cấu trúc của chúng và có thể thay đổi theo nhiệt độ. Khi bị ẩm, hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt tăng lên, nghĩa là tác dụng cách nhiệt giảm xuống.

Các loại vật liệu cách nhiệt hiện nay thường dùng là: Amiăng, Điatonit, Bông thủy tinh.

+ *Amiăng*: là vật liệu có cấu tạo dạng sợi vải, bìa, dây, bột, thường được dùng ở những nơi có nhiệt độ từ 100 đến  $500^{\circ}\text{C}$ . Hệ số dẫn nhiệt của Amiăng trong khoảng từ 0,12 đến  $0,14\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ .

+ *Bông thủy tinh (bông khoáng)*: gồm những sợi thủy tinh do nấu chảy đá khoáng, xỉ hay thủy tinh, có thể sử dụng ở những vùng có nhiệt độ đến  $600^{\circ}\text{C}$ . Hệ số dẫn nhiệt của bông thủy tinh phụ thuộc vào bề dày của sợi, độ nén của sợi, dao động trong khoảng từ 0,0490 đến  $0,0672\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ .

+ *Điatonit*: là loại vật liệu cách nhiệt có thể chịu được nhiệt độ đến  $1000^{\circ}\text{C}$ , tuy nhiên ở nhiệt độ cao thì hệ số dẫn nhiệt bị giảm nhiều, do đó thường dùng ở nhiệt độ thấp hơn dưới dạng gạch hoặc bột như samốt.



## 4.2. DÀN ỐNG BUỒNG LỬA VÀ CỤM PHESTON

### 4.2.1. Dàn ống buồng lửa

Dàn ống buồng lửa gồm các ống lên và ống xuống. Các ống lên là những ống thép chịu nhiệt có đường kính từ 40 đến 63 mm được đặt phía trong tường buồng lửa. Mọi chất trong ống sẽ nhận nhiệt trực tiếp từ ngọn lửa, biến thành hơi chuyển động lên phía trên (còn được gọi là dàn ống sinh hơi).

Khoảng cách giữa các ống (gọi là bước ống s) và khoảng cách từ ống đến tường (được gọi là độ đặt ống) có ảnh hưởng đến khả năng bảo vệ tường buồng lửa khỏi bị bức xạ trực tiếp của ngọn lửa và khỏi bị đóng xỉ cũng như khả năng hấp thụ nhiệt của dàn ống. Nếu bố trí sát nhau quá thì tường được bảo vệ tốt hơn, nhưng độ chiếu sáng của ngọn lửa đến dàn ống giảm đi, do đó khả năng hấp thụ nhiệt của một đơn vị diện tích bề mặt chịu nhiệt (diện tích bề mặt xung quanh ống) cũng giảm đi. Nếu đặt dày quá thì ống góp của dàn ống phải khoan nhiều lỗ, khoảng cách giữa các lỗ giảm xuống làm cho độ bền của ống góp giảm đi. Đối với các lò hơi lớn, bước tương đối  $s/d = 1,2 - 1,4$  (d là đường kính ngoài của ống).

Các ống nước xuống được bọc cách nhiệt và đặt phía ngoài tường buồng lửa (được gọi là ống xuống) có đường kính lớn hơn, thường khoảng từ 125 đến 175mm.

### 4.2.2. Cụm pheston

Cụm pheston chính là các ống của dàn ống sinh hơi tường sau nối với bao hơi tạo thành cụm ống thừa hơn để cho khói đi qua ra khỏi buồng lửa.

Do nhiệt độ của khói phân bố không đều theo chiều rộng buồng lửa, do thành phần và kích thước nhiên liệu không đồng nhất nên có một số hạt nhiên liệu kích thước nhỏ đang bị nóng chảy bị thổi bay ra khỏi buồng lửa có thể bám vào các bề mặt ống của bộ quá nhiệt gây hiện tượng đóng xỉ. Nhờ cụm pheston nhận bớt nhiệt, nhiệt độ dòng khói có thể giảm bớt  $50^{\circ}\text{C}$ , đảm bảo cho những hạt tro nóng nguội đi và rắn lại, hạn chế hiện tượng đóng xỉ ở bộ quá nhiệt. ở cụm pheston các ống được bố trí thừa hơn nên không có hiện tượng đóng xỉ ở đó.

### 4.2.3. Bao hơi

Dàn ống buồng lửa, cụm pheston của lò hơi tuần hoàn được nối trực tiếp với bao hơi đặt nằm ngang trên đỉnh lò hoặc nối qua các ống góp trung gian. Nước cấp từ bộ hâm nước được đưa vào bao hơi, từ bao hơi nước được đi xuống theo các ống nước xuống, qua các ống góp dưới đi vào toàn bộ dàn ống buồng lửa, tại đây nước nhận nhiệt biến thành hơi. Dòng hỗn hợp hơi và nước sinh ra trong các ống sinh hơi sẽ đi vào bao hơi và hơi được phân ly ra khỏi nước rồi sang bộ quá nhiệt

Đường kính bao hơi thường khoảng 1,4 đến 1,6 m

## 4.3. BỘ QUÁ NHIỆT

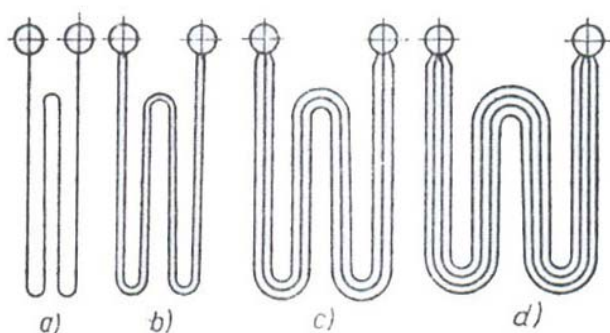
### 4.3.1. Vai trò của bộ quá nhiệt

Bộ quá nhiệt là bộ phận để sấy khô hơi, biến hơi bão hòa thành hơi quá nhiệt.

Hơi quá nhiệt có nhiệt độ cao hơn, do đó nhiệt lượng tích lũy trong một đơn vị khối lượng hơi quá nhiệt cao hơn nhiều so với hơi bão hòa ở cùng áp suất. Bởi vậy khi công suất máy giống nhau nếu dùng hơi quá nhiệt thì kích thước máy sẽ nhỏ hơn rất nhiều so với máy dùng hơi bão hòa.

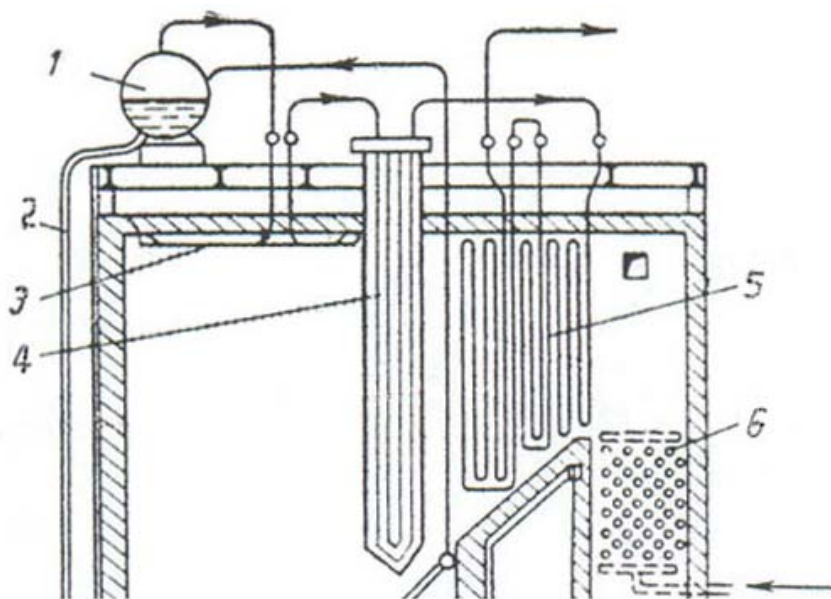
#### 4.3.2. Cấu tạo bộ quá nhiệt

Bộ quá nhiệt thường được chế tạo gồm những ống xoắn nối vào các ống góp. Ống xoắn bộ quá nhiệt là những ống thép uốn gấp khúc có đường kính từ 32-45 mm, được biểu diễn trên hình 4.4.



Hình 4.4. Các dạng ống xoắn của BQN

- a. ống đơn;
- b. ống kép đôi;
- c. ống kép ba;
- d. ống kép bốn



Hình 4.5. Cấu tạo bộ quá nhiệt

- 1-Bao hơi; 2-ống xuống; 3-Bộ quá nhiệt bức xạ;
- 4-Bộ quá nhiệt nửa bức xạ; 5-Bộ quá nhiệt đối lưu; 6-Bộ hâm nước

Để nhận được hơi quá nhiệt có nhiệt độ cao (có thể đến  $560^{\circ}\text{C}$ ), cần phải đặt bộ quá nhiệt ở vùng khói có nhiệt độ cao (trên  $700^{\circ}\text{C}$ ). Khi đó nhiệt độ hơi trong ống và nhiệt độ khói ngoài ống của bộ quá nhiệt đều cao, yêu cầu các ống thép của bộ quá nhiệt phải được làm bằng thép hợp kim. Kích thước bộ quá nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ hơi quá nhiệt. Về cấu tạo, có thể chia thành 3 loại:

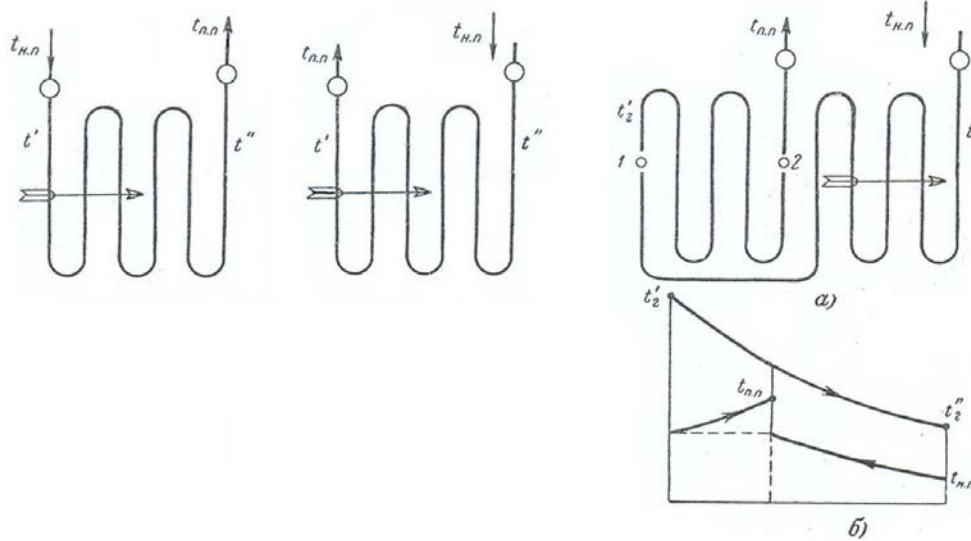
+ Bộ quá nhiệt đối lưu: Bộ quá nhiệt đối lưu nhận nhiệt chủ yếu bằng đối lưu của dòng khói, đặt trên đoạn đường khói nằm ngang phía sau cụm pheston. Bộ quá nhiệt đối lưu dùng cho các lò hơi có nhiệt độ hơi quá nhiệt không vượt quá  $510^{\circ}\text{C}$ . Cấu tạo của bộ quá nhiệt đối lưu được biểu diễn trên hình 4.5.

+ Bộ quá nhiệt nửa bức xạ: Bộ quá nhiệt nửa bức xạ nhận nhiệt cả bức xạ từ ngọn lửa lẫn đối lưu từ khói, được đặt ở cửa ra buồng lửa, phía trước cụm pheston và thường được dùng ở những lò có nhiệt độ hơi quá nhiệt khoảng  $530-560^{\circ}\text{C}$ .

+ Bộ quá nhiệt bức xạ: Bộ quá nhiệt bức xạ nhận nhiệt chủ yếu bằng bức xạ trực tiếp của ngọn lửa, được đặt ngay trong buồng lửa xen kẽ với dàn ống sinh hơi của hai tường bên. Đối với những lò có thông số siêu cao, nhiệt độ hơi trên  $560^{\circ}\text{C}$  thì tỷ lệ nhiệt lượng dùng để quá nhiệt hơi rất lớn, nhất là lò có quá nhiệt trung gian hơi, khiến cho kích thước bộ quá nhiệt rất lớn. Vì vậy phải đặt một phần bộ quá nhiệt vào trong buồng lửa để hấp thu nhiệt bức xạ nhằm giảm bớt kích thước bộ quá nhiệt.

### 4.3.3. Cách bố trí bộ quá nhiệt

Khi bố trí bộ quá nhiệt, việc bố trí hơi và khói chuyển động thuận chiều hay ngược chiều là tùy thuộc vào thông số của hơi ra khỏi bộ quá nhiệt (hình 4.6)



Hình 4.6. Chuyển động của hơi trong bộ quá nhiệt;  
a- kiểu thuận chiều; b-kiểu ngược chiều; c-kiểu hỗn hợp

#### 4.3.3.1. Bố trí theo kiểu thuận chiều:

Nếu bố trí cho hơi quá nhiệt đi thuận chiều với dòng khói (biểu diễn trên hình

4.6a) thì hiệu số nhiệt độ trung bình giữa khói và hơi sẽ thấp hơn so với bố trí ngược chiều, do đó diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của bộ quá nhiệt sẽ tăng lên. Bởi vậy trong thực tế không bố trí theo kiểu thuận chiều.

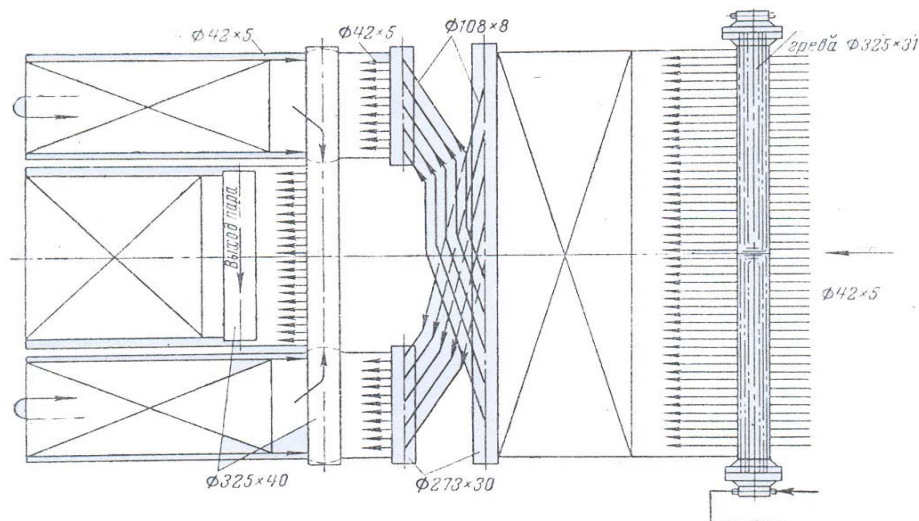
#### 4.3.3.2. Bố trí theo kiểu ngược chiều:

Nếu bố trí cho hơi quá nhiệt đi ngược chiều với dòng khói (biểu diễn trên hình 4.6b và c) thì hiệu số nhiệt độ trung bình giữa khói và hơi sẽ cao hơn so với bố trí thuận chiều, do đó diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của bộ quá nhiệt sẽ giảm xuống. Nhưng khi đó phía hơi ra vừa có nhiệt độ hơi cao vừa có nhiệt độ khói cao, kim loại sẽ làm việc trong điều kiện rất nặng nề, đòi hỏi kim loại chế tạo phải rất đắt tiền. Vì vậy trong thực tế kiểu bố trí ngược chiều chỉ dùng cho các lò có nhiệt độ hơi quá nhiệt không vượt quá 450°C.

#### 4.3.3.3. Bố trí theo kiểu hỗn hợp:

Khi nhiệt độ hơi quá nhiệt cao hơn 450°C thì bộ quá nhiệt được bố trí kiểu hỗn hợp, có một phần hơi và khói đi thuận chiều, một phần đi ngược chiều. Theo kiểu bố trí này, phía hơi ra có nhiệt độ hơi cao nhưng nhiệt độ khói không cao, kim loại sẽ không bị đốt nóng quá mức. Hình 4.6d biểu diễn sơ đồ bộ quá nhiệt bố trí kiểu hỗn hợp.

Do trường nhiệt độ và tốc độ khói không đồng đều theo chiều rộng của lò, bám bản trên các ống và trở lực của các ống xoắn không đồng đều làm cho khả năng hấp thụ nhiệt của các ống sẽ khác nhau dẫn đến có sự chênh lệch nhiệt giữa các ống xoắn của bộ quá nhiệt. Để khắc phục hiện tượng này, khi bố trí bộ quá nhiệt người ta áp dụng một số biện pháp nhằm làm giảm đến mức tối thiểu độ chênh lệch nhiệt giữa các ống xoắn của bộ quá nhiệt như sau:



Hình 4.7 bố trí dòng hơi đi chéo  
1-ống góp hơi của BQN; 2-ống hơi đi chéo

- Chia bộ quá nhiệt ra hai hoặc ba phần để giảm bớt chênh lệch trở lực thủy lực giữa các ống do các ống quá dài (hình 4.7)
- Tổ chức cho các dòng hơi đi chèo tư phần này sang phần kia (hình 4.7)

#### **4.3.4. Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt**

##### **4.3.4.1. Tầm quan trọng của việc bảo đảm ổn định nhiệt độ hơi quá nhiệt**

Nhiệt độ hơi quá nhiệt là nhiệt độ của hơi ra khỏi ống góp hơi của bộ quá nhiệt trước khi sang tuốc bin. Nhiệt độ hơi quá nhiệt thay đổi sẽ dẫn đến một loạt thay đổi khác gây ảnh hưởng xấu đến chế độ làm việc của lò.

- Nếu nhiệt độ hơi quá nhiệt giảm xuống sẽ làm giảm nhiệt đáng dòng hơi do đó làm giảm công suất tuốc bin, mặt khác khi đó độ ẩm của hơi ở các tầng cuối tuốc bin tăng lên làm giảm hiệu suất tuốc bin đồng thời làm tăng tốc độ ăn mòn cánh tuốc bin.

- Nếu nhiệt độ hơi quá nhiệt tăng lên quá trị số qui định, khi đó các chi tiết của bộ quá nhiệt cũng như tuốc bin phải làm việc trong điều kiện nặng nề hơn, làm cho độ bền của kim loại giảm xuống, có thể gây nổ các ống của bộ quá nhiệt hoặc làm cong vênh các cánh của tuốc bin gây nên cọ xát giữa phần đứng yên và phần quay của tuốc bin.

- Khi nhiệt độ hơi thay đổi sẽ làm thay đổi công suất tuốc bin do đó làm thay đổi tốc độ quay của tổ tuốc bin-máy phát, dẫn đến làm giảm chất lượng dòng điện (thay đổi điện áp và tần số dòng điện).

##### **4.3.4.2. Các nguyên nhân làm thay đổi nhiệt độ hơi quá nhiệt**

Trong quá trình vận hành, nhiệt độ hơi quá nhiệt có thể thay đổi do các nguyên nhân sau:

Do thay đổi phụ tải của lò, khi phụ tải tăng lên thì nhiệt độ hơi quá nhiệt giảm xuống, khi phụ tải giảm thì nhiệt độ hơi quá nhiệt tăng,

Do dao động áp suất trong đường hơi chung,

Do thay đổi nhiệt độ của nước cấp: khi nhiệt độ nước cấp tăng lên thì nhiệt độ hơi quá nhiệt cũng tăng theo và ngược lại,

Do thay đổi hệ số không khí thừa: khi hệ số không khí thừa tăng thì nhiệt độ hơi quá nhiệt tăng,

Do thay đổi chất lượng nhiên liệu: khi chất lượng nhiên liệu tăng thì nhiệt độ hơi quá nhiệt tăng,

Do đóng xỉ ở dàn bức xạ, cụm Pheston hoặc bám bẩn các ống của bộ quá nhiệt. Do có hiện tượng cháy lại trong bộ quá nhiệt ,

Do thay đổi vị trí trung tâm ngọn lửa hoặc do máy cấp than bột làm việc không đều, cấp than vào vòi phun không đều,

##### **4.3.4.3. Các phương pháp điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt**

Có hai phương pháp điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt: Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt về phía hơi và Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt về phía khói.

**\* Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt về phía hơi.**

Người ta đặt vào ống góp hơi của bộ quá nhiệt một thiết bị gọi là bộ giảm ôn. Cho nước đi qua bộ giảm ôn, vì nước có nhiệt độ thấp hơn hơi nên sẽ nhận nhiệt của hơi làm cho nhiệt độ hơi quá nhiệt giảm xuống. Khi thay đổi lưu lượng nước qua bộ giảm ôn thì sẽ làm thay đổi nhiệt độ hơi quá nhiệt. Hiện nay thường dùng 2 loại bộ giảm ôn: Bộ giảm ôn kiểu bề mặt và bộ giảm ôn kiểu hỗn hợp.

+ Bộ giảm ôn kiểu bề mặt:

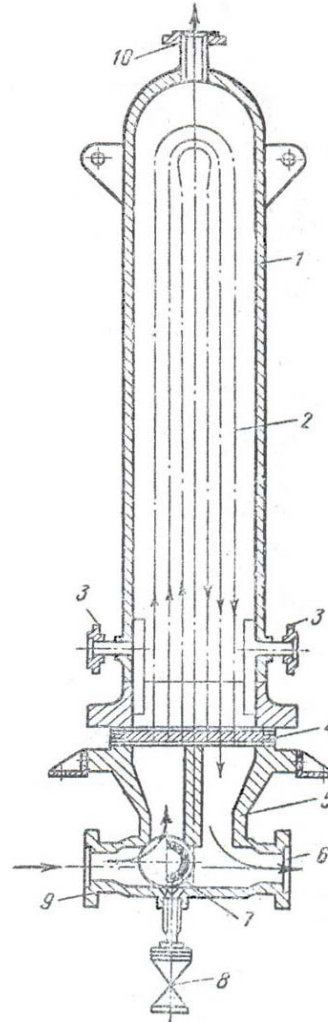
Bộ giảm ôn kiểu bề mặt được biểu diễn trên hình 4.8

Ở bộ giảm ôn kiểu bề mặt, nước giảm ôn không pha trộn với hơi nên yêu cầu chất lượng nước giảm ôn không cần cao lắm, có thể dùng nước từ bao hơi.

Nước đi vào bộ giảm ôn sẽ nhận nhiệt của hơi qua bề mặt các ống đồng làm cho quá nhiệt của hơi giảm xuống.

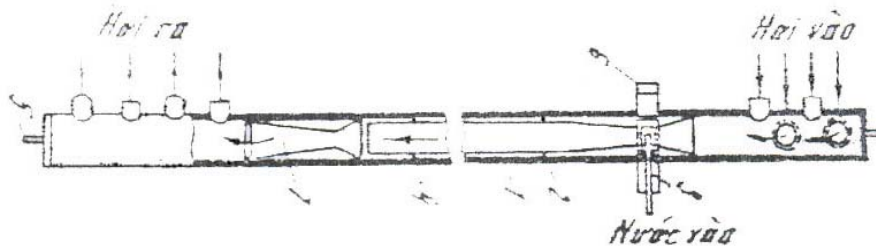
+ Bộ giảm ôn kiểu hỗn hợp:

Nguyên lý cấu tạo bộ giảm ôn kiểu hỗn hợp được biểu diễn trên hình 4.9. Nước đi vào bộ giảm ôn sẽ pha trộn với hơi quá nhiệt và lấy nhiệt của hơi để bốc hơi do đó làm cho nhiệt độ của hơi quá nhiệt giảm xuống.



Hình 4.8. Cấu tạo giảm ôn kiểu bề mặt.

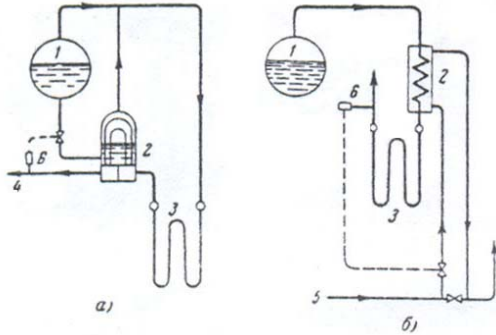
1. Vỏ, 2- ống đồng chữ U, 3-nước lò vào và ra, 4,5-ống nối, 9,6-Nước vào và ra, 7,8- van điều chỉnh



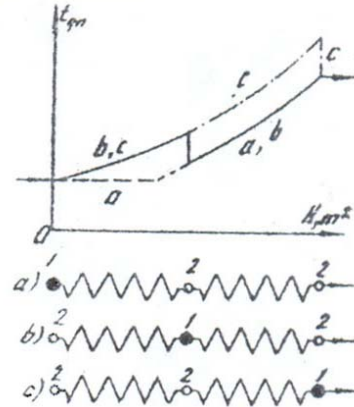
Hình 4.9. Cấu tạo giảm ôn hỗn hợp

1-ống góp; 2-ống khuấy tán; 3-mũi phun

Ở bộ giảm ôn kiểu hỗn hợp, nước giảm ôn pha trộn với hơi quá nhiệt nên yêu cầu chất lượng nước giảm ôn rất cao, thường dùng nước ngưng của hơi bão hòa như ở hình 4.10a hoặc nước cấp như ở hình 4.10b.



Hình 4.10. Nối bộ giảm ôn với đường nước lò hoặc nước cấp. a- Dùng nước lò; b- Dùng nước cấp. 1- bao hơi; 2- Bộ giảm ôn; 3- BQN; 4- Hơitới tước bin; 5- Nước cấp; 6- lấy xung lượng điều khiển nhiệt độ hơi



Hình 4.11. Cách bố trí bộ giảm ôn.

**Cách bố trí bộ giảm ôn:**

Cách bố trí giảm ôn được trình bày trên hình 4-11.

- Nếu bố trí ở đầu vào (ống góp thứ nhất như ở hình 4-11a). thì sẽ điều chỉnh được nhiệt độ hơi trong toàn bộ bộ quá nhiệt, nhưng có nhược điểm là quán tính nhiệt lớn, tác động chậm do đó bộ quá nhiệt và tước bin sẽ bị đốt nóng quá mức trong khoảng thời gian chưa kịp tác động.

- Nếu bố trí ở đầu ra bộ quá nhiệt (ống góp thứ ba như ở hình 4-11c.) thì quán tính điều chỉnh nhiệt bé, do đó tước bin được bảo đảm an toàn tuyệt đối, nhưng có nhược điểm là bộ quá nhiệt không được bảo vệ, do đó bộ quá nhiệt sẽ bị đốt nóng quá mức, tuổi thọ bộ quá nhiệt sẽ giảm xuống và có thể làm nổ ống.

Để khắc phục nhược điểm trên thường người ta bố trí bộ giảm ôn nằm giữa 2 cấp của bộ quá nhiệt (ống góp giữa như ở hình 4-11b.).

**\* Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt về phía khói:**

Có thể điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt bằng cách thay đổi nhiệt độ, lưu lượng khói đi qua bộ quá nhiệt hoặc thay đổi đồng thời cả nhiệt độ và lưu lượng khói.

+ Điều chỉnh lưu lượng khói đi qua bộ quá nhiệt:

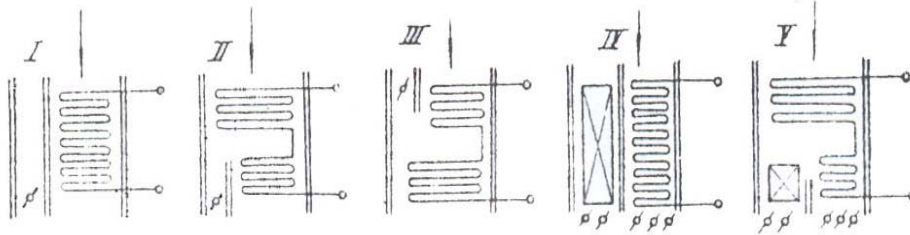
Điều chỉnh lưu lượng khói đi qua bộ quá nhiệt là làm giảm hay tăng lượng khói đi qua bộ quá nhiệt bằng cách cho một phần khói đi tắt qua đường khói không đặt bộ quá nhiệt nhằm giảm lượng nhiệt mà bộ quá nhiệt nhận được, do đó làm giảm nhiệt độ hơi quá nhiệt. Sơ đồ đường khói đi tắt được biểu diễn trên hình 4.12.

+ Điều chỉnh nhiệt độ khói:

Điều chỉnh nhiệt độ khói đi qua bộ quá nhiệt bằng cách thay đổi góc quay của



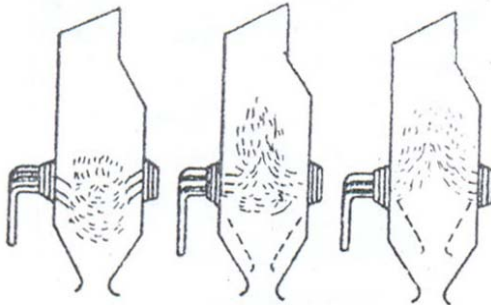
vòi phun, cho vòi phun hướng lên trên hoặc xuống dưới sẽ làm thay đổi vị trí trung tâm của ngọn lửa (hình 4.13), do đó làm thay đổi nhiệt độ khói ra khỏi buồng lửa tức là thay đổi nhiệt độ khói đi qua bộ quá nhiệt, làm thay đổi nhiệt độ hơi quá nhiệt.



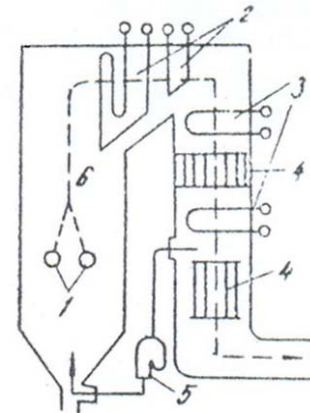
Hình 4.12. Các dạng đường khói đi tắt qua bộ quá nhiệt

+ Kết hợp vừa điều chỉnh nhiệt độ khói vừa điều chỉnh lưu lượng khói:

Điều chỉnh đồng thời nhiệt độ khói và lưu lượng khói bằng cách trích một phần khói ở phía sau bộ hâm nước đưa vào buồng lửa (còn gọi là tái tuần hoàn khói, hình 4.14). Khi trích một phần khói ở phía sau bộ hâm nước đưa vào buồng lửa, nhiệt độ trung bình trong buồng lửa sẽ giảm xuống làm cho nhiệt lượng hấp thu bằng bức xạ của dàn ống sinh hơi giảm xuống, nghĩa là nhiệt độ khói ra khỏi buồng lửa tăng lên, trong khi đó lưu lượng khói đi qua bộ quá nhiệt tăng lên làm cho lượng nhiệt hấp thu của bộ quá nhiệt tăng lên, dẫn đến nhiệt độ hơi quá nhiệt cũng tăng lên.



Hình 4.13. Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt bằng cách thay đổi vị trí trung tâm ngọn lửa nhờ quay vòi phun



Hình 4.14. Điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt bằng cách tái tuần hoàn khói.

- 1-Vòi phun; 2-Bộ quá nhiệt;
- 3-Bộ hâm nước; 4-bộ SKK;
- 5-Quạt gió tái tuần hoàn;
- 6-dòng khói



#### 4.4. BỘ HÂM NƯỚC

Để tận dụng nhiệt thừa của khói sau bộ quá nhiệt nhằm nâng cao hiệu suất của lò hơi, người ta bố trí thêm các bề mặt nhận nhiệt như bộ hâm nước, bộ sấy không khí, chúng còn được gọi là bộ tiết kiệm nhiệt.

##### 4.4.1. Công dụng và phân loại bộ hâm nước

Nhiệm vụ của bộ hâm nước là gia nhiệt cho nước cấp đến nhiệt độ sôi hoặc gần sôi trước khi nước vào bao hơi.

Theo nhiệm vụ có thể phân thành hai kiểu bộ hâm: Bộ hâm nước kiểu sôi và kiểu chưa sôi.

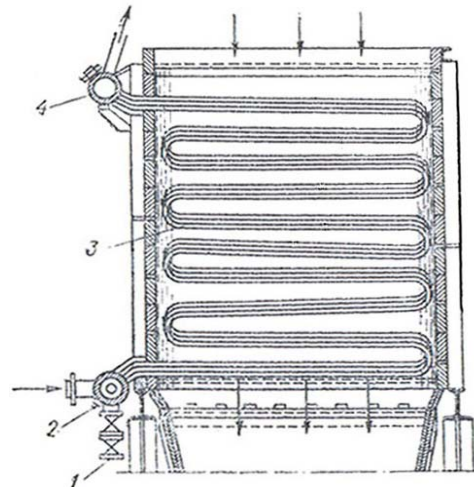
- Ở bộ hâm nước kiểu sôi, nước ra khỏi bộ hâm đạt đến trạng thái sôi, độ sôi có thể đạt tới 30%. Bộ hâm nước kiểu sôi có thể được chế tạo bằng ống thép trơn hoặc ống thép có cánh.

- Ở bộ hâm nước kiểu chưa sôi, nước ra khỏi bộ hâm nước chưa đạt đến nhiệt độ sôi. Bộ hâm nước kiểu chưa sôi có thể được chế tạo bằng thép hay bằng gang tùy theo thành phần lưu huỳnh trong nhiên liệu

Khi tăng áp suất hơi thì phân nhiệt lượng để đun nước đến sôi tăng lên, do đó phân nhiệt lượng hấp thu trong bộ hâm nước phải tăng lên. Khi đó phải chế tạo bộ hâm nước kiểu sôi (đối với các lò trung áp, phân nhiệt lượng để sinh hơi chiếm khoảng 60% toàn bộ nhiệt lượng cấp cho lò).

##### 4.4.2. Bộ hâm nước ống thép trơn:

Bộ hâm nước ống thép trơn có cấu tạo gần như bộ quá nhiệt, được biểu diễn trên hình 4.15. gồm các ống thép có đường kính từ 28 đến 38mm được uốn gấp nhiều lần và hai đầu được nối vào hai ống góp của bộ hâm nước. Bộ hâm nước được chế tạo thành từng cụm có chiều cao khoảng 1m và các cụm được đặt cách nhau 0,6m nhằm tạo khoảng trống cho việc làm vệ sinh được dễ dàng. Thông thường các ống xoắn của bộ hâm nước được bố trí sole, tạo tốc độ dòng khói lớn và xoáy nhiều nhằm tăng cường truyền nhiệt.



Hình 4.15. Ống xoắn của bộ hâm nước  
1-Van; 2,4 Ống góp;3-Ống xoắn

##### 4.4.3. Bộ hâm nước ống thép có cánh:

Về cấu tạo, bộ hâm nước bằng ống thép có cánh giống bộ hâm nước ống thép trơn, chỉ khác là ở ngoài ống người ta làm thêm các cánh để làm tăng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt nhằm tăng cường truyền nhiệt.

Bộ hâm nước kiểu có cánh có nhược điểm: Khả năng bám bụi rất lớn, khó làm vệ sinh do đó ít được dùng.

#### 4.4.4. Bộ hâm nước bằng gang:

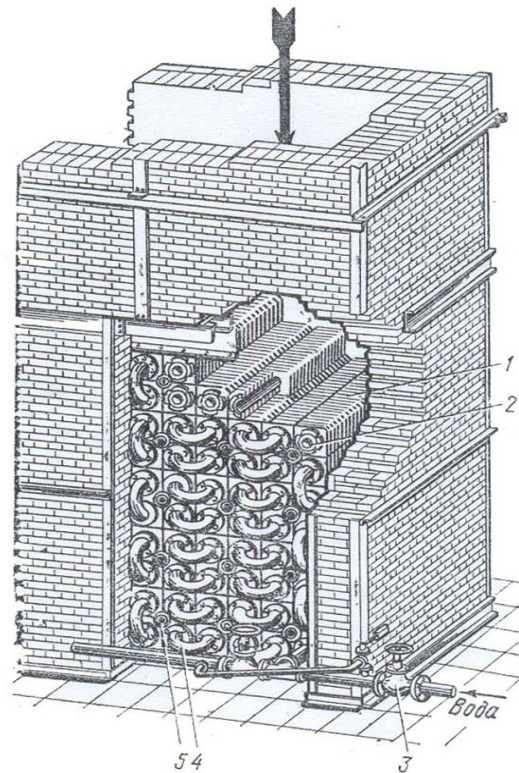
Gang có ưu điểm là chịu được sự ăn mòn của các axit và mài mòn của tro, do vậy ở những lò hơi đốt nhiệt liệu có nhiều lưu huỳnh người ta dùng bộ hâm nước bằng gang. Tất nhiên gang lại có nhược điểm là chịu lực va đập kém, do đó để tránh hiện tượng thủy kích gây lực va đập trong các ống của bộ hâm, nước trong bộ hâm phải không được sôi, nghĩa là bộ hâm nước bằng gang chỉ được trang bị cho những lò cần bộ hâm nước kiểu chưa sôi.

Gang có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn thép, do đó phía ngoài ống được đúc thêm các cánh để tăng cường khả năng trao đổi nhiệt.

Bộ hâm nước bằng gang được biểu diễn trên hình 4.16, gồm những ống gang đúc có đường kính trong từ 76-120 mm, dài từ 1,5-3m, được nối với nhau bằng các cút nối có mặt bích và bu lông nên lắp đặt rất dễ dàng.

Bộ hâm nước bằng gang có nhược điểm là kích thước lớn, nặng nề.

Bộ ống bằng gang thường được dùng cho những lò công suất nhỏ hoặc trung bình. Thông thường các lò loại này chưa có hệ thống xử lý nước hoặc có nhưng chưa hoàn thiện nên trong nước còn nhiều chất có khả năng gây ra ăn mòn, mà gang chịu ăn mòn và mài mòn tốt nên tuổi thọ sẽ cao hơn so với bộ hâm nước bằng thép.



Hình 4.16. Bộ hâm nước bằng gang

1-Cánh tản nhiệt; 2-Bích nối;

3-Van; 4-cút nối; 5- ống gang

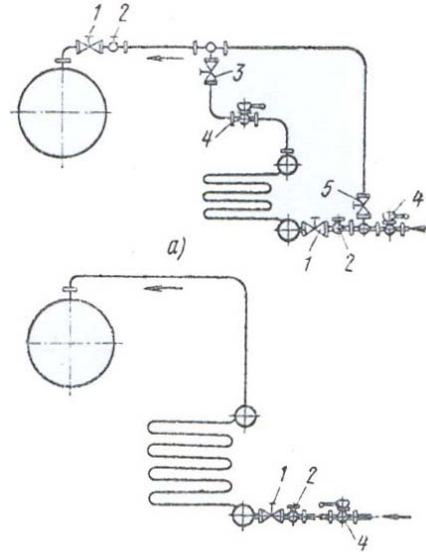
#### 4.4.5. Cách nối bộ hâm nước

Nước đi từ các bình gia nhiệt vào bộ hâm nước và ra khỏi bộ hâm nước đi vào bao hơi. Việc

nối bộ hâm nước với bao hơi thực hiện bằng 2 cách: ngắt được ra khỏi lò hoặc không ngắt được ra khỏi lò.

Kiểu ngắt được ra khỏi lò được dùng cho loại bộ hâm nước bằng gang, được biểu diễn trên hình 4.17a. Việc đặt bộ hâm nước kiểu ngắt được ra khỏi lò chủ yếu là bảo vệ để nước không sôi trong bộ hâm khi khởi động lò hoặc lúc làm việc với phụ tải thấp. Khi đó cho khói đi đường tắt, khói không đi qua bộ hâm nước hoặc cho nước từ bộ hâm tái tuần hoàn về bể chứa nước cấp. Muốn nối kiểu ngắt được thì cần phải có đường khói tắt làm cho phức tạp thêm lò. Kiểu không ngắt được ra khỏi lò được dùng cho loại bộ hâm nước bằng thép, được biểu diễn trên hình 4.17b.

Hình 4.17. Sơ đồ nối bộ hâm nước với bao hơi  
 a) sơ đồ ngắt được;  
 b) sơ đồ không ngắt được.  
 1, 3, 5-van khóa; 2-van một chiều;  
 4-van an toàn;



## 4.5. BỘ SẤY KHÔNG KHÍ.

### 4.5.1. Công dụng và phân loại

Để tăng cường hiệu quả quá trình cháy, đảm bảo quá trình bốc cháy nhanh và cháy ổn định, không khí cấp vào lò cần được sấy nóng đến một nhiệt độ nhất định. Nhiệt độ không khí nóng yêu cầu tùy thuộc vào loại nhiên liệu đốt. Nhiên liệu lỏng đã được sấy nóng bằng hơi đến khoảng  $100^{\circ}\text{C}$  và là loại nhiên liệu dễ bốc cháy, do đó không khí nóng không cần phải có nhiệt độ cao lắm, thường khoảng  $150^{\circ}\text{C}$ . Đối với các lò hơi đốt than, không khí nóng còn có nhiệm vụ bốc ẩm trong than và sấy than do đó yêu cầu nhiệt độ khá cao, khoảng từ  $250$  đến  $400^{\circ}\text{C}$ .

Lò đốt than trên ghi, do ghi lò tiếp xúc trực tiếp với các hạt than đang cháy đỏ có nhiệt độ cao, do đó không khí đi qua ghi ngoài nhiệm vụ cung cấp oxy cho quá trình cháy còn có nhiệm vụ làm mát ghi lò. Thông thường nhiệt độ không khí nóng qua ghi khoảng  $150^{\circ}\text{C}$ .

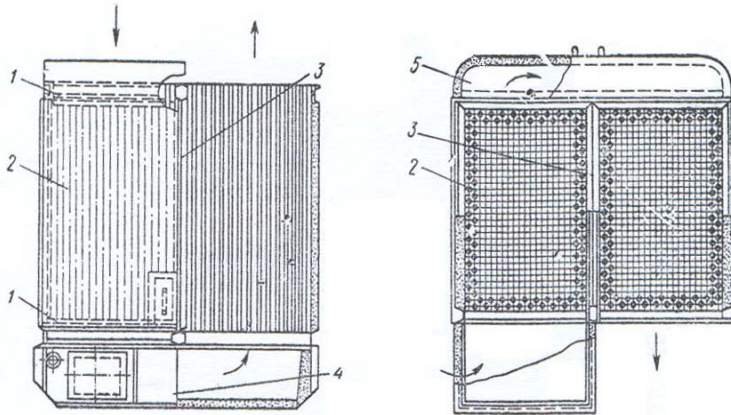
Theo nguyên lý truyền nhiệt, có thể phân thành hai loại bộ sấy không khí: Bộ sấy không khí kiểu thu nhiệt và bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt.

### 4.5.2. Bộ sấy không khí kiểu thu nhiệt

Hiện nay bộ sấy không khí thu nhiệt thường được chế tạo kiểu ống, có thể là

ống thép hoặc ống gang. Sơ đồ cấu tạo bộ sấy không khí kiểu thu nhiệt ống bằng thép được biểu diễn trên hình 4.18.

Bộ sấy không khí kiểu thu nhiệt bằng ống thép gồm các ống thép có đường kính 25 - 51mm. Các ống của bộ sấy không chịu áp lực nên có chiều dày nhỏ, thường từ 1,5 - 2 mm và được liên kết với nhau bởi mặt sàng có chiều dày 15-25mm. ở đây khói đi trong ống còn không khí sẽ đi cắt ngang phía ngoài ống.



Hình 4.18. Bộ sấy không khí kiểu thu nhiệt  
1-Mặt sàng;  
2-ống thép;  
3-Vách ngăn;  
4- Hộp khói;  
5- Hộp không khí

Bộ sấy không khí thường được chế tạo thành nhiều cụm (khối) để vận chuyển và lắp ráp được dễ dàng, đồng thời khi lắp thành bộ sấy thì các mặt sàng sẽ tạo thành từng luồng không khí đi ngang qua ống. Số lần cắt nhau của không khí và khói phụ thuộc vào lưu lượng không khí cần thiết và kết cấu phân đôi lò.

+ Ưu điểm của bộ sấy không khí kiểu ống:

- Đơn giản khi chế tạo, lắp ráp.
- Khói chuyển động dọc ống do đó tro ít bám trong ống, nếu bám cũng dễ làm sạch.

- ít bị lọt không khí vào trong đường khói.

- Lượng tiêu hao kim loại ít.

+ Nhược điểm:

- Vì là ống thép nên chịu được nhiệt độ không cao lắm.

- Khả năng chịu ăn mòn và mài mòn kém.

Để khắc phục 2 nhược điểm này, người ta chế tạo bộ sấy không khí kiểu ống bằng gang, nhưng bộ sấy không khí bằng gang có nhược điểm là nặng nề, tốn kim loại vì ống gang phải đúc dày hơn, gang có độ dẫn nhiệt độ kém nên phải làm cánh ở phía ngoài để tăng cường truyền nhiệt.

Bộ sấy không khí bằng gang thường được dùng làm phần đầu vào của không khí (phần có nhiệt độ thấp của bộ sấy cấp một) ở các lò đốt nhiên liệu nhiều lưu huỳnh, hoặc làm phần đầu ra (phần có nhiệt độ cao của bộ sấy cấp hai) ở các lò đốt nhiên liệu có độ ẩm lớn, khó cháy, cần không khí nóng có nhiệt độ cao.

#### 4.5.3. Bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt:

Bộ phận chính của bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt là một rotor quay quanh 1 trục thẳng đứng với tốc độ khoảng 2-5 vòng/phút. Trên rotor gắn các cánh bằng kim loại để nhận nhiệt. Khi Rotor quay, các cánh kim loại lần lượt khi thì tiếp xúc với

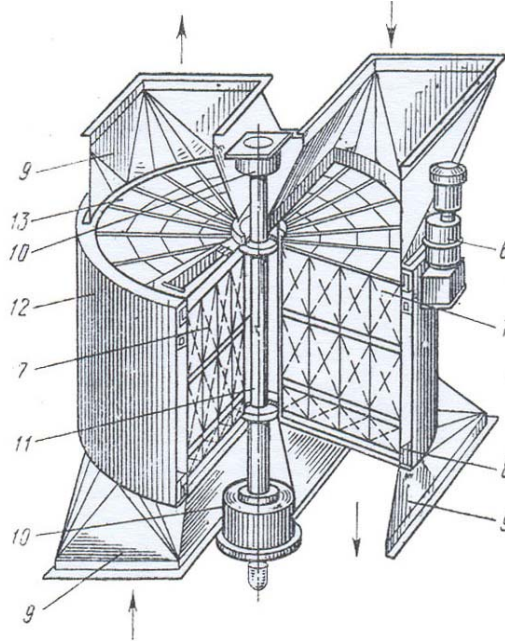


khói, khi thì tiếp xúc với không khí lạnh. Đường khói và đường không khí được bố trí về hai phía cố định của bộ sấy và được ngăn cách bởi vách ngăn.

Khi các cánh của rotor tiếp xúc với khói sẽ bị khói đốt nóng lên và lúc quay sang phần không khí lạnh sẽ nhả nhiệt làm cho không khí nóng lên.

+ Ưu điểm của bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt:

- Không bị ăn mòn bởi nhiệt độ thấp do ở nhiệt độ thấp nó tiếp xúc với không khí không phải là môi trường ăn mòn.



Hình 4.19. Bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt.  
6-Động cơ điện;  
7-Cánh nhận nhiệt;  
8-Chèn vỏ;  
9-Hộp không khí, khói vào và ra;  
10-Ổ trục;  
11-Trục;  
12- vỏ hình trụ;  
13-Tang trống

+ Nhược điểm của bộ sấy không khí kiểu hồi nhiệt:

- Nhiệt độ không khí sẽ không cao lắm.
- Do cơ cấu quay nên tuổi thọ không cao.
- Có sự lọt khói qua đường không khí tương đối lớn.

Do nhiệt độ không khí nóng không cao lắm nên loại này thường dùng cho lò hơi đốt dầu.

#### 4.5.4. Bố trí bộ hâm nước và bộ sấy không khí

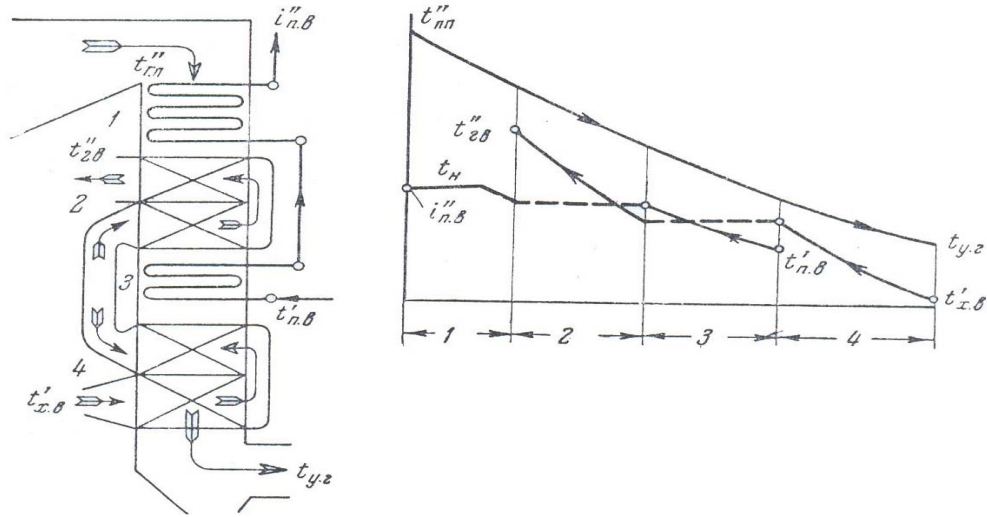
Cấu tạo và chức năng của bộ hâm nước và bộ sấy không khí khác hẳn nhau, nhưng chúng có liên quan mật thiết với nhau khi bố trí chúng trong đường khói.

Bộ hâm nước và bộ sấy không khí được bố trí trên đoạn đường khói sau bộ quá nhiệt, có thể bố trí một cấp hoặc hai cấp đặt xen kẽ. Việc chọn cách bố trí một hay hai cấp hoàn toàn tùy thuộc vào nhiệt độ không khí nóng yêu cầu.

Đối với các lò ghi xích, quá trình cháy nhiên liệu xảy ra trên ghi, không khí thổi từ dưới lên qua ghi. Để phải bảo vệ ghi khỏi bị quá nóng, nhiệt độ không khí nóng thường không quá  $150^{\circ}\text{C}$ . Khi đó chỉ cần bố trí bộ sấy không khí một cấp và do đó bộ hâm nước cũng một cấp. Đối với lò đốt than phun, yêu cầu không khí nóng có

thể tới  $400^{\circ}\text{C}$ . Để thu được không khí nóng có nhiệt độ cao như vậy, cần phải đặt một phần đầu ra của bộ sấy không khí trong vùng khói có nhiệt độ cao, nghĩa là phân bộ sấy không khí thành hai cấp. Khi đó bộ hâm nước cũng được phân thành hai cấp và đặt xen kẽ nhau.

Sơ đồ bố trí và biến thiên nhiệt độ của môi chất khí đi qua bộ hâm nước và bộ sấy không khí được biểu diễn trên hình 4.20.



Hình 4.20. Bố trí bộ hâm nước và bộ sấy không khí

## 4.6. TRANG BỊ PHỤ

### 4.6.1. Các loại van

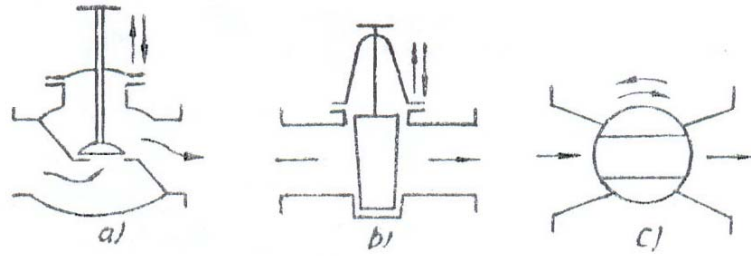
Van là một thiết bị dùng để đóng và cắt một thiết bị khỏi sự liên thông với thiết bị khác hoặc với hệ thống. Van phải đảm bảo có trở lực nhỏ khi mở cho dòng môi chất đi qua và kín hoàn toàn khi đóng.

Phân loại: Theo nguyên tắc làm việc, người ta phân thành van khóa, van điều chỉnh, van bảo vệ. Các loại van khóa, van điều chỉnh có thể thao tác bằng tay hoặc truyền động bằng khí nén, thủy lực hoặc bằng điện. Các loại van bảo vệ (van 1 chiều, van an toàn) đóng mở hoàn toàn tự động theo tác động của môi chất đi qua nó.

Trong thực tế chỉ có van van khóa và van bảo vệ là yêu cầu có độ kín cao, còn van điều chỉnh thì không cần thiết phải kín tuyệt đối.

#### 4.6.1.1. Van khóa

Nhiệm vụ của van khóa là đóng hoặc cắt dòng môi chất không cho dòng chảy qua. Các loại van khóa được biểu diễn trên hình 4.21, gồm van đĩa, van cửa, van vòi nước.

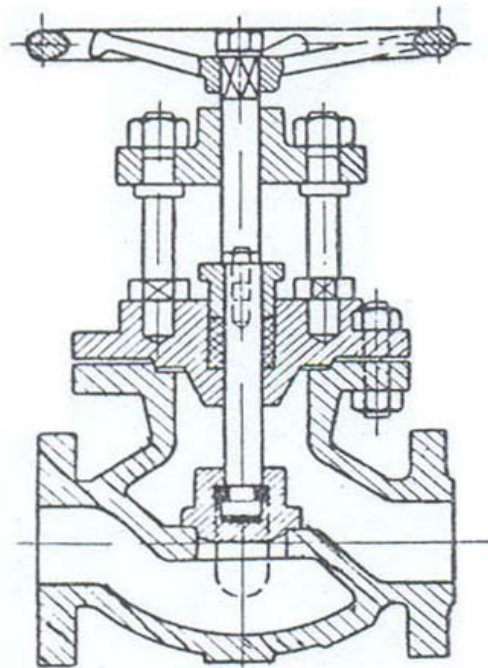


Hình 4.21. các loại van khóa  
a-van đĩa; b-van cửa; c-van vòi nước

#### 4.6.1.2. Van điều chỉnh

Van điều chỉnh dùng để điều chỉnh lưu lượng, áp suất của dòng môi chất.

Nguyên tắc làm việc của van điều chỉnh là thay đổi độ mở cửa van để điều chỉnh lưu lượng môi chất qua đó nên điều chỉnh được áp suất, lưu lượng của môi chất. Trên hình 4.22 biểu diễn van điều chỉnh bằng tay, hình 4.23 biểu diễn van điều chỉnh bằng động cơ điện.



Hình 4.22. Van điều chỉnh bằng tay

#### 4.6.1.3 Van bảo vệ

Van bảo vệ gồm hai loại: van một chiều và van an toàn. Các loại van bảo vệ tự động tác động nên không có tay quay.

*Van một chiều:* Van một chiều là van chỉ cho môi chất chuyển động theo một chiều nhất định, van sẽ tự động đóng lại khi dòng môi chất chuyển động ngược lại. Van một chiều gồm van lò xo; van tự trọng, được biểu diễn trên hình 4.24.

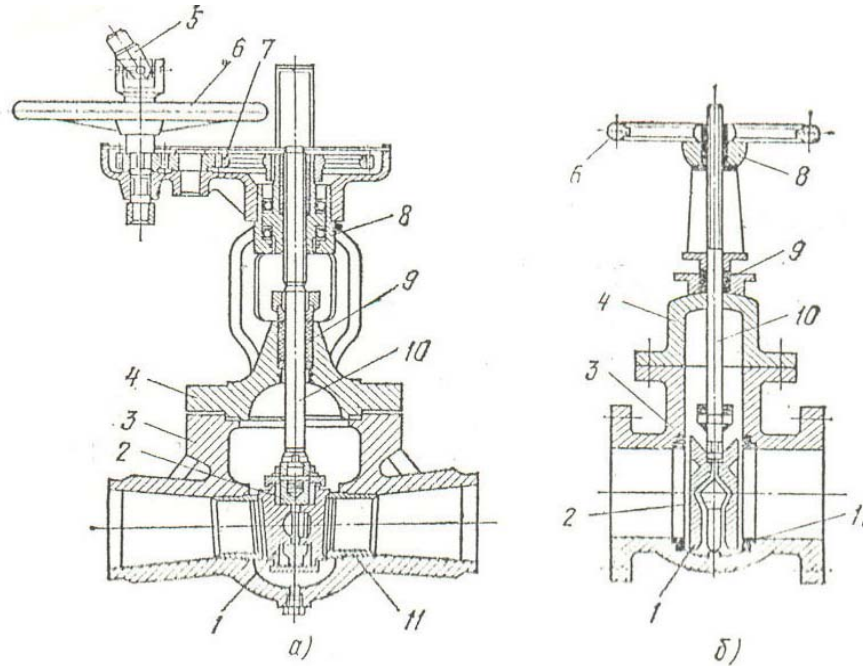
Van một chiều thường được lắp trên đường nước cấp vào lò, phía đầu đẩy của bơm, trước van chặn nhằm bảo vệ bơm khỏi bị dòng hơi nóng phá hoại khi đóng, cắt bơm, hoặc trên đường nối liên thông các lò để tách biệt các lò hơi khi cần thiết (hình 4.25).

*Van an toàn:* Van an toàn có tác dụng khống chế áp suất làm việc của môi chất không vượt quá trị số cho phép, nhằm bảo vệ cho thiết bị làm việc an toàn và lâu dài.

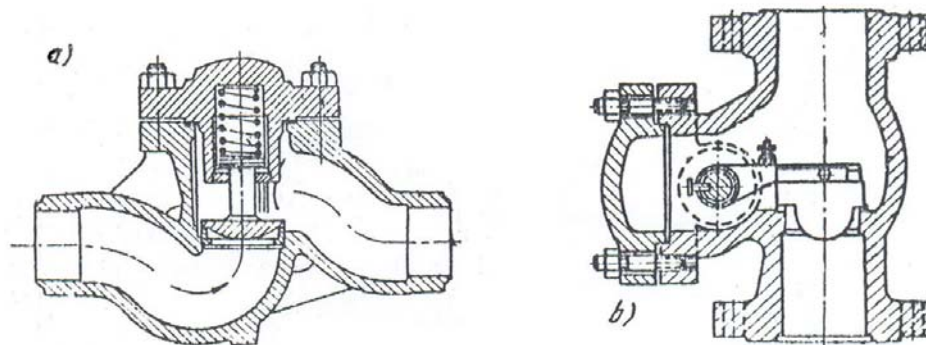
Tất cả những thiết bị có áp suất lớn hơn  $0,7 \text{ kG/cm}^2$  đều bắt buộc phải lắp đặt van an toàn.

Van an toàn có 3 loại, van an toàn kiểu lò xo, kiểu đòn bẩy (quả tạ) và kiểu xung lượng. Các loại van an toàn được biểu diễn trên hình 4.26; 4.27 và 4.28.

Ở loại van an toàn kiểu lò xo và kiểu đòn bẩy, áp suất tác động của van sẽ được điều chỉnh cân bằng với lực nén của lò xo hoặc sức đè của hệ thống đòn bẩy. Do áp suất giới hạn cho phép của lò không lớn hơn áp suất làm việc định mức của lò nhiều nên lực đè của lò xo lên đĩa van tương đối bé, do đó van khó kín. Ngoài ra do tiết diện lỗ thoát hơi bé nên khả năng thoát môi chất chậm, áp suất của lò giảm tương đối chậm. Chính vì vậy chúng chỉ được sử dụng ở các lò hơi có áp suất vừa và nhỏ (dưới 4Mpa).

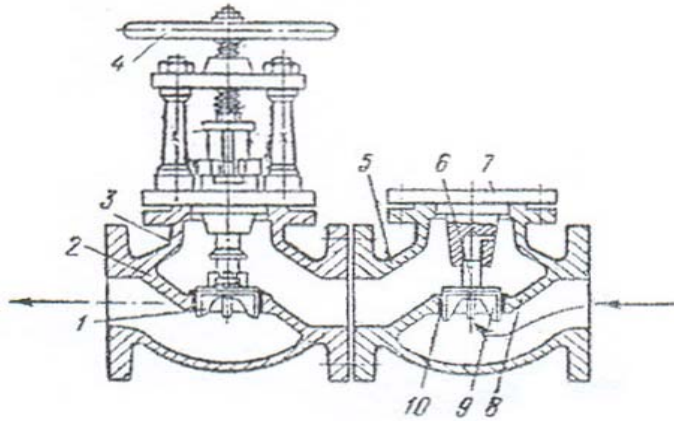


Hình 4.23. Van điều chỉnh bằng động cơ điện



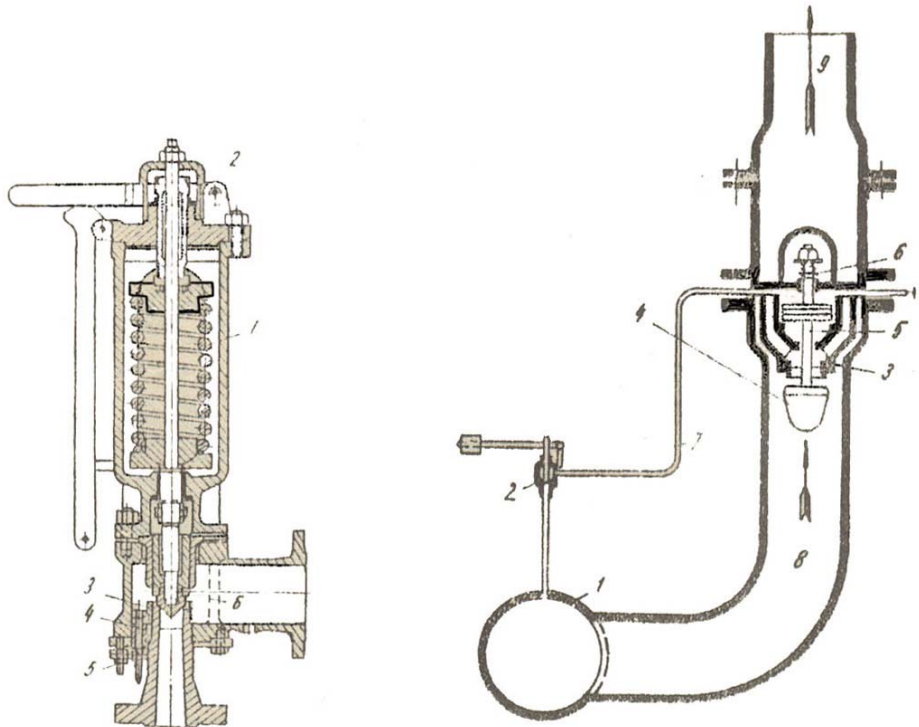
Hình 4.24. van một chiều  
a-van lò xo; b-van tự trọng





Hình 4.25. Cách nối van một chiều với van cấp nước

Van an toàn kiểu đòn bẩy có ưu điểm là làm việc ổn định, điều chỉnh van đơn giản, nhưng công kênh, được dùng chủ yếu ở các lò hơi áp suất trung bình (dưới 4Mpa).

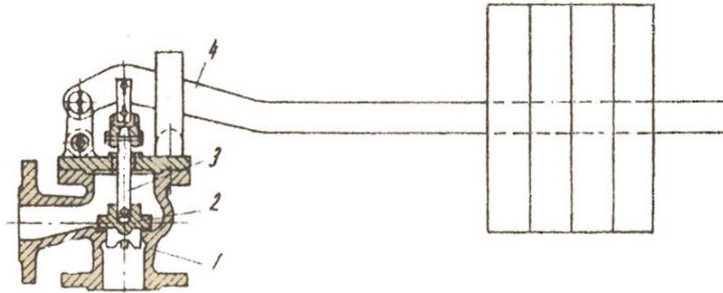


Hình 4.26. van an toàn kiểu lò xo    Hình 4.27. van an toàn kiểu xung lượng

Loại van lò xo có cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, nhưng khó điều chỉnh, được dùng chủ yếu ở các lò hơi áp suất thấp (dưới 2Mpa), sản lượng nhỏ.

Van xung lượng: Đối với những lò có áp suất từ 4Mpa trở lên thường sử dụng van an toàn kiểu xung lượng. Van an toàn kiểu xung lượng được biểu diễn trên hình 4.27. Van xung lượng là một tổ hợp hai van, van chính và van xung lượng tín hiệu. Nguyên lý làm việc như sau: Bình thường đĩa van được đẩy bằng áp lực hơi phía trước van chính lớn hơn lực nén của lò xo nhiều nên rất kín, khi áp suất hơi vượt quá trị số

cho phép thì van xung lượng tín hiệu sẽ mở ra đưa một phần hơi tới phía sau van chính để cân bằng với áp lực đẩy phía trước van chính, do đó áp lực trước và sau van chính cân bằng nhau, khi đó đĩa van chịu tác dụng của lực đẩy lò xo nên sẽ mở ra cho hơi thoát ra ngoài. Vì van có tiết diện lỗ thoát hơi lớn nên hơi thoát ra rất nhanh.



Hình 4.28. Van an toàn kiểu đòn bẩy

Vị trí đặt van an toàn: Trong lò hơi, van an toàn được đặt ở vị trí cao nhất khoang hơi của bao hơi, ở các ống góp của bộ quá nhiệt, của bộ hâm nước, ống góp hơi chung.

Trong các thiết bị khác, van an toàn được đặt ở vị trí cao nhất của thiết bị. Trong bộ hâm nước bằng gang, người ta đặt van an toàn ở ống góp trước (phía vào của nước).

Số lượng và kích thước van an toàn: Mỗi lò hơi phải đặt ít nhất là hai van an toàn ở khoang hơi, trừ một số lò hơi nhỏ có thể lắp một van.

Ở những lò hơi đặt 2 van an toàn thì trong đó có một van làm việc còn một van kiểm tra, 2 van này sẽ được điều chỉnh để tự mở ở các áp suất khác nhau.

Áp suất tác động của các van an toàn được điều chỉnh bằng lực ép của lò xo hoặc sức đề của đòn bẩy theo bảng sau:

Bảng 4.1. Các giá trị áp suất tại đó các van an toàn bắt đầu mở.

Áp suất làm việc $p$ , MN/m <sup>2</sup>	Áp suất mở van an toàn	
	Van kiểm tra	Van làm việc
Ở bao hơi, khi $p < 1,28$	$p + 0,02$	$p + 0,03$
$1,28 < p < 3,93$	$1,03.p$	$1,05.p$
$p > 1,93$	$1,05.p$	$1,08.p$
Ở bộ quá nhiệt, khi $p < 1,28$	$p + 0,02$	$p + 0,02$
$p > 1,28$	$1,02.p$	$1,02.p$
Ở ống góp vào của bộ hâm nước	$1,25.p$	$1,25.p$
Ở ống góp ra của bộ hâm nước	$1,10.p$	$1,10.p$

Có thể xác định kích thước của van an toàn từ công thức sau đây:

$$n.d.h = \frac{D}{p} \quad (4-1)$$

n: số lượng van an toàn.

d: đường kính trong của lỗ van (cm), đường kính này không được nhỏ hơn 25mm và không lớn hơn 125mm.

h: chiều cao nâng lên của van, có 2 loại:  $h = \frac{d}{20}$  và  $h = \frac{d}{4}$

$h = \frac{d}{20}$  đối với loại van không nâng lên hoàn toàn,  $h = \frac{d}{4}$  đối với loại van nâng lên hoàn toàn.

A: hệ số tùy thuộc vào van nâng lên hoàn toàn hay không hoàn toàn. với van nâng lên không hoàn toàn:  $A=0,0075$ , với van nâng lên hoàn toàn  $A=0,0150$

D: Sản lượng hơi của lò (kg/h).

p: áp suất tuyệt đối của hơi ( $N/m^2$ ).

Đường kính d của van có thể là 25, 32, 40, 50, 60mm

#### 4.6.2. áp kế

Áp kế là thiết bị để đo áp suất của hơi và nước trong lò hơi.

Áp kế được đặt ở vị trí cao nhất của thiết bị. Trên đường nối từ bao hơi ra áp kế phải đặt van 3 ngã có ống xi phông. Trong ống xi phông có chứa nước hoặc không khí để bảo vệ đồng hồ khỏi bị môi chất phá hỏng. ở ngã thứ ba của van sẽ nối đồng hồ mẫu để kiểm tra độ chính xác của đồng hồ đang dùng, kiểm tra xem đồng hồ có làm việc không.

Trên mặt áp kế có thang chia độ, thang chia độ của đồng hồ được chọn theo áp suất làm việc của lò. Thông thường chọn giá trị lớn nhất của thang chia độ bằng 1,5 lần áp suất làm việc của lò.

Với các thiết bị áp lực, đường kính mặt đồng hồ nhỏ nhất là 110mm.

Lắp đặt đồng hồ: Nếu áp kế ở ngang tầm mắt thì được đặt thẳng đứng. Nếu áp kế ở trên tầm mắt, xa khoảng 2m thì phải đặt nghiêng khoảng  $30^0$ .

#### 4.6.3. ống thủy

##### 4.6.3.1. Nhiệm vụ ống thủy

Ống thủy là một thiết bị rất quan trọng của lò hơi, dùng để theo dõi mức nước trong lò hơi. ống thủy được nối với lò hơi theo nguyên tắc bình thông nhau, một đầu của ống thủy được nối với khoang hơi, một đầu được nối với khoang nước.

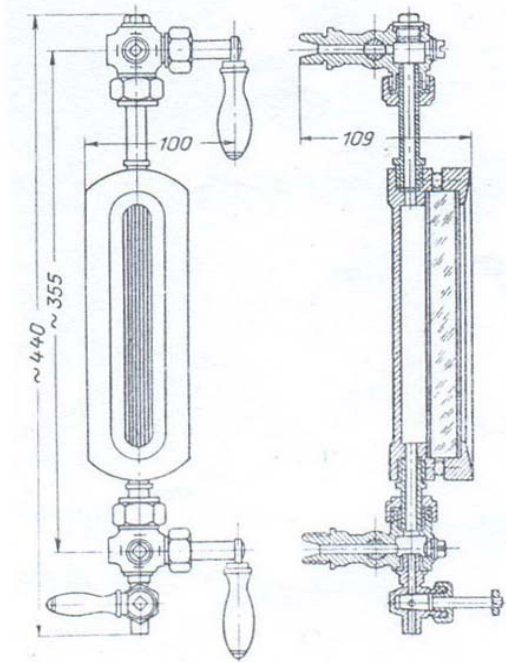
Với lò hơi ống lửa đứng, qui định mức nước trong quá trình lò làm việc luôn ngập 2/3-3/4 ống lửa. Với lò hơi ống lửa nằm ngang, qui định mức nước trong lò cao hơn ống lửa trên cùng là 10cm. ống thủy luôn được nối để mức nước của lò nằm giữa ống thủy.

#### 4.6.3.2. Các loại ống thủy

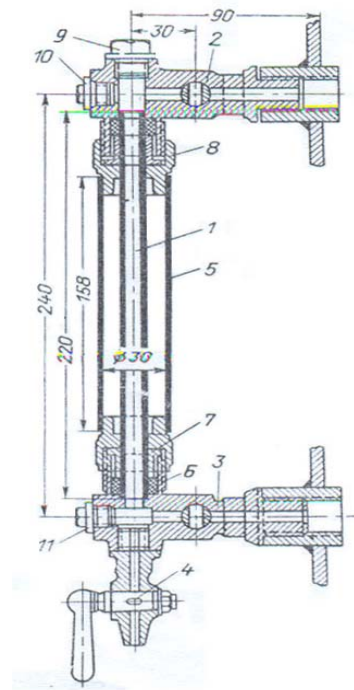
Thường có hai loại ống thủy: ống thủy sáng và ống thủy tối.

Ống thủy sáng cho phép nhìn thấy mức nước qua ống thủy tinh nếu là ống thủy tròn, hoặc qua tấm thủy tinh nếu là ống thủy dẹt. ở đây ống hoặc tấm thủy tinh đều là thủy tinh chịu nhiệt.

Ống thủy tinh của ống thủy tròn chịu lực kém để bị vỡ, do đó thường được dùng cho các lò hơi có áp suất thấp, nhiệt độ nước nhỏ hơn  $250^{\circ}\text{C}$ . ở các lò áp suất cao, người ta thường dùng ống thủy dẹt. Cấu tạo các loại ống thủy được biểu diễn trên hình 4.29 và 4.30.



Hình 4.29. Ống thủy dẹt.  
1-tấm thủy tinh; 2-hộp kim loại;



Hình 4.30. Ống thủy tròn.  
1. ống thủy tinh; 5-hộp kim loại;  
2, 3, 4 van nối ống thủy với lò;

Theo qui phạm an toàn lò hơi thì mỗi lò hơi phải có ít nhất là 2 ống thủy đặt độc lập với nhau.

Đối với những lò hơi nhỏ, diện tích bề mặt đốt nhỏ hơn  $100\text{m}^2$ , có thể cho phép thay thế một ống thủy sáng bằng một ống thủy tối. ống thủy tối thường gồm 3 van được nối ở mức nước cao nhất, trung bình và thấp nhất của lò.

Để có thể từ phòng điều khiển trung tâm theo dõi được mức nước ở bao hơi trên cao, người ta dùng ống thủy dưới (ống thủy kéo dài). Hình 4.30 vẽ ống thủy kéo dài của lò hơi

#### 4.6.4. Bơm nước cấp- quạt gió- quạt khói

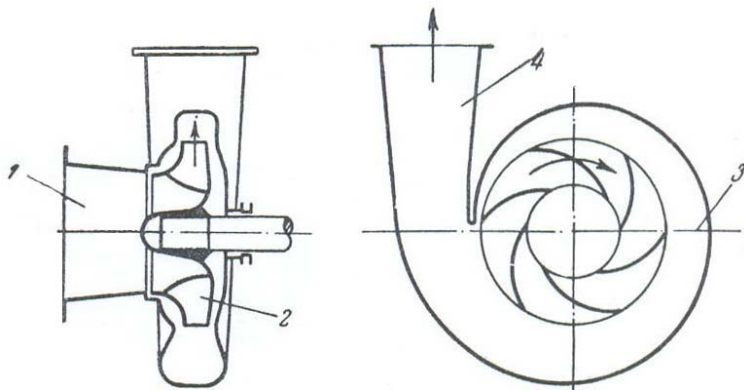
##### 4.6.4.1. Bơm nước cấp

\* *Nhiệm vụ của bơm nước cấp:* bơm nước cấp có nhiệm vụ cấp nước cho lò trong quá trình lò làm việc. Mỗi lò hơi thường yêu cầu phải có 2 bơm nước cấp. Riêng đối với những lò công suất nhỏ hơn 500kg/h có thể cho phép dùng 1 bơm.

\* *Cấu tạo bơm cấp:* có 2 loại bơm cấp, bơm piston và bơm ly tâm.

+ Bơm pit tông: Bơm piston thường có áp suất cao nhưng sản lượng không lớn nên thường dùng cho các lò hơi nhỏ. Trong các xí nghiệp công nghiệp, ở các lò hơi nhỏ thường dùng bơm pit tông chạy bằng hơi làm bơm giữ trữ phòng khi mất điện.

+ Bơm ly tâm: Các lò hơi của nhà máy điện thường làm việc ở áp suất cao nên phải dùng bơm ly tâm nhiều cấp (nhiều lát), mỗi một cấp gồm một dãy cánh động và một dãy cánh tĩnh, số lượng cấp tùy thuộc vào áp suất của lò. Khi chọn bơm phải lưu ý, áp suất bơm phải lớn hơn áp suất môi chất trong bao hơi ở mức có thể khắc phục được trở lực đường ống dẫn từ bơm đến bao hơi. Cấu tạo của bơm ly tâm được biểu diễn trên hình 4.31.



Hình 4.31. Bơm ly tâm.

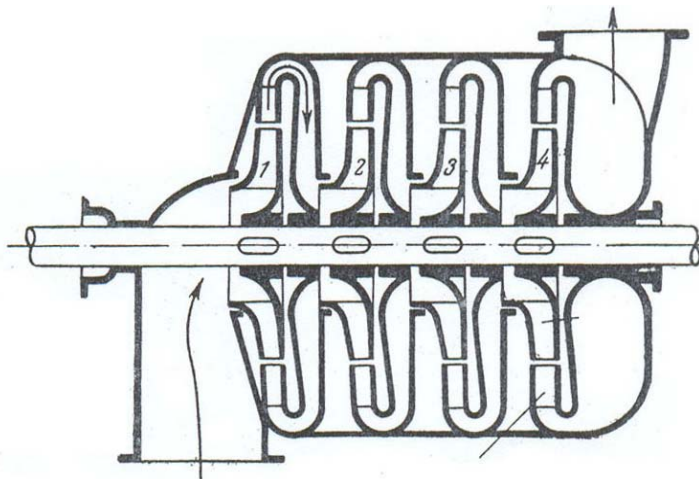
a) bơm một cấp;

1-cổ vào,

2-Cánh động,

3-vỏ,

4-miệng ra,



b) bơm nhiều cấp

1, 2, 3, 4. các

tầng cánh

động

Các cánh động được gắn trên rotor của bơm, còn tất cả các cánh tĩnh gắn trên thân bơm gọi là stato. Khi làm việc, trục của bơm quay tức là các cánh động quay, nén nước trong bơm làm cho áp suất tăng dần từ đầu vào tới đầu ra.

Bơm được có thể được dẫn động bằng động cơ điện hoặc hơi. Đối với các bơm có công suất lớn thường được dẫn động bằng tuabin hơi.

Thông số của bơm là: áp suất và lưu lượng

#### 4.6.4.2. Quạt gió- quạt khói

Với các lò hơi lớn có bề mặt đốt phân đôi, quạt gió có nhiệm vụ cung cấp không khí cho quá trình cháy, còn quạt khói có nhiệm vụ hút khói ra khỏi lò. Quạt gió và quạt khói tạo nên hệ thống thông gió cho lò hơi, hệ thống đó gọi là hệ thống thăng bằng, luôn tạo cho áp suất của khói từ buồng lửa đến khi ra khỏi lò nhỏ hơn áp suất khí quyển. Để tạo áp lực tương đối lớn thì quạt gió và quạt khói thường dùng quạt ly tâm được dẫn động bằng động cơ điện. Nguyên lý cấu tạo quạt ly tâm được chỉ ra trên hình 4.32.

Đối với các lò hơi nhỏ, quạt gió có nhiệm vụ cung cấp không khí cho quá trình cháy nhiên liệu, còn chiều cao của ống khói có nhiệm vụ hút khói ra khỏi lò.

Các đặc tính kỹ thuật của quạt: Đặc tính kỹ thuật của quạt là lưu lượng quạt, cột áp đầu hút và đầu đẩy.

\* *Lưu lượng quạt gió:*

Khi không có tái tuần hoàn không khí nóng.

$$Q_g = \beta_1 B_{tt} (\alpha_{bl} - \Delta\alpha_{bl} - \Delta\alpha_{ng} + \Delta\alpha_{skk}) V_0 \frac{273 + t_{kkl}}{273}, \left(\frac{m^3}{h}\right) \quad (4-2)$$

$\beta_1$ : hệ số an toàn,  $\beta_1 = 1,1$ ;

$B_{tt}$ : lượng nhiên liệu tiêu hao tính toán, (kg/h),

$\alpha_{bl}$ : hệ số không khí thừa trong buồng lửa;

$\Delta\alpha_{bl}$ : hệ số không khí lọt vào buồng lửa;

$\Delta\alpha_{ng}$ : hệ số không khí lạnh lọt vào hệ thống nghiền than;

$\Delta\alpha_s$ : hệ số không khí lạnh lọt vào bộ sấy không khí;

$V_0$ : lượng không khí lý thuyết, ( $m^3_{tc}/kg$ ),

$t_{kkl}$ : nhiệt độ không khí lạnh, ( $^{\circ}C$ ),

\* *Lưu lượng quạt khói*

$$Q_g = \beta_1 B_{tt} (V_{th} + \Delta\alpha_{da} V_0) \frac{273 + t_{kkl}}{273}; \left(\frac{m^3}{h}\right) \quad (4-3)$$

$V_{th}$ : Lượng khói thải ra khỏi lò, ( $m^3_{tc}/kg$ ),

$t_{th}$ : nhiệt độ khói thải ra khỏi lò, ( $^{\circ}C$ ),

$\Delta\alpha_{od}$ : hệ số không khí lạnh lọt trong đường ống dẫn không khí;

\* *Công suất của quạt gió:*

$$N_g = 1,1 \cdot \frac{Q_g H_g}{3600 \eta_g}, Kw;$$

\* Công suất của quạt khói:

$$N_k = 1,1 \cdot \frac{Q_k H_k}{3600 \eta_k}, \text{ Kw};$$

$Q_g, Q_k$ : lưu lượng không khí và khói của lò,

$H_g, H_k$ : áp suất của đầu đẩy của quạt gió, quạt khói,

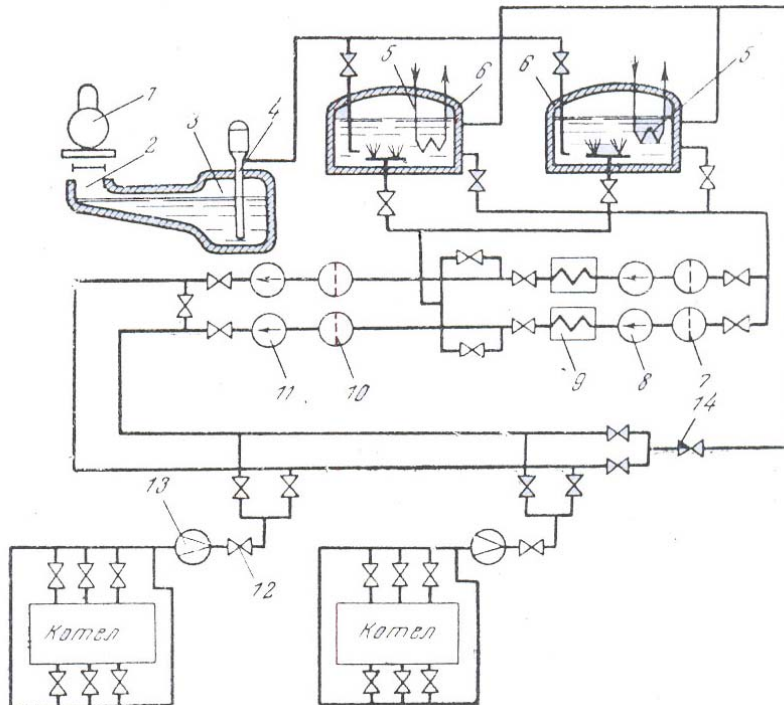
$\eta_g, \eta_k$ : hiệu suất của quạt gió và quạt khói,

#### 4.6.5. Hệ thống cung cấp nhiên liệu

##### 4.6.5.1. Hệ thống dầu đốt:

Dầu có thể dùng làm nhiên liệu chính trong các lò hơi đốt nhiên liệu lỏng, hoặc dùng làm nhiên liệu đốt phụ trợ khi công suất thấp hoặc khi công suất cực đại hoặc khi khởi động lò trong các lò hơi đốt nhiên liệu rắn (than, bã mía hoặc củi). Thông thường dầu đốt trong các lò là dầu FO (dầu đen). Hệ thống dầu của nhà máy được thể hiện trên hình 4.33.

Ở nhiệt độ môi trường, dầu có độ nhớt lớn, do đó cần phải có thiết bị sấy dầu để giảm độ nhớt nhằm vận chuyển dễ dàng hơn, đồng thời dầu có thể dễ bốc cháy. Thông thường có thể sấy dầu đến nhiệt độ khoảng  $90^{\circ}\text{C}$ - $100^{\circ}\text{C}$ . Bên cạnh bộ sấy cần có thêm bộ lọc để loại những cặn bẩn tránh hiện tượng tắc vòi phun dầu.



Hình 4.33. sơ đồ nguyên lý hệ thống dầu.

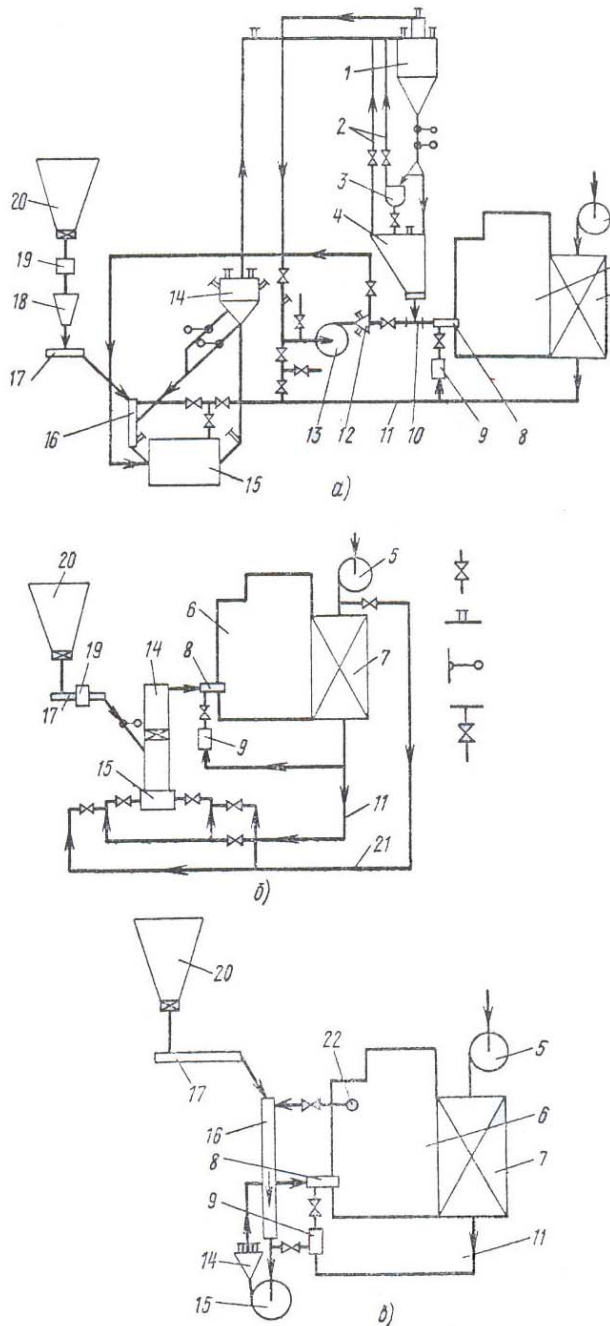


\* Các loại vòi phun dầu: có 2 loại vòi phun dầu, vòi phun thổi và vòi phun cơ khí. Yêu cầu vòi phun phải phun dầu thành các hạt bụi nhỏ, các hạt càng nhỏ càng dễ bốc cháy.

- Vòi phun cơ khí: dầu được phun thành bụi nhờ bơm cao áp nén lên đến áp suất từ 10 đến 30 at và khi đi qua các lỗ nhỏ của vòi phun sẽ phun thành bụi.

- Vòi phun thổi: dòng dầu được phun thành bụi qua vòi phun nhờ động năng của dòng hơi hoặc khí nén có áp suất từ 3-5 at.

#### 4.6.5.2. Hệ thống chuẩn bị bột than



Hình 4.34. Hệ thống chuẩn bị bột than.

a) Hệ thống với máy nghiền bi và phễu than trung gian;

b) Hệ thống với giềng nghiền thổi thẳng;

c) Hệ thống có quạt nghiền.

1-Phân li mịn;

2, 11 và 21-ống dẫn không khí;

3-Vít tải ruột gà;

4-Phễu bột than;

5-Quạt gió;

6-Buồng lửa;

7-Bộ sấy không khí;

8-Vòi phun;

9-Hộp không khí;

10-Buồng hỗn hợp;

12-Hộp phân phối;

13-Quạt nghiền;

14-Phân li bột than;

15-Máy nghiền;

16-Hộp đầu vào;

17-Máy cấp than;

18-Phễu than nguyên;

19-Cân;

20-Kho than nguyên;

22-Cửa lấy khói nóng.



Hệ thống chuẩn bị bột than có nhiệm vụ nghiền mịn than thành bột và vận chuyển bột than đến cung cấp cho lò hơi. Than được nghiền mịn nhờ các máy đập búa và các máy nghiền. Sau đó được vận chuyển đi trong ống nhờ không khí nóng. Không khí nóng vừa có nhiệm vụ vận chuyển bột than, vừa sấy nóng bột than. Sau đó bột than được phân li (tách ra khỏi không khí) nhờ các máy phân ly tinh (hay phân ly kiểu xyclon). Bột than được cấp đến các vòi phun của lò nhờ máy cấp than bột. Hệ thống cung cấp bột than được biểu diễn trên hình 4.34.

#### **4.6.6. Hệ thống thải tro xỉ**

Hệ thống thải tro xỉ có thể dùng vít tải ruột gà; giêng thải xỉ hoặc thuyền xỉ.

- Hệ thống vít tải ruột gà: gồm 1 vít xoắn ruột gà đặt trong 1 ống.
- Giêng thải xỉ.
- Thuyền xỉ.

## CHƯƠNG 5: CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ HƠI CỦA Lò

### 5.1. YÊU CẦU CHẤT LƯỢNG NƯỚC CẤP CHO Lò HƠI

#### 5.1.1. Mục đích của việc xử lý nước

Sự làm việc chắc chắn và ổn định của lò hơi phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng nước cấp cho lò để sinh hơi.

Trong các nhà máy điện, nước cung cấp cho lò hơi chủ yếu là nước do hơi ngưng tụ từ bình ngưng về. Tuy nhiên, trong quá trình làm việc của nhà máy điện luôn luôn có tổn thất hơi và nước ngưng. Về mặt lý thuyết, chu trình nhiệt của nhà máy nhiệt điện là một chu trình kín, lượng môi chất làm việc trong chu trình là không đổi. Trên thực tế thì có một lượng nước bị thải ra khỏi lò do xả đáy lò, một lượng dùng cho sinh hoạt trong nhà máy; một lượng hơi hơi thoát ra do xả van an toàn hoặc để thổi bụi hoặc để sấy dầu; một lượng bị rò rỉ qua các khe hở của các chỗ nối, khe hở do van bị rò hoặc dùng vào các mục đích khác mà không được thu hồi nước ngưng. Khi đó, lượng nước ngưng từ bình ngưng trở về sẽ nhỏ hơn lượng nước cấp cho lò, do đó cần có một lượng nước bổ sung cho lò để bù lại các tổn thất đó, lượng nước này được lấy từ ao, hồ gọi là nước thiên nhiên.

Trong nước thiên nhiên có hòa tan những tạp chất, mà đặc biệt là các loại muối can xi và magiê và một số muối cứng khác. Trong quá trình làm việc của lò, khi nước sôi và bốc hơi, các muối này sẽ tách ra ở pha cứng dưới dạng bùn hoặc cặn tinh thể bám vào vách ống của lò hơi. Các cặn và bùn này có hệ số dẫn nhiệt rất thấp, thấp hơn so với kim loại hàng trăm lần, do đó khi bám vào vách ống sẽ làm giảm khả năng truyền nhiệt từ khói đến môi chất trong ống, làm cho môi chất nhận nhiệt ít hơn và tổn thất nhiệt do khói thải tăng lên, hiệu suất của lò giảm xuống, lượng tiêu hao nhiên liệu của lò tăng lên.

Khi cặn bám trên các ống sinh hơi, các ống của bộ quá nhiệt sẽ làm tăng nhiệt độ của vách ống lên, do đó làm tuổi thọ của ống giảm xuống, có những trường hợp nhiệt độ của vách ống tăng lên quá mức cho phép, có thể làm nổ ống.

Khi cặn bám lên vách ống sẽ tăng tốc độ ăn mòn kim loại ống, gây ra hiện tượng ăn mòn cục bộ.

Khi cặn bám vào các cánh tuốc bin sẽ làm tăng độ nhám bề mặt cánh, gây cản trở chuyển động của hơi sẽ làm giảm hiệu suất và làm giảm tiết diện hơi qua sẽ làm giảm công suất của tuốc bin, có thể gây sự cố cho tuốc bin.

Ngoài những chất sinh cặn, trong nước còn có những chất khí hòa tan như oxi và cacbonic, các loại khí này gây ăn mòn mạnh các bề mặt ống kim loại của lò, nhất là ở bộ hâm nước.

Vì những nguyên nhân trên, đòi hỏi phải có những biện pháp đặc biệt để bảo vệ lò hơi khỏi bị cặn bám và ăn mòn, đảm bảo cho lò làm việc an toàn.

Để giảm cường độ ăn mòn và đảm bảo cho lò làm việc an toàn cần thực hiện 3 nhiệm vụ sau đây:

- Ngăn ngừa hiện tượng bám cặn trên tất cả các bề mặt đốt.
- Duy trì độ sạch của hơi ở mức độ cần thiết.
- Ngăn ngừa quá trình ăn mòn của đường nước- đường hơi:

Như đã trình bày ở trên, không thể dùng trực tiếp nước thiên nhiên cung cấp

ngay cho lò được mà cần phải xử lý nước để loại bỏ các tạp chất có thể sinh ra cặn. Việc chọn phương pháp xử lý nước và sơ đồ xử lý không chỉ dựa vào thành phần của nước thiên nhiên, mà còn phải dựa vào thông số của lò hơi. Lò có thông số hơi càng cao thì yêu cầu chất lượng nước càng cao, nghĩa là nồng độ các tạp chất trong nước cấp vào lò càng phải thấp.

Để đánh giá chất lượng của nước, người ta đưa ra các khái niệm về đặc tính của nước thiên nhiên như sau:

Độ cứng, độ kiềm, độ khô kết của nước.

Độ cứng của nước thể hiện tổng nồng độ các ion  $Ca^{+}$  và  $Mg^{+}$  có trong nước, được ký hiệu là  $^{\circ}H$ . Tuy hiện nay một số nước có định nghĩa độ cứng khác nhau.

### 5.1.2. Chất lượng nước cấp cho lò

Độ cứng cho phép của nước cấp vào lò phụ thuộc vào thông số hơi của lò. Lò có thông số hơi càng cao thì yêu cầu chất lượng nước càng cao, nghĩa là nồng độ các tạp chất trong nước cấp vào lò càng phải thấp.

Yêu cầu chất lượng nước (độ cứng) của lò hơi phụ thuộc vào áp suất hơi như sau:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| - Lò hơi ống lò, ống lửa:                           | $^{\circ}H < 0,5 \text{ mgđ/l}$ |
| - Lò ống nước có $p < 1,6 \text{ Mpa}$ :            | $^{\circ}H < 0,3$               |
| - Lò ống nước có $p = 1,6$ đến $3,15 \text{ Mpa}$ : | $^{\circ}H < 0,02$              |
| - Lò ống nước có $p = 3,5$ đến $10 \text{ Mpa}$ :   | $^{\circ}H < 0,01$              |
| - Lò ống nước có $p > 10 \text{ Mpa}$ :             | $^{\circ}H < 0,005$             |

## 5.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC CHO LÒ

Nước thiên nhiên không đáp ứng được yêu cầu về chất lượng khi cấp cho lò, đặc biệt là độ cứng. Để giảm độ cứng của nước cấp cho lò nhằm giảm hiện tượng đóng cặn người ta dùng các biện pháp sau:

- Tách những vật chất có khả năng tạo thành cặn ở trong lò ra khỏi nước trước khi đưa nước vào lò, gọi là phương pháp xử lý nước trước khi đưa nước vào lò hay xử lý nước cho lò.

- Biến những vật chất có khả năng sinh ra cặn ở trong lò (do nước cấp chưa được xử lý hoặc xử lý không hết) thành những vật chất tách ra ở pha cứng dưới dạng bùn (không ở dạng cặn) rồi dùng biện pháp xả lò để thải ra khỏi lò. Phương pháp này gọi là xử lý nước bên trong lò (phương pháp chống đóng cặn cho lò).

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu lần lượt từng biện pháp đó.

### 5.2.1. Xử lý nước trước khi đưa vào lò

Xử lý nước là loại bỏ các tạp chất cơ học ra khỏi nước và làm giảm đến mức nhỏ nhất độ cứng của nước, gồm hai bước: xử lý cơ học và xử lý độ cứng.

Nhiệm vụ của phương pháp này là khử đến mức tối thiểu những vật chất tan hoặc không tan ở trong nước, có khả năng sinh cặn trong lò trước khi đưa nước vào lò. Tùy thuộc vào chất lượng nước thiên nhiên và yêu cầu của lò người ta dùng các biện pháp khác nhau.

### 5.2.1.1. Xử lý cơ học

Xử lý nước cơ học là dùng các bể lắng và các bình lọc cơ khí để tách các tạp chất lơ lửng trong nước ra khỏi nước. Tuy nhiên xử lý cơ học chỉ loại bỏ được các tạp chất cơ khí ra khỏi nước.

### 5.2.1.2. Xử lý độ cứng

Xử lý độ cứng là làm giảm đến mức nhỏ nhất nồng độ các tạp chất có thể tạo thành cấu hòa tan trong nước. Độ cứng chỉ có thể được khử bằng hóa chất hoặc bằng trao đổi ion (kation và anion).

+ *Xử lý bằng hóa chất*: thường được dùng cho các lò hơi nhỏ, yêu cầu chất lượng nước không cao, gồm các phương pháp sau đây:

Phương pháp xử lý	Hóa chất dùng
Vôi hóa	CaO
Vôi - xôđa	CaO + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Xút	NaOH
Xút - xôđa	NaOH + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Vôi — xút	CaO + NaOH

Tùy theo chất lượng nước nguồn và yêu cầu chất lượng nước của lò, ta lựa chọn biện pháp nào đó hoặc kết hợp nhiều biện pháp khác nhau.

#### + *Phương pháp xử lý bằng trao đổi ion*:

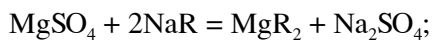
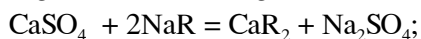
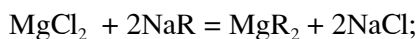
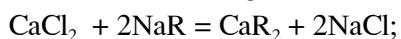
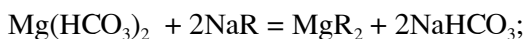
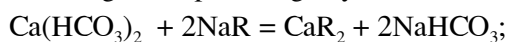
Phương pháp này gồm trao đổi Kation và anion.

- *Phương pháp trao đổi Kation*:

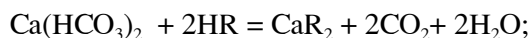
Nguyên lý của phương pháp này là thực hiện quá trình trao đổi giữa các kation của tạp chất hòa tan trong nước, có khả năng sinh cấu trong lò với các kation của hạt kationit, để tạo nên những vật chất mới tan ở trong nước nhưng không tạo thành cấu ở trong lò. Kationit là những hạt nhựa tổng hợp có gốc R ngậm các kation, không tan, nhúng vào trong nước.

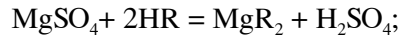
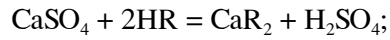
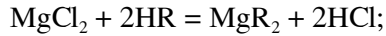
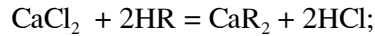
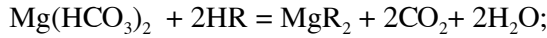
Trong kỹ thuật thường dùng ba loại kationit sau: Kationit Natri (NaR), Kationit Hydro (HR), Kationit Amon (NH<sub>4</sub>R), trong đó R là gốc của cationit, không tan trong nước (hình 5.1).

- Khi dùng NaR, phản ứng xảy ra:

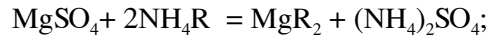
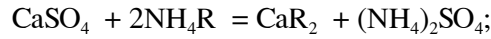
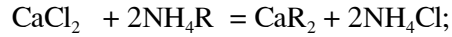
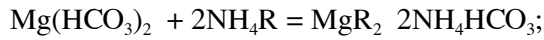
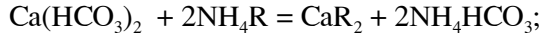


- Khi dùng HR, phản ứng xảy ra:





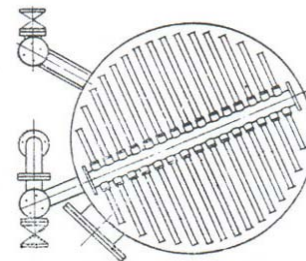
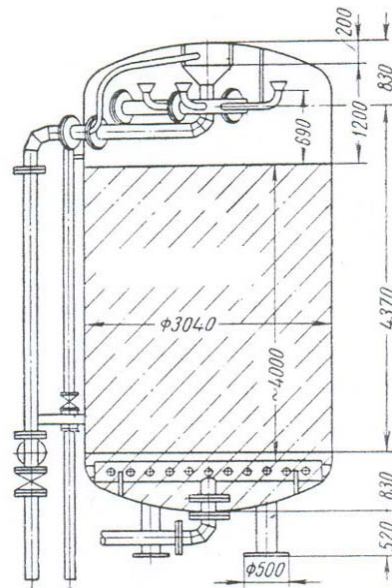
- Khi dùng  $\text{NH}_4\text{R}$ , phản ứng xảy ra:



- Khi sử dụng kationit  $\text{NaR}$ , toàn bộ độ cứng của nước đều được khử, song độ kiềm và các thành phần anion khác trong nước không thay đổi (hình 5.2).

- Khi sử dụng kationit hydro thì độ cứng và độ kiềm đều được khử cả, nhưng khi đó các anion của các muối sẽ tạo thành các axit, nước sau khi xử lý có tính axit, không thỏa mãn yêu cầu. Do vậy người ta thường phối hợp 2 loại hạt lọc kation Natri và kation Hydro (hình 5.3).

- Khi sử dụng Kationit amôn, độ cứng cũng giảm đi còn rất nhỏ, nhưng khi đó trong nước sẽ tạo thành các muối amôn, các muối này khi vào lò sẽ bị phân hủy nhiệt, tạo thành chất  $\text{NH}_3$  và các axit, gây ăn mòn mạnh kim loại, nhất là hợp kim đồng. Do đó người ta thường sử dụng kết hợp với phương pháp trao đổi kation Natri.



Hình 5.1. Bình trao đổi ion

1- Thân bình; 2- lớp bê tông lót;

3- nút lọc nước; 4- lớp hạt lọc;

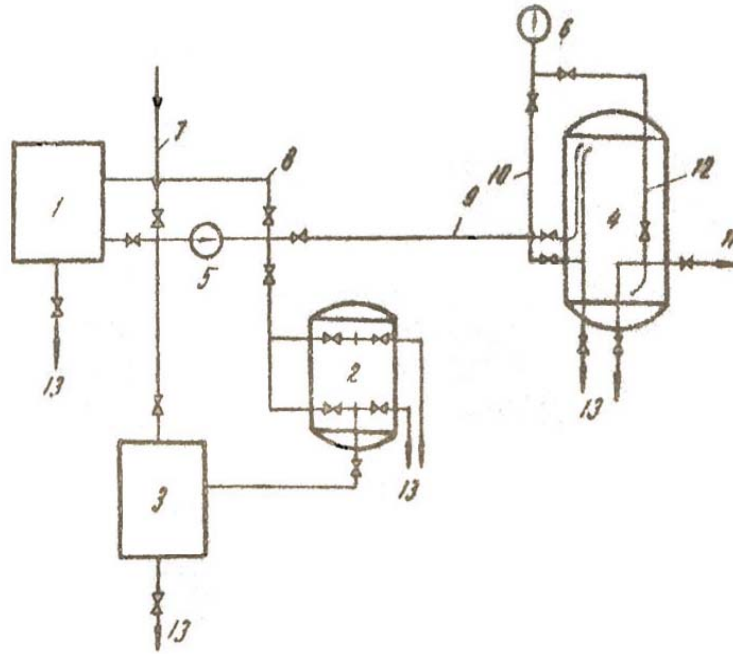
5- phễu phân phối

6- đường nước vào; 7- đường nước ra.

Các kationit được chứa trong các bình trao đổi kation. Sơ đồ nối các bình cation được lựa chọn tùy thuộc vào chất lượng nước nguồn, yêu cầu chất lượng nước của lò và khả năng được xử lý tiếp theo.

Trong quá trình xử lý, nước được dẫn vào bình theo ống dẫn chảy từ trên xuống, qua lớp hạt lọc thì các gốc kation canxi, Magiê chứa trong nước có thể tạo nên cấu

cặn cho lò sẽ được hạt lọc giữ lại trong bình, do đó nước ra khỏi bình là nước đã được khử hết độ cứng Ca và Mg, được gọi là nước mềm không còn khả năng tạo thành cặn trong lò.



Hình 5.2. Nguyên lí của hệ thống xử lý nước trao đổi kation

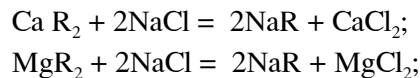
1- bể dung dịch muối; 2-bình lọc dung dịch muối; 3-thùng chứa nước muối; 4-bình kationit; 5-bơm dung dịch muối; 6-bơm nước qua bình; 7-đường nước để rửa bình lọc hay để chuẩn nồng độ dung dịch muối; 8-đường tái tuần hoàn nước muối; 9-đường nước muối hoàn nguyên; 10-đường nước chứa xử lí; 11-đường nước mềm; 12-đường nước rửa ngược; 13-đường xả.

Sau một thời gian làm việc, các kationit sẽ mất dần các kation, nghĩa là các kationit mất dần khả năng trao đổi. Vì vậy để phục hồi khả năng làm việc của các kationit, cần phải cho chúng trao đổi với những chất có khả năng cung cấp lại các kation ban đầu. Quá trình đó được gọi là quá trình hoàn nguyên kationit.

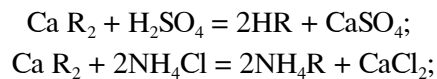
*Quá trình hoàn nguyên:*

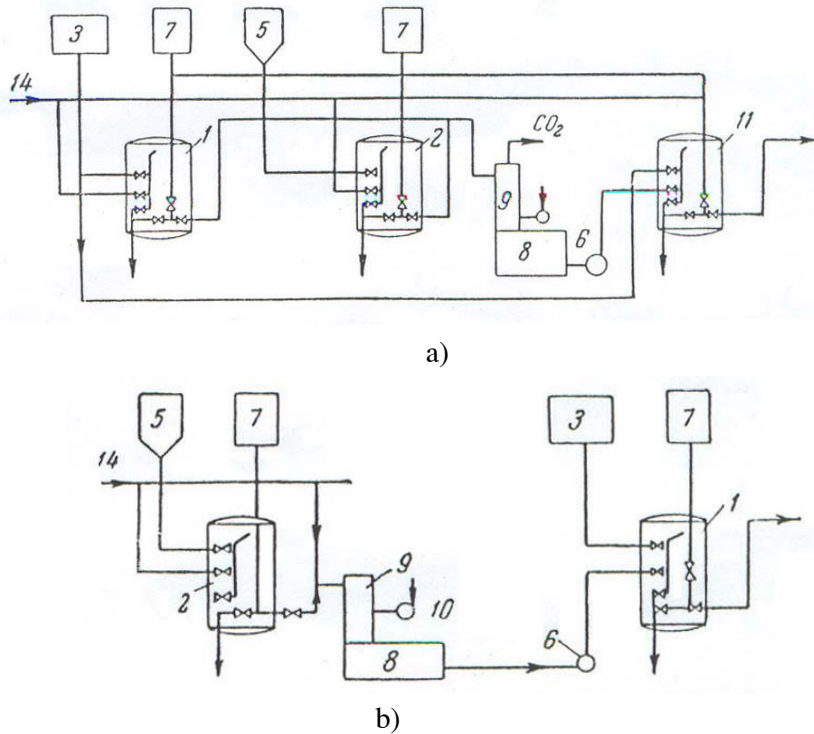
Để hoàn nguyên kationit Natri, người ta dùng dung dịch muối ăn (NaCl) có nồng độ 6-8%; đối với kationit hydro, người ta dùng dung dịch  $H_2SO_4$  có nồng độ 1-1,5% hay HCl; đối với kationit amôn, người ta dùng dung dịch muối amôn  $NH_4Cl$ .

Trong quá trình hoàn nguyên, phản ứng sẽ xảy ra như sau:



Hoặc





Hình 5.3. Sơ đồ trao đổi kation Natri và kation Hyđrô

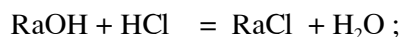
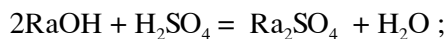
a) sơ đồ song song; b) sơ đồ nối tiếp; 1-bình kationit Natri; 2-bình kationit Hyđrô; 3-dung dịch muối hoàn nguyên; 5-dung dịch axit hoàn nguyên; 6-bơm; 7-thùng chứa nước rửa ngược; 8-thùng chứa trung gian của bình khử khí; 9-cột khử khí;

Quá trình hoàn nguyên cũng thực hiện gần giống quá trình xử lý, nghĩa là dung dịch hoàn nguyên được đưa vào theo đường ống dẫn từ trên xuống, chảy qua lớp hạt lọc, thực hiện các phản ứng phục hồi lại các kation ban đầu. Các chất tách ra sau khi hoàn nguyên là các liên kết tan trong nước, được xả ra khỏi lớp kationit bằng biện pháp rửa, chảy theo ống 4 xả ra ngoài.

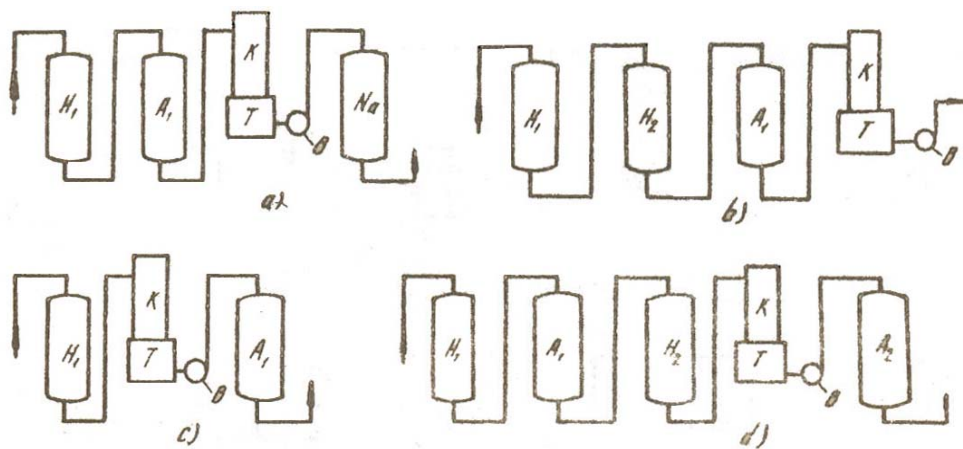
- Phương pháp xử lý bằng trao đổi Anion:

Nguyên tắc cũng giống phương pháp trao đổi kation, ở đây các anion của các Anionit sẽ trao đổi với anion của muối và axit có trong nước.

Khi xử lý bằng trao đổi Anion, phương trình phản ứng xảy ra:



Bằng phương pháp trao đổi anion ta khử được triệt để các axit có trong nước, do vậy trong hệ thống xử lý nước người ta thường kết hợp cho nước qua bình trao đổi kation hyđrô trước, trong nước sẽ tạo thành axit rồi cho qua bình trao đổi anion, nước sẽ được xử lý hoàn toàn (hình 5.4)



Hình 5.4. Sơ đồ nối các bình trao đổi kation và anion  
a và b-cho nước đã khử silic và magiê; c và d cho nước đã  
lắng lọc, vôi hóa

H; Na; A - bình trao đổi kation Hydro, Natri, Amon;  
K-bình khử khí; B-bơm; T-thùng chứa nước;

## 5.2.2. Xử lí nước bên trong lò

Phương pháp xử lí nước bên trong lò dựa trên hai nguyên tắc sau:

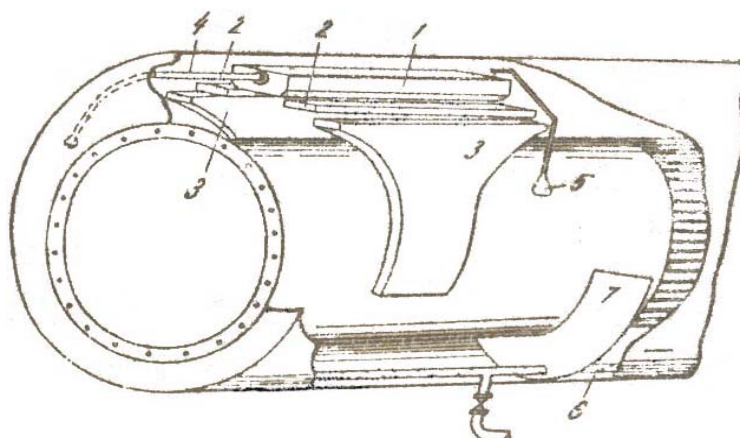
\* Dùng phương pháp nhiệt để phân hủy nhiệt đối với một số vật chất hòa tan, tạo ra những vật chất khó tan, tách ra pha cứng dưới dạng bùn và cũng được xả ra khỏi lò nhờ biện pháp xả lò.

\* Dùng những chất chống đóng cáu đưa vào lò để làm cho các tạp chất khi tách ra pha cứng thì pha cứng đó sẽ ở dạng bùn và dùng biện pháp xả lò để xả ra khỏi lò, do đó nước không còn khả năng đóng cáu trong lò nữa.

### 5.2.2.1. Làm mềm nước bằng nhiệt

Nước cấp vào bao hơi, trước khi pha trộn với nước trong lò được đưa vào trong một thiết bị gia nhiệt được đặt ở trong bao hơi, thiết bị đó được gọi là thiết bị làm mềm nước bằng nhiệt trong lò (hình 5.5). ở đây nước được hơi bão hòa trong bao hơi gia nhiệt đến nhiệt độ bằng nhiệt độ bão hòa. ở nhiệt độ này thành phần độ cứng Bicacbonat như:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  sẽ bị phân hủy nhiệt thành  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{MgCO}_3$  tách ra ở dạng bùn. Mặt khác khi nhiệt độ tăng lên,  $\text{CaSO}_4$  và một số hợp chất có hệ số hòa tan âm sẽ giảm độ hòa tan nên sẽ và tách ra khỏi nước ở dạng bùn trong thiết bị làm mềm. Như vậy, nước ra khỏi thiết bị làm mềm đã giảm độ cứng đi rất nhiều. Những vật chất tách ra khỏi nước trong thiết bị làm mềm sẽ được thải ra khỏi lò bằng phương pháp xả lò.





Hình 5.5. Thiết bị làm mềm nước bằng nhiệt trong lò  
 1-máng gia nhiệt giữa; 2-máng bên; 3-máng xuống; 4-ống dẫn nước cấp; 5-vòng đẩy; 6-ống xả bùn; 7-máng tập trung bùn

Ưu, nhược điểm của phương pháp này:

+ Ưu điểm: Vì nằm trong bao hơi nên nó không chịu lực, do đó kết cấu của thiết bị làm mềm đơn giản và không có đòi hỏi gì về điều kiện bền. Mặt khác không tiêu tốn gì trong quá trình vận hành như ở các phương pháp khác, đồng thời nhiệt lượng cung cấp cho nước không bị mất đi, do đó đạt được hiệu quả cao.

+ Nhược điểm: Đòi hỏi chế độ xả lò nghiêm ngặt, yêu cầu nước cấp cho lò có độ cứng không carbonat nhỏ.

### 5.2.2.2. Chống đóng cáu cho lò

Các chất thường dùng chống đóng cáu cho lò có thể là:

a) Dùng hóa chất như: NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  gọi là phương pháp phốt phát hóa nước lò.

b) Dùng những chất có thể lơ lửng trong nước để tạo thành các trung tâm tinh thể hóa, do đó hạn chế được quá trình tinh thể hóa của pha cứng trên bề mặt kim loại.

c) dùng những chất khi đưa vào lò sẽ tạo thành một lớp màng mỏng bao phủ bề mặt kim loại, hạn chế quá trình tinh thể hóa trên bề mặt kim loại.

\*. Phốt phát hóa nước lò:

Chế độ phốt phát hóa nước lò có tác dụng chủ yếu đối với cáu canxi và trong những điều kiện nhất định có thể có tác dụng với cáu magiê.

Dung dịch Phốt phát được đưa vào từ sau bình khử khí và trong nước thường tạo ra những chất ở dạng bùn. Nồng độ phốt phát qui định 5-8%. Chú ý phải pha dung dịch bằng nước đã xử lí.

Trong quá trình xử lý nước bổ sung cho lò, việc chọn phương pháp xử lý nước cần dựa vào chỉ tiêu chất lượng nước thiên nhiên (đặc tính nước thiên nhiên), vào thông số hơi của lò (dựa vào yêu cầu chất lượng nước của Lò) và có thể kết hợp nhiều phương pháp với nhau để quá trình xử lý đạt hiệu quả cao.

## 5.3. PHƯƠNG PHÁP THU NHẬN HƠI SẠCH

### 5.3.1. Yêu cầu chất lượng hơi

Đối với các lò sản xuất hơi quá nhiệt cung cấp cho động cơ hơi và tuốc bin hơi yêu cầu về độ sạch của hơi rất khắt khe. Đặc biệt ở các chu trình từ trung áp trở lên độ sạch của hơi được đặc trưng bởi mức độ chứa những tạp chất trong hơi, mà những tạp chất này có khả năng đóng cáu trên các ống xoắn của bộ quá nhiệt, trên các phụ tùng ống dẫn, trên các cánh của tuốc bin. Việc đóng muối hay cáu trên các ống của bộ quá nhiệt sẽ làm giảm khả năng truyền nhiệt từ khói tới hơi, lượng nhiệt hơi quá nhiệt nhận được giảm xuống, làm tăng nhiệt độ vách ống, có thể đốt nóng quá mức dẫn tới nổ ống.

Nếu muối đóng lại trên các cánh của tuốc bin, một mặt sẽ làm giảm đi tiết diện của hơi đi qua cánh dẫn tới làm giảm công suất của tuốc bin, mặt khác làm tăng độ nhám của cánh tức là sẽ tăng trở lực đường hơi đi qua các cánh dẫn đến hiệu suất tuốc bin sẽ giảm, nghĩa là giảm hiệu quả kinh tế của tuốc bin.

Khi muối đóng lại trên các cánh của tuốc bin, làm tăng chênh lệch áp suất trước và sau tầng, nghĩa là tăng lực dọc trục tác dụng lên bánh động tuốc bin, do đó làm tăng độ di trục của tuốc bin. Ngoài ra khi xét chất lượng hơi người ta còn xét đến sự có mặt của khí CO<sub>2</sub> ở trong hơi, vì sự có mặt của khí CO<sub>2</sub> sẽ làm tăng nhanh quá trình ăn mòn các ống dẫn và các chi tiết kim loại. Vì vậy, đối với những lò hơi sản xuất hơi quá nhiệt cung cấp cho tuốc bin thì cần thiết phải có những yêu cầu chặt chẽ về chất lượng hơi. Thông số hơi càng cao thì yêu cầu về chất lượng hơi càng cao vì áp suất càng cao nồng thì độ muối có trong hơi càng lớn và càng dễ đóng cáu trên các cánh của tuốc bin.

Mặt khác áp suất càng cao thì thể tích riêng càng giảm, tiết diện cho hơi qua phần truyền hơi của tuốc bin càng bé, vì vậy cho phép đóng cáu trên các cánh tuốc bin càng ít hơn.

### 5.3.2. Nguyên nhân làm bẩn hơi bão hòa

Nguyên nhân chủ yếu làm bẩn hơi bão hòa là do trong hơi có lẫn những giọt ẩm, trong những giọt ẩm này có chứa nồng độ khá cao những muối dễ hòa tan và những hạt cứng lơ lửng. Khi hơi bão hòa vào bộ quá nhiệt nhận nhiệt để biến thành hơi quá nhiệt thì các giọt ẩm đó tiếp tục bốc hơi, để lại các tạp chất này bám trên các ống của bộ quá nhiệt trở thành cáu hoặc có một phần muối hòa tan vào hơi quá nhiệt và bay cùng hơi quá nhiệt sang tuốc bin và bám lại trên các cánh tuốc bin.

Muốn thu được hơi sạch, cần tìm mọi cách tách các giọt ẩm ra khỏi hơi, không cho bay theo hơi. Nghĩa là sản xuất hơi thật khô và giảm tới mức tối thiểu nồng độ những vật chất hòa tan ở trong hơi.

Nguyên nhân của sự có mặt các giọt ẩm trong hơi là khi hơi bốc ra khỏi bề mặt thoáng (bề mặt thoát hơi) hút theo các giọt ẩm. Sự hút ẩm theo hơi bão hòa phụ thuộc vào 2 yếu tố:

Tốc độ bốc hơi ra khỏi mặt bốc hơi và chiều cao của khoang hơi.

- Tốc độ bốc hơi ra khỏi mặt bốc hơi được tính:

$$R_S = \frac{Dv}{F} \quad (\text{m}^3/\text{m}^2\text{h})$$

Trong đó: D là sản lượng hơi, Kg/h,

v: Thể tích riêng của hơi, m<sup>3</sup>/kg.

F: diện tích bề mặt bốc hơi, m<sup>2</sup>,

Tốc độ bốc hơi ra khỏi mặt thoáng càng lớn thì lượng ẩm cuốn theo hơi càng nhiều. Để giảm các giọt ẩm trong hơi tức là hơi có độ sạch lớn thì phải giảm tốc độ bốc hơi ra khỏi mặt bốc hơi hay giảm phụ tải bề mặt bốc hơi, hoặc tăng chiều cao của khoang hơi nhằm tăng thời gian lưu lại của hơi trong khoang hơi, nghĩa là phải tăng kích thước của bao hơi lên, khi đó giá thành của lò tăng lên. Trong thiết kế người ta tăng kích thước của bao hơi đến giá trị nào đó, sau đó tìm những cách khác để tăng độ khô của hơi. Chiều cao hợp lý nhất của bao hơi là: 0,70 - 0,75m.

Đối với các lò hơi nhỏ, để tăng chiều cao khoang hơi người ta tạo thêm đôm hơi.

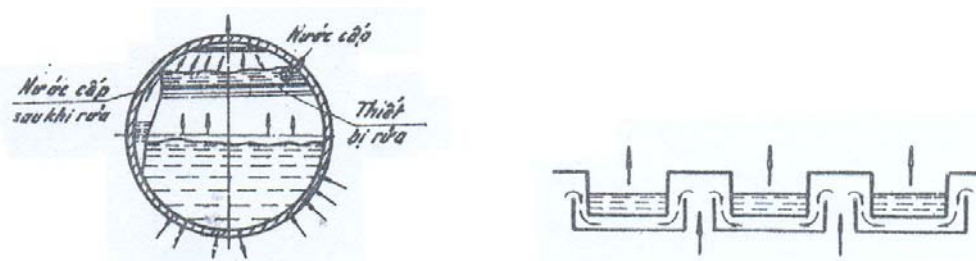
Khi nồng độ muối trong nước lò quá lớn (lớn hơn giá trị giới hạn) thì xảy ra hiện tượng sủi bọt và sôi bông, tạo ra một lớp bọt trên bề mặt thoáng làm cho mức nước trong bao hơi tăng cao, tức là làm giảm chiều cao khoang hơi và do đó làm tăng lượng ẩm hút theo hơi.

Khi có hiện tượng sủi bọt sôi bông, mực nước trong bao hơi luôn luôn cao hơn mức nước trong thủy, nghĩa là tạo ra mức nước giả trong lò.

### 5.3.3. Các thiết bị làm sạch hơi

#### 5.3.3.1. Thiết bị rửa hơi:

Thiết bị rửa hơi là một tấm đục lỗ được đặt trong bao hơi. Khi hơi từ nước lò tách ra đi qua thiết bị rửa hơi trước khi đi vào khoang hơi, các giọt ẩm trong hơi sẽ pha trộn với nước trong thiết bị rửa hơi (gọi là nước rửa) do đó nồng độ muối trong các giọt ẩm bay theo hơi sẽ giảm xuống. Như vậy hơi sau khi qua thiết bị rửa hơi còn chứa các giọt ẩm, nhưng nồng độ muối chứa trong các giọt ẩm khi đó sẽ giảm đi rất nhiều.



Hình 5.6. Thiết bị rửa Hơi

### 5.3.3.2. Các thiết bị phân li các giọt ẩm ra khỏi hơi

Các thiết bị phân li các giọt ẩm ra khỏi hơi có nhiệm vụ tách các giọt ẩm ra khỏi hơi, không cho các giọt ẩm đi theo hơi sang bộ quá nhiệt, nhằm giảm số lượng các giọt ẩm trong hơi tức là làm tăng độ sạch của hơi.

Để tách các giọt ẩm ra khỏi hơi, người ta thường dùng các loại thiết bị phân li sau: phân ly kiểu tấm chắn, phân ly kiểu cửa chớp, phân ly kiểu tấm đục lỗ và phân ly kiểu xyclon.

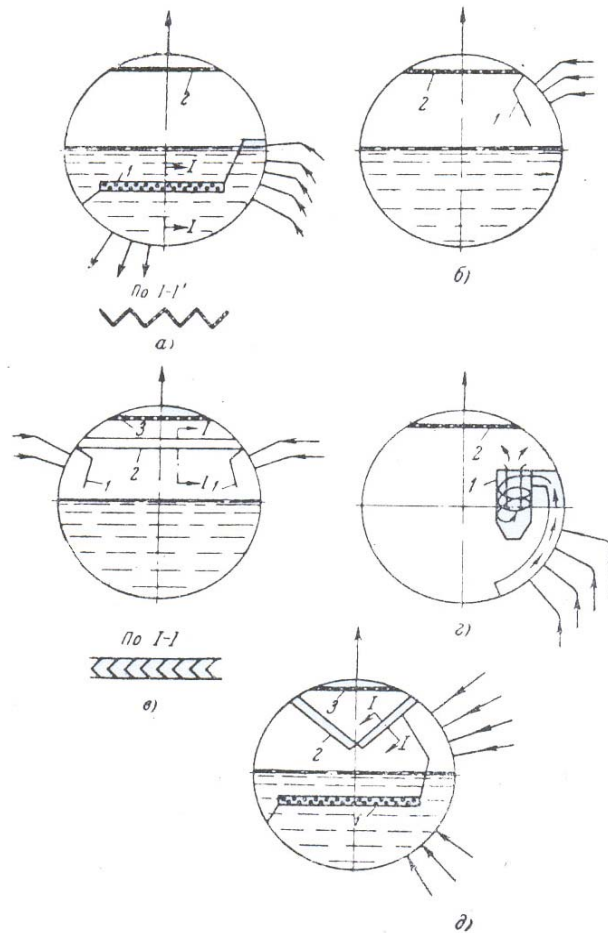
+ Phân ly kiểu tấm chắn:  
Bao gồm các tấm chắn đặt nghiêng một góc  $45^{\circ}$  trước miệng ra của ống sinh hơi, chỗ nối vào bao hơi. Loại này thường dùng khi các ống sinh hơi được nối vào khoang hơi của bao hơi.

Hơi bão hòa từ các ống sinh hơi đi vào bao hơi sẽ va đập vào các tấm chắn, làm động năng của dòng hơi giảm đi, các giọt nước có khối lượng lớn hơn sẽ mất động năng nhiều hơn và bị tách ra khỏi dòng hơi, bám vào các tấm chắn rồi rơi trở lại khoang nước.

+ Phân ly kiểu cửa chớp:  
Gồm các tấm cửa chớp thường được đặt tại cửa hơi ra khỏi bao hơi. Dòng hơi có chứa các giọt ẩm va đập vào cửa chớp và giảm động năng, các giọt nước tách ra khỏi hơi và bám lại trên cánh cửa chớp rồi chảy xuống dưới.

+ Phân ly kiểu tấm đục lỗ: Là các tấm kim loại có đục nhiều lỗ, thường được đặt chìm ở trong nước, có tác dụng làm cho hơi phân bố đồng đều hơn trên toàn bộ bề mặt bốc hơi. Khi chui qua các lỗ, các giọt ẩm bị mất động năng sẽ bị giữ lại, còn hơi đi lên phía trên rồi sang bộ quá nhiệt.

+ Phân ly kiểu Xyclon: Khi nồng độ muối trong hơi cao, các loại thiết bị phân ly trên không bảo đảm chất lượng hơi, khi đó có thể dùng thiết bị phân ly kiểu xyclon. Ở đây, hơi đi vào xyclon theo phương tiếp tuyến, chuyển động xoáy quanh trục thẳng đứng, dưới tác dụng của lực li tâm, các giọt ẩm sẽ va đập vào vách cyclon, mất động năng sẽ bị rơi trở lại, còn hơi đi xoáy vào giữa và đi lên và ra khỏi xyclon.



Hình 5.7. Thiết bị rửa hơi và phân li hơi.

# PHẦN 3. TUỐC BIN HƠI VÀ KHÍ

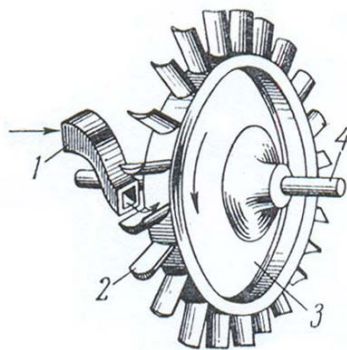
## Chương 6. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC TUỐC BIN HƠI

### 6.1. KHÁI NIỆM VỀ TUỐC BIN HƠI

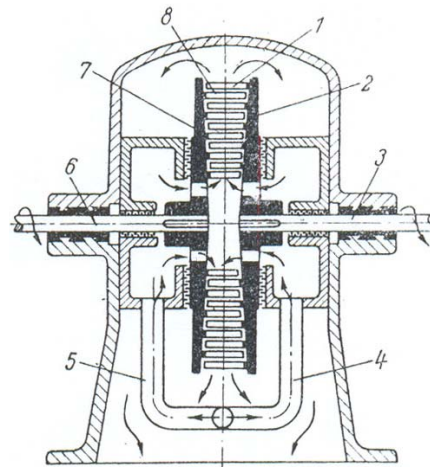
Tuốc bin hơi là một loại động cơ nhiệt, thường dùng để dẫn động máy phát điện, bơm nước có công suất lớn, các che ép . . . hoặc làm động cơ tàu thủy. Khi dòng hơi chuyển động qua các rãnh cánh tuốc bin, nhiệt năng của dòng hơi được biến thành động năng rồi động năng sẽ biến thành cơ năng (sinh công) trên cánh động của tuốc bin, làm cho tuốc bin quay. Trên hình 6.1. trình bày loại tuốc bin đơn giản nhất, đó là tuốc bin Lavan. Ở đây hơi đi vào một hoặc một số ống phun, khi ra khỏi ống phun áp suất hơi giảm xuống, còn tốc độ tăng lên đáng kể. Hơi có tốc độ cao đi vào rãnh cánh động được gắn trên bánh động, ở đó động năng của dòng hơi sẽ biến thành cơ năng (sinh công), công dòng hơi sinh ra trên cánh động sẽ làm cho roto tuốc bin quay.

Có thể phân tuốc bin hơi thành hai dạng chính: tuốc bin dọc trục và tuốc bin hướng trục.

- Ở tuốc bin hướng trục, dòng hơi sẽ chuyển động theo phương vuông góc với trục của tuốc bin. Hình 6.2. trình bày nguyên lý cấu tạo của tuốc bin hướng trục. Hơi được dẫn theo ống 3 vào buồng phân phối, từ đó hơi đi vào các dây cánh 6 và 7 gắn trên các đĩa 1 và 2. Hơi dẫn nở sinh công trên các cánh động sẽ làm trục 4 và 5 quay theo hai hướng ngược nhau.



Hình 6.1. Tuốc bin Lavan  
1- ống phun; 2-Cánh động;  
3-Bánh động;4-Trục



Hình 6.2. Tuốc bin hướng trục  
1- Cánh động; 2 và 7-đĩa; 3-Trục; 4 và  
5-ống dẫn hơi;3 và 6-trục tuốc bin;

- Khác với tuốc bin Lavan, ở tuốc bin dọc trục dòng hơi chuyển động trong tuốc bin theo hướng dọc trục của tuốc bin và hơi không chỉ dẫn nở trong một hoặc một số

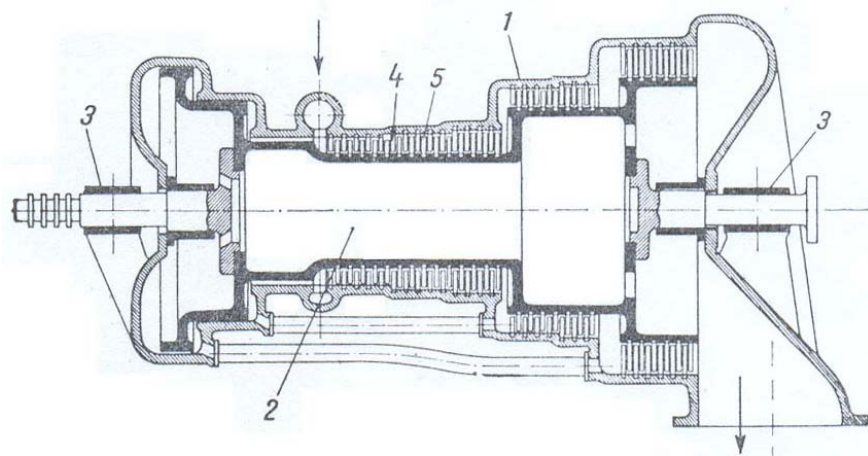
ống phun mà dẫn nở trong nhiều dãy cánh đặt kế tiếp nhau dọc theo trục của tuốc bin. Các dãy ống phun được gắn cố định trên thân tuốc bin và một dãy cánh động được gắn trên trục tuốc bin hoặc rô to tuốc bin.

Một dãy ống phun và một dãy cánh động được đặt kế tiếp nhau gọi là một tầng tuốc bin. Rãnh ống phun và rãnh cánh động được gọi là phần truyền hơi của tuốc bin.

Công suất tuốc bin phụ thuộc vào số tầng tuốc bin. Ở tuốc bin hướng trục, khi số tầng tăng lên thì đường kính của tuốc bin cũng tăng lên nghĩa là lực li tâm càng lớn, do đó số tầng tức là công suất sẽ bị hạn chế bởi lực li tâm.

Hiện nay tuốc bin dọc trục được dùng phổ biến vì có thể chế tạo với công suất rất lớn, công suất lớn nhất của một tổ máy có thể tới 1200MW.

Ở giáo trình này ta chỉ nghiên cứu về tuốc bin dọc trục.



Hình 6.3. Nguyên lý cấu tạo của tuốc bin hơi

1-thân tuốc bin; 2-roto tuốc bin; 3-ổ trục; 4-ống phun; 5-cánh động

## 6.2. TẦNG TUỐC BIN

### 6.2.1. Khái niệm về tầng tuốc bin

Tầng tuốc bin bao gồm một dãy ống phun gắn trên bánh tĩnh và một dãy cánh động gắn trên bánh động.

Sau khi ra khỏi bộ quá nhiệt của lò, hơi được đưa qua van điều chỉnh vào tuốc bin. Để biến nhiệt năng của dòng hơi thành động năng, người ta cho dòng hơi đi qua các rãnh có hình dáng đặc biệt, gọi là ống phun. Khi đi qua ống phun, áp suất và nhiệt độ dòng hơi giảm xuống, tốc độ dòng hơi tăng lên đến  $C_1$ , nhiệt năng biến thành động năng. Ra khỏi ống phun, dòng hơi có động năng lớn đi vào vào cánh động, khi dòng hơi ngoặt hướng theo các rãnh cong của cánh động, sẽ sinh ra một lực li tâm, lực li tâm tác dụng lên cánh động, biến động năng của dòng hơi thành công đẩy cánh động quay. Vì cánh động được gắn trên bánh động và bánh động được gắn trên trục tuốc bin, tức là bánh động và trục tuốc bin cùng quay. Hơi ra khỏi cánh động sẽ mất động năng nên tốc độ giảm xuống đến  $C_2$  và được dẫn ra theo ống thoát hơi.



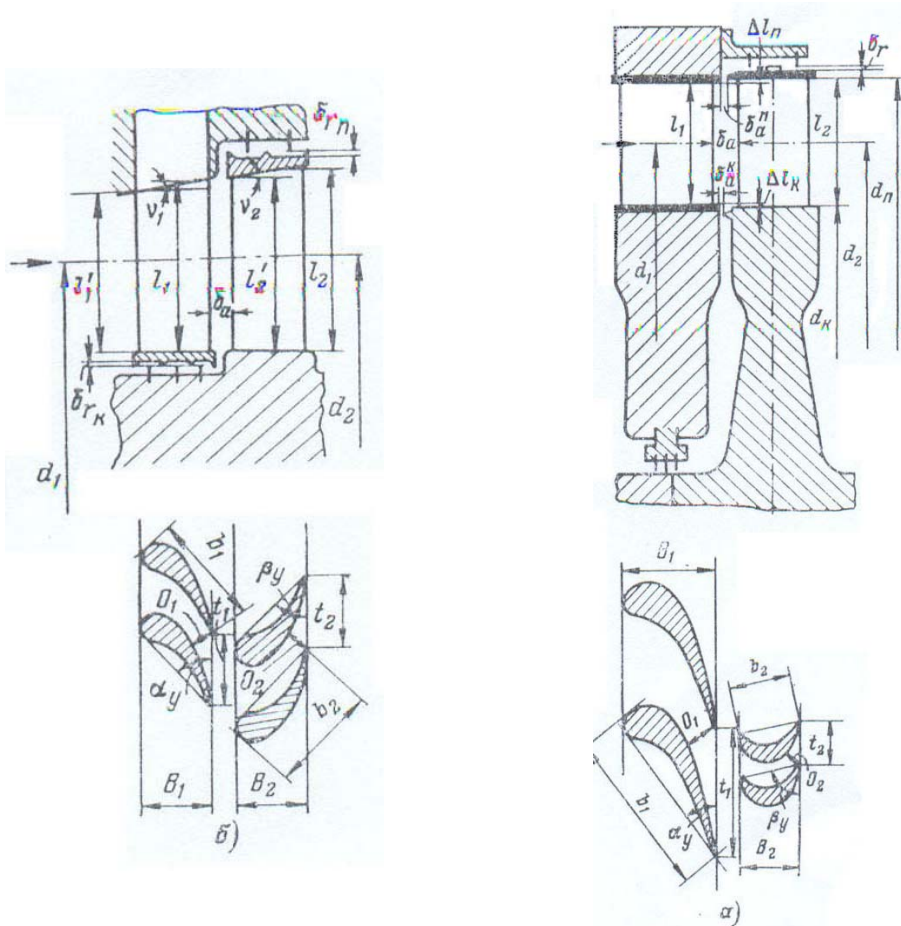
Có hai loại tầng tuốc bin: tầng xung lực và tầng phản lực.

Trong quá trình dẫn nở, nếu quá trình hơi giảm áp suất (biến nhiệt năng thành động năng) chỉ xảy ra trong ống phun, còn trong rãnh cánh động áp suất không thay đổi thì tầng tuốc bin được gọi là tầng tuốc bin xung lực.

Trong quá trình dẫn nở, nếu quá trình giảm áp suất (biến nhiệt năng thành động năng) xảy ra cả trong ống phun lẫn trong rãnh cánh động thì tầng tuốc bin được gọi là tầng tuốc bin phản lực.

### 6.2.1.1. Tầng xung lực

Trong tầng tuốc bin xung lực, khi chuyển động qua dãy cánh động, dòng hơi không giảm áp suất nên áp suất trước và sau cánh động bằng nhau, không có sự chênh lệch suất ở trước và sau cánh động nên tầng xung lực được chế tạo như hình 6.4a. Ở đây các ống phun được gắn trên bánh tĩnh, các bánh tĩnh được gắn lên thân tuốc bin (gọi là stato), còn các cánh động được gắn trên bánh động, các bánh động được lắp chặt trên trục tuốc bin (gọi là Rôto).



Hình 6.4a. Tầng xung lực

6.4b. Tầng phản lực

### 6.2.1.2. Tầng phản lực

Ở tầng tuốc bin phản lực, quá trình giảm áp suất liên tục xảy ra cả ở trong ống phun và trong rãnh cánh động, do đó nếu cấu tạo của tuốc bin như tầng xung lực thì sẽ có lực tác dụng lên bề mặt phía trước bánh động đẩy bánh động (rôto) dịch chuyển theo hướng dòng hơi (gọi là lực di trục) do sự chênh lệch áp suất trước và sau cánh động. Do đó ở đây không có bánh tĩnh và bánh động mà rô to của tuốc bin được chế tạo hình tang trống, các cánh động được gắn trực tiếp lên tang trống, còn các ống phun được gắn lên stato. Cấu trúc tầng cánh của tuốc bin phản lực được biểu diễn trên hình 6.4a

### 6.2.2. Độ phản lực của tầng tuốc bin

Quá trình dẫn nở của hơi trong tuốc bin được biểu diễn trên đồ thị hình 6.5. Giả sử dòng hơi vào tuốc bin ở trạng thái 0, có entanpi  $i_0$ , áp suất  $P_0$ , nhiệt độ  $t_0$  và tốc độ vào ống phun là  $C_0$ . Hơi dẫn nở đoạn nhiệt thuận nghịch trong ống phun đến trạng thái 1, có áp suất  $p_1$ , nhiệt độ  $t_1$ , tương ứng với entanpi  $i_1$  và tốc độ tăng từ  $C_0$  lên đến  $C_1$ . Sau khi ra khỏi ống phun, hơi đi vào rãnh cánh động tiếp tục dẫn nở đoạn nhiệt trong rãnh cánh động đến trạng thái 2, áp suất và nhiệt độ giảm xuống đến  $p_2$ ,  $t_2$ , có entanpi  $i_2$  và tốc độ tăng lên đến  $C_2$ .

Nhiệt đáng lí tưởng của dòng hơi trong ống phun là  $h_{0p}$ :

$$h_{0p} = i_0 - i_{11} \quad (6-1)$$

Nhiệt đáng lí tưởng của dòng hơi trong rãnh cánh động là  $h_{0d}$ :

$$h_{0d} = i_{11} - i_{21} \quad (6-2)$$

Nhiệt đáng lí tưởng của toàn tầng tuốc bin là  $h_0$ :

$$h_0 = h_{0p} + h_{0d} \quad (6-3)$$

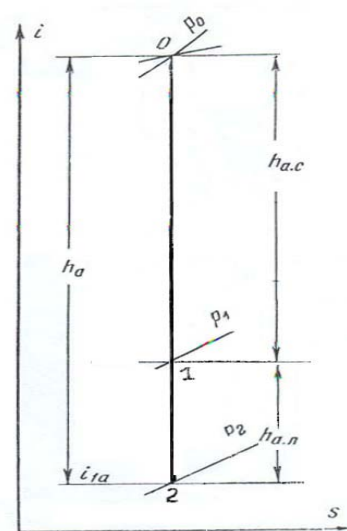
Độ phản lực của tầng tuốc bin là tỷ số giữa nhiệt đáng của dãy cánh động với nhiệt đáng toàn tầng, nó phản ảnh khả năng dẫn nở (giảm áp suất) của dòng hơi trong rãnh cánh động so với độ giảm áp suất trên toàn tầng.

$$\rho = \frac{h_{0d}}{h_0} \quad (6-4)$$

\* Nếu độ phản lực  $\rho = 0$ , nghĩa là  $h_{0d} = 0$ , trong cánh động không có sự thay đổi áp suất, tầng tuốc bin được gọi là tầng xung lực thuần túy.

\* Nếu độ phản lực  $0,05 < \rho < 0,15$  gọi là tầng tuốc bin xung lực có độ phản lực nhỏ.

\* Nếu độ phản lực  $\rho = 0,4-0,6$ , gọi là tầng tuốc bin phản lực.



Hình 6.5. Quá trình dẫn nở lý tưởng của dòng hơi



### 6.2.3. Biến đổi năng lượng của dòng hơi trong tầng tuốc bin

Để đơn giản cho việc khảo sát quá trình chảy của dòng hơi trong ống phun, ta giả thiết rằng dòng chảy là ổn định và quá trình dẫn nở xảy ra trong điều kiện lý tưởng, nghĩa là quá trình đó là đoạn nhiệt thuận nghịch, không có tổn thất.

#### 6.2.3.1. Biến đổi năng lượng của dòng hơi trong rãnh cánh ống phun

Trong rãnh ống phun, nhiệt năng của dòng hơi biến đổi thành động năng, nghĩa là áp suất và nhiệt độ dòng hơi giảm, còn tốc độ dòng hơi tăng. Quá trình tăng tốc độ liên quan trực tiếp đến quá trình dẫn nở của dòng hơi trong rãnh ống phun.

Gọi  $p_0$  là áp suất đầu vào,  $p_1$  là áp suất đầu ra,  $C_0$  và  $C_{11}$  là tốc độ dòng hơi vào và ra khỏi ống phun.

Theo định luật nhiệt động I viết cho dòng hở, với quá trình dẫn nở đoạn nhiệt thuận nghịch, biến thiên động năng của dòng hơi bằng tổng công do lực đẩy bên ngoài và công dẫn nở sinh ra trong quá trình.

Biến thiên động năng của dòng hơi khi chảy qua dãy cánh là:  $\frac{C_{11}^2 - C_0^2}{2}$ .

- Công dẫn nở trong quá trình đoạn nhiệt bằng biến thiên nội năng:  $l_{dn} = u_0 - u_1$ .

- Công do lực đẩy bên ngoài: Lực đẩy bên ngoài sinh ra do chênh lệch áp suất trước và sau dãy cánh tác dụng lên dòng hơi tại tiết diện 0-0 là  $p_0 f_0$ , làm cho khối hơi dịch chuyển một đoạn là  $s_0$ , sinh công ngoài  $l_{n0} = p_0 f_0 s_0 = p_0 v_0$ . Tương tự, tại tiết diện 1-1, ta có công của dãy cánh tác dụng lên dòng hơi là  $l_{n1} = p_1 f_1 s_1 = p_1 v_1$ . Vậy hiệu số công do lực đẩy bên ngoài tác dụng lên dòng hơi là:  $p_0 v_0 - p_1 v_1$ .

Vậy định luật nhiệt động I có thể viết cho dòng hơi là:

$$\frac{C_{11}^2 - C_0^2}{2} = (u_0 - u_1) + (p_0 v_0 - p_1 v_1) \quad (6-5)$$

mà  $u + pv = i$ , do đó  $(u_0 + p_0 v_0) = i_0$ ;  $(u_1 + p_1 v_1) = i_1$   
nên:

$$\frac{C_{11}^2 - C_0^2}{2} = (i_0 - i_1) = h_{0p} \quad (6-6)$$

Vậy ta có biến thiên động năng của dòng hơi trong quá trình dẫn nở đoạn nhiệt thuận nghịch bằng hiệu entanpi đầu và cuối quá trình.

Hiệu entanpi  $(i_0 - i_1)$  đầu và cuối quá trình dẫn nở đoạn nhiệt thuận nghịch trong ống phun được gọi là nhiệt đáng lý thuyết của ống phun (chưa kể đến tổn thất), ký hiệu là  $h_0 = i_0 - i_1$  được biểu diễn trên đồ thị hình 6.5.

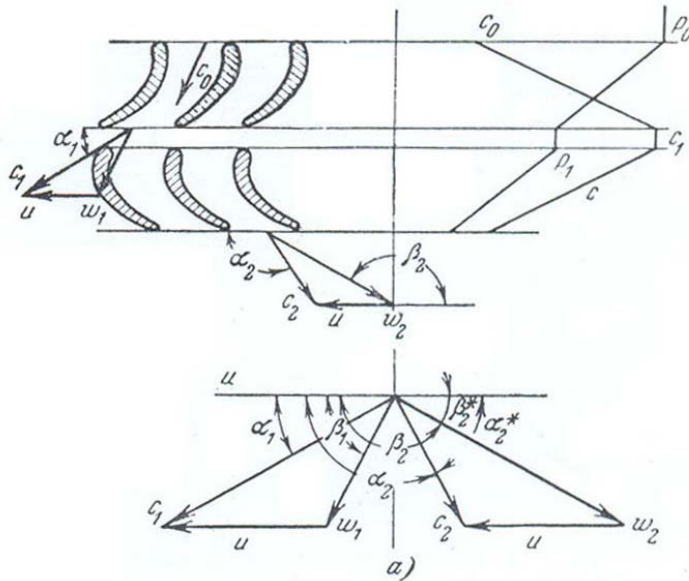
Từ (6-6) ta có thể tính tốc độ lý thuyết  $C_{11}$  ra khỏi ống phun:

$$C_{11} = \sqrt{2h_{0p} + C_0^2} \quad (6-7)$$

### 6.2.3.2. Biến đổi năng lượng dòng hơi trong rãnh cánh động - Tam giác tốc độ

Khi bỏ qua các tổn thất trên dây cánh, coi tốc độ của dòng hơi vào và ra khỏi ống phun và cánh động bằng tốc độ lý thuyết, ta có thể mô tả chuyển động của dòng hơi trong tuốc bin như sau:

Dòng hơi đi vào ống phun với tốc độ là  $C_0$ , nhiệt năng dòng hơi biến thành động năng, tốc độ dòng tăng lên và đi ra khỏi ống phun với tốc độ tuyệt đối là  $C_1$  tạo với phương chuyển động của dây cánh (phương  $u$ ) một góc  $\alpha_1$ , đi vào rãnh cánh động. Tốc độ dòng ở đây có thể phân ra hai thành phần: tốc độ vòng  $u$  và tốc độ tương đối  $w$ . Khi tác dụng lên cánh động, dòng hơi đã trao một phần động năng cho cánh động, làm cho cánh động và rôto quay với một tốc độ  $n$  [vg/s] tương ứng với tốc độ dài  $u$  [m/s]. Do cánh động quay với tốc độ  $u$  nên dòng hơi sẽ đi vào rãnh cánh động với một tốc độ tương đối  $w_1$ , vectơ  $\vec{w}_1$  hợp với phương chuyển động  $u$  một góc  $\beta_1$ . Trên hình 6.7, vectơ  $\vec{C}_1$  được phân tích thành hai thành phần: thành phần vận tốc chuyển động theo  $\vec{u}$  và thành phần vận tốc tương đối của dòng hơi đi vào rãnh cánh động  $\vec{w}_1$ , từ đó ta cũng thấy được vectơ  $\vec{w}_1$  tạo với phương chuyển động của dây cánh động một góc  $\beta_1$ .



Hình 6.6. Xây dựng tam giác tốc độ

Như vậy khi dòng hơi đi vào dây cánh động, ta có tam giác tốc độ tạo bởi các vectơ tốc độ tuyệt đối  $\vec{C}_1$ , tốc độ vòng  $\vec{u}$  và tốc độ tương đối  $\vec{w}_1$  được biểu diễn trên hình 6.7 gọi là tam giác tốc độ vào.

Sau khi truyền một phần động năng của mình cho dây cánh động, hơi đi ra khỏi dây cánh động với tốc độ tương đối  $w_2$ , vectơ  $\vec{w}_2$  tạo với phương chuyển động của dây cánh một góc  $\beta_2$ . Cộng vectơ tốc độ tương đối  $\vec{w}_2$  với vectơ chuyển động theo  $\vec{u}$ ,

ta được vectơ tốc độ tuyệt đối của dòng hơi đi ra khỏi dây cánh động là  $\vec{C}_2$  và tạo với phương chuyển động của dây cánh một góc  $\alpha_2$ . Tam giác tạo bởi ba vectơ: tốc độ ra tương đối  $\vec{w}_2$ , tốc độ chuyển động theo  $\vec{u}$  và tốc độ ra tuyệt đối  $\vec{C}_2$ , được biểu diễn trên hình 6.7. gọi là tam giác tốc độ ra.

Tương tự như với ống phun, khi bỏ qua tổn thất do ma sát ta có biến thiên động năng của dòng hơi trong quá trình dẫn nở đoạn nhiệt thuận nghịch bằng hiệu entanpi đầu và cuối quá trình.:

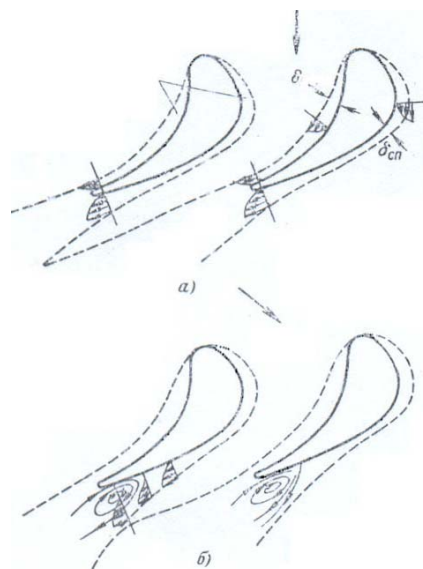
$$\frac{w_{21}^2 - w_1^2}{2} = i_1 - i_{21} = h_{od} \quad (6-8)$$

## 6.2.4. Tổn thất năng lượng khi dòng chảy ngang qua dây cánh

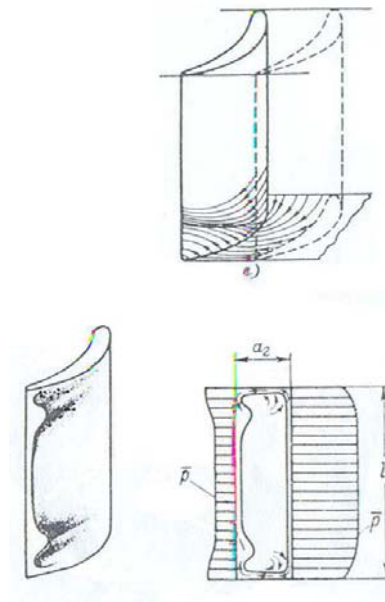
### 6.2.4.1. Tổn thất do ma sát, do xoáy khi dòng chảy ngang qua dây cánh

#### \* Tổn thất profin

Khi dòng chất lỏng chuyển động qua rãnh cánh, vì cánh có độ nhám và chất lỏng có độ nhớt nên luôn tồn tại một lớp biên thủy lực trên bề mặt rãnh. Phía ngoài lớp biên (giữa dòng) tốc độ tại mọi điểm ở cùng tiết diện đều bằng nhau. Còn trong phạm vi lớp biên thủy lực bắt đầu từ bề mặt lớp biên tốc độ dòng giảm dần và bằng không tại bề mặt cánh, làm cho tốc độ trung bình của dòng giảm. Chính vì có tổn thất tốc độ trong lớp biên như vậy nên tốc độ hơi ra khỏi dây cánh bị giảm đi, gây nên tổn thất năng lượng được gọi là tổn thất ma sát theo profin cánh. Tổn thất profin được biểu diễn trên hình 6.7.



Hình 6.7. Tổn thất profin  
Và xoáy ở mép ra



Hình 6.8. Tổn thất góc và đỉnh cánh

**\* Tổn thất ma sát ở góc và đỉnh cánh**

Các cánh ống phun của tuốc bin được gắn trên các bánh tĩnh, bề mặt giới hạn của bánh tĩnh được gọi là góc cánh. Đối với các cánh có chiều dài lớn, để đảm bảo cho cánh khỏi bị dao động, trên đỉnh cánh có đai giữ để nối liên kết các cánh với nhau. Trên bề mặt giới hạn góc cánh và đai cánh luôn tồn tại một lớp biên thủy lực và do đó cũng gây ra tổn thất năng lượng tương tự như ở bề mặt cánh. Tổn thất đó được gọi là tổn thất góc và đỉnh cánh. Tổn thất góc và đỉnh cánh được biểu diễn trên hình 6.8.

**\* Tổn thất do xoáy ở mép ra của cánh**

Vì mép ra của cánh có chiều dày nhất định, do đó khi dòng hơi chảy qua sẽ xuất hiện dòng xoáy ở mép ra và gây nên tổn thất năng lượng gọi là tổn thất xoáy ở mép ra của cánh. Tổn thất do xoáy ở mép ra được biểu diễn trên hình 6.8. Vì có các tổn thất nói trên nên hiệu suất dòng chảy qua cánh sẽ giảm xuống.

**6.2.4.2. Tính toán tổn thất năng lượng khi dòng chảy ngang qua dây cánh**

**\*. Tổn thất năng lượng trên ống phun**

Khi khảo sát chuyển động của dòng hơi trong ống phun, ta đã coi quá trình dẫn nở của hơi là quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch. Nhưng thực tế, khi chảy qua ống phun, do có ma sát giữa hơi và vách ống phun nên hơi đã bị nóng lên, bởi vậy quá trình dẫn nở của hơi không phải là quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch.

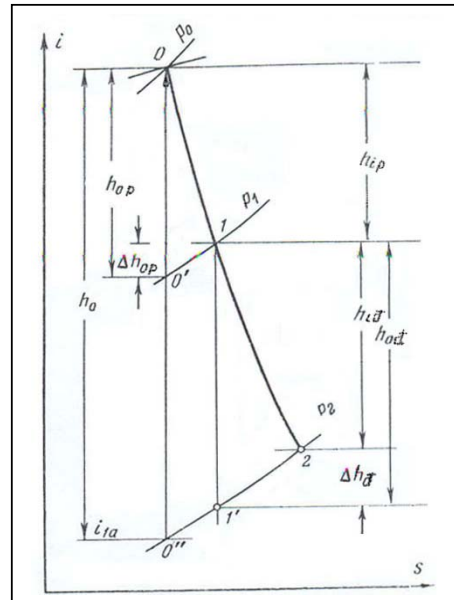
Quá trình ma sát giữa hơi với vách ống phun đã gây nên tổn thất năng lượng làm giảm tốc độ của dòng, do đó tốc độ dòng hơi ra khỏi ống phun thực tế là  $C_1$  nhỏ hơn tốc độ lý thuyết  $C_{1l}$ .

Quá trình dẫn nở thực tế của hơi được biểu thị trên đồ thị  $i-s$  hình 6.9. Theo (6-6) thì nhiệt đáng lý tưởng trong ống phun  $h_{0p}$  phụ thuộc vào biến thiên tốc độ  $C$ .

Như vậy trạng thái cuối của hơi trong quá trình dẫn nở thực được biểu diễn bằng điểm 1, có entanpi  $i_1$  ( $i_1 > i_{1l}$ ). Kết quả là nhiệt đáng thực tế của quá trình dẫn nở thực trong ống phun bằng  $h_{1p} = i_0 - i_1$  sẽ nhỏ hơn nhiệt đáng lý thuyết hợp và tốc độ chảy thực tế của dòng cũng nhỏ hơn tốc độ lý thuyết. Tỷ số giữa tốc độ thực tế và tốc độ lý thuyết của dòng gọi là hệ số tốc độ, ký hiệu là  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{C_1}{C_{1l}} \tag{6-9}$$

từ (6-7) và (6-9) ta có:



Hình 6.9. Quá trình thực của hơi trên đồ thị  $i-s$

$$C_1 = \varphi C_{11} = \varphi \sqrt{2h_{op} + C_0^2} \quad (6-10)$$

Tổn thất năng lượng trong dãy ống phun bằng:

$$\Delta h_p = h_{op} - h_{ip} = (i_0 - i_{11}) - (i_0 - i_1) = i_1 - i_{11} \quad (6-11)$$

và như vậy ta suy ra:

$$\Delta h_p = i_1 - i_{11} = \frac{C_{11}^2 - C_1^2}{2} \quad (6-12)$$

Từ (6-9) và (6-12) ta có:

$$\Delta h_p = \frac{C_{11}^2 - \varphi^2 C_{11}^2}{2}$$

$$\text{hay } \Delta h_p = \frac{C_{11}^2}{2} (1 - \varphi^2) \quad (6-13)$$

Hoặc từ (6-6) có thể tính theo tốc độ vào:

$$\Delta h_p = (h_{op} + \frac{C_0^2}{2})(1 - \varphi^2) \quad (6-14)$$

$$\text{suy ra: } \frac{\Delta h_p}{h_{op} + \frac{C_0^2}{2}} = 1 - \varphi^2 = \zeta_p \quad (6-15)$$

Đại lượng  $\zeta_{op}$  gọi là hệ số tổn thất năng lượng trong ống phun.

Đối với các ống phun của tuốc bin hiện đại thì trị số của hệ số vận tốc  $\varphi$  trong khoảng 0,95 - 0,98 và trị số của hệ số tổn thất  $\zeta_{op}$  trong khoảng 0,05 - 0,1

### 6.2.6. Tổn thất năng lượng trên cánh động

Tương tự như đối với ống phun, ở cánh động quá trình ma sát cũng xảy ra và gây nên tổn thất tương tự. Quá trình ma sát giữa hơi với vách cánh động đã gây nên tổn thất năng lượng làm giảm tốc độ của dòng, do đó tốc độ dòng hơi ra khỏi rãnh cánh động thực tế là  $w_2$  nhỏ hơn tốc độ lý thuyết  $w_{21}$ . Quá trình dẫn nở thực tế của hơi được biểu thị trên đồ thị i-s hình 6.8.

Khi tính đến các tổn thất thì:

$$\Delta h_d = i_2 - i_{21} = \frac{1}{2} (w_{21}^2 - w_2^2) \quad (6-16)$$

Gọi  $\psi = \frac{w_2}{w_{21}}$  là hệ số tốc độ

$$\text{thì } \Delta h_d = \frac{1}{2} (1 - \psi^2) w_{21}^2 = \frac{w_{21}^2}{2} \zeta_d \quad (6-17)$$

## 6.3. TỔN THẤT VÀ HIỆU SUẤT CỦA TẦNG TUỐC BIN

### 6.3.1. Xác định lực tác dụng của dòng hơi lên dây cánh

Dòng hơi chuyển động qua rãnh cánh quạt sẽ thay đổi tốc độ và đổi hướng là do chịu tác dụng của các lực sau đây:

- Phản lực của cánh động lên dòng hơi.
- Hiệu số áp suất trước và sau cánh.

Để xác định lực tác dụng của dòng hơi lên dây cánh, ta khảo sát một lượng hơi  $\delta m$ , có áp suất  $p_1$  đi vào dây cánh với tốc độ là  $C_1$ , ra khỏi cánh động với vận tốc  $C_2$ , có áp suất  $p_2$ .

Dòng hơi tác dụng lên dây cánh một lực  $R$ , theo nguyên tắc phản lực thì dây cánh sẽ tác dụng trở lại một phản lực  $R'$ , về giá trị thì hai lực này bằng nhau, nhưng ngược chiều:  $R = -R'$ .

Lực  $R$  có thể phân ra hai thành phần:

- + Thành phần có ích  $R_u$  theo phương  $u$  (là phương vận tốc vòng  $u$ ), thành phần này tạo nên công suất tuốc bin (làm quay tuốc bin),
- + Thành phần  $R_a$  theo phương dọc trục tuốc bin, thành phần này có hại, làm cho rôto tuốc bin dịch chuyển dọc trục và có thể gây ra sự cố.

Muốn xác định thành phần lực  $R_u$ ,  $R_a$ , trước hết ta xác định các thành phần phản lực  $R'_u$ ,  $R'_a$  tác dụng lên dòng hơi làm thay đổi động lượng của dòng. Sự thay đổi động lượng của dòng hơi theo phương  $u$  chỉ do tác dụng phản lực của cánh, còn sự thay đổi động lượng của dòng hơi theo phương  $a$  ngoài tác dụng phản lực của cánh còn có ảnh hưởng của hiệu số áp suất ( $p_1 - p_2$ ) trước và sau dây cánh. Hình 6.12 biểu diễn lực tác dụng của dòng hơi lên dây cánh.

Theo phương trình động lượng ta có các thành phần phản lực:

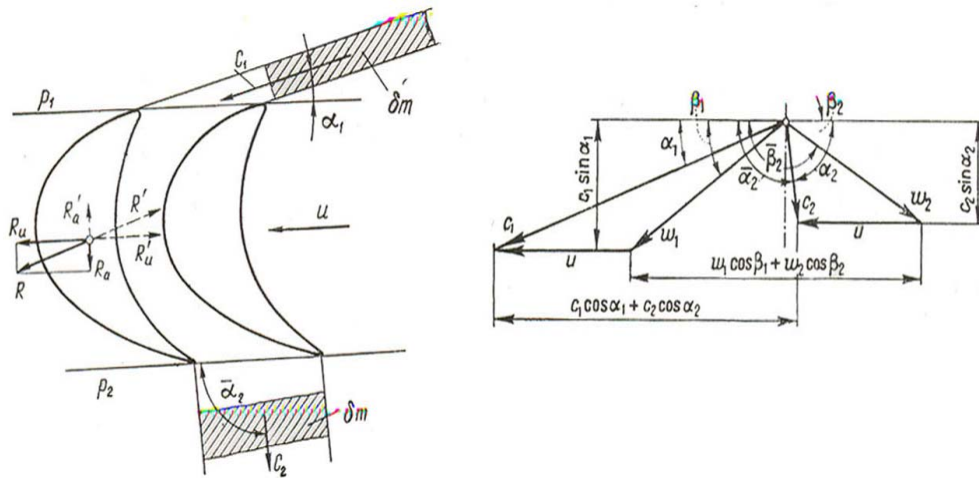
$$R'_u = \frac{\delta m}{\delta \tau} (C_{2u} - C_{1u}) \quad (6-18)$$

$$R'_a = \frac{\delta m}{\delta \tau} (C_{2a} - C_{1a}) + F(p_2 - p_1) \quad (6-19)$$

Trong đó:

- $\delta m$ : là lượng hơi khảo sát một
- $\delta \tau$ : là thời gian khảo sát,
- $C_{1u}$ ,  $C_{2u}$  là hình chiếu của vectơ vận tốc  $\vec{C}_1$ ,  $\vec{C}_2$  theo phương  $u$ ,
- $C_{1a}$ ,  $C_{2a}$  là hình chiếu của vectơ vận tốc  $\vec{C}_1$ ,  $\vec{C}_2$  theo phương  $a$ ,
- $F$  là diện tích tiết diện các rãnh cánh động (tiết diện hơi chuyển động qua cánh),

Dựa vào tam giác tốc độ trên hình 6-13 ta tính được các thành phần lực  $C_{1u}$ ,  $C_{2u}$ ,  $C_{1a}$ ,  $C_{2a}$ , thay vào (6-18), (6-19) và tiếp tục biến đổi toán học ta được:



Hình 6.12. lực tác dụng của dòng hơi lên dây cánh

$$R_u = -R'_u = G(C_1 \cos \alpha_1 + C_2 \cos \alpha_2) \quad (6-20)$$

$$R_u = G(w_1 \cos \beta_1 + w_2 \cos \beta_2) \quad (6-21)$$

$$R_a = -R'_a = G(C_1 \sin \alpha_1 - C_2 \sin \alpha_2) + F(p_1 - p_2) \quad (6-22)$$

$$R_a = G(w_1 \sin \beta_1 - w_2 \sin \beta_2) + F(p_1 - p_2) \quad (6-23)$$

Thành phần lực  $R_u$  sẽ sinh ra công có ích, công suất của lực  $R_u$  sinh ra trên dây cánh động là:

$$P = R_u \cdot u \quad (6-24)$$

Công suất tính cho 1kg hơi là:

$$L = P/G = R_u \cdot u / G \quad (6-25)$$

Trong đó:

$P$  là công suất của dòng hơi trên dây cánh động.

$G = \frac{\delta m}{\delta \tau}$  : lưu lượng hơi qua dây cánh tước bin,

$R_u$  là thành phần lực của dòng hơi sinh ra theo phương chuyển động,

$u = \pi \cdot d \cdot n$  là tốc độ dài của dòng hơi tính trên cánh tước bin,

$n$  là tốc độ quay của tước bin, (vg/s)

$d$  là đường kính trung bình của dây cánh, (m)

Dựa trên tam giác tốc độ vào và ra, tiếp tục biến đổi lượng giác ta được công suất do 1kg hơi sinh ra trên cánh động là:

$$L = 1/2 \cdot (C_1^2 - w_1^2 + w_2^2 - C_2^2), [W] \quad (6-26)$$

Nếu tước bin có nhiều tầng thì công suất tổng của tước bin sẽ bằng tổng công suất của các tầng.

## 6.3.2. Tổn thất năng lượng và hiệu suất trên cánh động của tầng

### 6.3.2.1. Tổn thất tốc độ ra

Tổn thất tốc độ ra là tổn thất động năng do dòng hơi mang ra khỏi tầng. Khi dòng hơi ra khỏi tầng với tốc độ  $C_2 > 0$ , nghĩa là mang ra khỏi tầng một động năng  $\frac{C_2^2}{2} \neq 0$ . Động năng này không biến thành cơ năng trên cánh động của tầng khảo sát, như vậy tầng bị mất đi một phần năng lượng  $\frac{C_2^2}{2}$  gọi là tổn thất tốc độ ra, ký hiệu là  $\Delta h_r$ , có giá trị:

$$\Delta h_r = \frac{C_2^2}{2} \quad (6-27)$$

### 6.3.2.2. Hiệu suất trên cánh động của tầng tuốc bin

Hiệu suất trên cánh động của tầng tuốc bin là tỉ số giữa công suất trên cánh động với năng lượng lý tưởng của tầng.

$$\eta_{cd} = \frac{L}{E_0} \quad (6-28)$$

L: công suất trên cánh động của tầng,

$E_0$ : năng lượng lý tưởng của tầng tuốc bin,

Giả thiết dòng hơi đi vào tầng với tốc độ  $C_0$ , mang vào tầng một động năng là  $\frac{C_0^2}{2}$ , động năng này chỉ được sử dụng một phần trong tầng khảo sát là  $x_0 \frac{C_0^2}{2}$ , trong đó  $x_0$  là hệ số sử dụng động năng của dòng hơi vào tầng khảo sát. Ta nói dòng hơi mang vào tầng một năng lượng có ích là  $x_0 \frac{C_0^2}{2}$ .

Trong tuốc bin nhiều tầng thì động năng ra khỏi tầng trước là  $\frac{C_2^2}{2}$ , sẽ được sử dụng vào tầng tiếp theo một phần là  $x_2 \frac{C_2^2}{2}$ ,  $x_2$  là hệ số sử dụng động năng dòng hơi từ tầng khảo sát vào tầng tiếp sau. Như vậy năng lượng lý tưởng của tầng khảo sát sẽ là:

$$E_0 = x_0 \frac{C_0^2}{2} + h_0 - x_2 \frac{C_2^2}{2} \quad (6-29)$$



Trong đó:  $x_0 \frac{C_0^2}{2}$  là phần động năng có ích do dòng hơi mang vào được sử dụng ở tầng khảo sát ,

$h_0 = i_0 - i_{21} = h_{op} + h_{od}$  là nhiệt đáng lý tưởng của tầng.

$x_2 \frac{C_2^2}{2}$  là phần động năng có ích mà dòng hơi mang ra khỏi tầng khảo sát để sử dụng ở tầng tiếp theo.

Hệ số sử dụng động năng  $x_0, x_2$  dao động trong khoảng từ 0 đến 1. Đối với tầng cuối của tuốc bin, động năng ra khỏi tầng hoàn toàn không được sử dụng do đó  $x_2 = 0$  và khi đó ta nói động năng  $\frac{C_2^2}{2}$  là tổn thất tốc độ ra của tầng.

Đối với tầng tuốc bin thực tế thì cần kể đến các tổn thất trong ống phun, tổn thất trong dãy cánh động và tổn thất tốc độ ra của tầng, khi đó công mà tầng sinh ra sẽ là:

$$L = x_0 \frac{C_0^2}{2} + h_0 - \Delta h_p - \Delta h_{\text{®}} - \Delta h_r \quad (6-30)$$

Trong đó:

$\Delta h_p$ : tổn thất năng lượng trên ống phun,

$$\Delta h_p = i_1 - i_{11} = \frac{C_{11}^2 - C_1^2}{2}$$

$\Delta h_d$ : tổn thất năng lượng trên cánh động,

$$\Delta h_d = i_2 - i_{21} = \frac{w_{21}^2 - w_2^2}{2}$$

$\Delta h_r$ : tổn thất tốc độ ra,

$$\Delta h_r = \frac{C_2^2}{2}$$

Có thể viết lại (6-30):

$$L = x_0 \frac{C_0^2}{2} + h_0 - x_2 \frac{C_2^2}{2} - \Delta h_p - \Delta h_d + x_2 \frac{C_2^2}{2} - \frac{C_2^2}{2} \quad (6-31)$$

$$L = E_0 - \Delta h_p - \Delta h_d - (1-x_2) \Delta h_r \quad (6-32)$$

Do đó hiệu suất trên cánh động của tầng là:

$$\eta_{cd} = \frac{L}{E_0} = 1 - \frac{\Delta h_p}{E_0} - \frac{\Delta h_d}{E_0} - (1-x_2) \frac{\Delta h_r}{E_0} \quad (6-3)$$

hay:

$$\eta_{cd} = 1 - \xi_p - \xi_d - (1-x_2)\xi_r \quad (6-34)$$

Trong đó:  $\xi_i = \frac{\Delta h_i}{E_0}$  là các hệ số tổn thất năng lượng.

## Chương 7. TUỐC BIN NHIỀU TẦNG

### 7.1. QUÁ TRÌNH LÀM VIỆC CỦA TUỐC BIN NHIỀU TẦNG

#### 7.1.1. Khái niệm

Trong các nhà máy điện hoặc các trung tâm nhiệt điện, để kéo những máy phát điện công suất lớn thì phải có tuốc bin công suất lớn, nghĩa là tuốc bin phải làm việc với lưu lượng hơi lớn, thông số hơi cao, nhiệt đáng lớn. Tuy nhiên, mỗi một tầng tuốc bin chỉ có thể đạt được hiệu suất cao nhất ở một nhiệt đáng nhất định, vì vậy với nhiệt đáng lớn, muốn đạt được hiệu suất cao thì phải cho hơi làm việc trong một dãy các tầng đặt liên tiếp nhau, tuốc bin như vậy gọi là tuốc bin nhiều tầng.

Trong tuốc bin nhiều tầng, tầng đầu tiên gọi tầng tốc độ, các tầng tiếp theo là tầng áp lực, sinh công. Tầng tốc độ thường làm việc theo nguyên tắc xung lực, khi ra khỏi tầng hơi có tốc độ cao, động năng lớn sẽ sinh công trong các tầng tiếp theo. Ngoài ra nó còn làm nhiệm vụ điều chỉnh lưu lượng hơi vào tuốc bin khi phụ tải thay đổi nên còn được gọi là tầng điều chỉnh. Các tầng áp lực có thể được chế tạo theo kiểu tầng xung lực hoặc phản lực.

Tầng tốc độ có thể là tầng một cấp tốc độ hoặc có thể là tầng kép có hai cấp tốc độ. Tầng kép hai cấp tốc độ có một dãy ống phun với hai dãy cánh động, giữa hai dãy cánh động có một dãy cánh hướng để chuyển hướng dòng hơi khi ra khỏi dãy cánh động thứ nhất. Tuốc bin loại này có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, chắc chắn, giá thành rẻ, vận hành đơn giản, tuy nhiên hiệu suất thấp và công suất đơn vị nhỏ nên chỉ chế tạo để kéo các thiết bị phụ như bơm nước cấp, quạt khói, trục ép mía . . . .

Tầng có hai cấp tốc độ được ứng dụng rộng rãi để làm tầng điều chỉnh của tuốc bin, đặc biệt là trong các tuốc bin thông số cao. Nó có khả năng tạo ra nhiệt giáng lớn nên có thể giảm bớt được số tầng đồng thời giảm được yêu cầu về độ bền của kim loại đối với các tầng hạ áp, làm giảm khối lượng và giá thành thiết bị.

Nếu các tầng của tuốc bin làm việc theo nguyên tắc xung lực thì gọi là tuốc bin xung lực, nếu theo nguyên tắc phản lực thì gọi là tuốc bin phản lực

Khi tuốc bin làm việc ở phạm vi nhiệt độ từ 400 °C trở lên thì chọn nhiệt đáng đối với tầng tuốc bin xung lực khoảng từ 42-50 KJ/kg, đối với tầng tuốc bin phản lực khoảng từ 17-25 KJ/kg. Khi làm việc ở phạm vi nhiệt độ thấp hơn thì chọn nhiệt đáng đối với tầng tuốc bin xung lực khoảng từ 179-190 KJ/kg, đối với tầng tuốc bin phản lực khoảng từ 85-105 KJ/kg. Tuốc bin công suất lớn có thể có đến 40 tầng.

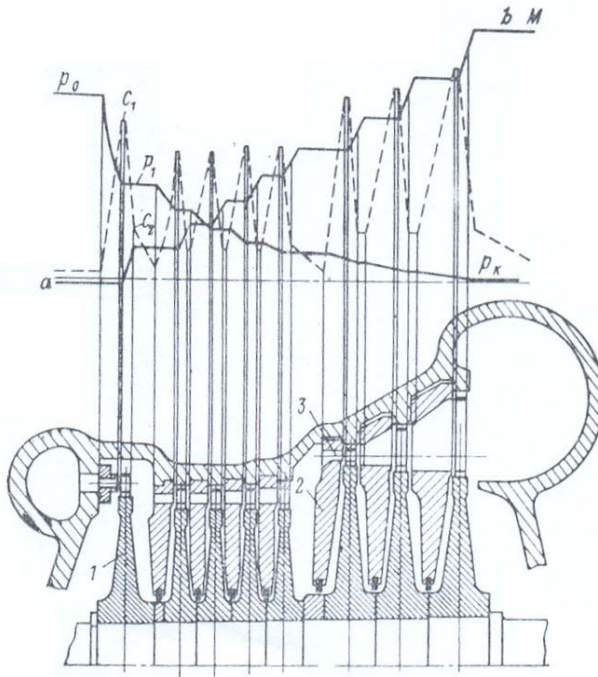
#### 7.1.2. Nguyên lý làm việc của tuốc bin nhiều tầng

##### 7.1.2.1. Tuốc bin xung lực nhiều tầng

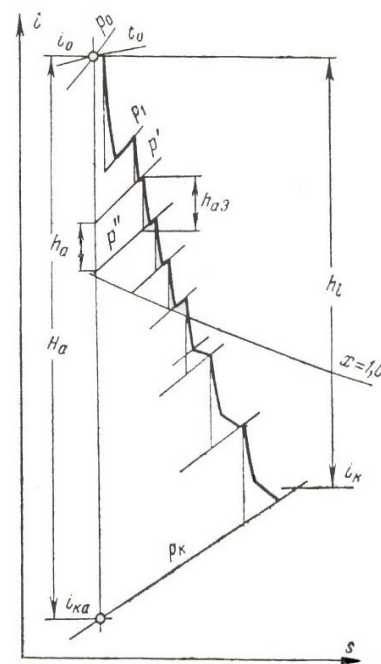
Trên hình 7.1. biểu diễn sơ đồ cấu tạo, sự thay đổi áp suất, thay đổi tốc độ dòng hơi và momen quay trong tuốc bin xung lực nhiều tầng. Đối với tuốc bin xung lực nhiều tầng, bánh tĩnh 2 được bố trí xen kẽ giữa hai bánh động 1. Trên bánh tĩnh có gắn ống phun 3, trên bánh động 1 có gắn cánh động 4 và các bánh động 1 này lắp

chặt trên trục tước bin. Dòng hơi đi qua ống phun 3, suất giảm áp từ  $p_0$  đến  $p_1$ , đồng thời tốc độ dòng hơi tăng từ  $C_0$  đến  $C_1$ . Hơi ra khỏi ống phun, đi vào các rãnh cánh động. Trong dãy cánh động, động năng của dòng hơi biến thành cơ năng, làm quay rôto tước bin, nên khi ra khỏi dãy cánh động, tốc độ giảm từ  $C_1$  xuống  $C_2$ . Dòng hơi ra khỏi tầng này sẽ tiếp tục đi vào các tầng tiếp theo và quá trình biến đổi năng lượng như trên lại xảy ra cho đến khi áp suất giảm xuống đến trị số áp suất hơi thoát  $p_k$  ở cuối tước bin.

Ở tước bin xung lực nhiều tầng có công suất lớn, các tầng áp lực ở phần cao áp thường được chế tạo theo kiểu tầng xung lực có độ phản lực nhỏ, từ  $\rho = 0,02 - 0,05$ ; còn các tầng ở phần hạ áp có độ phản lực tăng dần, có thể đạt đến  $\rho = 0,2 - 0,5$  (tầng cuối là tầng phản lực).



Hình 7.1. Sơ đồ cấu trúc của tước bin xung lực nhiều tầng 1-bánh động; 2-bánh tĩnh



Hình 7.2. Quá trình dẫn nở của hơi trong tước bin xung lực nhiều tầng

Từ đồ thị trên hình 7.1. ta thấy:

Mômen quay  $M$  trên trục tước bin tăng dần theo chiều chuyển động của dòng hơi và bằng tổng các momen của các tầng trước nó.

Tốc độ  $C_1$  của dòng hơi luôn luôn tăng lên trong dãy ống phun do sự biến đổi nhiệt năng thành động năng, còn trong dãy cánh động tốc độ của dòng luôn luôn giảm xuống do biến động năng thành cơ năng làm quay tước bin.

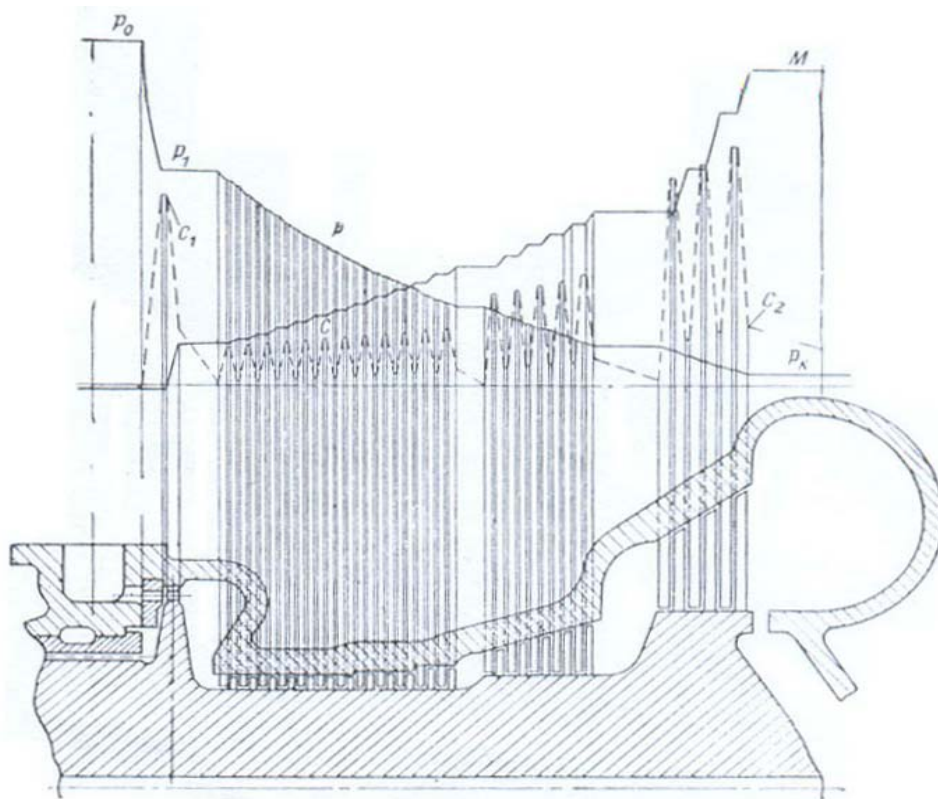
Quá trình dẫn nở của hơi trong tước bin xung lực nhiều tầng được biểu diễn trên hình 7.2, bao gồm nhiều quá trình dẫn nở liên tục xảy ra trong các tầng, trong đó trạng thái cuối của tầng trước là trạng thái đầu của tầng tiếp theo. Quá trình chuyển động của dòng hơi kèm theo quá trình giảm áp suất, tăng thể tích riêng một cách liên tục, vì vậy để đảm bảo cho dòng hơi chuyển động được liên tục, thì các tiết diện của

rãnh ống phun và rãnh cánh động cho hơi đi qua cũng phải tăng liên tục, có nghĩa là phải tăng đường kính tầng và chiều cao cánh quạt một cách đều đặn.

Vì tuốc bin xung lực nhiều tầng hơi chỉ dẫn nở trong ống phun, không dẫn nở trong cánh động nên đường quá trình dẫn nở trong các tầng trên đồ thị  $i-s$  là đường gãy khúc, nhảy bậc.

### 7.1.2.2. Tuốc bin phản lực nhiều tầng

Ở tuốc bin phản lực nhiều tầng, tất cả các tầng áp lực đều được chế tạo theo kiểu tầng phản lực. Tuốc bin phản lực cũng có thể chế tạo với công suất lớn nhưng chỉ làm việc với thông số trung bình. Nhiệt giáng mỗi tầng được chọn nhỏ hơn ở tầng xung lực từ 1,8-2 lần, do đó với cùng công suất thì số tầng sẽ lớn hơn. Trong tuốc bin phản lực, tổn thất rò rỉ hơi qua khe hở giữa cánh động và thân tương đối lớn do đó làm giảm hiệu suất của các tầng này.



Hình 7.3. Sơ đồ cấu trúc của tuốc bin phản lực nhiều tầng

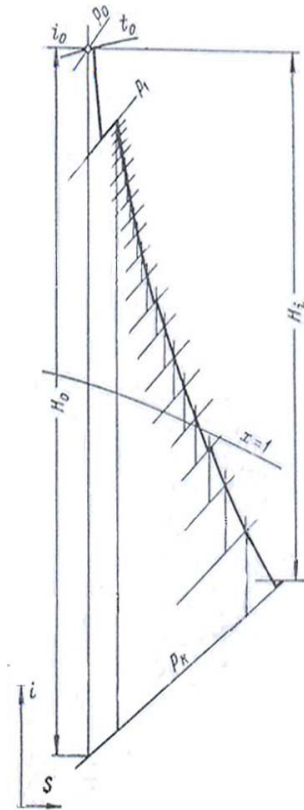
Do làm việc theo nguyên tắc phản lực nên chênh lệch áp suất ở trước và sau cánh động sẽ tạo ra lực dọc trục tương đối lớn. Để giảm lực dọc trục người ta chế tạo roto 2 theo kiểu tang trống (không có các bánh động và bánh tĩnh), mục đích là giảm được lực dọc trục tác động lên rôto, các cánh động được gắn trực tiếp trên rôto, các

ống phun được gắn trực tiếp lên thân tuốc bin. Ở phân cao áp, thể tích riêng của hơi từ tầng này qua tầng khác thay đổi chậm, do đó để đơn giản, người ta chế tạo thành từng cụm tầng có đường kính trung bình và chiều cao cánh quạt như nhau. Nhưng ở phân hạ áp, thể tích hơi tăng nhanh thì đường kính trung bình của cánh và chiều cao cánh phải được tăng liên tục.

Trên hình 7.3. biểu diễn sơ đồ cấu tạo, sự thay đổi áp suất thay đổi tốc độ dòng hơi và momen quay trong tuốc bin phản lực nhiều tầng.

Vì quá trình điều chỉnh lưu lượng hơi bằng ống phun có tổn thất bé, do đó người ta thường áp dụng phương pháp điều chỉnh hơi bằng ống phun trong tuốc bin phản lực nhiều tầng. Tầng điều chỉnh (tầng đầu tiên) của tuốc bin phản lực nhiều tầng được chế tạo theo kiểu xung lực có độ phản lực không quá 10%. Nếu nhiệt đáng tầng điều chỉnh nhỏ thì chế tạo tầng đơn, nếu nhiệt đáng lớn thì chế tạo tầng kép.

Quá trình dẫn nở của hơi trong tuốc bin phản lực nhiều tầng được biểu thị trên hình 7.4. ở đây quá trình dẫn nở của hơi xảy ra cả ở trong ống phun và cả trong cánh động, do đó đường biểu diễn là một đường cong liên tục tương đối đều đặn, không có nhảy bậc.



Hình 7.4. Quá trình dẫn nở của hơi trong tuốc bin phản lực nhiều tầng

### 7.1.3. Ưu, nhược điểm của tuốc bin nhiều tầng

#### 7.1.3.1. Ưu điểm:

Tuốc bin nhiều tầng có các ưu điểm sau đây:

- Có thể chế tạo với nhiệt đáng lớn nên công suất lớn.
- Do tuốc bin có nhiều tầng nên nhiệt đáng mỗi tầng không lớn lắm, nghĩa là tốc độ ra khỏi ống phun cũng không lớn lắm. Theo điều kiện sức bền, bánh động có thể chế tạo với tốc độ vòng  $u = 300 \text{ m/s}$  phù hợp với tỉ số  $u/c_1$  tối ưu. Vì thế với tốc độ quay vừa phải vẫn có thể đảm bảo cho trị số  $x_a = \frac{u}{C_a}$  ứng với hiệu suất của tầng là cực đại.

- Vì có nhiều tầng nên giữa các tầng dễ dàng bố trí các cửa trích hơi để gia nhiệt hâm nước cấp, nâng cao hiệu quả kinh tế của chu trình nhiệt của nhà máy.

- Sự giảm tốc độ dòng hơi và đường kính của tầng làm tăng chiều cao của ống phun và cánh động dẫn đến giảm tỉ lệ tổn thất trên các cánh, nâng cao hiệu suất của tầng lên.

- Tổn thất nhiệt của tầng trước làm tăng nhiệt độ tức là tăng entanpi hơi vào tầng tiếp theo, nghĩa là tổn thất của tầng trước có thể được sử dụng một phần vào tầng tiếp theo. Nhờ vậy tổng nhiệt đáng của tất cả các tầng sẽ lớn hơn nhiệt đáng của toàn tuốc bin.

- Nếu như phân truyền hơi có cấu trúc tốt thì động năng ra khỏi tầng trước có thể sử dụng một phần hay hoàn toàn vào tầng tiếp theo. Nhờ vậy năng lượng phân bố trên các tầng đều tăng lên.

### 7.1.3.2. Nhược điểm:

- Tuốc bin nhiều tầng có tổn thất rò rỉ hơi tương đối lớn: Do áp suất phần đầu tuốc bin lớn hơn áp suất khí quyển, nên hơi rò rỉ qua khe hở đầu trục phía trước từ trong tuốc bin ra ngoài không khí qua khe hở giữa trục và thân. Ngoài ra còn có rò rỉ giữa các tầng theo khe hở giữa trục và bánh tĩnh, giữa thân và đỉnh cánh động. Những thành phần hơi rò rỉ này đều không tham gia sinh công trên cánh động do đó làm giảm hiệu suất, công suất của tuốc bin. Lượng hơi rò rỉ tăng dần theo thời gian do đó lực dọc trục cũng tăng dần.

- Những tầng sau cùng của tuốc bin nhiều tầng sẽ làm việc trong vùng hơi ẩm do đó gây ra tổn thất bởi hơi ẩm, làm cho hiệu suất tuốc bin giảm.

- Tuốc bin nhiều tầng cấu tạo phức tạp.

### 7.1.4. Hệ số hoàn nhiệt của tuốc bin nhiều tầng

Như trên đã phân tích, tổn thất của tầng trước có thể được sử dụng một phần vào tầng tiếp theo, mức độ sử dụng lượng nhiệt đó vào tầng tiếp theo được gọi là hệ số hoàn nhiệt.

Để so sánh tuốc bin một tầng với tuốc bin nhiều tầng, ta xác định hệ số hoàn nhiệt bằng cách phân tích quá trình nhiệt theo 2 phương án: khi tuốc bin là một tầng và khi tuốc bin là nhiều tầng với cùng thông số đầu và cuối.

Quá trình nhiệt của tuốc bin được biểu diễn trên đồ thị T-s hình 7.5. Với áp suất đầu  $p_0$  và cuối  $p_1$ , nếu tuốc bin là một tầng và không có tổn thất thì quá trình giãn nở đẳng entropi của hơi trong tuốc bin được biểu diễn bằng đường 44'4''a. Nhiệt đáng lí tưởng của tuốc bin khi đó được biểu diễn trên đồ thị T-s tương đương với diện tích 12344'4''a1, bằng tổng nhiệt đáng lí tưởng của các tầng khi làm việc theo quá trình đẳng entropi.

$$H_0 = h_{01} + h_{02} + h_{03} + h_{04} \quad (7-1)$$

Giả sử tuốc bin gồm 4 tầng, quá trình giãn nở thực của hơi trong tuốc bin tiến hành theo đường 4567b. Nhiệt đáng lí tưởng của tầng thứ nhất bằng  $h_{01}$ , tương đương với diện tích 2'2 344'2'. Tổn thất nhiệt của tầng đã làm tăng nhiệt độ hơi ra khỏi tầng thứ nhất từ  $T_4$  đến  $T_5$ . Hơi đi vào tầng thứ hai ở trạng thái 5 có nhiệt độ  $T_5$ ,

nghĩa là tổn thất nhiệt ở tầng đầu đã làm tăng nhiệt độ hơi vào tầng thứ hai. Tổn thất nhiệt này của tầng đầu được sử dụng một phần  $q_2$  vào tầng thứ hai. Trên đồ thị hình 7.5, phần tổn thất nhiệt của tầng thứ nhất được sử dụng vào tầng thứ 2 là  $q_2$ , được biểu diễn bằng diện tích 4'55'4"4" và nhiệt giáng lý tường của tầng thứ hai bằng

$$h_{02}^* = h_{02} + q_2.$$

Tương tự như vậy, phần tổn thất nhiệt của tầng thứ hai được sử dụng vào tầng thứ ba là  $q_3$ , được biểu diễn bằng diện tích 4"66'4"4" và nhiệt giáng lý tường của tầng thứ ba bằng  $h_{03}^* = h_{03} + q_3$ .

Phần tổn thất nhiệt của tầng thứ ba được sử dụng vào tầng thứ tư là  $q_4$ , được biểu diễn bằng diện tích 4"6'77'a4" và nhiệt giáng lý tường của tầng thứ tư bằng  $h_{04}^* = h_{04} + q_4$ . Nhiệt đáng lý tường của các tầng lần lượt là:

$$h_{01}^* = h_{01} \quad (7-2)$$

$$h_{02}^* = h_{02} + q_2 \quad (7-3)$$

$$h_{03}^* = h_{03} + q_3 \quad (7-4)$$

$$h_{04}^* = h_{04} + q_4 \quad (7-5)$$

Tổng nhiệt đáng lý tường của các tầng bằng:

$$\sum h_{0i}^* = h_{01} + h_{02} + q_2 + h_{03} + q_3 + h_{04} + q_4$$

$$\sum h_{0i}^* = H_0 + Q \quad (7-6)$$

và được biểu diễn bằng diện tích 12344'55'66'77'1, trong đó:

$Q = q_2 + q_3 + q_4$  là tổn thất nhiệt của các tầng trước được sử dụng vào các tầng tiếp theo.

$H_0$  là nhiệt giáng lý tường của tước bin khi làm việc theo quá trình đẳng entropy 44'a, được tính theo (7-1).

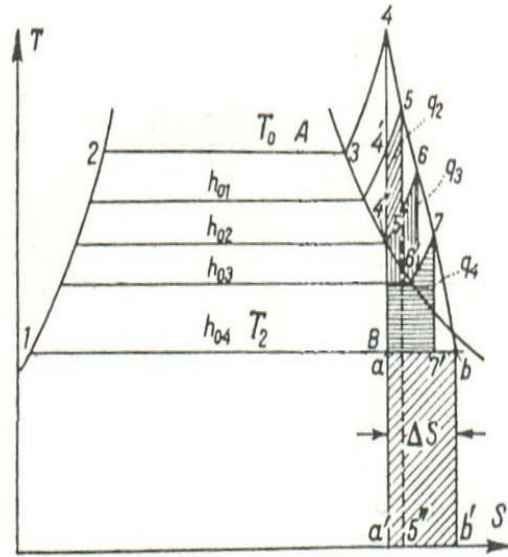
Như vậy khi có cùng thông số đầu và cuối thì nhiệt đáng lý tường của tước bin nhiều tầng sẽ lớn hơn nhiệt đáng lý tường của tước bin một tầng một lượng là  $Q$ , đây chính là một phần tổn thất nhiệt của các tầng trước được sử dụng lại vào các tầng tiếp theo.

Nhiệt đáng thực tế của mỗi tầng là:

$$h_i = h_0^* \eta_{td}^i \quad (7-7)$$

Nhiệt đáng thực tế của tước bin nhiều tầng bằng tổng nhiệt đáng thực tế của các tầng:

$$H_i = \sum h_i = \sum h_0^* \eta_{td}^i = \sum (h_0 + q) \eta_{td}^i \quad (7-8)$$



Hình 7.5. Quá trình nhiệt của tước bin nhiều tầng

Nếu ta coi hiệu suất của tất cả các tầng tuốc bin đều bằng nhau thì:

$$H_i = \eta_{td}^t \sum(h_0 + q) = \eta_{td}^t (H_0 + Q) \quad (7-9)$$

Mặt khác hiệu suất trong tương đối của toàn tuốc bin có thể viết được:

$$\eta_{td}^{TB} = \frac{H_i}{H_0} \quad (7-10)$$

Trong đó: Q là tổn thất nhiệt các tầng trước được sử dụng vào các tầng sau,

$H_0$  là nhiệt đáng lý tưởng toàn tuốc bin,

$\eta_{td}^{TB}$  là hiệu suất trong tương đối của tuốc bin nhiều tầng,

$\eta_{td}^t$  là hiệu suất trong tương đối của một tầng tuốc bin,

Thay (7-9) vào (7-10) ta có hiệu suất của tuốc bin nhiều tầng là:

$$\eta_{td}^{TB} = \frac{H_i}{H_0} = \frac{\eta_{td}^t (H_0 + Q)}{H_0} \quad (7-11)$$

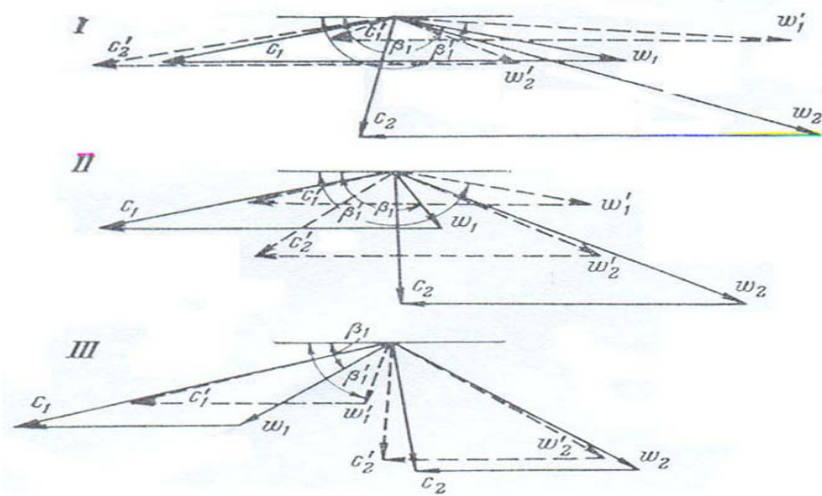
$$\eta_{td}^{TB} = \eta_{td}^t \left(1 + \frac{Q}{H_0}\right) = \eta_{td}^t (1 + \alpha) \quad (7-12)$$

Ở đây:  $\alpha$  được gọi là hệ số hoàn nhiệt

$$\alpha = \frac{Q}{H_0} \quad (7-13)$$

Hệ số hoàn nhiệt  $\alpha$  là hệ số biểu thị mức độ sử dụng tổn thất nhiệt của tầng trước vào các tầng tiếp theo. Tuốc bin càng nhiều tầng thì hệ số hoàn nhiệt càng lớn. Vì  $\alpha > 0$ , do đó  $\eta_{td}^{TB} > \eta_{td}^t$ , nghĩa là hiệu suất của tuốc bin nhiều tầng luôn luôn lớn hơn hiệu suất của tuốc bin một tầng.

### 7.1.5. Ảnh hưởng của độ ẩm đến sự làm việc của tuốc bin



Hình 7.6. Ảnh hưởng của các giọt ẩm ở các tầng cuối.

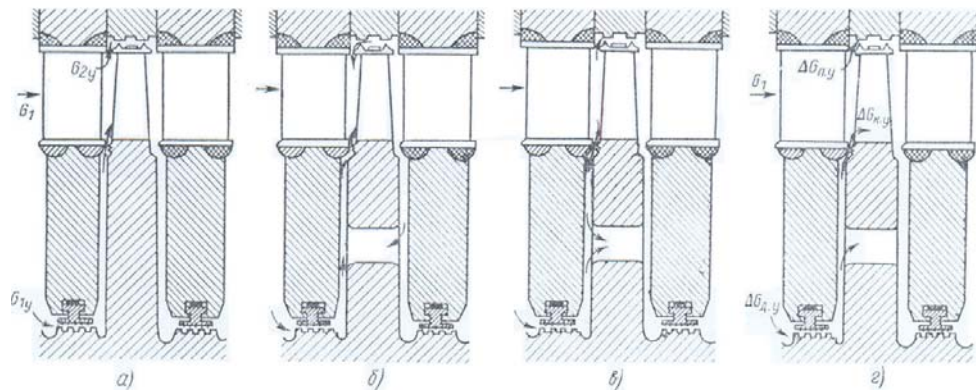


Quá trình giãn nở của hơi trong tuốc bin nhiều tầng là quá trình giảm áp suất và nhiệt độ hơi. Càng về cuối tuốc bin, áp suất và nhiệt độ hơi càng giảm còn thể tích riêng và độ ẩm càng tăng, do đó số lượng và kích thước các giọt ẩm trong hơi càng lớn. Từ tam giác tốc độ trên hình 7.6 ta thấy, khi ra khỏi ống phun, tốc độ các giọt ẩm  $C'_1$  sẽ nhỏ hơn tốc độ dòng hơi  $C_1$ .

Vì tốc độ vòng  $u$  của chúng như nhau, do đó các giọt ẩm đi vào rãnh cánh động với tốc độ  $w'_1$  nhỏ hơn tốc độ của hơi  $w_1$ , dưới một góc  $\beta'_1$  lớn hơn  $\beta_1$  đập vào lưng cánh động, gây nên lực cản trở chuyển động quay của roto tuốc bin. Do vậy sự có mặt của các giọt ẩm, một mặt làm giảm hiệu suất của tuốc bin, mặt khác đập vào bề mặt cánh động, làm rỗ các bề mặt cánh. Khi roto quay, dưới tác dụng của lực ly tâm các giọt ẩm tập trung ở phần đỉnh cánh nhiều hơn, do đó bề mặt phần đỉnh cánh bị rỗ nhiều hơn phần gốc cánh. Trong vận hành bình thường cho phép duy trì độ ẩm hơi ở tầng cuối trong khoảng 8 đến 12%. Nếu nhiệt độ hơi mới giảm thì độ ẩm có thể tăng lên và đạt trị số đáng kể, khi đó có thể làm giảm hiệu suất của tầng sau cùng đến 0.

### 7.1.6. Sự rò rỉ hơi

Khi khảo sát chuyển động của dòng hơi trong tầng tuốc bin, ta giả thiết toàn bộ lượng hơi đi qua tầng đều đi hết qua rãnh ống phun và rãnh cánh động, nhiệt năng của lượng hơi đó đã biến thành động năng và cơ năng trong tuốc bin. Thực tế không phải như vậy, khi chuyển động trong phần truyền hơi của tuốc bin, luôn có một lượng hơi không đi qua rãnh ống phun mà đi qua khe hở giữa bánh tĩnh và trục tuốc bin. Lượng hơi này sẽ không tham gia quá trình biến nhiệt năng thành động năng.



Hình 7-7. rò rỉ hơi trong tuốc bin

Mặt khác có một lượng hơi không đi qua rãnh cánh động mà đi qua lỗ cân bằng trên bánh động và qua khe hở giữa thân tuốc bin và đỉnh cánh. Ngoài ra, do áp suất hơi phía đầu của tuốc bin lớn hơn áp suất khí quyển nên sẽ có một lượng hơi chảy từ trong tuốc bin ra ngoài khí quyển qua lỗ xuyên trục ở phía đầu tuốc bin. Toàn bộ lượng hơi này sẽ không tham gia quá trình biến động năng thành cơ năng, tức là

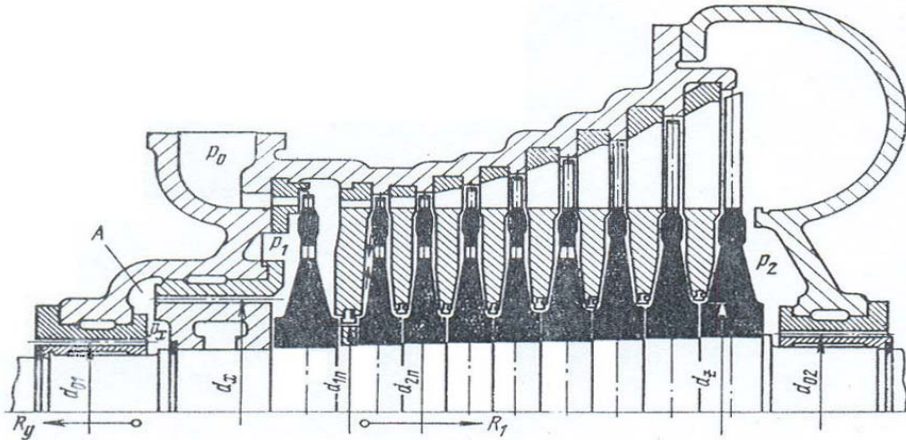
không sinh công trên cánh động, được gọi là lượng hơi rò rỉ và tổn thất này gọi là tổn thất rò rỉ hơi. Tổn thất rò rỉ hơi được biểu diễn trên hình 7.7.

## 7.2. CÂN BẰNG LỰC DỌC TRỰC TRONG TUỐC BIN NHIỀU TẦNG

Như đã phân tích ở mục 6.3.1, lực của dòng hơi tác dụng lên các dãy cánh có thể phân ra hai thành phần: thành phần  $R_u$  và thành phần  $R_a$ . Thành phần  $R_u$  theo hướng vuông góc với trục tuốc bin, sinh công có ích trên cánh động, tạo momen quay làm quay roto và kéo máy phát quay. Thành phần dọc trục  $R_a$  (theo hướng chuyển động của dòng hơi) không tạo nên momen quay mà tạo nên lực đẩy roto dịch chuyển theo hướng dòng hơi, có thể làm cho roto và stato tuốc bin cọ xát vào nhau gây nguy hiểm cho tuốc bin.

Lực dọc trục  $R_a$  có thể tăng lên trong quá trình vận hành do các nguyên nhân sau:

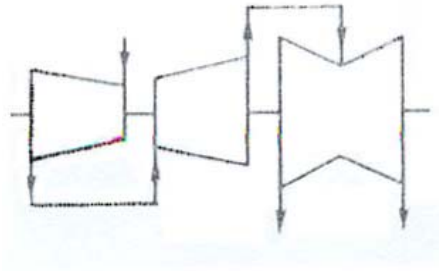
- Do chèn bánh tĩnh mòn nên lưu lượng hơi rò rỉ qua đó tăng, làm tăng áp suất hơi trước cánh động.
- Do muối bám vào cánh động làm giảm tiết diện hơi đi qua, làm giảm lưu lượng hơi qua rãnh cánh động, dẫn đến tăng áp suất trước cánh động, làm tăng độ phản lực của tầng.



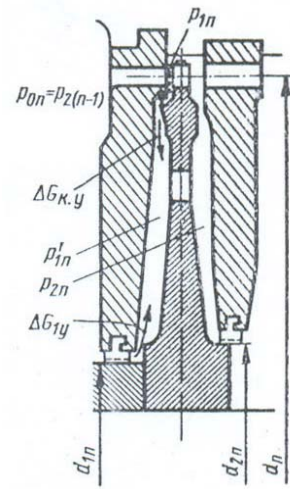
Hình 7.8. Lực tác dụng trong tuốc bin

Để giảm tác dụng của lực dọc trục lên các palê chắn, cần phải tìm phương pháp cân bằng lực dọc trục bằng cách tạo nên lực có chiều ngược với chiều lực dọc trục hoặc giảm sự chênh lệch áp suất trước và sau cánh động theo các hướng sau đây.

- \* Tăng đường kính của vòng chèn đầu trước của trục (hình 7.8)
- \* Dùng các đĩa giảm tải gắn phía trước tầng điều chỉnh (hình 7.8)
- \* Đối với tuốc bin công suất lớn, người ta chế tạo tuốc bin nhiều thân và đặt các thân ngược chiều nhau (hình 7.9)
- \* Tạo các lỗ cân bằng áp lực trên các bánh động để giảm bớt chênh lệch áp suất trước và sau bánh động (hình 7.10).



Hình 7.9. Thân tuốc bin đặt ngược chiều



Hình 7.10. Lỗ cân bằng

### 7.3. CÁC LOẠI TUỐC BIN HƠI NƯỚC

Sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng đạt được hiệu suất cao hơn rất nhiều so với sản xuất riêng lẻ nhiệt và điện. Muốn đảm bảo việc sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng thì phải dùng các tuốc bin vừa đảm bảo được 2 chức năng đó, nhà máy như vậy gọi là trung tâm nhiệt điện. ở trung tâm nhiệt điện thường có 2 loại hệ dùng nhiệt:

- Hệ công nghiệp dùng hơi có áp suất:  $P_n = 10-15$  at
- Hệ sinh hoạt dùng nước nóng có nhiệt độ khoảng từ  $105^{\circ}\text{C}$  đến  $125^{\circ}\text{C}$ , hoặc hơi có áp suất tương ứng:  $P_{sh} = 2-3$  at.

#### 7.3.1. Tuốc bin ngưng hơi thuần túy

Tuốc bin ngưng hơi thuần túy là tuốc bin trong đó hơi sau khi ra khỏi tuốc bin, đi vào bình ngưng nhả nhiệt cho nước làm mát để ngưng tụ thành nước và được bơm nước ngưng bơm trở về lò. Sơ đồ nguyên lý của tuốc bin ngưng hơi thuần túy được biểu diễn trên hình 7.11. Áp suất hơi ra khỏi tuốc bin  $p_k$  nhỏ hơn áp suất khí quyển, thường  $p_k$  vào khoảng 0,004-0,04 tùy thuộc vào nhiệt độ môi trường của từng vùng. Tuốc bin ngưng hơi thuần túy chỉ sản xuất được điện năng, lượng điện nó sản xuất ra là:

$$N_d = G \cdot (i_0 - i_k) \cdot \eta_{id}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-13)$$

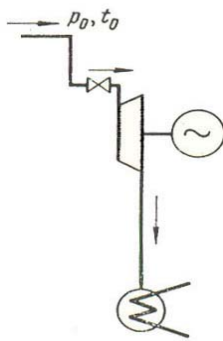
Trong đó :  $G$  là lưu lượng hơi vào tuốc bin,

$i_0, i_k$  là entanpi của hơi vào và ra khỏi tuốc bin ứng với áp suất  $p_0$  và  $p_k$

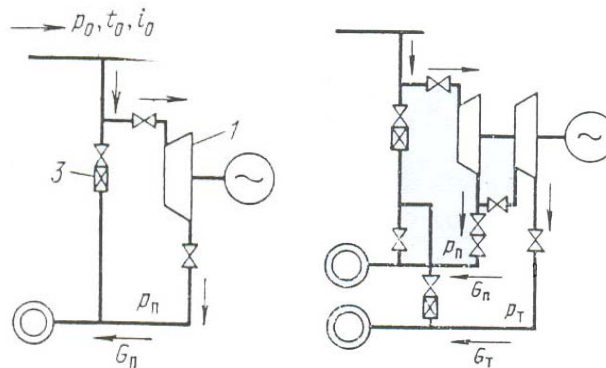
$\eta_{id}^T$  là hiệu suất tuốc bin,

$\eta_{co}$  là hiệu suất cơ khí,

$\eta_{mp}$  là hiệu suất máy phát,



Hình 7.11. tuốc bin ngưng hơi thuần túy



Hình 7.12. tuốc bin đối áp

### 7.3.2. Tước bin đối áp

Tước bin đối áp là tước bin vừa sản xuất nhiệt năng vừa sản xuất điện năng. Tước bin đối áp không có bình ngưng đi kèm, sau khi ra khỏi tước bin hơi sẽ được dẫn đến hệ tiêu thụ nhiệt để cấp nhiệt. Sơ đồ nguyên lý của tước bin đối áp được biểu diễn trên hình 7.12. áp suất hơi ra khỏi tước bin  $p_n$  bằng áp suất của hệ tiêu thụ nhiệt,  $p_n$  được gọi là áp suất đối áp, thường lớn hơn áp suất khí quyển.

Ở tước bin đối áp, hơi đi vào tước bin dẫn nở từ áp suất  $p_0$  đến áp suất  $p_n$ , sinh công trong tước bin để kéo máy phát sản xuất điện năng. Lượng điện máy phát sản xuất ra là:

$$N_d = G \cdot (i_0 - i_n) \cdot \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-14)$$

Ở đây:

$i_0$  và  $i_n$  là entanpi của hơi vào và ra khỏi tước bin ứng với áp suất  $p_0$  và  $p_n$

Hơi có áp suất  $p_n$  đến hệ tiêu thụ nhiệt cấp cho hệ tiêu thụ nhiệt một lượng nhiệt là:

$$Q_n = G \cdot (i_n - i'_n) \cdot \eta_{tdn} \quad (7-15)$$

Ở đây:

$i'_n$  là entanpi của nước ra khỏi hệ tiêu thụ nhiệt ứng với áp suất  $p_n$ ,

$\eta_{tdn}$  là hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt,

Từ (7-14) ta thấy ở tước bin đối áp, công suất điện tước bin sản xuất ra phụ thuộc vào lượng hơi  $G$  đi qua tước bin tức là lượng hơi mà hệ tiêu thụ nhiệt yêu cầu, nói cách khác lượng điện sản xuất ra phụ thuộc lượng nhiệt hệ tiêu thụ yêu cầu.

Như vậy muốn đảm bảo đồng thời được yêu cầu của cả phụ tải điện và nhiệt thì phải bổ sung thêm một tước bin ngưng hơi để đảm bảo cung cấp điện khi hệ tiêu thụ nhiệt tạm ngừng dùng hơi (lượng hơi qua tước bin đối áp bằng không). Bên cạnh đó phải có thiết bị giảm ôn giảm áp để đảm bảo lượng nhiệt cho hệ tiêu thụ khi tước bin đối áp không làm việc. Tuy nhiên trong trung tâm nhiệt điện độc lập (không nối với mạng điện quốc gia hay khu vực), tước bin đối áp cũng không thông dụng vì trong một nhà máy có hai loại tước bin thì sơ đồ thiết bị sẽ phức tạp, khó vận hành.

### 7.3.3. Tước bin ngưng hơi có cửa trích điều chỉnh

#### 7.3.3.1. Tước bin ngưng hơi có một cửa trích điều chỉnh

Khi dùng tước bin ngưng hơi có 1 cửa trích điều chỉnh, lưu lượng hơi trích có thể điều chỉnh được. Loại tước bin này đã khắc phục được nhược điểm của tước bin đối áp, phụ tải điện và nhiệt không phụ thuộc vào nhau. Sơ đồ nguyên lý của tước bin ngưng hơi có một cửa trích điều chỉnh được biểu diễn trên hình 7.15.

Ở tước bin ngưng hơi có 1 cửa trích điều chỉnh, hơi quá nhiệt có thông số  $p_0$ ,  $v_0$ , lưu lượng  $G_1$  đi vào phân cao áp 1 giãn nở và sinh công ở trong đó đến áp suất  $p_n$ , sản xuất ra một lượng điện tương ứng là  $N_{d1}$ . Hơi ra khỏi phân cao áp có áp suất  $p_n$  được trích cho hệ dùng nhiệt một lượng là  $G_n$  (đi tới hệ dùng nhiệt), lượng hơi còn lại  $G_2$  tiếp tục đi vào phân hạ áp, giãn nở sinh công trong phân hạ áp đến áp suất  $p_k$ , sinh ra trong phân hạ áp một lượng điện  $N_{d2}$ , sau đó đi vào bình ngưng 3.

Trục của phần cao áp và hạ áp nối chung với trục máy phát điện, do đó điện năng sản xuất ra bao gồm điện năng phần cao áp và hạ áp sản xuất ra:

$$N_d = N_{d1} + N_{d2} \quad (7-16)$$

Lượng điện năng do phần cao áp sản xuất ra:

$$N_{d1} = G_1(i_0 - i_n) \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-17)$$

Lượng điện năng do phần hạ áp sản xuất ra:

$$N_{d2} = G_2 \cdot (i_n - i_k) \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-18)$$

Hay:

$$N_{d2} = (G_1 - G_n) (i_n - i_k) \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-19)$$

và cung cấp cho hệ dùng nhiệt một lượng nhiệt là:

$$Q_n = G_n \cdot (i_n - i'_n) \cdot \eta_{tdn} \quad (7-20)$$

trong đó:

$G_1$  là lưu lượng hơi đi vào phần cao áp,

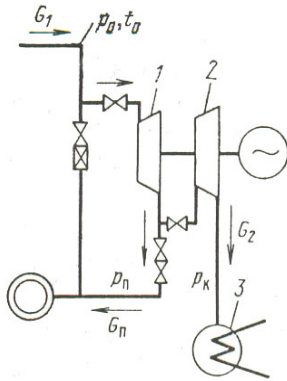
$G_2$  là lưu lượng hơi đi vào phần hạ áp,

$i_0$  là entanpi của hơi vào tuabin ứng với áp suất  $p_0$ ,

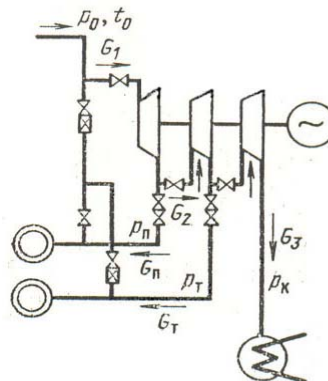
$i_n$  là entanpi của hơi ra khỏi phần cao áp ứng với áp suất  $p_n$ ,

$i_k$  là entanpi của hơi ra khỏi tuabin ứng với áp suất  $p_k$ ,

Loại tuốc bin hơi này có thể dùng chạy phụ tải ngọn và điện sản xuất ra được nối lên mạng lưới của vùng hoặc quốc gia.

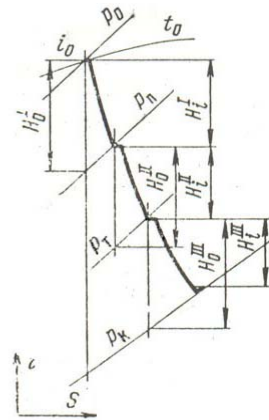


Hình 7.13. tuốc bin ngưng hơi có một cửa trích



Hình 7.14. tuốc bin ngưng hơi có hai cửa trích

1-phần cao áp của tuốc bin; 2-phần hạ áp của tuốc bin;  
3-Bình ngưng; 4-hệ tiêu thụ nhiệt; 5-Máy phát điện.



### 7.3.3.2. Tước bin ngưng hơi có hai cửa trích điều chỉnh

Sơ đồ nguyên lý của tước bin ngưng hơi có hai cửa trích điều chỉnh được biểu diễn trên hình 7.14. tước bin có ba phần: phần cao áp, phần trung áp và phần hạ áp, tước bin cung cấp nhiệt cho 2 loại hệ tiêu thụ: hệ công nghiệp và hệ số sinh hoạt.

Nguyên lý làm việc của tước bin ngưng hơi có hai cửa trích điều chỉnh như sau:

Hơi quá nhiệt có thông số  $p_0, v_0$ , lưu lượng  $G_1$  đi vào phần cao áp dẫn nở và sinh công ở trong đó đến áp suất  $p_n$ , sản xuất ra một lượng điện  $N_{d1}$ . Hơi ra khỏi phần cao áp có áp suất  $p_n$  được trích cho hệ dùng nhiệt công nghiệp một lượng là  $G_n$  (đi tới hệ dùng nhiệt), phần còn lại  $G_2$  tiếp tục đi vào phần trung áp của tước bin dẫn nở sinh công ở trong đó đến áp suất  $p_T$ , sản xuất ra một lượng điện  $N_{d2}$ . khi đi ra khỏi phần trung áp hơi được tách làm hai phần, phần  $G_T$  cung cấp cho hệ dùng nhiệt sinh hoạt, còn phần  $G_3$  tiếp tục đi vào phần hạ áp của tước bin, giãn nở sinh công ở trong đó đến áp suất  $p_k$ , sản xuất ra một lượng điện  $N_3$  và đi vào bình ngưng 3 ngưng tụ lại thành nước.

Tổng điện năng sản xuất ra trong cả ba phần cao áp, trung áp và hạ áp là:

$$N_d = N_{d1} + N_{d2} + N_{d3} \quad (7-21)$$

Trong đó:

Lượng điện năng do phần cao áp sản xuất ra:

$$N_{d1} = G_1(i_0 - i_n) \cdot \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-22)$$

Lượng điện năng do phần trung áp sản xuất ra:

$$N_{d2} = G_2(i_n - i_T) \cdot \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-23)$$

Lượng điện năng do phần hạ áp sản xuất ra:

$$N_{d3} = G_3(i_T - i_k) \cdot \eta_{td}^T \cdot \eta_{co} \cdot \eta_{mp} \quad (7-24)$$

Nhiệt năng tước bin cung cấp cho hệ dùng nhiệt là:

$$Q = Q_n + Q_T \quad (7-25)$$

trong đó cho hệ dùng nhiệt công nghiệp là:

$$Q_n = G_n \cdot (i_n - i'_n) \cdot \eta_{tdn} \quad (7-26)$$

cho hệ dùng nhiệt sinh hoạt là:

$$Q_T = G_T \cdot (i_T - i'_T) \cdot \eta_{tdn} \quad (7-27)$$

Ở tước bin có 1 hay 2 cửa trích điều chỉnh, áp suất hơi cửa trích  $P_n, P_T$  được thiết kế theo yêu cầu của loại hệ tiêu thụ hơi và lưu lượng hơi qua các cửa trích này có thể điều chỉnh được theo yêu cầu của hệ dùng nhiệt.

### 7.4. Tước bin đối áp có một cửa trích điều chỉnh

Tước bin đối áp có một cửa trích điều chỉnh có chức năng giống như tước bin ngưng hơi có hai cửa trích điều chỉnh.

## CHƯƠNG 8. CẤU TRÚC, THIẾT BỊ PHỤ VÀ ĐIỀU CHỈNH TUỐC BIN

### 8.1. CẤU TRÚC TUỐC BIN

#### 8.1.1. Thân tuốc bin

Để thuận tiện khi chế tạo và lắp ráp, thân tuốc bin dọc trục được chế tạo một mặt bích ngang và một hoặc hai mặt bích dọc. Thân có thể chế tạo bằng gang đúc, thép đúc hoặc thép hàn.

Thân bằng gang đúc thường dùng cho các tuốc bin làm việc ở nhiệt độ tới  $350^{\circ}\text{C}$ .

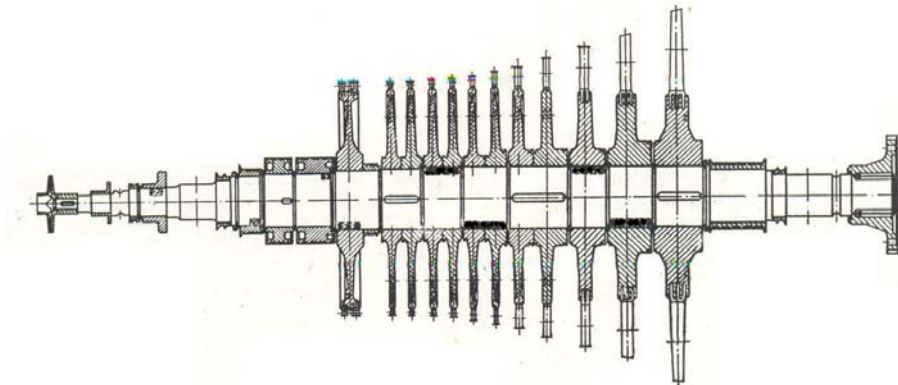
Khi nhiệt độ làm việc tới  $450^{\circ}\text{C}$  thì thân tuốc bin phải làm bằng thép cacbon.

Khi nhiệt độ làm việc cao hơn  $450^{\circ}\text{C}$  thì thân tuốc bin phải làm bằng thép hợp kim.

Đặc biệt khi nhiệt độ làm việc cao hơn  $550^{\circ}\text{C}$  thì thân tuốc bin phải làm hai lớp, gọi là thân kép. Giữa hai lớp của thân chứa hơi có thông số trung bình trích từ một tầng trung gian nào đó, vì vậy bề dày của thân sẽ nhỏ hơn nhiều so với thân đơn (1 lớp), đồng thời lớp ngoài làm việc ở điều kiện nhẹ nhàng hơn nên có thể chế tạo bằng thép cacbon.

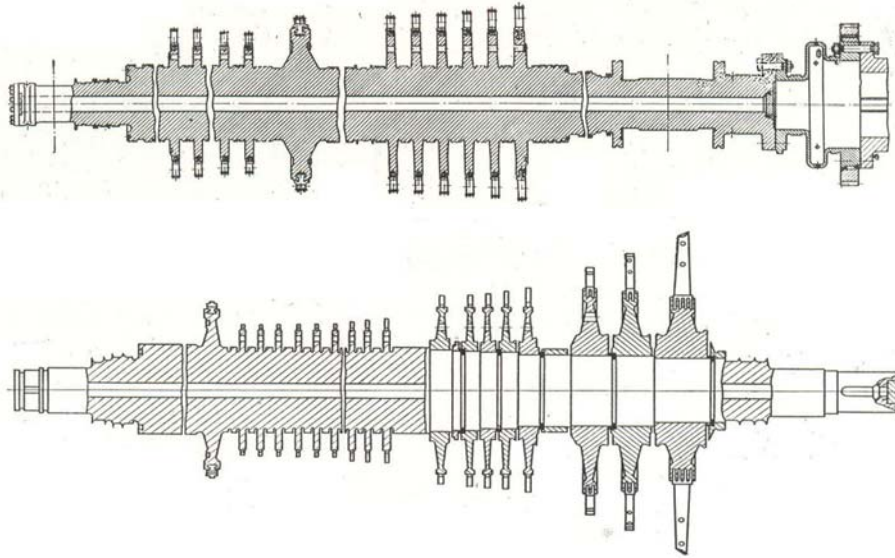
#### 8.1.2. Rôto tuốc bin

Roto của tuốc bin xung lực là trục có gắn các bánh động được biểu diễn trên Hình 8.1. Khi roto làm việc trong vùng hơi có nhiệt độ nhỏ hơn  $400^{\circ}\text{C}$  thì bánh động được rèn riêng từng bánh và được lắp chặt trên trục Hình 8.2.



Hình 8.1. Roto tuốc bin xung lực có bánh động lắp chặt trên trục

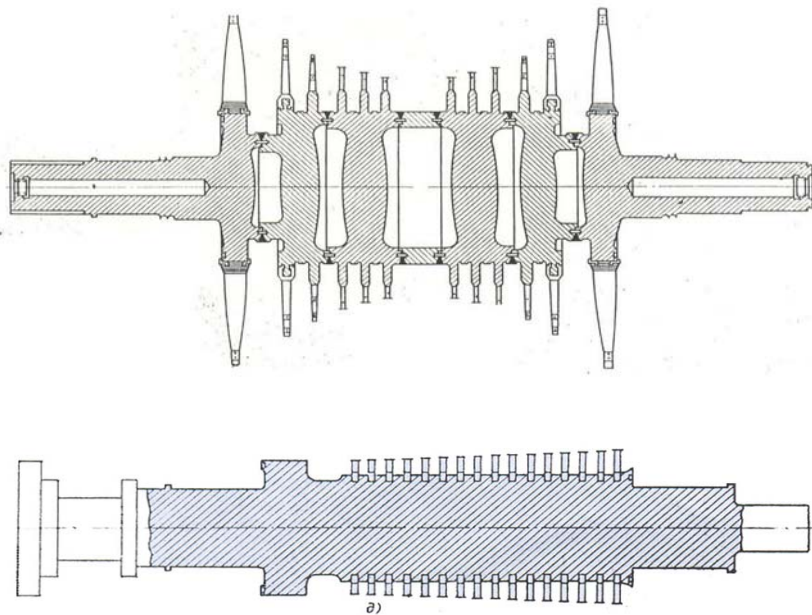




*Hình 8.2. Rôto tước bin xung lực có trục và bánh động được rèn liền*

Khi rôto làm việc trong vùng hơi có nhiệt độ lớn hơn  $400^{\circ}\text{C}$  thì trục và bánh động được rèn liền, được biểu diễn trên Hình 8.3.

Ở tước bin phản lực, rôto có dạng thùng (tang trống). Hiện nay rôto kiểu tang trống thường được chế tạo gồm những vành riêng biệt hàn lại với nhau, phân đầu và cuối của rôto được rèn liền với trục. Ở tước bin này, tầng điều chỉnh vẫn được chế tạo kiểu tầng kép xung lực có bánh động lắp chặt trên trục như biểu diễn trên Hình 8.3.



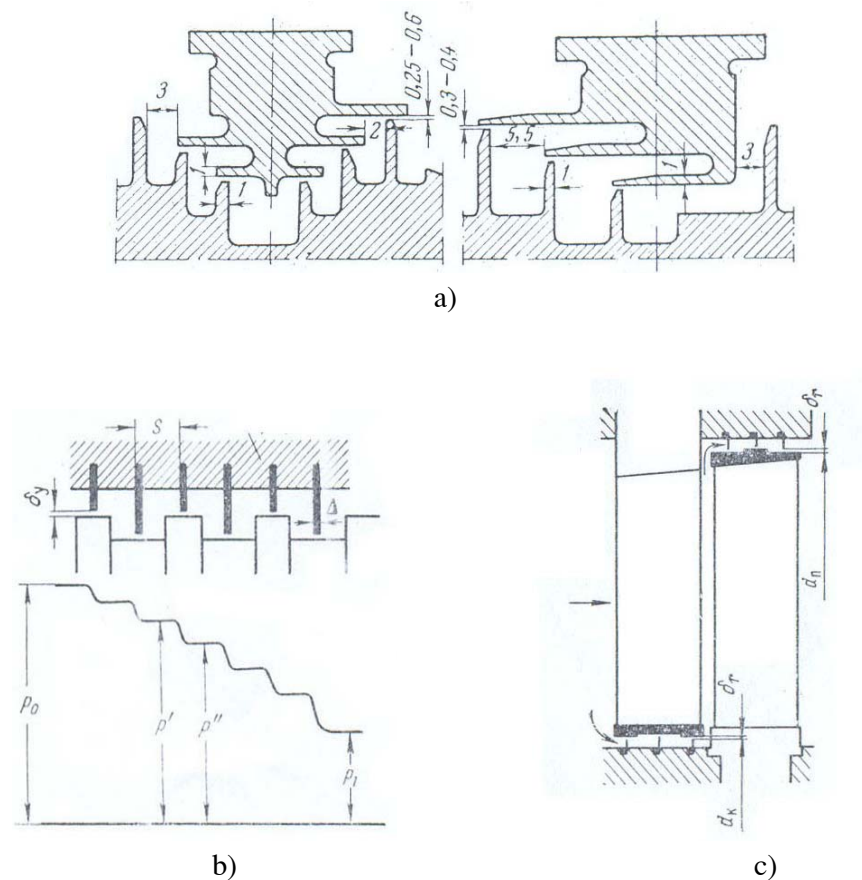
*Hình 8.3. Rôto tước bin phản lực*

Roto tuốc bin có độ dài đáng kể giữa hai ổ đỡ, do đó nó là một hệ thống đàn hồi có tần số dao động riêng xác định. Để đảm bảo cho roto làm việc ổn định và an toàn thì số vòng quay định mức của roto không được trùng với số vòng quay tới hạn, tức là tần số dao động ngang của roto không được trùng với tần số làm việc của máy phát điện (tần số dòng điện).

Phần lớn các nhà chế tạo lấy số vòng quay định mức lớn hơn hoặc bé hơn 30-40% số vòng quay tới hạn. Những trục có số vòng quay định mức nhỏ hơn số vòng quay tới hạn thì gọi là trục cứng, những trục có số vòng quay định mức lớn hơn số vòng quay tới hạn thì gọi là trục mềm. Để đảm bảo an toàn khi khởi động tuốc bin có trục mềm, cần phải vượt qua thật nhanh vùng có số vòng quay tới hạn.

### 8.1.3. Bộ chèn tuốc bin

Khi chuyển động trong phần truyền hơi của tuốc bin, luôn có một lượng hơi không đi qua rãnh ống phun mà đi qua khe hở giữa bánh tĩnh và trục tuốc bin.



Hình 8.4. Bộ chèn tuốc bin  
a- Chèn cây thông; b- chèn răng lược; c- chèn đỉnh cánh

Mặt khác có một lượng hơi không đi qua rãnh cánh động mà đi qua lỗ cân bằng trên bánh động và qua khe hở giữa thân tuốc bin và đỉnh cánh. Ngoài ra, do áp suất hơi phía đầu của tuốc bin lớn hơn áp suất khí quyển nên sẽ có một lượng hơi chảy từ trong tuốc bin ra ngoài khí quyển qua lỗ xuyên trục ở phía đầu tuốc bin. Lượng hơi này sẽ không tham gia quá trình biến nhiệt năng thành động năng và được gọi là lượng hơi rò rỉ.

Ngoài sự rò rỉ hơi nêu trên, vì áp suất hơi phần cuối của tuốc bin nhỏ hơn áp suất khí quyển nên sẽ có một phần không khí lọt vào khoang hơi ở cuối tuốc bin theo khe hở giữa trục và thân.

Để giảm bớt lượng hơi rò rỉ từ tầng này qua tầng khác, rò rỉ từ tuốc bin ra ngoài hoặc không khí lọt từ ngoài vào trong tuốc bin người ta đặt bộ chèn. Bộ chèn được chỉ ra trên Hình 8.4, được đặt vào khe hở cân chèn sẽ làm tăng trở lực của khe do đó giảm được lượng hơi rò rỉ qua đó.

Có 2 loại bộ chèn: chèn răng lược và chèn cây thông, hiện nay dùng phổ biến nhất là chèn răng lược.

Bộ chèn răng lược gồm một số răng lược gắn vào thân tạo nên những khe hở hẹp và những buồng dẫn nở hơi giữa răng chèn và roto (trục). Khi hơi đi qua khe hẹp, áp suất giảm và tốc độ tăng, khi vào buồng dẫn nở động năng dòng hơi bị mất hoàn toàn do tạo nên chuyển động xoáy và biến thành nhiệt năng. Hơi tiếp tục đi qua khe hở tiếp theo, một lần nữa lại tăng tốc độ rồi lại bị mất động năng trong buồng dẫn nở tiếp theo đó, quá trình cứ lặp lại liên tiếp do đó lượng hơi qua khe hở chèn giảm xuống. Số răng chèn càng lớn thì lượng hơi rò rỉ qua bộ chèn càng nhỏ.

## 8.2. THIẾT BỊ PHỤ

### 8.2.1. Bình ngưng

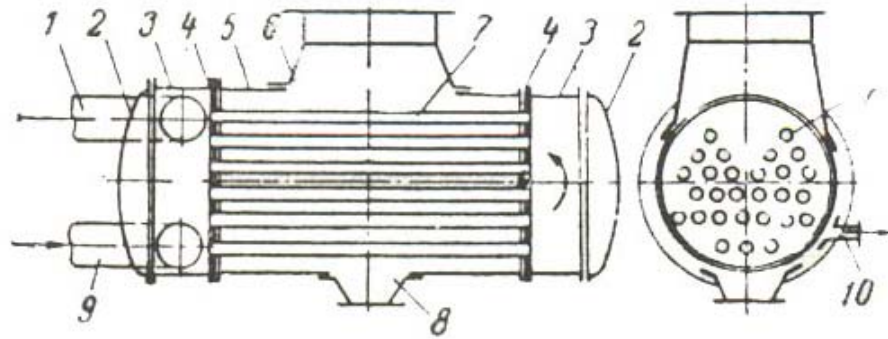
Ta biết rằng công suất tuốc bin tăng lên khi tăng thông số đầu hoặc giảm thông số cuối của hơi. Nhiệt độ của hơi ra khỏi tuốc bin bị hạn chế bởi nhiệt độ nước làm mát nó (nước tuần hoàn) và thường cao hơn nhiệt độ của nước làm mát từ 8 đến 10°C. Nước làm mát lấy từ ao, hồ, sông, suối, có nhiệt độ khoảng 20-25°C tùy thuộc vào mùa và điều kiện địa lý của nhà máy, nghĩa là hơi bão hòa khi ra khỏi tuốc bin chỉ có thể ngưng tụ ở nhiệt độ khoảng từ 30-35°C, tương ứng với áp suất cuối tuốc bin từ 0,03-0,04 bar. Để đảm bảo được trạng thái này, người ta nối ống thoát hơi của tuốc bin với bình ngưng, độ chân không trong bình ngưng được tạo nên nhờ hơi ngưng tụ thành nước và nhờ các thiết bị đặc biệt như ejectơ hoặc bơm chân không. Các thiết bị này sẽ liên tục hút không khí ra khỏi bình ngưng.

Trong nhà máy điện, để đảm bảo chất lượng nước ngưng người ta chỉ áp dụng bình ngưng kiểu bề mặt.

Sơ đồ cấu tạo bình ngưng bề mặt được biểu diễn trên Hình 8.8. 1-ống nước ra; 2-nắp; 3, 5-thân; 4-Mặt sàng; 6-cổ bình ngưng; 7-ống đồng; 8-Bồn chứa nước ngưng; 8-ống nước vào làm mát.

Hơi đi trên xuống bao bọc xung quanh bề mặt ngoài ống đồng, nhả nhiệt cho nước làm mát đi trong ống đồng và ngưng tụ thành nước. Nước chuyển động từ phía dưới lên trên ngược chiều dòng hơi. Bình ngưng có sơ đồ chuyển động của nước làm mát thành 2 chặng như vậy thì được gọi là bình ngưng 2 chặng. Tương tự như thế có

thể có bình ngưng 3 chạng, 4 chạng. Sau khi nhả nhiệt cho nước làm mát, hơi được ngưng tụ lại rơi chảy xuống bình chứa ở dưới đáy bình ngưng và từ đó được bơm đi bằng bơm nước ngưng, còn nước làm mát đi trong hệ thống ống đồng gọi là nước tuần hoàn được lấy từ sông, hồ và được cung cấp bởi bơm tuần hoàn.



Hình 8.8. Bình ngưng kiểu bề mặt

Bình ngưng phải đảm bảo thật kín, nếu không kín, không khí bên ngoài lọt vào sẽ làm giảm độ chân không, nghĩa là làm tăng áp suất cuối tước bin và có thể làm giảm một cách đột ngột khả năng truyền nhiệt trên các bề mặt ống làm mát, làm giảm công suất tước bin. Mặt khác các ống đồng trong bình ngưng cũng phải thật kín để tránh sự rò rỉ của nước tuần hoàn vào nước ngưng, làm giảm chất lượng nước ngưng. Để bảo đảm độ chân không sâu, người ta tìm cách giảm trở lực của bình ngưng đối với hơi và tổ chức việc rút không khí ra khỏi bình ngưng một cách liên tục.

Nhiệt lượng hơi nhả ra khi ngưng tụ thành nước trong bình ngưng:

$$Q_{bn} = G_h(i''_{bn} - i'_{bn}), \text{ (KW)} \quad (8-1)$$

Nếu coi hiệu suất bình ngưng bằng 1 thì nhiệt lượng đó chính bằng nhiệt lượng nước tuần hoàn nhận được:

$$Q_{bn} = G_n C_n (t''_{th} - t'_{th}), \text{ (KW)} \quad (8-2)$$

Trong đó:

$G_h, G_n$  (kg/s) là lưu lượng hơi và nước tuần hoàn vào bình ngưng,

$i''_{bn}, i'_{bn}$  (KJ/kg) là entanpi của hơi vào và ra khỏi bình ngưng,

$t''_{bn}, t'_{bn}$  ( $^{\circ}$ C) là nhiệt độ nước tuần hoàn vào và ra khỏi bình ngưng,

Từ (8-1) và (8-2) ta có:

$$Q_{bn} = G_h(i''_{bn} - i'_{bn}) = G_n C_n (t''_{th} - t'_{th}), \quad (8-3)$$

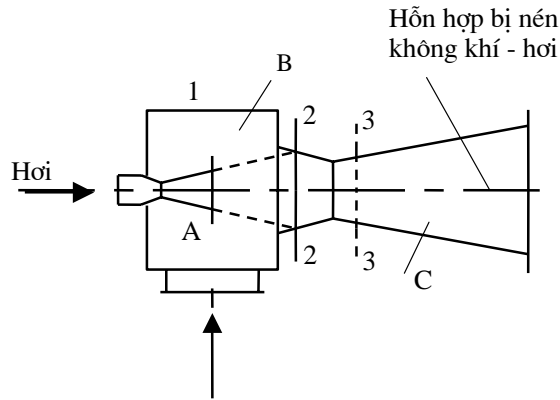
Hay: 
$$(i''_{bn} - i'_{bn}) = \frac{G_n}{G_h} C_n (t''_{th} - t'_{th}), \quad (8-4)$$

$$\frac{G_n}{G_h} = m \text{ gọi là bội số tuần hoàn (kg nước/kg hơi)}$$

Từ (8-4) ta thấy nhiệt độ của nước trong bình ngưng tức là áp suất trong bình ngưng phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ ban đầu của nước tuần hoàn và bội số tuần hoàn.

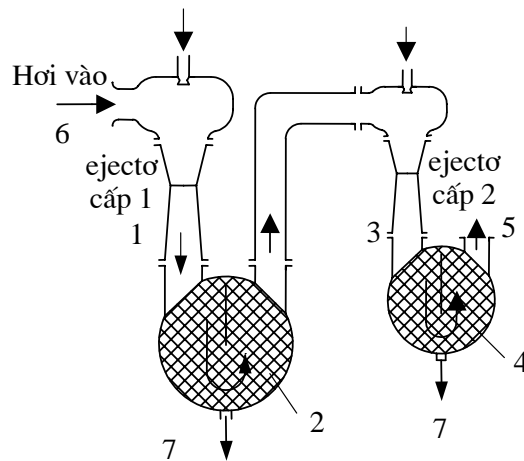
### 8.2.2. Êjectơ

Để duy trì độ chân không cần thiết trong bình ngưng cần hút liên tục không khí ra khỏi bình ngưng, muốn vậy người ta dùng các thiết bị thải không khí đặc biệt, phổ biến nhất là các êjectơ hơi. Êjectơ gồm ống phun hơi A đặt trong buồng thu nhận B, buồng này được nối với ống khuếch tán C. Nguyên lý cấu tạo của Êjectơ được biểu diễn trên Hình 8.8.



Hình 8-8: Sơ đồ nguyên lý êjectơ

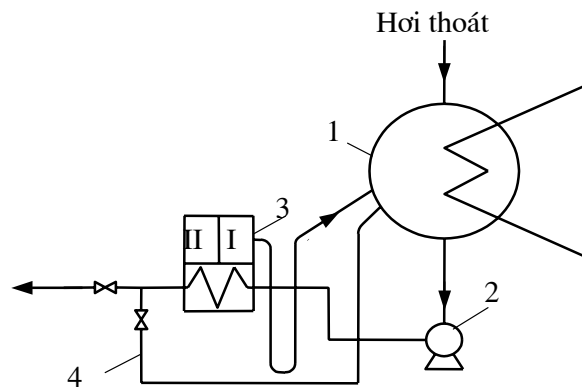
Hơi được dẫn nở trong ống phun đến áp suất bằng với áp suất trong buồng thu nhận. áp suất này gần bằng (nhỏ hơn) áp suất ở điểm rút hỗn hợp không khí-hơi nước. Khi ra khỏi ống phun A, hơi có tốc độ lớn và cuốn theo hỗn hợp không khí-hơi nước từ buồng B vào ống khuếch tán. Vì thế buồng B (giữa tiết diện 1-1 và 2-2) được gọi là buồng hỗn hợp. Ở ống khuếch tán, hỗn hợp hơi và không khí bị nén đến 1 áp suất đủ để thải nó ra khỏi êjectơ. Áp lực hơi vào ống phun của êjectơ thường là 6 hoặc 12 at.



Hình 8-9: Sơ đồ ejectơ hai cấp  
1, 3-ống khuếch tán; 2, 4-bình làm lạnh; 5 đường xả;  
6-khí không ngưng+hơi; 7-nước ngưng

Trong nhà máy điện, theo nhiệm vụ ejectơ được chia thành thành 2 loại: ejectơ khởi động và ejectơ chính. ejectơ khởi động dùng để tăng tốc độ tạo chân không khi khởi động tuốc bin và trong thời gian khởi động tuốc bin thì nó làm việc song song với ejectơ chính. Khi khởi động xong thì ejectơ này ngừng hoạt động, còn ejectơ chính vẫn liên tục làm việc liên tục từ khi khởi động cho đến khi dừng tuốc bin.

Vì ejectơ một cấp thường không thể tạo thành độ chân không sâu, nên ejectơ chính được chế tạo hai cấp hoặc ba cấp. Ngoài ra để nâng cao độ kinh tế, người ta thường làm thêm bình làm lạnh để làm lạnh hỗn hợp không khí hơi do ejectơ thải ra nhằm giữ lại lượng nước ngưng đọng từ hơi qua ejectơ.



Hình 8-10: Sơ đồ nối ejectơ với bình ngưng  
1-bình ngưng; 2-bơm nước ngưng; 3-ejectơ; 4-đường tái tuần hoàn

### 8.3. ĐIỀU CHỈNH TỐC BIN

#### 8.3.1. Khái niệm về điều chỉnh tốc bin hơi

Tốc bin hơi trong nhà máy điện dùng để kéo máy phát điện sản xuất điện năng. Chất lượng dòng điện càng cao khi tần số dòng điện càng ổn định, nghĩa là tốc độ quay của máy phát càng ổn định, vì vậy tốc bin-máy phát phải làm việc với số vòng quay không đổi để đảm bảo cho tần số của dòng điện luôn luôn ổn định.

Mô men quay của roto tốc bin do công của dòng hơi sinh ra, còn mô men cản của máy phát do phụ tải điện sinh ra trên các cực của máy phát.

Công suất của tốc bin được tính theo công thức:

$$N_i = GH_i, [\text{kW}] \quad (8-5)$$

Hoặc:

$$N_i = GH_0 \eta_{td} \quad (8-6)$$

Ở đây:  $H_0$  nhiệt đáng lý thuyết của tốc bin (không kể đến tổn thất) (kJ/kg)

$H_i$  là nhiệt giáng thực tế của tốc bin

$\eta_{td}$  là hiệu suất trong tương đối của tốc bin.

Từ (8-5) ta thấy công suất tốc bin tỉ lệ thuận với lưu lượng hơi và nhiệt đáng.

Sự cân bằng giữa công suất hiệu dụng trên khớp trục tốc bin với phụ tải điện được biểu diễn bằng phương trình:

$$N_{hd} = N_d + N_{tt} + (I_t + I_{mf}) \omega \frac{d\omega}{d\tau} \quad (8-7)$$

$I_t, I_{mf}$  là momen quán tính của rô to tốc bin và máy phát,

$N_{hd}$  là công suất hiệu dụng trên khớp trục tốc bin,

$N_d$  là công suất điện trên các cực của máy phát (phụ thuộc vào phụ tải của hệ tiêu thụ bên ngoài),

$N_{tt}$  là tổn thất công suất trên các ổ trục và tổn thất nhiệt trong máy phát.

Từ (8-7) ta thấy: Phụ tải trên các cực của máy phát điện  $N_d$  phải luôn luôn cân bằng với công  $N_{hd}$  trên trục tốc bin. Nghĩa là sự thay đổi phụ tải trên các cực của máy phát phải phù hợp với sự thay đổi công suất trên trục tốc bin. Mỗi giá trị phụ tải xác định trên cực của máy phát tương ứng với một giá trị mômen quay trên trục tốc bin, nghĩa là tương ứng với một lưu lượng hơi qua tốc bin. Khi phụ tải thay đổi sẽ tạo ra sự mất cân bằng giữa mô men cản và mômen quay, do đó dẫn đến số vòng quay của rô to thay đổi.

Khi đang ở trạng thái cân bằng, nếu phụ tải  $N_d$  của máy phát thay đổi trong khi momen quay của tốc bin chưa thay đổi (tức  $N_{hd}$  chưa thay đổi) sẽ tạo ra sự mất cân bằng giữa công suất của tốc bin và công suất của máy phát, theo (8-5) thì tốc độ  $\omega$  của tốc bin-máy phát sẽ thay đổi.

Rõ ràng khi  $N_d$  tăng thì số vòng quay  $\omega$  giảm đi. Để duy trì  $\omega = \text{const}$ , cần phải tăng lượng hơi vào tốc bin để tăng công suất  $N_{hd}$  của tốc bin lên tương ứng. Tóm lại, bất kỳ một sự thay đổi nào của phụ tải điện cũng sẽ kéo theo sự thay đổi số vòng quay của tốc bin (tốc độ quay của rô to tốc bin-máy phát). Số vòng quay sẽ thay đổi đến chừng nào mà cơ cấu phân phối hơi chưa làm thay đổi lưu lượng hơi vào tốc

bin, nghĩa là chưa thiết lập được sự cân bằng mới giữa mô men cản của phụ tải điện và mômen quay, tức là giữa công suất của tuốc bin và công suất của máy phát.

Việc phục hồi lại sự cân bằng của phương trình (8-7) với bất kỳ sự thay đổi nào của phụ tải  $N_d$  là nhiệm vụ của bộ điều chỉnh tốc độ (tức là điều chỉnh số vòng quay). Bộ điều chỉnh tốc độ được nối liên động với cơ cấu tự động điều chỉnh van phân phối hơi của tuốc bin để điều chỉnh lượng hơi vào tuốc bin phù hợp với phụ tải điện.

Khi phụ tải điện thay đổi, cần phải thay đổi lưu lượng hơi vào tuốc bin để thay đổi công suất tuốc bin cho phù hợp với sự thay đổi phụ tải điện.

Lưu lượng hơi được thay đổi nhờ hệ thống phân phối hơi và hệ thống điều chỉnh của tuốc bin.

Hệ thống phân phối hơi gồm có các van và các ống dẫn hơi vào tuốc bin

Hệ thống điều chỉnh gồm có bộ phận điều chỉnh và các cơ cấu để truyền tác động đến các van phân phối hơi (như: cam, tay đòn ...)

### **8.3.2. Các phương pháp điều chỉnh lưu lượng hơi vào tuốc bin**

Khi phụ tải điện thay đổi, muốn tốc độ quay của tổ tuốc bin-máy phát không đổi thì cần phải điều chỉnh lưu lượng hơi vào tuốc bin thay đổi phù hợp với phụ tải. Để điều chỉnh lưu lượng hơi vào tuốc bin, người ta thường áp dụng 3 phương pháp phân phối hơi vào tuốc bin:

- Phân phối hơi bằng tiết lưu (h 8.9a),
- Phân phối hơi bằng ống phun (h 8.9b),
- Phân phối hơi đi tắt (h 8.9c),

Khi phân phối bằng tiết lưu, toàn bộ hơi được đưa vào tầng đầu của tuốc bin qua một van đặc biệt, van này thực hiện việc điều chỉnh lưu lượng hơi đi qua nó, đồng thời làm cho dòng hơi bị tiết lưu hơi, nghĩa là áp suất hơi qua đó sẽ giảm đi nhưng entanpi không thay đổi (h 8.9a).

Khi phân phối bằng ống phun thì hơi đi qua một số van điều chỉnh đặt song song, những van này sẽ lần lượt mở hoặc đóng để điều chỉnh lưu lượng hơi vào các ống phun của tuốc bin (h 8.9b)

Khi phân phối bằng đi tắt thì hơi không những được đưa vào tầng đầu mà còn đưa vào một (hoặc một số) tầng trung gian qua các van tiết lưu (h 8.9c)

#### **8.3.2.1. Phân phối hơi bằng tiết lưu**

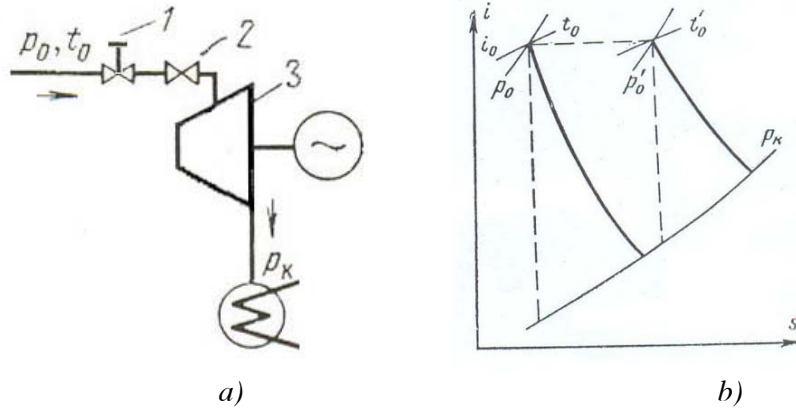
Khi phân phối hơi bằng tiết lưu, hơi mới được đưa vào tuốc bin qua một van điều chỉnh tiết lưu chung, sau đó đi vào toàn bộ ống phun của tầng thứ nhất ( $e = 1$ ).

Với các tuốc bin công suất lớn thì lưu lượng hơi lớn, người ta cho hơi qua đồng thời hai van đặt song song theo hai đường dẫn hơi riêng biệt. Ứng với công suất kinh tế của tuốc bin thì van điều chỉnh tiết lưu sẽ mở hoàn toàn và quá trình dẫn nở của hơi có thể biểu diễn bằng đường a- b trên hình 8.10. Nhiệt đáng thực tế của tầng sẽ bằng  $H_1$ .

Khi cần giảm công suất của tuốc bin, tức là giảm lưu lượng hơi vào tuốc bin, người ta thay đổi độ mở của van điều chỉnh, khi đó xảy ra quá trình tiết lưu với  $i = \text{const}$ . Như vậy, sự thay đổi lưu lượng hơi qua van điều chỉnh bằng phương pháp tiết



lưu có liên quan đến sự thay đổi áp suất của hơi ở sau van, nghĩa là áp suất hơi giảm đi và do đó nhiệt giáng cũng giảm đi, quá trình được biểu diễn bằng đoạn cd, nhiệt đáng của tầng sẽ là  $H'$ . Hiệu suất của quá trình cũng sẽ giảm đi



a) b)

Hình 8.10. Phân phối bằng tiết lưu

a- Sơ đồ nguyên lý;

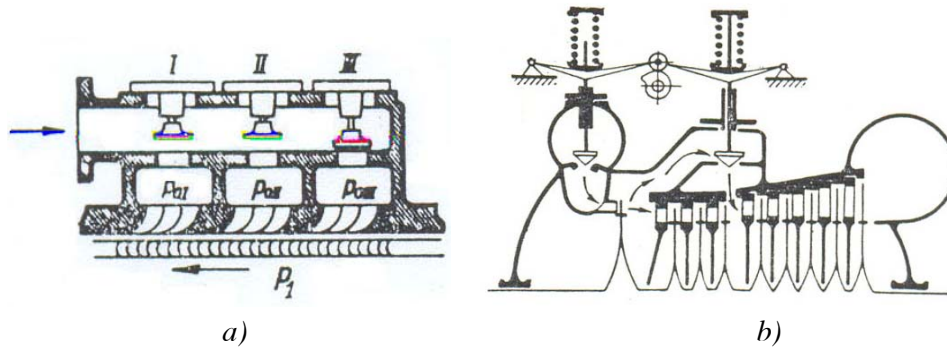
b- Quá trình tiết lưu hơi

1- Van Stop; 2-Van tiết lưu, 3-Tuốc bin

Khi phụ tải của tuốc bin càng giảm thì lưu lượng hơi vào càng giảm, nghĩa là tổn thất tiết lưu càng tăng. Như vậy, nếu tuốc bin làm việc ở chế độ non tải mà thực hiện việc điều chỉnh bằng phương pháp tiết lưu là không kinh tế. Vì thế việc phân phối hơi bằng tiết lưu chỉ áp dụng cho những tuốc bin thường vận hành ở chế độ định mức và ít thay đổi phụ tải (tuốc bin mang phụ tải gốc).

### 8.3.2.2. Phân phối hơi bằng ống phun

Khi phân phối hơi bằng ống phun thì hơi đi vào các ống phun của tầng đầu qua một số (từ 4 đến 10) van gọi là van điều chỉnh (còn gọi là xupáp điều chỉnh). Mỗi van điều chỉnh được nối với một cụm ống phun. Ứng với phụ tải định mức (công suất định mức) thì tất cả các van điều chỉnh mở hoàn toàn, độ phun hơi có thể bằng hoặc nhỏ hơn 1 ( $e \leq 1$ ). Khi thay đổi phụ tải thì các van điều chỉnh sẽ lần lượt được đóng bớt hoặc mở thêm (tuỳ theo phụ tải giảm đi hoặc tăng lên). Ví dụ khi bắt đầu khởi động tuốc bin thì van 1 mở trước, khi van 1 đã mở hoàn toàn đến lượt van 2, cứ thế cho đến khi tất cả các van đã mở hoàn toàn thì công suất sẽ đạt giá trị định mức, lúc cần giảm công suất thì các van sẽ lần lượt đóng bớt lại để giảm lượng hơi vào tuốc bin cho phù hợp với công suất yêu cầu. Vì vậy độ phun hơi của của tầng điều chỉnh thay đổi tuỳ theo số van mở. Trong giới hạn mở (độ mở) của một van sẽ xảy ra quá trình tiết lưu, do đó sinh ra tổn thất. Nhưng không phải toàn bộ lưu lượng hơi qua tuốc bin đều bị tiết lưu mà chỉ có một phần hơi đi qua van nào không mở hoàn toàn mới bị tiết lưu, còn các van đã mở hoàn toàn thì không bị tiết lưu, do đó tổn thất tiết lưu trong trường hợp phân phối hơi bằng ống phun nhỏ hơn khi phân phối hơi bằng tiết lưu. Hiệu suất của tuốc bin khi thay đổi phụ tải cũng ổn định hơn.



Hình 8.9. Sơ đồ nguyên lý phân phối hơi trong tuốc bin  
 a. Phân phối bằng ống phun; b. Phân phối tắt

### 8.3.2.3. Phân phối hơi đi tắt

Ở các tuốc bin thực hiện phân phối hơi bằng tiết lưu, thường áp dụng phương pháp phân phối đi tắt bên ngoài và đặc biệt thường áp dụng cho các tuốc bin phản lực.

Van tiết lưu chính đưa hơi vào toàn bộ ống phun của tầng đầu ( $e = 1$ ). Khi van tiết lưu chính mở hoàn toàn thì tuốc bin đạt công suất kinh tế, khi đó áp suất hơi trước ống phun của tầng đầu đạt tới trị số giới hạn.

Việc tăng công suất tuốc bin tới giá trị định mức được thực hiện bằng cách đưa hơi mới vào các tầng trung gian qua các buồng A gọi là các buồng quá tải. Khi đưa hơi mới vào buồng A thì áp suất ở đó tăng lên do đó lưu lượng hơi qua các tầng sau sẽ tăng lên bởi vì tiết diện truyền hơi của tầng quá tải (tầng ở ngay sau buồng A) lớn hơn so với tầng đầu, khi đó công suất của tuốc bin tăng lên, mặc dù lưu lượng hơi qua các tầng ở phía trước buồng quá tải có giảm đi chút ít. Nếu tuốc bin chỉ có một van đi tắt 2 thì khi nó mở hoàn toàn, áp suất ở buồng A sẽ đạt giá trị giới hạn và công suất của tuốc bin đạt tới định mức.

Nếu trên tuốc bin đặt 2 van tắt thì việc tăng công suất đến định mức sẽ được thực hiện bằng cách đưa hơi vào buồng quá tải thứ hai  $A_1$ . Lưu lượng hơi qua tất cả các tầng ở sau buồng  $A_1$  sẽ tăng lên, còn qua các tầng ở trước buồng  $A_1$  giảm. Tuy nhiên sự tăng công suất ở các tầng sau buồng  $A_1$  xảy ra nhanh hơn là sự giảm công suất ở các tầng trước buồng  $A_1$ , do đó vẫn bảo đảm tăng công suất của tuốc bin tới định mức.

Ở công suất định mức, áp suất hơi trong buồng A phải nhỏ hơn áp suất ở trước ống phun của tầng đầu, còn áp suất ở buồng  $A_1$  thì phải nhỏ hơn ở buồng A. Có như vậy mới đảm bảo có được một lượng hơi vừa đủ lưu thông qua những tầng đầu để làm mát những tầng này khi chúng làm việc không tải. Khi điều chỉnh tắt thì hiệu suất cao nhất của tuốc bin đạt được ở chế độ phụ tải kinh tế, bởi vì khi đó hơi không bị tiết lưu.

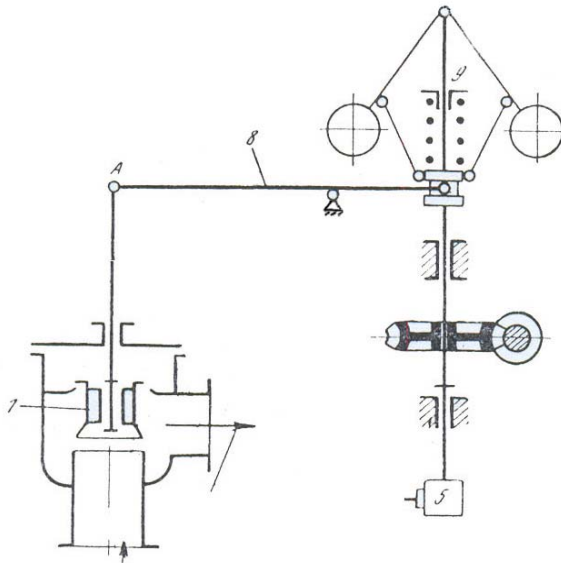
Ở những tuốc bin hiện đại, điều chỉnh bằng tiết lưu thường chỉ có một tầng quá tải, ít khi người ta làm 2 và 3 tầng quá tải.

## 8.4. CÁC SƠ ĐỒ ĐIỀU CHỈNH TỐC BIN HƠI

### 8.4.1. Sơ đồ điều chỉnh trực tiếp

Như đã phân tích ở trên, bất kỳ một sự thay đổi nào của phụ tải điện đều kèm theo sự thay đổi số vòng quay của tổ tốc bin-máy phát do sự mất cân bằng giữa mô men quay của rô to và mô men cản của máy phát. Để hồi phục lại sự cân bằng giữa lực cản và mô men quay của tổ tốc bin, thì cần có bộ điều chỉnh tốc độ để điều chỉnh số vòng quay của tổ tốc bin-máy phát. Bộ điều chỉnh tốc độ được nối liên động với cơ cấu điều chỉnh tự động phân phối hơi vào tổ tốc bin. Hiện nay bộ điều chỉnh tốc độ kiểu li tâm được dùng nhiều trong điều chỉnh tốc độ bin hơi. Ở đây lực li tâm của bộ điều chỉnh tốc độ sẽ tác động lên cơ cấu phân phối hơi (van điều chỉnh lưu lượng hơi) để thay đổi lưu lượng hơi vào tổ tốc bin nhằm thay đổi công suất của tổ tốc bin và do đó thay đổi số vòng quay.

Sơ đồ nguyên lý của bộ điều chỉnh trực tiếp vẽ ở hình 8.11



Hình 8.11. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh trực tiếp

1. van hơi
2. quả tạ
3. cánh tay đòn
4. bộ truyền động
5. trục tổ tốc bin

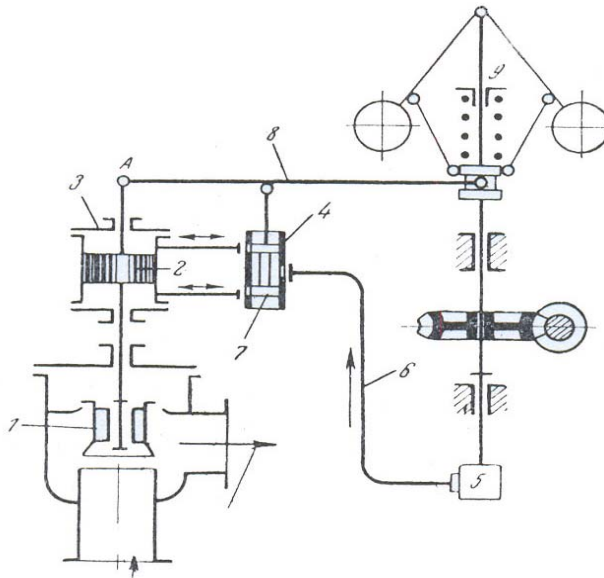
Ta thấy khớp trượt C của bộ điều chỉnh tốc độ li tâm có tay đòn liên hệ trực tiếp với van điều chỉnh 1. Khi phụ tải điện của máy phát tăng lên, sự cân bằng giữa phụ tải và công suất bị phá vỡ do đó số vòng quay giảm đi. Trục tổ tốc bin liên hệ với bộ điều chỉnh tốc độ li tâm bằng bánh răng truyền động, khi số vòng quay tổ tốc bin giảm thì tốc độ quay của trục bộ điều chỉnh tốc độ cũng giảm, các quả tạ của bộ điều chỉnh tốc độ li tâm sụp xuống, đẩy khớp trượt C di chuyển xuống dưới làm cho điểm A dịch chuyển lên phía trên. Khi ấy van điều chỉnh 1 sẽ được mở, lưu lượng hơi vào tổ tốc bin tăng lên, công suất của tổ tốc bin tăng lên, đồng thời tổ tốc bin sẽ làm việc với số vòng quay mới cao hơn. Khi phụ tải giảm thì các tác động xảy ra ngược lại, số vòng quay tăng lên van điều chỉnh sẽ đóng bớt lại làm giảm lưu lượng hơi vào tổ tốc bin.

Sơ đồ này có ưu điểm là đơn giản nhưng lực di chuyển của bộ điều chỉnh tốc độ li tâm nhỏ nên lực đóng mở van điều chỉnh lưu lượng hơi 1 nhỏ, do đó chỉ áp dụng đối với tổ tốc bin công suất nhỏ (50-60 KW), có van điều chỉnh nhỏ, nhẹ, không đòi hỏi lực di

chuyển lớn. Đối với tước bin công suất trung bình và lớn thì đòi hỏi lực di chuyển phải đủ lớn để nâng van do đó phải sử dụng sơ đồ điều chỉnh gián tiếp.

#### 8.4.2. Sơ đồ điều chỉnh gián tiếp

Hình 8.12. trình bày nguyên lý sơ đồ điều chỉnh gián tiếp có xecvômôtơ kiểu piston.



Hình 8.124. Sơ đồ điều chỉnh gián tiếp.

- 1- Van điều chỉnh.
- 2- Piston
- 3- Xecvômôtơ
- 4- Ngăn kéo phân phối dầu
- 5- Bơm dầu.
- 6- Đường dầu.
- 7- Piston của ngăn kéo
- 8- Thanh truyền.
- 9- Bộ điều chỉnh ly tâm

Khi tước bin làm việc ở một chế độ ổn định, piston 7 của ngăn kéo phân phối dầu 4 và xecvômôtơ 3 ở vị trí trung bình, đồng thời đóng kín các đường dẫn dầu nối giữa thân ngăn kéo phân phối dầu 4 với xecvômôtơ 3. Van điều chỉnh 1 khi ấy ở một vị trí xác định.

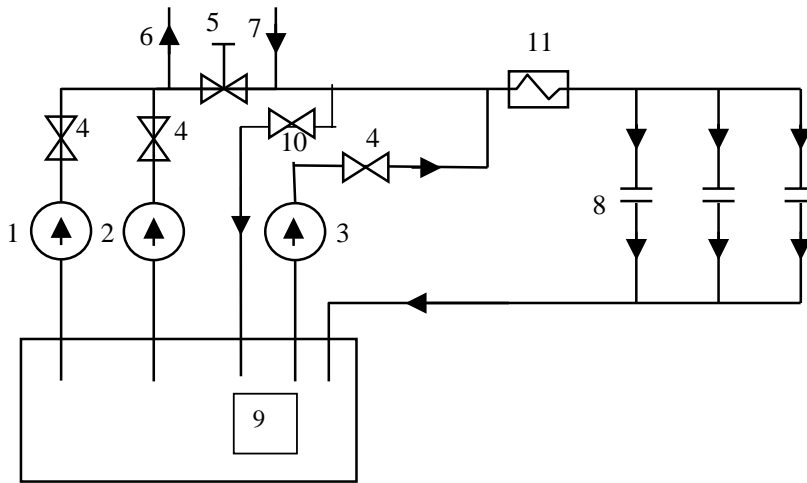
Sự di chuyển của khớp trượt sẽ gây nên sự chuyển dời của piston 7. Tùy theo hướng di chuyển của piston 7 mà dầu dưới áp lực của bơm dầu 5 sẽ theo đường phía trên ( $K_1$ ) hoặc đường phía dưới ( $K_2$ ) đi vào xecvômôtơ 3.

Nếu phụ tải điện giảm, tốc độ tước bin tăng, các quả tạ văng ra xa hơn, kéo điểm trượt C dịch lên trên làm cho điểm B chuyển động lên phía trên, dầu đi theo đường  $K_1$  vào phía trên piston 2 của xecvômôtơ 3 đẩy piston đi xuống, đóng bít van 1 lại, giảm lưu lượng hơi vào tước bin làm giảm công suất tước bin, đồng thời dầu từ xecvômôtơ 3 theo đường  $K_2$  sẽ chảy qua thân ngăn kéo phân phối dầu 4 xả đi.

Nếu dầu đi theo hướng  $K_2$  vào xecvômôtơ 3 thì van 1 sẽ mở ra đồng thời dầu từ xecvômôtơ 3 lại theo đường  $K_1$  chảy qua thân ngăn kéo phân phối dầu 4 xả đi. Ở sơ đồ này chỉ cần 1 lực không lớn lắm để di chuyển piston 7, bởi vì ngoài lực di chuyển của bộ điều tốc như ở sơ đồ điều chỉnh trực tiếp, còn có thêm lực do áp suất dầu tạo nên. Lực tác động để mở van 1 chỉ phụ thuộc vào kích thước của pistons 2 và áp lực dầu tạo bởi bơm 5. Áp lực dầu trong hệ thống điều chỉnh thường từ 3 đến 7 bar. Trong các tước bin hiện đại, người ta dùng áp lực cao hơn, vào khoảng 12 - 20 bar.

## 8.5. HỆ THỐNG DẦU TỐC BIN HƠI

Việc điều khiển các cơ cấu điều chỉnh công suất tước bin như đã trình bày được thực hiện bằng áp lực dầu, khi đó hệ thống điều chỉnh được nối với hệ thống bôi trơn. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống cung cấp dầu cho tước bin được trình bày trên hình 8.13.



Hình 8.13. Sơ đồ nguyên lý cung cấp dầu cho tước bin.

1-Bơm dầu chính; 2-bơm dầu phụ; 3-bơm điện; 4-van một chiều;

5-Van giảm áp; 6-dầu đến cơ cấu điều chỉnh; 7-dầu từ cơ cấu điều chỉnh về

8-các ổ đỡ; 9-bể dầu; 10-vVan an toàn ; 11-bình làm mát dầu.

Trục tước bin truyền động cho bộ điều chỉnh ly tâm qua bộ truyền động trục vít. Bơm dầu chính hút dầu từ bể dầu rồi bơm vào hệ thống dầu với áp lực 10-20 bar. Dầu đi vào ngán kéo phân phối dầu 4 và xecvômôơ 3 của hệ thống điều chỉnh, đồng thời qua van giảm áp để giảm áp suất dầu xuống 1,4 - 1,8 bar cung cấp cho hệ thống bôi trơn các ổ trục. Để đề phòng trường hợp dầu đi bôi trơn có áp lực quá lớn, người ta đặt van an toàn, khi áp suất dầu vượt quá trị số qui định, van an toàn mở để xả dầu về lại bể chứa. Trước khi đi bôi trơn các ổ trục, dầu được qua bình làm mát dầu và được làm mát bằng nước tuần hoàn đến nhiệt độ không vượt quá 40°C. Lượng dầu đi bôi trơn cho mỗi ổ trục phụ thuộc vào đường kính của các vòng chấn phân phối. Sau khi bôi trơn các ổ trục, dầu lại chảy vào bể chứa.

Bơm dầu chính được gắn trực tiếp trên trục tước bin nên chỉ đảm bảo được áp suất và sản lượng dầu cần thiết khi số vòng quay của tước bin không nhỏ hơn một nửa số vòng quay định mức. Vì vậy khi khởi động hoặc ngừng tước bin, tốc độ quay còn thấp, chưa đảm bảo được áp lực dầu thì bơm dầu phụ sẽ hoạt động để cung cấp dầu cho toàn hệ thống, bơm này được dẫn động bằng một tước bin phụ và được đặt trên bể dầu. Sau khi tước bin đạt được số vòng quay đủ để bơm dầu chính đảm bảo cung cấp dầu cho toàn hệ thống theo thông số định mức, dưới tác dụng của áp suất do bơm dầu chính tạo ra, van một chiều của bơm dầu phụ sẽ tự động đóng lại, đồng thời tước bin phụ cũng tự động cắt ra, bơm dầu phụ ngừng làm việc. Khi ngừng tước bin, tốc độ

giảm xuống dưới 50% tốc độ định mức thì bơm dầu phục tự động khởi động làm việc lại, trừ trường hợp nếu bơm dầu phụ bị sự cố thì bơm dầu dự phòng chạy bằng điện sẽ khởi động và làm việc để cung cấp dầu cho hệ thống bôi trơn.

Ngoài các van điều chỉnh để điều chỉnh lưu lượng hơi vào tuốc bin của hệ thống phân phối hơi, người ta còn đặt một van tự động trên đường dẫn hơi vào tuốc bin gọi là van stop. Nhiệm vụ của van stop là cắt hơi khi tuốc bin sự cố, nghĩa là dừng hoàn toàn việc đưa hơi vào tuốc bin. Van stop chịu tác động trực tiếp của các cơ cấu trong hệ thống bảo vệ tuốc bin. Hệ thống bảo vệ tuốc bin gồm có :

- *Bảo vệ vượt tốc*: Bộ bảo vệ vượt tốc có nhiệm vụ bảo vệ tuốc bin khi tốc độ tuốc bin vượt quá 11-12% tốc độ định mức. Khi tốc độ tuốc bin tăng lên thì lực li tâm cũng tăng lên, dưới tác dụng của lực li tâm, các chi tiết của roto có thể bị rung hoặc gãy, khi đó cần thiết phải cắt hơi vào để ngừng tuốc bin. Bộ bảo vệ vượt tốc sẽ tác động lên cơ cấu bảo vệ để đóng van stop, cắt hơi vào tuốc bin.

- *Bảo vệ áp lực dầu*: Bộ bảo vệ áp lực dầu có nhiệm vụ bảo vệ tuốc bin khi áp lực dầu trong hệ thống điều chỉnh giảm xuống còn 5 bar. Khi áp lực dầu trong hệ thống điều chỉnh giảm xuống còn 5 bar thì cơ cấu điều chỉnh sẽ không hoạt động do đó không thể điều chỉnh được công suất tuốc bin cho phù hợp với phụ tải điện, do đó bộ bảo vệ áp lực dầu sẽ tác động lên cơ cấu bảo vệ để đóng van stop, cắt hơi vào tuốc bin.

- *Bảo vệ di trục*: Bộ bảo vệ vượt tốc có nhiệm vụ bảo vệ tuốc bin khi độ di trục của tuốc bin vượt quá trị số cho phép. Khi roto của tuốc bin dịch chuyển dọc trục quá trị số cho phép có thể làm cho rôto và stato cọ sát với nhau gây sự cố. Khi đó bộ bảo vệ sẽ tác động lên cơ cấu bảo vệ để đóng van stop, cắt hơi vào tuốc bin.

## Chương 9. THIẾT BỊ TUỐC BIN KHÍ

### 9.1. CHU TRÌNH NHIỆT CỦA THIẾT BỊ TUỐC BIN KHÍ

#### 9.1.1. Khái niệm về thiết bị tuốc bin khí

Thiết bị tuốc bin khí là động cơ nhiệt trong đó hoá năng của nhiên liệu được biến đổi thành nhiệt năng rồi thành cơ năng. Quá trình chuyển đổi năng lượng trong động cơ này có thể thực hiện bằng những chu trình nhiệt động khác nhau.

Ngày nay thiết bị tuốc bin khí được sử dụng rộng rãi trong vận tải (ngành hàng không, đường sắt và đường thủy); ngành năng lượng; ngành vận chuyển dầu và khí đốt; ngành công nghiệp hoá học và luyện kim; trong các lĩnh vực mới như năng lượng hạt nhân; kỹ thuật tên lửa; thiên văn và vũ trụ học.

Thiết bị tuốc bin có những ưu, nhược điểm sau:

*Ưu điểm:*

- BỐ CỤC GỌN,
- TÍNH CƠ ĐỘNG VẬN HÀNH CAO, NHƯ KHẢ NĂNG MỞ MÁY NHANH, THAY ĐỔI TẢI LỚN,
- VẬN HÀNH KHÔNG CẦN CÓ NƯỚC HAY YÊU CẦU CẦN NƯỚC RẤT ÍT
- Thời gian xây dựng nhanh

*Nhược điểm:*

- Công suất giới hạn nhỏ hơn so với thiết bị hơi nước
- Giá thành nhiên liệu cao
- Giá thành vật liệu chi phí sản xuất cao hơn
- Khó sửa chữa

#### 9.1.2. Phân loại các thiết bị tuốc bin khí

Có nhiều cách phân loại tuốc bin, có thể phân chia theo lĩnh vực sử dụng, theo chi phí cho sự thay đổi phụ tải, theo loại nhiên liệu đốt . . .

1. Thiết bị tuốc bin dùng cho máy bay: trong đó theo cách truyền công suất lại phân chia thành loại dùng năng lượng dòng khí và loại tuốc bin quay cánh quạt.

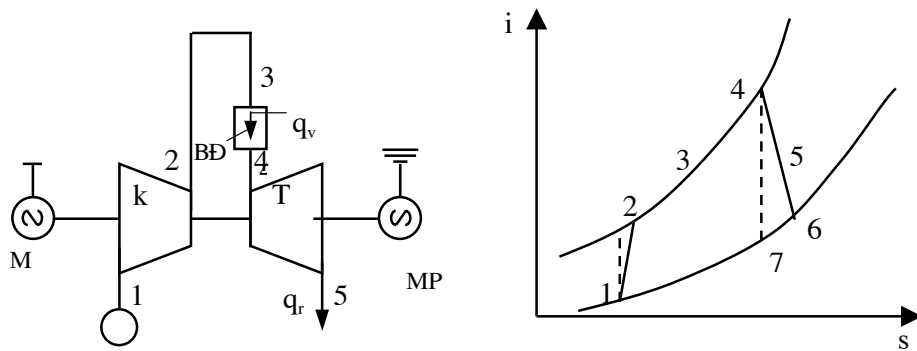
2. Thiết bị tuốc bin công nghiệp: được phân thành tuốc bin có số vòng quay không đổi (tuốc bin sản xuất điện năng mang phụ tải gốc, trong trạm cấp nhiệt sấy, sưởi, làm việc trong các quá trình công nghệ nhất định...) và tuốc bin có số vòng quay thay đổi (dùng trong tàu hoả, tàu thủy, máy nén bơm, quạt...)

3. Theo loại nhiên liệu được sử dụng có thể chia thành tuốc bin khí dùng nhiên liệu khí, nhiên liệu lỏng nhẹ, nhiên liệu lỏng nặng và tuốc bin dùng nhiên liệu rắn.

#### 9.1.3. Những chu trình nhiệt thiết bị Tuốc bin khí thường dùng

##### 9.1.3.1. Chu trình hở không dùng bộ trao đổi nhiệt

Ở chu trình này, quá trình cháy nhiên liệu là quá trình cháy đẳng áp, máy nén K hút không khí từ ngoài vào và nén đến áp suất yêu cầu rồi đưa vào buồng đốt BD. Tại đây nhiên liệu được bơm nhiên liệu bơm vào buồng đốt qua vòi phun. Sau đó nhiên liệu hỗn hợp cùng với không khí và bốc cháy, sản phẩm cháy được đưa vào Tuốc bin khí dẫn nổ sinh công.



Hình 9.1- Sơ đồ khối và chu trình nhiệt không có bộ trao đổi nhiệt  
 K- Máy nén, BD- Buồng đốt, T-Tuốc bin khí, M-Động cơ điện,  
 $q_v$ - nhiệt dẫn vào chu trình,  $q_r$ - nhiệt dẫn ra, MP- Máy phát điện,  
 1-2-3-4-5-1: chu trình nhiệt biểu diễn trên đồ thị  $i$ - $s$ .

Để đảm bảo đốt cháy nhiên liệu hoàn toàn và quá trình cháy xảy ra mạnh nhất thì nhiệt độ trong buồng đốt phải được giữ ở mức 1800-2000<sup>0</sup>K, vì vậy ở chu trình này chỉ có 20-40% lượng không khí cần thiết được máy nén nén đến áp suất cao đưa vào buồng đốt để tham gia vào quá trình cháy chủ động của nhiên liệu ở trong buồng đốt BD, lượng không khí này gọi là không khí sơ cấp. Còn phần không khí còn lại (60-80%) được đưa bổ sung thêm vào sau vùng cháy chủ động gọi là không khí thứ cấp hay không khí làm mát. Bộ phận không khí này sau khi pha trộn với sản phẩm cháy sẽ làm giảm nhiệt độ của hỗn hợp chất khí trước Tuốc bin tới giá trị cần thiết. Khi đó nhiệt độ cho phép của hỗn hợp khí vào Tuốc bin nằm trong khoảng từ 900 đến 1400<sup>0</sup>K, tùy thuộc vào điều kiện của độ tin cậy, tuổi thọ của các dãy cánh và loại nhiên liệu sử dụng.

Công suất sinh ra của Tuốc bin một phần dùng để truyền động cho máy nén, phần còn lại cấp cho hệ tiêu dùng như chuyển thành năng lượng điện trong máy phát điện.

Khi khởi động thiết bị tuốc bin khí cần dùng động cơ điện khởi động, việc đốt cháy nhiên liệu được thực hiện nhờ bộ đánh lửa bằng điện đặt trong buồng đốt và chỉ thực hiện khi khởi động thiết bị.

Ưu điểm của chu trình này là đơn giản, tính cơ động trong vận hành cao, độ tin cậy tốt.

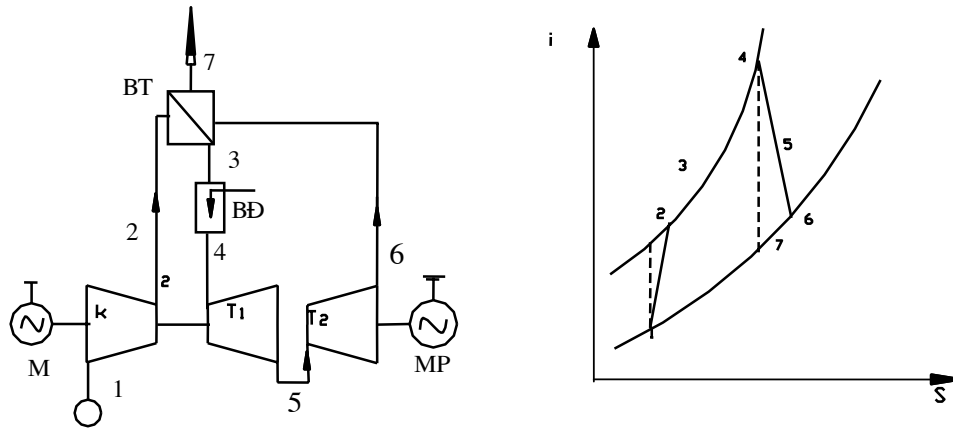
Nhược điểm là hiệu suất tương đối thấp, công suất nhỏ 25 MW - 50 MW

### 9.1.3.2. Chu trình hở có trao đổi nhiệt

Một phương pháp nổi bật để nâng cao hiệu suất là dùng bộ trao đổi nhiệt, trong đó một phần nhiệt của khí thải được truyền cho không khí nén trước khi vào buồng đốt. Sơ



đồ của chu trình Hình 15-2- Sơ đồ chu trình hử với Tước bin dùng bộ trao đổi nhiệt.

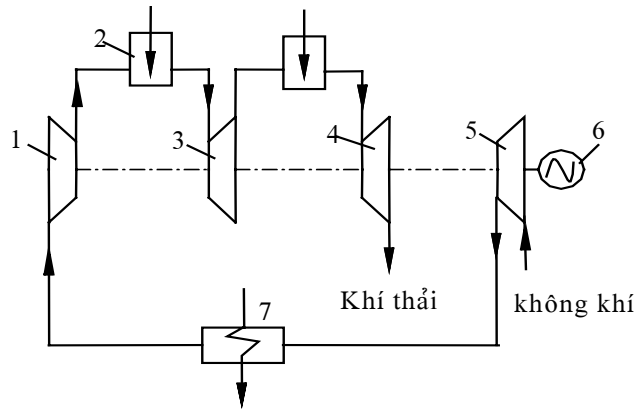


Hình 9.2. Sơ đồ chu trình hử có bộ trao đổi nhiệt  
*K- Máy nén, BĐ- Buồng đốt, T-Tuốc bin khí, M-Động cơ điện,*  
*q<sub>v</sub>- nhiệt dẫn vào chu trình, q<sub>r</sub>- nhiệt dẫn ra, MPG- Máy phát điện,*

Ưu điểm của chu trình này là đơn giản, rẻ tiền trong việc cấp nước làm mát và có hiệu suất cao và biến thiên hiệu suất với độ dốc nhỏ ở những chế độ non tải.

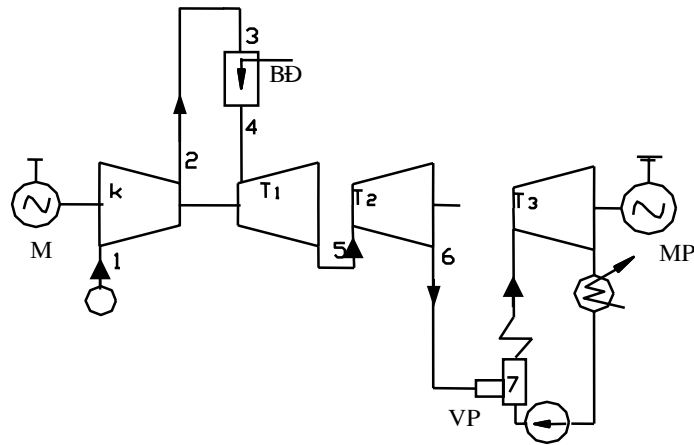
Nhược điểm là công suất riêng nhỏ, trọng lượng lớn và tốn nhiều điện tích.

### 9.1.3.3.Chu trình kín



Hình 9.3. Sơ đồ nguyên lý GT-750-100.2  
 công suất 100MW  
 1.Máy nén cao áp,  
 2. Buồng đốt,  
 3. Tuốc bin cao áp,  
 4. Tuốc bin hạ áp,  
 5. Máy nén hạ áp,  
 6. Máy phát,  
 7. Bộ làm mát KK

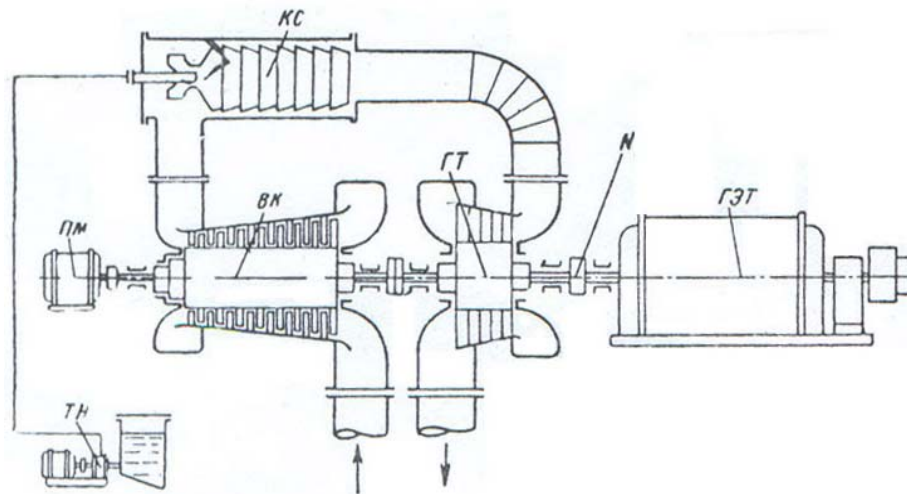
Chu trình là chu trình phối hợp hơi và khí với quá trình đốt cháy bổ sung. Để nâng cao hiệu suất và công suất riêng người ta kết hợp chu trình khí có nhiệt độ làm việc cao với chu trình hơi có nhiệt độ làm việc trung bình. Sản phẩm cháy sau khi ra khỏi tuốc bin khí, tiếp cho qua đường dẫn vào lò hơi, nước trong lò hơi nhận nhiệt và bốc hơi thành hơi quá nhiệt và quay tuốc bin hơi. Ưu điểm của phương pháp này là tận dụng được nhiệt lượng và nâng cao hiệu suất của toàn nhà máy, yêu cầu điện tích làm mát ít hơn hệ thống tuốc bin hơi, nhưng khi vận hành phức tạp hơn.



Hình 9.4. Chu trình hỗn hợp khí và hơi có đốt bổ sung;  
M-Động cơ khởi động; K-Máy nén không khí; T<sub>1</sub> và T<sub>2</sub>- Tuốc bin khí;  
T<sub>3</sub>- Tuốc bin hơi; VP- Vòi phun nhiên liệu

## 9.2. CÁC PHẦN TỬ CHÍNH CỦA THIẾT BỊ TUỐC BIN KHÍ.

Những phần tử chính của thiết bị tuốc bin khí là máy nén, buồng đốt, tuốc bin khí và bộ trao đổi nhiệt. Cấu tạo chất lượng và cách sắp xếp của chúng trong một chu trình làm việc sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới hoạt động của toàn thiết bị tuốc bin khí.



Hình 9.4. Sơ đồ thiết bị tuốc bin khí  
TH-bơm nhiên liệu; PM-động cơ khởi động; BK-buồng đốt  
GT-Máy nén không khí; BK-tuốc bin khí; GET-máy phát điện;

### 9.2.1. Máy nén.

Trong thiết bị tước bin khí, máy nén được dùng để nén môi chất làm việc (thường là không khí) và nhiên liệu khí. Để nén môi chất làm việc người ta dùng những máy nén loại ly tâm hoặc dọc trục. Để nén các nhiên liệu khí có nhiệt trị  $30 \cdot 10^6$  ( $\text{Jm}^{-3}$ ) phải chọn loại máy nén có thể tích tổn thất khoảng 3% thể tích của môi chất làm việc. Như vậy loại máy nén thích hợp chỉ có thể là loại pistông hay loại máy nén ly tâm có số vòng quay rất lớn.

Những yêu cầu kỹ thuật đối với máy nén dùng để nén môi chất làm việc là:

1. Hiệu suất cao ( $\eta_k$ ).
2. Độ nén từng cấp cao.
3. Có thể sử dụng tốc độ vòng lớn.
4. Vận hành ổn định trong toàn khoảng làm việc của thiết bị tước bin khí
5. Dễ điều khiển về mặt khí động học và cơ học.

Máy nén không khí có những phần tử chính sau:

1. Ống hút đảm bảo hướng dòng không khí từ một hướng nhất định vào hướng dọc trục.
2. Rôto dùng để chuyển cơ năng từ trục vào dòng không khí.
3. Stator để chuyển đổi động năng của dòng không khí thành thế năng áp suất.
4. Ống thoát sẽ hướng dòng không khí ra khỏi máy nén và vào buồng đốt.
5. Các phụ kiện của máy nén (như khung đỡ trục, ổ đỡ, bộ phận điều chỉnh chống xoáy dòng, phân phối không khí, dầu...)

#### 9.2.1.1. Máy nén ly tâm

Máy nén ly tâm sử dụng tác nhân của lực ly tâm để nén, khi động năng của dòng này tăng lên nhờ chuyển động qua rôto.

Áp suất tĩnh giảm từ  $P_0$  xuống  $P_1$  tại lối vào rôto sẽ làm tăng tốc độ dòng ở đầu hút. Trong dãy cánh của rôto, không khí được nén đến áp suất  $P_{12}$  và nén tiếp theo trong ống lọc tới  $P_2$ .

Ưu điểm của loại này là cấu trúc đơn giản và tương đối nhẹ do độ nén ở mỗi tầng cao và có thể làm việc với số vòng quay cao.

Nhược điểm là diện tích phía trước lớn; công suất giới hạn của máy nén nhỏ; rôto được sản xuất từ thép hợp kim có giá thành cao.

#### 9.2.1.2. Máy nén dọc trục

Nguyên lý nén không khí trong máy nén dọc trục được xây dựng dựa trên sự chuyển đổi động năng thành áp suất hoặc trong các dãy cánh tĩnh (stator) hoặc trong các dãy cánh động (rotor) hay trong cả hai dãy cánh của tầng, trong đó ở dãy cánh động năng lượng toàn phần tăng lên nhờ cơ công được dẫn vào từ rôto. Độ nén của mỗi tầng cánh nhỏ hơn so với độ nén của máy nén ly tâm, như vậy ở thiết bị tước bin khí cần dùng máy nén nhiều tầng.

Rôto của máy nén dọc trục có thể là loại tang trống giống dạng tang trống ở tước bin hơi loại phản lực hay loại trục có lắp đĩa ở tước bin dùng trong máy bay công nghiệp.

Ưu điểm của máy nén dọc trục là công suất giới hạn lớn, có thể đạt đến hiệu suất cao hơn tới 0,9. Máy nén dọc trục có diện tích mặt trước nhỏ nên lực cản phía trước và theo hướng ra của dòng nhỏ, vì vậy thường được dùng trong thiết bị tuốc bin máy bay.

Nhược điểm của máy nén dọc trục là giá thành cao và so với loại ly tâm thì loại này có trọng lượng lớn hơn.

Tầng của máy nén theo nguyên lý khí động học có thể xét như tầng cánh ngược với tầng cánh của tuốc bin, nhờ đó dòng không khí nhận được cơ năng của rôto tuốc bin, làm động năng của nó tăng lên và sau đó chuyển động dần thành thế năng áp suất của dòng không khí. Dòng không khí nén sau khi ra khỏi tầng cuối, đi vào thiết bị cánh hướng, ở đó dòng khí có hướng dọc trục trước khi vào ống loe. Trong ống loe không khí còn tiếp tục được nén một phần nhờ chuyển động năng của dòng thành áp suất, sau đó không khí ra ống ra 8 và đi vào ống dẫn khí tới buồng đốt.

### **9.2.2. Buồng đốt**

Trong buồng đốt, năng lượng liên kết hoá học trong nhiên liệu được giải phóng vào không khí được trộn đều đi vào tuốc bin khí như dòng khí truyền động (sinh công). Sơ đồ chức năng của buồng đốt được vẽ trên hình.

Dòng không khí sơ cấp đi vào không gian buồng đốt qua bộ tạo xoáy của ống phun, trong đó năng lượng áp suất được biến thành động năng. Dòng không khí sơ cấp trong buồng đốt có thành phần tốc độ vòng quay này tạo nên trong buồng một dòng chảy phức tạp với sự giảm áp suất ở những đường kính phía trong. Nhờ vòi phun, nhiên liệu lỏng được phun mịn thành những giọt rất nhỏ và có tốc độ tương đối lớn so với không khí. Nhờ hiệu số nhiệt độ lớn mà nhiên liệu bốc hơi mạnh và sau khi hỗn hợp này đạt được nhiệt độ bốc cháy thì hỗn hợp bùng cháy. Do sự chênh lệch áp suất giữa các vùng, sẽ có một phần sản phẩm cháy quay trở lại những chỗ áp suất thấp và sấy nóng hỗn hợp chưa cháy, làm cho nhiệt độ của môi chất làm việc tăng lên. Khi phản ứng xảy ra ở nhiệt độ càng cao thì quá trình cháy sẽ trở nên ổn định hơn. Để tăng nhanh quá trình cháy thì cần thiết phải tạo ra các dòng rối bằng cách đưa thêm một bộ phận không khí vào phía trước buồng đốt. Quá trình cháy có hiệu suất cao nhất với hệ số không khí trong khoảng từ  $\alpha_1=1,3$  đến  $2,2$ .

#### **\* Quá trình làm việc của buồng đốt**

Quá trình làm việc của buồng đốt được xác định bởi cấu trúc của buồng đốt và bởi những tình trạng vận hành. Quá trình làm việc của buồng đốt bao gồm quá trình cháy đốt cháy nhiên liệu; quá trình hỗn hợp sản phẩm cháy với không khí; các điều kiện làm mát ống lửa; các điều kiện khi phụ tải thay đổi và khi mở máy.

#### **A. Quá trình cháy đốt cháy nhiên liệu**

Quá trình cháy đốt cháy nhiên liệu được xác định bởi quá trình phun nhỏ nhiên liệu, trạng thái không khí vào buồng đốt, trạng thái sản phẩm cháy, tỉ lệ dòng nhiệt khí đốt nhiên liệu và dạng hình học của buồng đốt.

Đối với chu trình đơn giản không có bộ trao đổi nhiệt, độ nén của máy nén thường nằm trong khoảng từ 4 đến 8 và nhiệt độ không khí vào buồng đốt thường từ  $200^{\circ}\text{C}$  đến  $320^{\circ}\text{C}$ .

Đối với chu trình đơn giản có bộ trao đổi nhiệt độ nén thường trong vòng 5, nhiệt độ không khí từ 300<sup>0</sup> đến 400<sup>0</sup>C.

Đối với những chu trình có độ nén nhiều cấp và quá trình đốt nhiều lần thường có độ nén là 12 tới 20.

Buồng đốt cao áp làm việc với nhiệt độ không khí vào khoảng 200<sup>0</sup>C khi không có bộ trao đổi nhiệt và với nhiệt độ 300<sup>0</sup>C đến 350<sup>0</sup>C khi dùng bộ trao đổi nhiệt. Buồng đốt hạ áp làm việc với áp suất khoảng 5 bar và nhiệt độ vào buồng đốt tới 600<sup>0</sup>C. Đối với những buồng đốt phụ của những chu trình hơi, khi làm việc ở áp suất trong vòng 11 bar với nhiệt độ của sản phẩm cháy từ 400<sup>0</sup>C tới 500<sup>0</sup>C.

Nhiệt độ ra của các sản phẩm cháy từ các buồng đốt của thiết bị tước bin công nghiệp đạt tới 850<sup>0</sup>C ở máy bay tới 1100<sup>0</sup>C.

Những tính chất vật lý của các loại nhiên liệu có ảnh hưởng mạnh tới quá trình cháy. Ảnh hưởng này được thể hiện rõ khi phun nhỏ nhiên liệu, khi tạo hỗn hợp.

### ***B. Những điều kiện làm việc của hỗn hợp các sản phẩm cháy và không khí***

Điều kiện hỗn hợp được xác định bởi trạng thái các sản phẩm cháy sơ cấp, từ giải đốt ở nhiệt độ gần 2000<sup>0</sup>C và bởi trạng thái không khí thứ cấp với nhiệt độ thấp hơn nhiều (khoảng từ 200<sup>0</sup> đến 600<sup>0</sup>C) và bởi trạng thái nhiệt độ của các sản phẩm cháy và của không khí tại điểm đầu tiên của hỗn hợp, bởi trường tốc độ tại điểm ra khỏi không gian đốt của buồng đốt và bởi dạng hình học của không gian hỗn hợp.

Không khí hỗn hợp (thứ cấp) vào không gian hỗn hợp với áp suất dư vừa phải qua các lỗ được bố trí phù hợp để có thể đạt được trường nhiệt độ đều nhất của sản phẩm cháy tại cửa ra khỏi buồng đốt. Quá trình hỗn hợp xảy ra trong nhiều hàng lỗ, mà tại đó không khí hỗn hợp chảy qua với động năng cao và có hướng vuông góc với dòng chính của sản phẩm này.

Quá trình hỗn hợp của hai dòng được thực hiện nhờ dòng rối xuất hiện tại bề mặt các dòng không khí làm mát. Để đạt được trường nhiệt độ đồng đều nhất với tổn thất áp suất thấp nhất, người ta dùng các bộ phận làm lệch dòng nhằm có thể rút ngắn chiều dài của không gian đốt. Độ không đều của trường nhiệt độ tại cửa ra buồng đốt thường có thể là  $\pm(5 \text{ đến } 20)\%$  giá trị nhiệt độ tuyệt đối trung bình của sản phẩm cháy.

### ***C. Các điều kiện làm mát ống lửa***

Điều kiện làm mát ống lửa được xác định bởi dòng nhiệt qua phân ống lửa, bởi trạng thái không khí đóng vai trò là chất làm mát và bởi trạng thái sản phẩm cháy là chất truyền nhiệt và bởi dạng hình học buồng đốt. Trong không gian đốt của buồng đốt, nhiệt độ cao do đó có dòng nhiệt bức xạ với cường độ rất lớn, còn trong phần hỗn hợp do nhiệt độ thấp hơn nên dòng nhiệt nhỏ hơn nhiều. Mặt ngoài của ống lửa có các cánh tản nhiệt và được làm mát nhờ đối lưu của không khí, mặt trong của ống lửa có một dòng không khí hay sản phẩm cháy ở các buồng áp suất hoặc từ buồng đốt phụ đi vào làm mát. Nhờ làm mát như vậy nên ở phía trong bộ phận ống lửa dòng nhiệt sẽ giảm đáng kể, đồng thời không khí đi vào sẽ được gia nhiệt mạnh bởi dòng sản phẩm cháy. Nhiệt độ ống lửa phụ thuộc nhiều vào các phương pháp dẫn không khí lạnh. Ở những buồng đốt ngược dòng, không khí được dẫn theo các cánh tản nhiệt của ống lửa với tốc độ lớn. Để ngăn ngừa sự tạo thành xỉ hoặc những chất cặn trong buồng đốt, phải đảm bảo để nhiệt độ thành ống lửa trong các chế độ tải lớn nằm trong khoảng 500<sup>0</sup> đến 600<sup>0</sup>C. Nhiệt độ cho phép của các ống lửa làm việc với ứng suất thấp ở những thiết bị tước bin khí trong công nghiệp khoảng từ 1000<sup>0</sup> đến 1100<sup>0</sup>C.

### 9.2.3. Tuốc bin khí

Năng lượng nhiệt của sản phẩm cháy được biến đổi thành cơ năng trong tuốc bin khí. Một phần lớn hơn của công suất tuốc bin được dùng để truyền động máy nén không khí, một phần nhỏ hơn còn lại của công suất là công suất hữu ích cung cấp cho các máy móc hoạt động (như máy phát điện, bơm, quạt thổi khí). Công suất tuốc bin gấp khoảng 2,5 đến 3,5 lần công suất hữu ích.

#### 9.2.3.1. Những yêu cầu kỹ thuật đối với tuốc bin

Công suất cũng như các đặc tính của tuốc bin có ảnh hưởng quyết định đến các đặc tính của toàn tổ máy. Để toàn bộ tổ máy tuốc bin khí làm việc đạt hiệu suất cao thì cần thiết phải đáp ứng được một số yêu cầu kỹ thuật quan trọng sau đây đối với tuốc bin là:

1. Hiệu suất của chuyển đổi năng lượng trong tuốc bin phải cao.
2. Cánh quạt của tuốc bin làm việc với nhiệt giáng lớn ở tốc độ vòng cao.
3. Phải đảm bảo các yêu cầu về khí động học và cơ học khi gia công các chi tiết bằng hợp kim chịu nhiệt khó gia công.

Khi so sánh tuốc bin khí và tuốc bin hơi, có thể rút ra một số điểm khác nhau giữa chúng như sau:

1. Tỷ lệ giãn nở giữa áp suất vào và ra của chu trình tuốc bin ngưng hơi thường trong khoảng 2000 đến 6000, còn ở tuốc bin khí là 4 đến 16.
2. Tỷ số của nhiệt độ tuyệt đối vào và ra ở tuốc bin hơi là 2 đến 4, còn ở tuốc bin khí khoảng 1,4.
3. Tỷ số thể tích vào và ra ở chu trình tuốc bin hơi khoảng 1000, còn tuốc bin khí từ 3 đến 9.
4. Nhiệt giáng đẳng entropi của tuốc bin hơi có thể tới 1600KJ/kg, ở tuốc bin khí 300 đến 620 KJ/kg.
5. Nhiệt thế thể tích dòng ở tuốc bin hơi là 0,035 m<sup>3</sup>/KJ, ở tuốc bin khí là 0,011 tới 0,022 m<sup>3</sup>/KJ.

#### 9.2.3.2. Những phần tử chính và phân loại tuốc bin khí

Tuốc bin khí có những phần chính sau đây:

1. Cổ ống vào dẫn các sản phẩm cháy từ buồng đốt vào dãy cánh tuốc bin.
2. Dây cánh tĩnh (đứng yên) để chuyển nhiệt năng thành động năng.
3. Rôto (bộ phận quay) để nhận công suất (cơ công) từ động năng của dòng sản phẩm cháy.
4. Cổ ống ra dùng chuyển đổi một phần động năng thành thế năng áp suất và dẫn sản phẩm cháy vào ống thoát.
5. Các chi tiết làm mát phần vỏ tuốc bin.
6. Các phụ kiện của tuốc bin (tương tự như ở máy nén).

Theo cách bố trí kết cấu có thể chia tuốc bin thành:

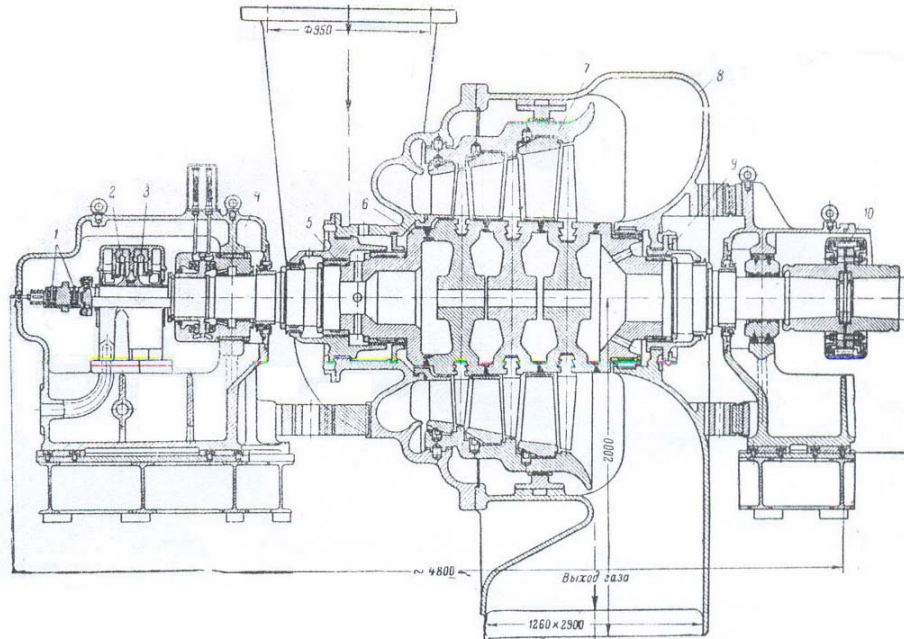
- a) Theo hình dạng của rôto tuốc bin khí có thể chia thành loại rôto có đĩa và loại rôto tang trống.

b) Theo hướng dòng chia thành tuốc bin khí dọc trục và tuốc bin khí hướng trục (thường là loại máy nhỏ hay quạt khí).

c) Theo cách làm mát chia thành loại tuốc bin khí có làm mát (đối với các sản phẩm cháy nhiệt độ cao) và loại không làm mát (đối với sản phẩm cháy nhiệt độ thấp)..

### A. Cổ ống vào

Hình dạng của nó được xác định bởi phương án thiết kế tuốc bin. Có thể bố trí dòng sản phẩm cháy theo hướng dọc trục từ buồng đốt vào các cánh tĩnh của tầng tuốc bin đầu tiên (tuốc bin máy bay hay tuốc bin chạy tải ngọn) hay dẫn các sản phẩm cháy từ hướng vuông góc với trục quay sang hướng dọc trục. Về mặt khí động phải, cần đảm bảo cho dòng khí trong các rãnh có tổn thất thủy lực cực tiểu, có độ đồng đều cao về trường nhiệt độ và tốc độ và có sự biến đổi góc của dòng vào cánh tĩnh đầu tiên phù hợp. Về độ bền, cần đảm bảo tạo hình dạng thích hợp sao cho ngoại lực và lực áp suất trong ở các trạng thái chuyển tiếp, hoặc khi phụ tải biến đổi và khi mở máy không làm biến dạng hoặc phá vỡ hình dạng của chi tiết máy.



Hình 9.5. Tuốc bin khí;

1-bộ phận an toàn; 2-bơm dầu của hệ thống điều khiển;  
3-bơm dầu của hệ thống bôi trơn; 4-ổ đỡ; 5-chèn trước;  
6-rôto; 7-thân; 8-ống ra; 9-chèn sau; 10-nối trục

Để tăng cường độ cứng của cổ ống dẫn vào người ta dùng lớp cách nhiệt bên trong, do có nhiệt trở lớn nên nhiệt độ của tường ngoài thấp đồng thời làm giảm độ không đều của nhiệt độ trong thân tuốc bin. Đôi khi người ta thiết kế khe rỗng để thổi gió vào giữa làm tách dòng sản phẩm cháy với thân thay cho lớp cách nhiệt. Để hạn chế các vết nứt bên trong thân thì yêu cầu tại cổ ống dẫn phải có phân bố nhiệt độ đều và trường nhiệt độ đối xứng qua trục với các lực cân bằng.

## **B. Stator**

Bộ phận này gồm thân và những bánh tĩnh. Thân tuốc bin khí phần lớn được bảo vệ để chống tác dụng trực tiếp của sản phẩm cháy nhờ lớp vật liệu ngăn cách giữa bộ phận đặt các bánh tĩnh, thân trung gian và các vòng chèn phía trên dây cánh động. Mục đích dùng thân trung gian là nhằm tạo được sự phân bố nhiệt đồng đều quanh chu vi để giảm tác dụng của ứng suất nhiệt ở các chế độ chuyển tiếp khi vận hành. Thân trung gian cũng có tác dụng phân chia stato thành các phần chức năng như chịu lửa, giới hạn dòng sản phẩm cháy và phân áp suất với nhiệt độ thấp hơn dùng chuyển đổi những ngoại lực và nội lực áp suất nhằm tạo ra khả năng thích hợp cho quá trình biến đổi dòng nhiệt trong tuốc bin và cũng để thuận lợi khi mở máy.

Đối với thiết kế máy bay để thay thế lớp ngăn bên trong nặng hơn của thân người ta dùng cánh thổi không khí áp suất thấp qua không gian giữa hai lớp lót bên trong và thân. Ở bánh tĩnh, do nhiệt độ thay đổi nhiều nên được chế tạo đảm bảo cho phép các cánh tĩnh hoặc các cụm cánh tĩnh có thể giãn nở được. Ngoài ra để đạt được hiệu suất cao, trên vành các cánh động có lắp vòng chèn hướng kính.

## **C. Rôto của tuốc bin khí**

Cấu trúc của rôto khác nhau tùy thuộc vào nhiệt độ của sản phẩm cháy vào tuốc bin. Khi sản phẩm cháy có nhiệt độ cao hơn, dùng rôto có đĩa thích hợp hơn, vì loại này làm mát dễ hơn. Rôto dạng tang trống có ưu điểm hơn về mặt công nghệ nhưng tất nhiên chỉ phù hợp đối với nhiệt độ sản phẩm cháy thấp.

Rôto có đĩa được làm nhờ bulông lắp ghép gắn đĩa vào các bích hay nhờ bulông siết ở tâm hay bằng vài bulông đặt theo chu vi. Để các bánh động có thể biến dạng theo hướng kính một cách độc lập thường nối trục với đĩa nhờ răng khía dọc trục. Rôto của tuốc bin nhiều tầng thường được đặt trong hai ổ đỡ, còn đối với loại có một đến hai tầng thì có thể lắp đĩa lên trục có một đầu tự do.

Ở các tuốc bin làm việc với tốc độ vòng cao, cánh được gắn trên đĩa nhờ chân cánh dạng cây thông. Cánh quạt động luôn là loại xoắn được hiệu chỉnh thích hợp với tiết diện nhỏ dần từ gốc đến đỉnh vừa làm giảm trọng lượng cánh vừa ít nguy hiểm khi đầu cánh chạm phải thân không gây tích tụ nhiệt cục bộ lớn, tạo hiệu quả vận hành tốt.

## **D. Cổ ống ra**

Cách bố trí của từng loại thiết bị tuốc bin sẽ quyết định Hình dạng cổ ống ra. Cổ ống ra thường hướng sản phẩm cháy từ hướng dọc trục thành hướng vuông góc với trục quay. Trong cổ ống ra là ống loe vành khăn dọc trục hay hình côn để chuyển đổi phần động năng của sản phẩm cháy thành áp suất ở lối ra từ tuốc bin.

## **E. Làm mát tuốc bin khí**

Một ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất và công suất riêng của tuốc bin khí là nhiệt độ sản phẩm cháy trước tuốc bin. Mức độ ảnh hưởng của nó hiển nhiên bị giới hạn do sức bền của vật liệu giảm khi nhiệt độ tăng. Để vật liệu có thể chịu được sản phẩm cháy có nhiệt độ cao thì cần làm mát các bộ phận bên ngoài của tuốc bin khí bằng cách thổi không khí nén hay hơi hoặc nước qua.

Những yêu cầu làm mát là:

1. Giữ nhiệt độ kim loại các phần ngoài ở giá trị cho phép.



2. Do ảnh hưởng của lượng không khí được trích ra để làm mát nên yêu cầu làm mát không vượt qui định.

3. Để giới hạn sức căng do biến dạng nhiệt gây nên, cần phải làm đồng đều trường nhiệt độ của kim loại ở những chỗ không thể dẫn nở được.

4. Hệ thống làm mát cần làm đơn giản, bền vững về hình dạng ở tất cả trạng thái vận hành và phải giữ được độ tin cậy vận hành.

5. Cần phải đảm bảo được quá trình công nghệ cho phép.

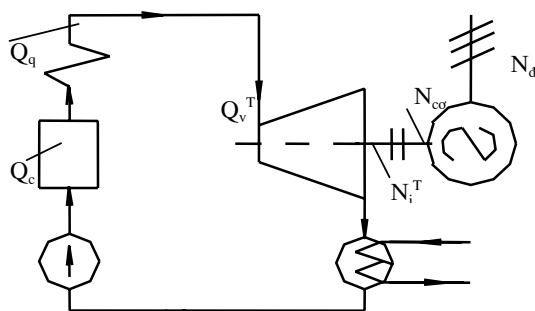
Làm mát cần tập trung vào những bộ phận chính như cánh quạt động, rôto, các cánh tĩnh và thân tuốc bin.

### PHẦN 3. NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

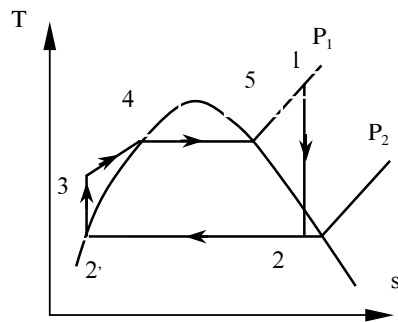
#### Chương 10. HIỆU QUẢ KINH TẾ TRONG SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG VÀ NHIỆT NĂNG

##### 10.1. HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NGUNG HƠI

Như đã trình bày ở mục 1.2, nhà máy điện ngưng hơi thuận tủy làm việc theo chu trình Renkin được biểu diễn trên hình 10.1.



Hình 10.1. Sơ đồ thiết bị nhà máy điện



Hình 10.2. Đồ thị T-s của chu trình NMD

Hiệu quả kinh tế nhiệt của nhà máy điện được biểu thị bằng hiệu suất nhiệt  $\eta_{nm}$  - là tỉ số giữa năng lượng điện nhận được và lượng nhiệt tiêu hao:

$$\eta_{nm}^{th} = \frac{N_d}{Q_{cc}} = \frac{N_d}{B_{tt} Q_t^{lv}} \quad (10-1)$$

$N_d$  - Công suất điện của nhà máy, KW

$B_{tt}$  - lượng nhiên liệu tiêu hao trong một giây, (kg/s)

$Q_t^{lv}$  - Nhiệt trị nhiên liệu (kj/kg),

$\eta_{nm}^{th}$  - Hiệu suất thô của nhà máy điện (khi chưa kể đến lượng điện tự dùng),

Mức độ kinh tế của nhà máy phụ thuộc vào hiệu suất của chu trình nhiệt, hiệu suất các thiết bị trong nhà máy như: lò hơi, tuốc bin, bình ngưng và một số thiết bị phụ. Trong quá trình biến đổi từ nhiệt năng thành điện năng luôn có các tổn thất sau:

- Tổn thất nhiệt ở lò hơi
- Tổn thất nhiệt trong tuốc bin,
- Tổn thất nhiệt trong bình ngưng,
- Tổn thất cơ của tuốc bin-máy phát do ma sát,
- Tổn thất nhiệt dọc các đường ống, gọi là tổn thất truyền tải nhiệt.

Biến đổi công thức (10-1) ta có:

$$\eta_{nm}^{th} = \frac{N_d}{B_{tt} Q_t^{lv}} = \frac{N_d}{N_{co}} \frac{N_{co}}{N_i^T} \frac{N_i^T}{Q_v^T} \frac{Q_v^T}{Q_{qn}} \frac{Q_{qn}}{Q_{cc}} \quad (10-2)$$

Trong đó:  $N_d$  - Công suất điện của nhà máy,  
 $N_{co}$  - Công suất cơ trên trục máy phát,  
 $N_i^T$  - Công suất trong thực tế của tuốc bin,  
 $Q_v^T$  - Lượng nhiệt cung cấp cho tuốc bin,  
 $Q_{qn} = G_{qn}(i_{qn} - i_{nc})$  - nhiệt lượng hơi quá nhiệt,  
 $Q_c = B_{tt}Q_t^{lv}$  - lượng nhiệt do nhiên liệu mang vào,  
 $G_{qn}$  - lượng hơi tiêu hao trong một giây,

Từ (10-2) ta thấy:

$$\eta_{mp} = \frac{N_d}{N_{co}} \text{ là hiệu suất của máy phát,}$$

$$\eta_{co} = \frac{N_{co}}{N_i^T} \text{ là hiệu suất cơ khí,}$$

$$\eta_{td}^{TB} = \frac{N_i^T}{Q_v^T} \text{ là hiệu suất trong tương đối của tuốc bin,}$$

$$\eta_{tt} = \frac{Q_v^T}{Q_{qn}} \text{ là hiệu suất của quá trình truyền tải nhiệt năng,}$$

$$\eta_{lo} = \frac{Q_{qn}}{Q_{cc}} \text{ là hiệu suất của lò hơi,}$$

Hiệu suất thô của nhà máy có thể viết:

$$\eta_{nm}^{tho} = \frac{N_d}{Q_{qn}} = \eta_{mp} \eta_{co} \eta_{td}^{TB} \eta_{tt} \eta_{lo} \quad (10-3)$$

Công suất điện sinh ra trên các cực của máy phát là:

$$N_d = GH_0 \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp} \quad (10-4)$$

Ở đây:  $G$  là lưu lượng hơi vào tuốc bin, (kg/s),

$H_0$  là nhiệt đáng lý thuyết của tuốc bin,

Suất tiêu hao hơi của tuốc bin là lượng hơi tiêu hao để sản xuất ra 1Kwh điện, bằng:

$$d_d = \frac{G}{N_d} = \frac{1}{H_0 \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}}, \text{ (kg/Kj);} \quad (10-5)$$

$$d_d = \frac{G}{N_d} = \frac{3600}{H_0 \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}}, \text{ (kg/Kwh);} \quad (10-6)$$

Suất tiêu hao nhiệt của tuốc bin là lượng nhiệt tiêu hao để sản xuất ra 1Kwh điện, bằng:

$$q_d = \frac{Q_d}{N_d} = \frac{G(i_1 - i_2)}{N_d} = d_d(i_1 - i_2), \text{ (kj/Kwh)} \quad (10-7)$$

Suất tiêu hao nhiệt của nhà máy là lượng nhiệt tiêu hao để sản xuất ra 1Kwh điện có kể đến tổn thất trong lò và tổn thất truyền dẫn hơi đi, bằng:

$$q_{nm} = \frac{Q_{qn}}{N_d} = \frac{Q_d}{N_d \eta_{lo} \eta_{tt}} = \frac{q_d}{\eta_{lo} \eta_{tt}}, \text{ (kj/Kwh)} \quad (10-8a)$$

$$q_{nm} = \frac{d_d(i_1 - i_2)}{\eta_{lo} \eta_{tt}} = \frac{(i_1 - i_2)}{H_0 \eta_{lo} \eta_{tt} \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}} =, \text{ (kj/Kwh)} \quad (10-8b)$$

$$q_{nm} = \frac{1}{\eta_{lo} \eta_{tt} \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}} =, \text{ (kj/Kwh)} \quad (10-8c)$$

Suất tiêu hao nhiên liệu của nhà máy là lượng nhiên liệu tiêu hao để sản xuất ra 1Kwh điện, bằng:

$$b = \frac{B}{N_d} = \frac{Q_{qn}}{N_d Q_{th}^{lv}} = \frac{q_{nm}}{Q_{th}^{lv}} = \frac{1}{\eta_{nm} Q_{th}^{lv}}, \text{ (kg/Kwh)} \quad (10-9)$$

Suất tiêu hao nhiên liệu tiêu chuẩn:

$$b = \frac{1}{29330 \eta_{nm}} = \frac{0.123}{\eta_{nm}}, \text{ (kg/Kwh)} \quad (10-10)$$

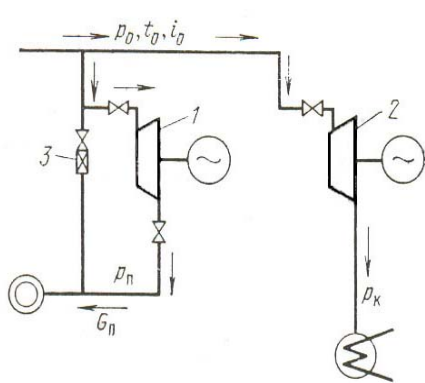
## 10.2. HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA TRUNG TÂM NHIỆT ĐIỆN

### 10.2.1. Sơ đồ sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng

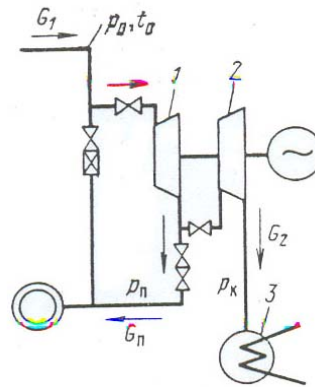
Trong trung tâm nhiệt điện có nhiều phương án bố trí để sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng.

Khi cung cấp nhiệt cho một loại hệ tiêu thụ nhiệt (các hệ tiêu thụ nhiệt có cùng một áp suất hơi) có thể dùng tuốc bin đối áp và tuốc bin ngưng hơi thuần túy như ở hình 10.3. hoặc tuốc bin ngưng hơi có một cửa trích điều chỉnh như ở hình 10.4.

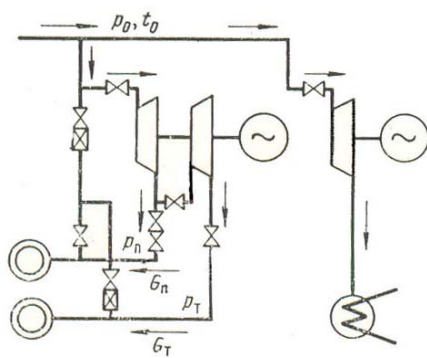
Khi cung cấp nhiệt cho hai loại hệ tiêu thụ nhiệt, có thể dùng tuốc bin đối áp có một cửa trích điều chỉnh và tuốc bin ngưng hơi thuần túy như ở hình 10.5a. hoặc tuốc bin ngưng hơi có hai cửa trích điều chỉnh như ở hình 10.5b.



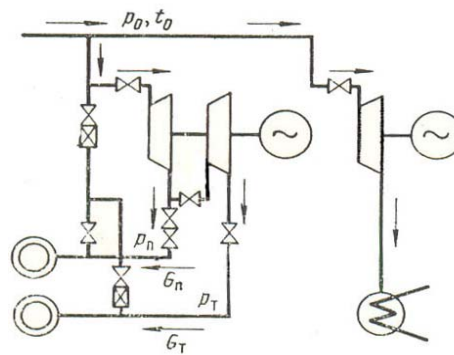
Hình 10.3. Dùng tuốc bin đối áp và tuốc bin ngưng hơi thuận tủy



Hình 10.4. Dùng tuốc bin ngưng hơi có một cửa trích



Hình 10.5a. Dùng tuốc bin đối áp có một cửa trích và tuốc bin ngưng hơi



Hình 10.5b. Dùng tuốc bin ngưng hơi có hai cửa trích

### 10.2.2. Hiệu quả của việc sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng

Hình 10.6. trình bày các phương án sản xuất điện năng và nhiệt năng. Để có thể so sánh hiệu quả của quá trình sản xuất điện năng và nhiệt năng theo hai phương án riêng rẽ và phối hợp ta cần tính toán lượng hơi tiêu thụ cho hai phương án đó khi cung cấp cho hệ tiêu thụ một lượng điện  $N_d$  và lượng nhiệt  $Q$  như nhau.

Khi sản xuất riêng rẽ điện năng và nhiệt năng, điện năng sẽ được đảm bảo bằng tuốc bin ngưng hơi, còn nhiệt năng cấp cho hệ tiêu thụ được đảm bảo bằng lò hơi riêng hoặc cùng một lò hơi nhưng phải qua bộ giảm ôn giảm áp như trình bày trên hình 10.6a. Để đảm bảo cấp cho hệ tiêu thụ được lượng điện  $N_d$  cần phải tiêu tốn một lượng hơi là  $G_d$  và cấp cho hệ tiêu thụ lượng nhiệt  $Q$  cần phải tiêu tốn một lượng hơi là  $G_n$ , tổng lượng hơi tiêu tốn khi sản xuất riêng rẽ là:

$$G_r = G_d + G_n \quad (10-11)$$

Khi sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng thì cả điện năng và nhiệt năng được cung cấp bằng tuốc bin ngưng hơi có một cửa trích điều chỉnh như trình bày trên hình 10.6b. Để đảm bảo đồng thời được lượng điện  $N_d$  và lượng nhiệt  $Q$  cho hộ tiêu thụ cần phải tiêu tốn một lượng hơi là  $G_{ph}$ .

Để tính toán lượng hơi tiêu hao trong trường hợp này ta giả sử tuốc bin làm việc như một tuốc bin ngưng hơi thuần túy, nghĩa là lượng hơi trích  $G_n = 0$ . Khi đó muốn sản xuất ra lượng điện  $N_d$  thì theo (10-3) cần tiêu hao một lượng hơi là:

$$G_d = \frac{N_d}{(i_0 - i_k) \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}} \quad (10-12)$$

Nếu trích đi một lượng hơi  $G_n$  cấp cho hộ dùng nhiệt nghĩa là lượng hơi  $G_n$  này không vào phân hạ áp, không tham gia sinh công để sản xuất điện năng trong phân hạ áp, vì vậy lượng điện sản xuất ra sẽ giảm đi một lượng là:

$$\Delta N_d = G_n (i_n - i_k) \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp} \quad (10-13)$$

Để bù lại lượng điện đã giảm đi, cần phải tăng thêm vào tuốc bin một lượng hơi có thể sản xuất ra lượng điện đã bị thiếu  $\Delta N_d$  là:

$$\Delta G = \frac{\Delta N_d}{(i_0 - i_k) \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}} \quad (10-14)$$

Thay  $\Delta N_d$  từ (10-13) vào (10-14) ta được:

$$\Delta G = \frac{G_n (i_n - i_k) \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}}{(i_0 - i_k) \eta_{td}^{TB} \eta_{co} \eta_{mp}} \quad (10-15)$$

hay:

$$\Delta G = G_n \frac{(i_n - i_k)}{(i_0 - i_k)} = y G_n, \quad (11-16)$$

trong đó:  $\frac{(i_n - i_k)}{(i_0 - i_k)} = y$  được gọi là hệ số năng lượng của dòng hơi trích.

Như vậy lượng hơi tiêu tốn trong quá trình sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng là:

$$G_{ph} = G_d + \Delta G \quad (10-17)$$

$$G_{ph} = G_d + y G_n \quad (10-18)$$

Rõ ràng  $(i_n - i_k) < (i_0 - i_k)$ , do đó:  $\frac{(i_n - i_k)}{(i_0 - i_k)} = y < 1$

So sánh (10-17) với (10-18) và lưu ý ( $y < 1$ ) ta thấy sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng tốn ít hơi hơn sản xuất riêng rẽ một lượng là:

$$\Delta G_{tk} = G_r - G_{ph} = (G_d + G_n) - (G_d + y G_n)$$

$$\Delta G_{tk} = (1 - y) G_n \quad (10-19)$$

Lượng hơi đi vào bình ngưng khi sản xuất phối hợp là:

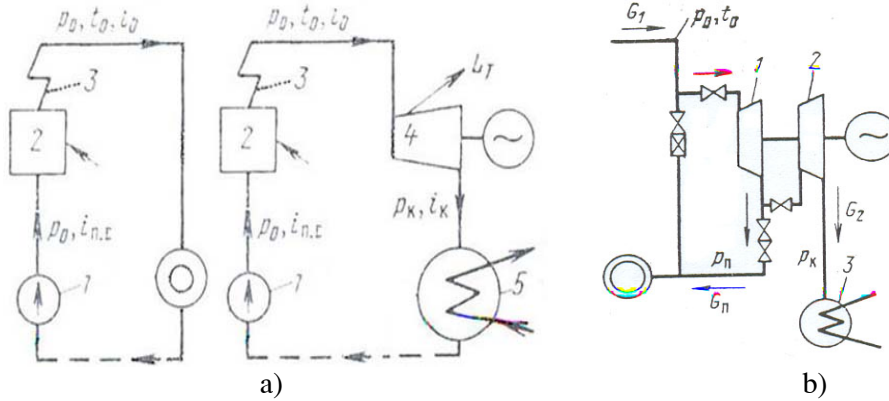
$$G'_k = G_{ph} - G_n = G_d + y G_n - G_n = G_d - (1 - y) G_n \quad (10-20)$$

Lượng hơi đi vào bình ngưng khi sản xuất phối hợp nhỏ hơn khi sản xuất riêng rẽ một lượng là:

$$\Delta G_k = G'_k - G_k = G_d - [G_d - (1 - y)G_n] \quad (10-21)$$

$$\Delta G_k = (1 - y)G_n \quad (10-22)$$

Khi sản xuất phối hợp điện năng và nhiệt năng trong tuốc bin có cửa trích, nhờ giảm được lượng hơi  $G_k$  vào bình ngưng nên giảm được tổn thất nhiệt do nhả nhiệt cho nước làm mát trong bình ngưng.



Hình 10.6. Các phương án sản xuất điện năng và nhiệt năng  
a- sản xuất riêng rẽ; b- sản xuất phối hợp

Lượng nhiệt tiết kiệm được khi sản xuất điện bằng tuốc bin trích hơi là:

$$\Delta Q_d = Q^{ng} - Q^{tr} = \Delta G_k (i_k - i'_k) \quad (10-23)$$

Trong đó:

Lượng nhiệt tiêu hao cho tuốc bin trích hơi là:  $Q_{tr} = N_d + Q_k^{tr}$

Lượng nhiệt tiêu hao cho tuốc bin ngưng hơi là:  $Q^{ng} = N_d + Q_k^{ng}$

thay  $\Delta G_k$  từ (10-20) vào (10-21) ta được:

$$\Delta Q_d = (1 - y)G_n (i_k - i'_k) \quad (10-24)$$

### 10.3. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN

### 10.3.1. Thay đổi thông số hơi

Hiệu suất nhiệt của chu trình Rankin cũng có thể biểu thị bằng hiệu suất chu trình Carno tương đương:

$$\max \eta_t = \eta_{\text{tcarno}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (10-29)$$

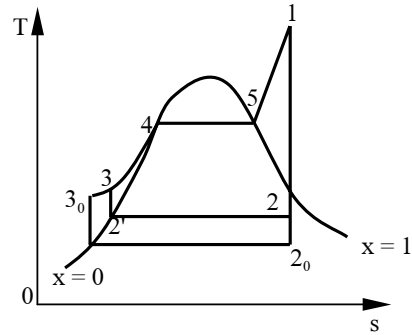
Từ (10-27) ta thấy: hiệu suất nhiệt của chu trình khi giảm nhiệt độ trung bình  $T_{2tb}$  của quá trình nở nhiệt trong bình ngưng hoặc tăng nhiệt độ trung bình  $T_{1tb}$  của quá trình cấp nhiệt trong lò hơi.

#### 10.3.1.1. Giảm nhiệt độ trung bình của quá trình nở nhiệt $T_{2tb}$

Hình 10.7 biểu diễn chu trình Rankin có áp suất cuối giảm từ  $p_2$  xuống  $p_{20}$ , khi nhiệt độ đầu  $t_1$  và áp suất đầu  $P_1$  không thay đổi.

Khi giảm áp suất ngưng tụ  $p_2$  của hơi trong bình ngưng, thì nhiệt độ bão hòa  $t_s$  cũng giảm theo, do đó nhiệt độ trung bình  $T_{2tb}$  của quá trình nở nhiệt giảm xuống. Theo (10-29) thì hiệu suất nhiệt  $\eta_t$  của chu trình tăng lên.

Tuy nhiên, nhiệt độ  $t_s$  bị giới hạn bởi nhiệt độ nguồn lạnh (nhiệt độ nước làm mát trong bình ngưng), do đó áp suất cuối của chu trình cũng không thể xuống quá thấp, thường từ 2Kpa đến 5Kpa tùy theo điều kiện khí hậu từng vùng. Mặt khác, khi giảm áp suất  $p_2$  xuống thì độ ẩm của hơi ở các tầng cuối tuốc bin cũng giảm xuống, sẽ làm giảm hiệu suất và tuổi thọ Tuốc bin, do đó cũng làm giảm hiệu suất chung của toàn nhà máy.



Hình 10.7. ảnh hưởng của áp suất cuối

#### 10.3.1.2. Nâng cao nhiệt độ trung bình của quá trình cấp nhiệt $T_{1tb}$

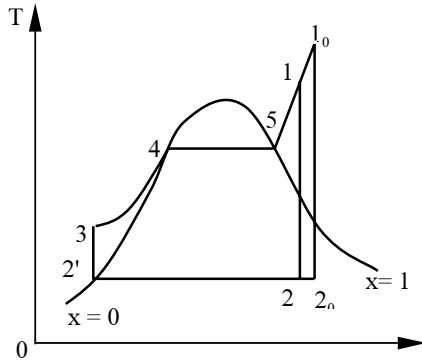
Theo (10-29) ta thấy khi nhiệt độ trung bình  $T_1$  của quá trình cấp nhiệt tăng lên, thì hiệu suất  $\eta_t$  chu trình sẽ tăng lên. Để nâng nhiệt độ trung bình của quá trình cấp nhiệt  $T_{1tb}$ , có thể tăng áp suất đầu  $p_1$  hoặc nhiệt độ đầu  $t_1$ .

Nếu giữ nguyên áp suất hơi quá nhiệt  $p_1$  và áp suất cuối  $p_2$ , tăng nhiệt độ đầu  $t_1$  (hình 10.8) thì nhiệt độ trung bình  $T_{1tb}$  của quá trình cấp nhiệt cũng tăng lên.

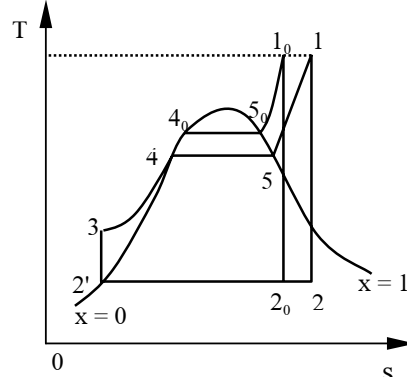
Nếu giữ nguyên nhiệt độ hơi quá nhiệt  $t_1$  và áp suất cuối  $p_2$ , tăng áp suất đầu  $p_1$  (hình 10.9) thì nhiệt độ sôi của quá trình 4-5 tăng, do đó nhiệt độ trung bình  $T_{1tb}$  của



quá trình cấp nhiệt 3451 cũng tăng lên trong khi  $T_{2tb}$  giữ nguyên, dẫn đến hiệu suất nhiệt  $\eta_t$  của chu trình tăng lên.



Hình 10.8. ảnh hưởng của nhiệt độ đầu



Hình 10.9. ảnh hưởng của áp suất đầu

Khi tăng nhiệt độ đầu thì độ ẩm giảm, nhưng tăng áp suất đầu thì độ ẩm tăng. Do đó trên thực tế người ta thường tăng đồng thời cả áp suất và nhiệt độ đầu để tăng hiệu suất chu trình mà độ ẩm không tăng, nên hiệu suất của chu trình Rankin thực tế sẽ tăng lên. Chính vì vậy, ứng với một giá trị áp suất đầu người ta sẽ chọn nhiệt độ đầu tương ứng, hai thông số này gọi là thông số kết đôi.

### 10.3.2. Chu trình trích hơi gia nhiệt nước cấp

Một biện pháp khác để nâng cao hiệu suất chu trình Rankin là trích một phần hơi từ tuốc bin để gia nhiệt hâm nước cấp trước khi bơm nước cấp cho lò. Sơ đồ thiết bị chu trình gia nhiệt hâm nước cấp được biểu diễn trên hình 10-10. Chu trình này khác chu trình Rankin ở chỗ: Cho 1kg hơi đi vào tuốc bin, sau khi dẫn nở trong phần đầu của Tuốc bin từ áp suất  $p_1$  đến áp suất  $p_2$ , người ta trích một lượng hơi  $g_1$  và  $g_2$  để gia nhiệt nước cấp, do đó lượng hơi đi qua phần sau của tuốc bin vào bình ngưng sẽ giảm xuống chỉ còn là  $g_k$ :

$$g_k = 1 - g_1 - g_2 \quad (10-30)$$

Lượng nhiệt nhả ra trong bình ngưng cũng giảm xuống chỉ còn:

$$q_2^{hn} = (i_2 - i_{2'}) (1 - g_1 - g_2) < i_2 - i_{2'} \quad (10-31)$$

Hiệu suất chu trình có trích hơi hâm nóng nước cấp là:

$$\eta_{ct}^{tr} = \frac{q_1 - |q_2^{hn}|}{q_1} = \frac{1}{q_1} \quad (10-32)$$

Lượng hơi vào bình ngưng giảm, nghĩa là lượng nhiệt  $q_2$  mà hơi nhả ra cho nước làm mát trong bình ngưng cũng giảm. Từ (10-32) rõ ràng ta thấy hiệu suất nhiệt chu trình có trích hơi gia nhiệt hâm nước cấp tăng lên.

Gọi công của dòng hơi ngưng sinh ra trong tuốc bin là:

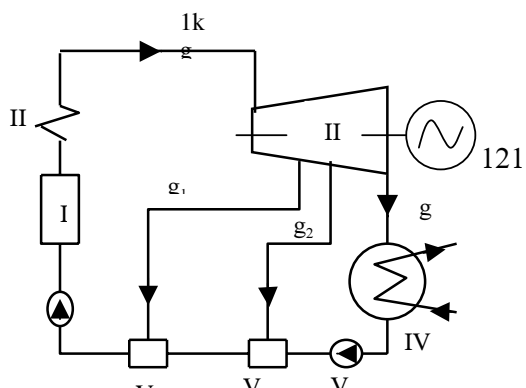
$$l_k = g_k (i_0 - i_k) = g_k h_0$$

công của dòng hơi trích sinh ra trong tuốc bin là:

$$l_{tr} = g_{tr} (i_0 - i_{tr}) = g_{tr} h_{tr}$$

và nhiệt lượng cấp cho 1kg hơi trong lò là:

$$q_{0k} = i_0 - i_{nc}$$



$\frac{l_{0k}}{q_{ok}} = \eta_{ct}^k$  là hiệu suất của chu trình ngưng hơi thuần túy (không có trích hơi),

$\frac{\sum_1^n l_{tr}}{l_{ok}} = \frac{\sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k h_{ok}} = A_{tr}$  là hệ số năng lượng của dòng hơi trích,

Khi đó ta có hiệu suất của chu trình có trích hơi gia nhiệt nước cấp là:

$$\eta_{ct}^{tr} = \frac{g_k h_0 + \sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k q_{ok} + \sum_1^n g_{tr} h_{tr}} = \frac{h_0 \left( 1 + \frac{\sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k h_0} \right)}{q_{ok} \left( 1 + \frac{\sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k q_{ok}} \right)} = \frac{h_0 \left( 1 + \frac{\sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k h_0} \right)}{q_{ok} \left( 1 + \frac{\sum_1^n g_{tr} h_{tr}}{g_k h_0} \frac{g_k h_0}{g_k q_{ok}} \right)} \quad (10-33)$$

hay:

$$\eta_{ct}^{tr} = \eta_{ct}^k \frac{1 + A_{tr}}{1 + A_{tr} \eta_{ct}^k} \quad (10-34)$$

vì  $\eta_{ct}^k < 1$  do đó  $(1 + A_{tr}) > (1 + A_{tr}) \eta_{ct}^k$ , nghĩa là  $\frac{1 + A_{tr}}{1 + A_{tr} \eta_{ct}^k} > 1$

hay:

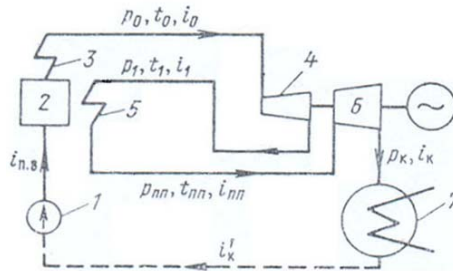
$$\eta_{ct}^{tr} > \eta_{ct}^k, \quad (10-35)$$

Công thức (10-35) chứng tỏ hiệu suất của chu trình có trích hơi gia nhiệt nước cấp luôn luôn lớn hơn hiệu suất của chu trình ngưng hơi thuần túy (không có trích hơi gia nhiệt).

### 10.3.3. Quá nhiệt trung gian hơi

Như đã phân tích ở trên, để nâng cao hiệu suất chu trình của nhà máy ta có thể tăng đồng thời cả áp suất và nhiệt độ đầu của hơi quá nhiệt. Nhưng thực tế không thể

tăng nhiệt độ  $T_0$  lên mãi được vì bị hạn chế bởi sức bền của kim loại chế tạo các thiết bị, nếu chỉ tăng áp suất  $p_0$  lên thôi thì độ ẩm của hơi cuối tuốc bin tăng lên, làm giảm hiệu suất tuốc bin, tăng khả năng mài mòn và ăn mòn các cánh tuốc bin. Để khắc phục tình trạng này, người ta cho hơi dẫn nở sinh công trong một số tầng đầu của tuốc bin rồi đưa trở lại lò hơi quá nhiệt một lần nữa (gọi là quá nhiệt trung gian hơi) để tăng nhiệt độ hơi, sau đó đưa trở lại các tầng tiếp theo của tuốc bin và tiếp tục dẫn nở sinh công đến áp suất cuối  $p_k$  (QNTG).



Hình 10.11. Sơ đồ nguyên lý của chu trình có quá nhiệt trung gian.  
 1- Bơm nước cấp; 2- Lò hơi; 3- Bộ quá nhiệt; 4- Phần cao áp tuốc bin;  
 5- Bộ quá nhiệt trung gian; 6- Phần hạ áp tuốc bin; 7- Bình ngưng

Hình 10.11 biểu diễn sơ đồ nguyên lý của chu trình có quá nhiệt trung gian.

Mục đích của quá nhiệt trung gian là giảm bớt độ ẩm cuối tuốc bin và tăng nhiệt độ hơi vào các tầng tiếp theo. Nhiệt độ hơi ra khỏi bộ quá nhiệt trung gian có thể lên đến bằng nhiệt độ hơi ban đầu (trước khi vào tuốc bin).

Có thể xem chu trình quá nhiệt trung gian gồm hai chu trình, chu trình chính (chu trình ban đầu) và chu trình phụ.

Chu trình ban đầu tiêu thụ một lượng nhiệt là  $q_0$  và sinh công là  $l_0$ ,

Chu trình phụ tiêu thụ một lượng nhiệt là  $\Delta q_{tg}$  và sinh công là  $\Delta l_{tg}$ .

Hiệu suất chu trình có quá nhiệt trung gian có thể viết là:

$$\eta_{ct}^{tg} = \frac{l_0 + \Delta l_{tg}}{q_0 + \Delta q_{tg}} = \frac{l_0}{q_0} \frac{1 + \frac{\Delta l_{tg}}{l_0}}{1 + \frac{\Delta q_{tg}}{q_0}} \quad (10-36)$$

trong đó:

$\frac{l_0}{q_0} = \eta_{ct}^k$  là hiệu suất chu trình ban đầu không có quá nhiệt trung gian,

$\frac{\Delta l_{tg}}{\Delta q_{tg}} = A$  là hệ số năng lượng của chu trình phụ, có thể viết lại:

$$\eta_{ct}^{tg} = \frac{l_0}{q_0} \frac{1 + \frac{\Delta l_{tg}}{l_0}}{\frac{l_0}{1 + \frac{\Delta l_{tg}}{l_0} \frac{q_0}{\Delta q_{tg}}}} = \eta_{ct}^k \frac{1 + A}{1 + A \frac{\eta_{ct}^k}{\eta_{ct}'}} \quad (10-37)$$

Từ (10-37) ta thấy:

$$\eta_{ct}^{qn} > \eta_{ct}^k \text{ khi } (1+A) > (1+A \frac{\eta_{ct}^k}{\eta_{ct}'}) \text{ nghĩa là } \eta_{ct}^k < \eta_{ct}'$$

Tóm lại quá nhiệt trung gian làm cho hiệu suất chu trình tăng lên khi  $\eta_{ct}' > \eta_{ct}^k$  tức là khi hiệu suất chu trình phụ lớn hơn hiệu suất chu trình ban đầu. Như vậy muốn nâng cao hiệu suất chu trình bằng quá nhiệt trung gian thì phải chọn giá trị áp suất hơi trước khi đi quá nhiệt trung gian và nhiệt độ hơi sau khi quá nhiệt trung gian hợp lý để nhiệt độ tương đương của chu trình phụ lớn hơn chu trình ban đầu, thỏa mãn điều kiện  $\eta_{ct}' > \eta_{ct}^k$

Thực tế chứng tỏ rằng: Quá nhiệt trung gian đem lại hiệu quả tối đa chỉ khi áp suất hơi đi quá nhiệt trung gian bằng (0,25-0,3) áp suất hơi mới  $p_{lg}$ .

#### 10.3.4. Mở rộng nhà máy với thông số cao

Việc xây dựng nhà máy điện trước hết nhằm đáp ứng yêu cầu về công suất hiện tại. Nhưng nhu cầu về điện năng sẽ không ngừng tăng lên, do đó để có thể đáp ứng được phần nào nhu cầu của những năm tiếp theo của sản xuất, ngay từ giai đoạn thiết kế nhà máy đã phải tính đến những điều kiện để có thể mở rộng nhà máy cho những năm tiếp theo như: nguồn nước, vị trí và diện tích đất, hướng mở rộng . . . .

Trong thực tế, song song với việc xây dựng mới các nhà máy có công suất và thông số lớn hơn, người ta còn tiến hành mở rộng các nhà máy cũ bằng cách đặt thêm các thiết bị có công suất và thông số lớn hơn. Việc mở rộng các nhà máy cũ có thể tiến hành theo hai phương án:

##### 10.3.4.1. Mở rộng nhà máy điện bằng phương pháp đặt chồng

Mở rộng nhà máy điện bằng phương pháp đặt chồng được biểu diễn trên hình 10.12.

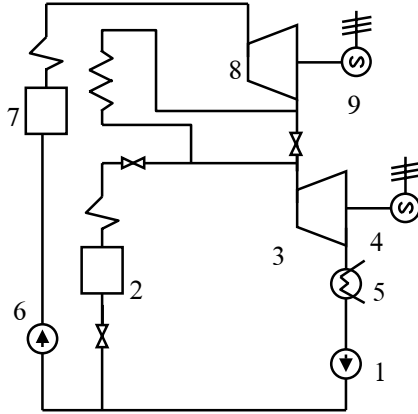
Nội dung của phương pháp đặt chồng là đưa một bộ phận hay toàn bộ nhà máy điện đang vận hành với thông số thấp lên nhà máy có thông số cao. Xây dựng chồng ngoài ý nghĩa mở rộng công suất còn bao hàm ý nghĩa hiện đại hóa một nhà máy có trình độ kỹ thuật còn thấp.

Muốn xây dựng chồng người ta đặt thêm tước bin và lò hơi thông số cao. Tước bin cao áp thì có thể chọn loại đối áp hay loại trích hơi và được cấp hơi từ lò hơi mới.

ở đây ta chỉ xét phương án dùng tước bin đối áp để đặt chồng.

Hơi thoát của tuốc bin đặt chông phải có áp suất bằng áp suất hơi mới của tuốc bin cũ đang vận hành, nhiệt độ hơi thoát nếu trùng thì tốt nhất, nếu nhỏ hơn thì phải áp dụng quá nhiệt trung gian trước khi đưa vào tuốc bin cũ..

Thực hiện đặt chông cao áp thì hiệu suất nhà máy sẽ tăng lên.



Hình 10-12. Sơ đồ đặt chông  
 chông  
 1, 2, 3, 4, 5-Bơm nước cấp, lò hơi, tuốc bin, máy phát và bình ngưng của hệ thống cũ.  
 6, 7, 8, 9-Bơm nước cấp, lò hơi, tuốc bin và máy phát của hệ thống mới,

Đặt chông có thể thực hiện một phần hoặc thực hiện hoàn toàn, nghĩa là tuốc bin cũ chỉ nhận một phần hoặc toàn bộ hơi từ tuốc bin đặt chông, khi đặt chông một phần thì lò hơi cũ vẫn phải làm việc, còn thực hiện hoàn toàn thì lò hơi cũ chỉ để dự phòng hoặc có thể tháo đi. Hiệu suất chu trình khi có đặt chông không hoàn toàn sẽ bằng :

$$\eta_{ct}^{ch} = \frac{l_0 + l_{ch}}{q_0 + l_{ch}} = \frac{l_0}{q_0} \frac{1 + \frac{l_{ch}}{l_0}}{1 + \frac{l_{ch}}{q_0}}$$

$$\eta_{ct}^{ch} = \eta_{ct}^k \frac{1 + A_{ch}}{1 + A_{ch} \eta_{ct}^k} \quad (10-38)$$

Trong đó:  $\eta_{ct}^{ch} = \frac{l_0}{q_0}$  là hiệu suất của chu trình ban đầu (thiết bị cũ).

$A_{ch}$  là hệ số năng lượng của đặt chông.

$$A_{ch} = \frac{\alpha_{ch}(i_{ch} - i_0)}{i_0 - i_k} \quad (10-39)$$

$\alpha_{ch}$  là tỷ lệ giữa lượng hơi mới đưa vào so với lượng hơi của tuốc bin cũ

$i_{ch}$ ,  $i_0$  và  $i_k$  là Entanpi của hơi ở trước tuốc bin đặt chông, trước tuốc bin cũ và sau tuốc bin cũ.

Do đặt chông nên hiệu suất của chu trình tăng lên được một lượng là.

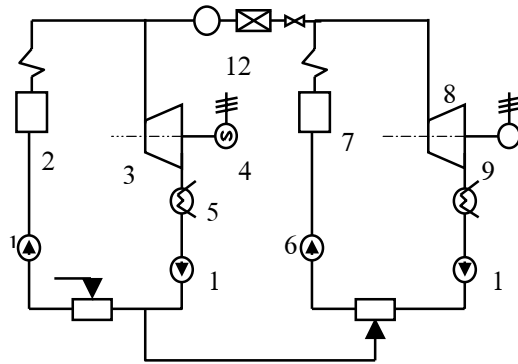
$$\Delta\eta^{ch} = \frac{\eta^{ch} - \eta_{ct}^k}{\eta_{ct}^k} = \frac{A_{ch}(1 - \eta_{ct}^k)}{1 + A_{ch} \cdot \eta_{ct}^k} \quad (10-40)$$

Qua đây ta thấy rằng hiệu quả của việc đặt chồng càng lớn nếu  $\eta_{ct}^k$  càng thấp và  $A_{ch}$  càng cao. Hệ số năng lượng  $A_{ch}$  lớn nhất khi  $\alpha_{ch} = 1$  nghĩa là khi đặt chồng hoàn toàn.

#### 10.3.4.2. Mở rộng nhà máy điện bằng phương pháp đặt kê

Mở rộng nhà máy điện bằng phương pháp đặt kê được biểu diễn trên hình 10.13. Nội dung của phương pháp này là đặt thêm một hệ thống lò, tuốc bin có đầy đủ các thiết bị phụ bên cạnh hệ thống cũ.

Nếu hệ thống mới có thông số cao hơn thì nối với với hệ thống cũ phải qua bộ giảm ôn giảm áp.



Hình 10-13 Sơ đồ đặt kê  
1, 2, 3, 4, 5-Bơm nước cấp, lò hơi, tuốc bin, máy phát và bình ngưng của hệ thống cũ.  
6, 7, 8, 9-Bơm nước cấp, lò hơi, tuốc bin và máy phát của hệ thống mới,

### 10.4. KHỬ KHÍ TRONG NHÀ MÁY ĐIỆN

Khử khí cho nước cấp là loại trừ ra khỏi nước những chất khí hòa tan trong nước, chủ yếu là khí  $O_2$ . Khí này có lẫn trong nước sẽ gây ra hiện tượng ăn mòn bên trong các bề mặt đốt của lò và các thiết bị. Phương pháp thông dụng ở nhà máy điện là khử khí bằng nhiệt.

Theo định luật Henry thì mức độ hoà tan trong nước của một chất khí phụ thuộc vào:

- Nhiệt độ của nước.
- áp suất riêng phần của chất khí ấy ở phía trên mặt nước.

Nếu gọi  $G_{kh}$  là lượng khí hoà tan trong nước,  $k_{kh}$  là hệ số hoà tan của chất khí trong nước và  $p_{kh}$  là áp suất riêng phần của chất khí ấy ở phía trên mặt thoáng thì:

$$G_{kh} = k_{kh} \cdot p_{kh} \quad (10-41)$$

Theo định luật Dalton thì áp suất của một hỗn hợp khí bằng tổng áp suất riêng phần của từng chất khí thành phần. Nếu coi khoảng không trên mặt nước là buồng chứa hỗn hợp khí thì hơi nước cũng là một chất khí thành phần trong hỗn hợp đó. Vì vậy ta có thể viết:

$$p_{kh} = p - p_h - \sum_2^n p_i \quad (10-42)$$

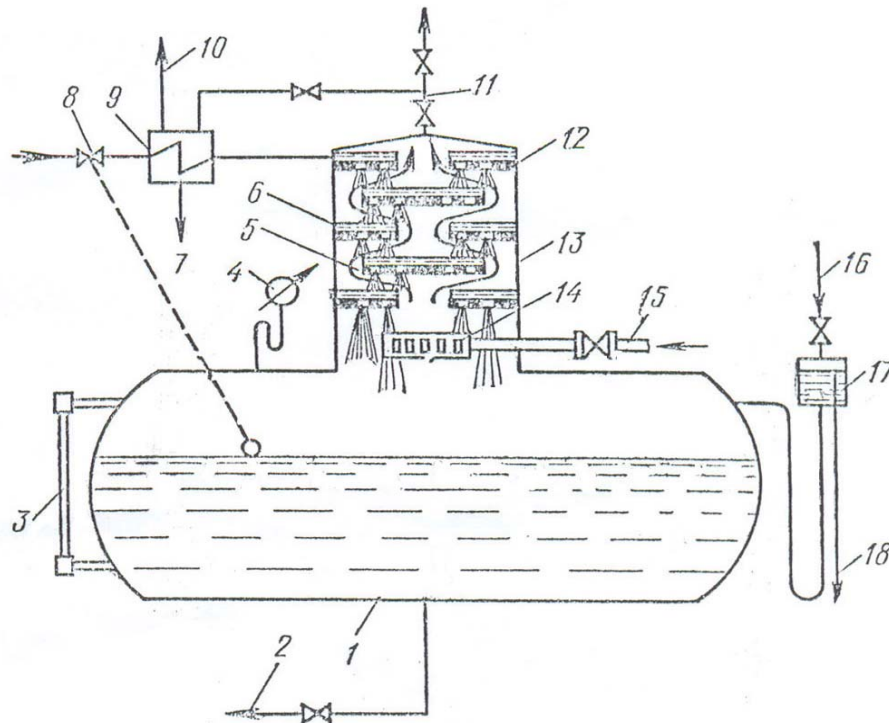
Trong đó:  $p$  là áp suất chung của hỗn hợp khí trên mặt nước.

$p_h$  là áp suất riêng phần của hơi nước.

$p_{kh}$  là áp suất riêng phần của một chất khí thành phần nào đó.

Thay vào (10-41) ta sẽ tìm được lượng oxy hoà tan trong nước:

$$G_{O_2} = k_{O_2} (p - p_h - \sum_2^n p_i) \quad (10-43)$$



Hình 10.14. Bình khử khí

1-thùng chứa; 2-nước cấp; 3-ống thủy; 4-đồng hồ áp suất; 5-khí thoát; 6-đĩa phân phối nước; 7-nước ngưng từ hơi thoát; 8-van tín hiệu; 9-bình ngưng tụ hơi; 10-khí thoát; 12-phân phối nước; 13-cột khử khí; 14-phân phối hơi; 15-hơi vào

Mục đích của khử khí là loại trừ  $O_2$  hòa tan trong nước ra khỏi nước. Nếu áp suất riêng phần  $p_{O_2}$  của Oxy trong nước nhỏ hơn  $p_{O_2}$  trong không gian trên bề mặt thoáng thì  $O_2$  không thể thoát ra khỏi nước được mà ngược lại còn hòa tan thêm vào trong nước. Nếu  $p_{O_2}$  trong nước và ở ngoài bằng nhau thì nước đã bão hòa oxy và không thể hòa tan thêm được nữa. Nếu  $p_{O_2}$  ở không gian trên bề mặt thoáng nhỏ hơn ở  $p_{O_2}$  trong nước thì  $O_2$  sẽ thoát ra khỏi nước cho tới khi đạt tới trạng thái thăng bằng mới. Do đó, để cho  $O_2$  dễ dàng ra khỏi nước phải làm cho áp suất  $p_{O_2}$  trên mặt nước thật nhỏ bằng cách nâng cao áp suất riêng phần  $p_h$  của hơi nước trong không gian trên

bề mặt thoáng lên thật lớn, sao cho  $p_h \approx p$ . Muốn vậy, cần đun nước đến sôi để tăng lượng hơi trên bề mặt thoáng.

Bình khử khí gồm cột khử khí và thùng chứa. Trong bình khử khí, nước được đưa vào phía trên cột khử khí đi qua các đĩa phân phối sẽ rơi xuống như mưa. Hơi đi từ phía dưới cột lên chui qua các dòng nước, trong quá trình chuyển động ngược chiều nhau hơi sẽ truyền nhiệt cho nước làm tăng nhiệt độ nước đến nhiệt độ bão hòa tương ứng với áp suất trong bình khử khí. Khi đó áp suất riêng phần của  $H_2O$  tăng lên, còn áp suất riêng phần của các chất khí khác sẽ giảm xuống và chúng dễ dàng thoát ra khỏi nước và đi lên phía trên và được thải ra khỏi bình cùng với một lượng hơi nước. Nước đã được khử khí tập trung xuống thùng chứa ở phía dưới đáy cột khử khí. Thể tích thùng chứa bằng khoảng 1/3 năng suất bình khử khí.

Trong các nhà máy điện thông số cao và siêu cao người ta thường dùng bình khử khí loại 6 ata. Nhà máy điện thông số trung bình và thấp thường dùng loại khử khí 1,2 ata, gọi là bình khử khí khí quyển.

Bình khử khí phải đặt cao hơn bơm nước cấp để tránh hiện tượng xâm thực trong bơm. Độ cao từ bơm nước cấp đến bình khử khí là 7 - 8m đối với bình khử khí 1,2 ata và 17 - 18m đối với bình khử khí 6 ata.

## 10.5. TỔN THẤT HƠI VÀ NƯỚC NGUNG TRONG NHÀ MÁY ĐIỆN- CÁC BIỆN PHÁP BÙ TỔN THẤT

Trong quá trình vận hành nhà máy điện, luôn luôn có tổn thất hơi và nước, gọi chung là tổn thất môi chất. Người ta phân biệt Tổn thất trong và tổn thất ngoài.

### 10.5.1. Tổn thất trong

Tổn thất trong là tổn thất nước do xả lò, do rò rỉ ở các chỗ hở trên đường ống, do mất mát hơi để sấy ống khi khởi động nhà máy, do các hộ tiêu thụ dùng hơi mà không trả lại nước ngưng đọng, hơi dùng cho thiết bị thổi sạch dàn ống sinh hơi của lò (để chống xỉ tro, xỉ), hơi để sấy dầu mazút, đưa vào vòi phun phun mazút v.v. . .

Để giảm tổn thất trong cần thay thế các mối nối mặt bích bằng mối nối bằng hàn, tăng cường độ kín của tất cả ácc van, tận dụng lại nước đọng trong các ống dẫn, trong các thiết bị vaqf các van, giảm tổn thất hơi và nước ngưng khi khởi động và khi ngừng máy. Có thể giảm tổn thất xả lò bằng cách dùng các thiết bị bốc hơi từ nước xả lò. v. v. v. . .

### 10.5.2. Tổn thất ngoài

Tổn thất ngoài là tổn thất do các hộ tiêu thụ nhiệt không hoàn trả lại nước ngưng đọng cho nhà máy hoặc trả lại không đầy đủ. Khi nước ngưng đọng ở các hộ tiêu thụ được trả lại hoàn toàn thì tổn thất ngoài bằng không.

Toàn bộ các tổn thất trong và ngoài của nhà máy điện đều được liên tục bù lại bằng lượng nước bổ sung đã được xử lý.



Để xử lý nước bổ sung bằng phương pháp bốc hơi, người ta dùng hơi trích từ tuốc bin để gia nhiệt cho nước cần xử lý đến sôi và biến thành hơi trong một thiết bị đặc biệt gọi là bình bốc hơi. Bình bốc hơi là một thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt trong đó hơi sơ cấp nhả nhiệt và ngưng tụ thành nước, làm bốc hơi nước bổ sung tạo thành hơi thứ cấp. Hơi thứ cấp lại được ngưng tụ thành nước cất trong bình làm lạnh (gọi là bình ngưng hơi thứ cấp). Nước ngưng tụ từ hơi thứ cấp (nước cất) hầu như không có tạp chất và có chất lượng gần như chất lượng nước ngưng từ bình ngưng sẽ được cấp vào lò.

## **Chương 11. SƠ ĐỒ NHIỆT VÀ BỐ TRÍ NGÔI NHÀ CHÍNH CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN**

### **11.1. SƠ ĐỒ NHIỆT CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN**

#### **11.1.1. sơ đồ nhiệt nguyên lý**

Sơ đồ nhiệt nguyên lý của nhà máy điện thể hiện qui trình công nghệ, biến đổi và sử dụng năng lượng của môi chất trong nhà máy điện. Trong sơ đồ nhiệt nguyên lý gồm có: Lò hơi, tuabin, máy phát, bình ngưng, các bình trao đổi nhiệt (bình gia nhiệt nước ngưng, bình khử khí, bình bốc hơi . . . ) ngoài ra còn có các bơm để đẩy môi chất như bơm cấp, bơm ngưng, bơm nước động của các bình trao đổi nhiệt, v.v. . . . Các thiết bị chính và phụ được nối với nhau bằng các đường ống hơi, nước, phù hợp với trình tự chuyển động của môi chất.

Trên sơ đồ nhiệt nguyên lý không thể hiện các thiết bị dự phòng, không có các thiết bị phụ của đường ống. Thành lập sơ đồ nhiệt nguyên lý là một trong các giai đoạn quan trọng khi thiết kế nhà máy điện và phải dựa trên cơ sở yêu cầu phụ tải điện, nhiệt, yêu cầu về độ an toàn và kinh tế của nhà máy.

Khi thành lập sơ đồ nhiệt nguyên lý, cần giải quyết các vấn đề sau:

- 1- Chọn loại nhà máy điện: ngưng hơi hay có trích hơi cung cấp nhiệt.
- 2- Chọn thông số hơi ban đầu và dạng chu trình.

Lựa chọn thông số hơi ban đầu và dạng chu trình liên quan tới loại và công suất đơn vị của lò hơi và tuabin. Tuabin lớn thì phải chọn thông số ban đầu cao hơn.

- 3- Chọn loại và công suất đơn vị của tuabin.
- 4- Chọn loại lò hơi tương ứng với thông số của nhà máy.
- 5- Chọn sơ đồ hồi nhiệt hâm nước cấp.
- 6- Chọn loại và chỗ nối bình khử khí và bơm nước cấp.
- 7- Chọn phương pháp và sơ đồ xử lý nước bổ sung cho lò.
- 8- Chọn sơ đồ cung cấp nhiệt.
- 9- Chọn sơ đồ sử dụng nhiệt năng của hơi từ các ezectơ, hơi chèn của tuabin, nước xả lò, nước xả của bình bốc hơi. . .

Khi thành lập sơ đồ nhiệt nguyên lý cũng cần phải tính đến các chế độ làm việc của nhà máy điện, nhất là chế độ non tải. Để bảo đảm cho nhà máy làm việc bình thường khi non tải thì hơi trích cho khử khí, cho bình bốc hơi phải lấy từ các cửa trích có áp lực cao hoặc lấy hơi mới cho qua bộ giảm ôn giảm áp.

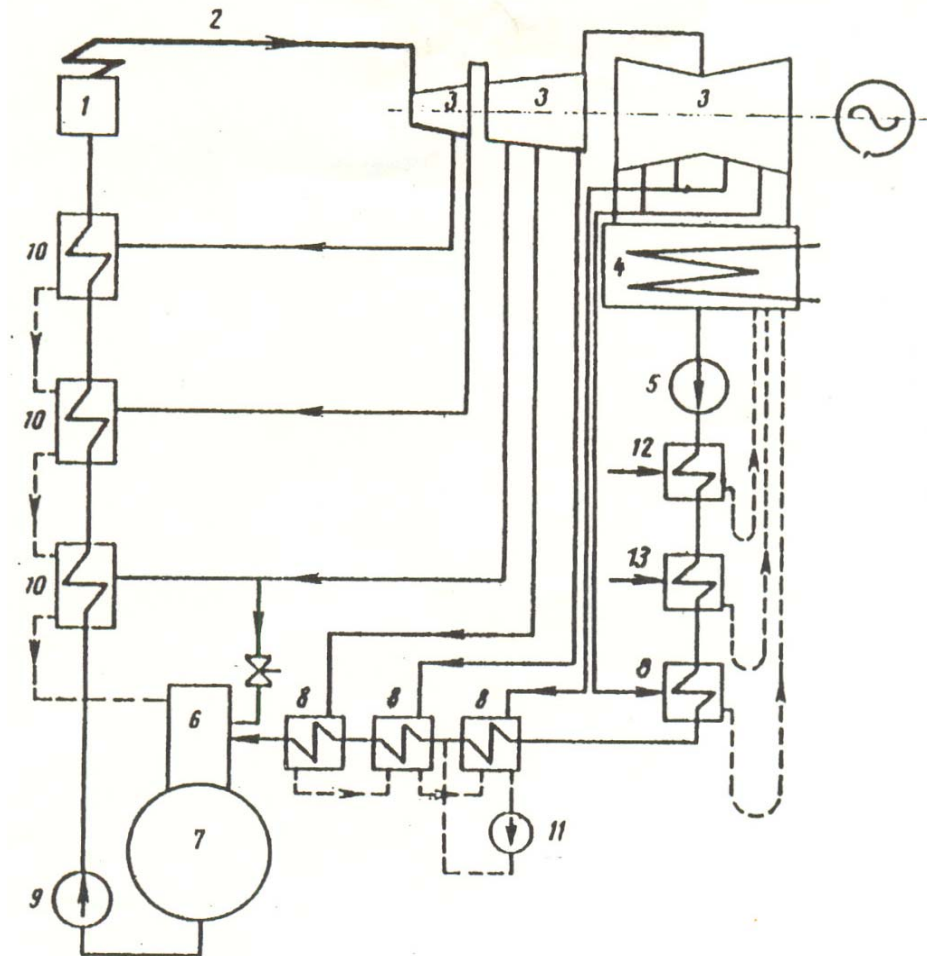
Sơ đồ nhiệt nguyên lý của nhà máy điện được biểu diễn trên hình 11.1. Thành lập sơ đồ nhiệt nguyên lý khi mở rộng nhà máy, cần phải giải quyết được các vấn đề sau:

- Chọn phương pháp mở rộng (đặt kê hay đặt chồng).
- Mở rộng sơ đồ gia nhiệt hồi nhiệt
- Chọn sơ đồ nối các bình khử khí mới liên quan đến thiết bị cũ, chọn cách nối bơm cấp.

Sau khi dựng xong sơ đồ nhiệt nguyên lý, tiến hành tính toán sơ đồ nhiệt nguyên lý, giải quyết các vấn đề sau:

- Xác định các dòng hơi và dòng nước.

- Hiệu chỉnh thông số của những dòng ấy.
- Xác định các chỉ tiêu kinh tế của phân nhiệt.



Hình 11.1. sơ đồ nhiệt nguyên lý của nhà máy điện

- 1-lò hơi; 2-ống dẫn hơi; 3-tuốc bin; 4-bình ngưng; 5-bơm nước ngưng;  
 6-cột khử khí; 7-bình chứa nước đã khử khí; 8-bình gia nhiệt hạ áp;  
 9-bơm nước cấp; 10- bình gia nhiệt cao áp; 11-bơm nước động;  
 12-bình làm lạnh ejectơ; 13-làm lạnh hơi chèn.

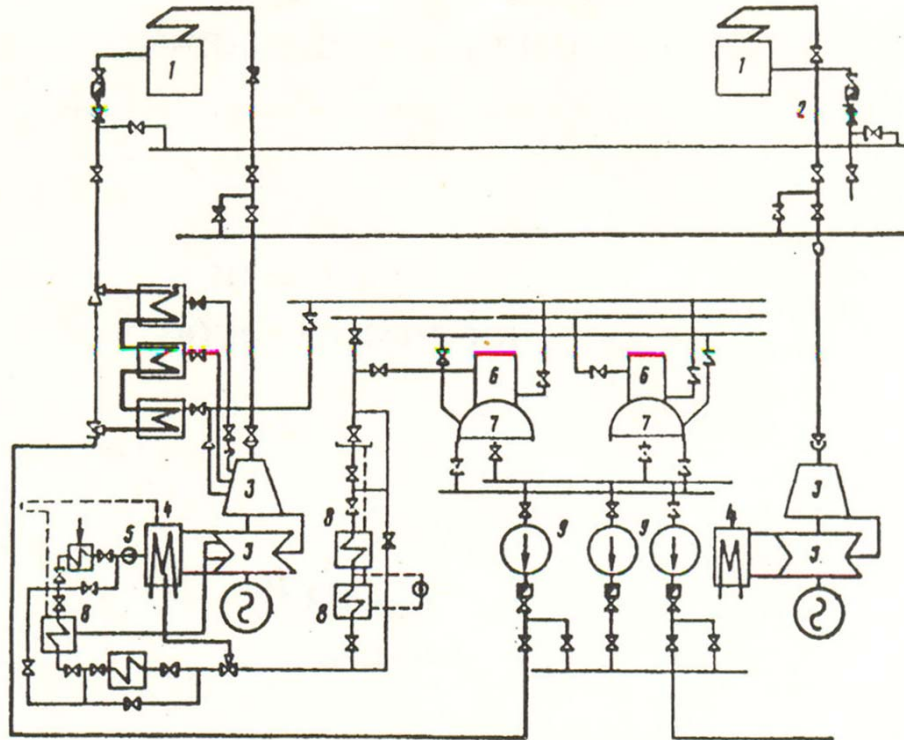
Để tính toán sơ đồ nhiệt nguyên lý, trước hết phải xây dựng đường biểu diễn quá trình dẫn nở của hơi trong tuabin trên đồ thị  $i-s$ , dựa vào các số liệu thiết kế tuabin của nhà máy chế tạo ra nó, đồng thời căn cứ vào các số liệu vận hành trong tình hình thực tế ở nước ta mà điều chỉnh cho thích hợp, sau đó lập bảng thống kê những thông số này để làm cơ sở tính toán.

Giai đoạn thứ hai là căn cứ theo sơ đồ đã thiết lập, lập và giải các phương trình cân bằng nhiệt và cân bằng chất cho tất cả các dòng hơi, dòng nước cấp, nước bổ sung, v.v. .

Cuối cùng, xác định các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.

### 11.1.2. Sơ đồ nhiệt chi tiết

Khác với sơ đồ nhiệt nguyên lý, trong sơ đồ này có vẽ toàn bộ các thiết bị nhiệt, kể cả những thiết bị dự phòng, các đường ống liên lạc giữa các thiết bị, các loại van đóng mở và các thiết bị điều chỉnh.



Hình 11.2. sơ đồ nhiệt chi tiết của nhà máy điện

Sơ đồ nhiệt chi tiết thể hiện toàn bộ hệ thống nhiệt của nhà máy, giúp cho ta nắm một cách bao quát toàn bộ vấn đề nhiệt từ nhỏ đến lớn và cho phép ta nhận xét về mức độ hoàn thiện của công trình đã thiết kế, về cách bố trí các thiết bị và hệ thống đường ống để từ đó đánh giá được mức độ kinh tế nhiệt của hệ thống.

Sơ đồ nhiệt chi tiết phải làm xong trước khi nghiên cứu bố trí các thiết bị của nhà máy. Sơ đồ nhiệt nguyên lý của nhà máy điện được biểu diễn trên hình 11.2.

Trong sơ đồ nhiệt chi tiết thì những đường ống sau đây được gọi là đường ống chính trong hệ thống ống của nhà máy.

- Ống hơi mới nối từ lò hơi đến tuabin kể cả ống góp.
- Đường ống quá nhiệt trung gian (nếu có quá nhiệt trung gian)
- Đường ống dẫn nước từ bình khử khí đến bơm nước cấp, từ bơm nước cấp qua các bình gia nhiệt cao áp đến lò hơi.

## 11.2. BỐ TRÍ NGÔI NHÀ CHÍNH CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN

### 11.2.1. Những yêu cầu khi bố trí ngôi nhà chính

Những gian nhà để chứa các thiết bị chính và các trang bị phụ của nó gọi là ngôi nhà chính của nhà máy điện. Bố trí ngôi nhà chính là nghiên cứu bố trí các thiết bị một cách thật hợp lý nhằm đảm bảo kỹ thuật, đảm bảo vận hành thuận lợi, đảm bảo quy phạm thiết kế và an toàn lao động.

Khi bố trí ngôi nhà chính cần chú ý đảm bảo kỹ thuật như :

- Phế than tươi phải đặt cao đủ mức, thành phế than phải đủ độ nghiêng để cho than chảy xuống dễ dàng.

- Bể chứa nước, bình khử khí phải đặt đủ độ cao so với bơm để tránh hiện tượng xâm thực (nước có thể sôi ngay trong bơm) . v.v.

Về mặt an toàn lao động phải đảm bảo chỗ làm việc sáng sủa, thoáng khí, không hại đến sức khỏe của công nhân và ngăn ngừa được khả năng xảy ra tai nạn lao động.

Ngoài những yêu cầu nói trên, việc bố trí ngôi nhà chính còn phải thoả mãn các điều kiện sau :

- Tiện lợi cho việc mở rộng nhà máy lúc cần thiết, ngay từ lúc thiết kế đã phải chuẩn bị sẵn những điều kiện thuận tiện cho việc đặt thêm máy mới.

- Phải bảo đảm tốt những điều kiện phòng cháy, chữa cháy .

- Than nguyên từ kho than phải đi đường dài mới lên tới băng tải phân phối 7.

- Hơi quá nhiệt cũng phải đi xa mới tới tước bin .

- Nước cấp cũng phải đi xa hơn mới tới bao hơi.

- Gian phế than thiếu ánh sáng tự nhiên, ban ngày cũng phải dùng đèn. Nếu than có nhiều chất bốc thì dễ cháy gây ra hỏa hoạn.

- Gian tước bin xa gian lò nên cũng gây trở ngại khi khởi động tước bin.

### 11.2.2. Bố trí gian phế than

Ở đây gian phế than nằm ngoài nên tránh được những khuyết điểm của phương án trên, nhưng lại có những khuyết điểm:

- Đường khói đi xa hơn.

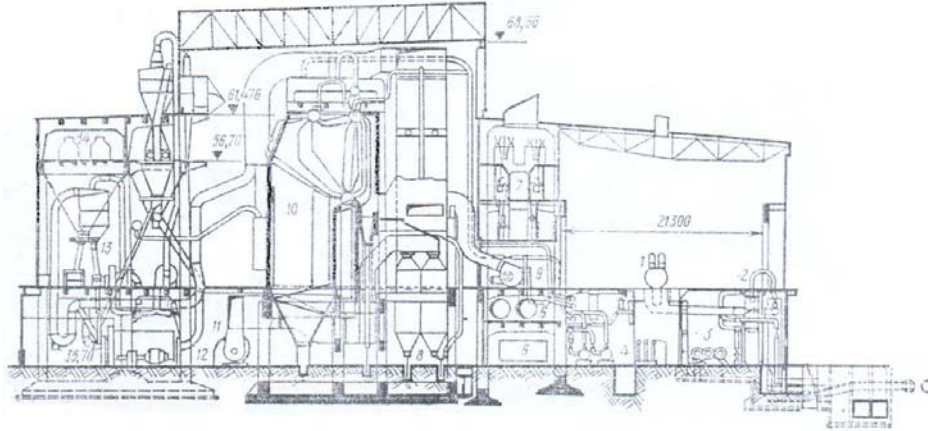
- Than bột phải đi vòng phía trước buồng lửa mới tới vòi phun, như vậy cần phải tăng cường công suất của quạt tải bột than. Bột than có nhiều khả năng tích tụ ở dọc đường, lâu ngày có thể làm nhỏ tiết diện ống, hoặc gây nổ.

- Sau này muốn đặt những lò hơi lớn hơn thì không còn khả năng nối rộng bề ngang của gian lò.

- Gian lò thiếu ánh sáng tự nhiên, kém thoáng khí.

- Không thể áp dụng kiến trúc bán lộ thiên là một kiểu kiến trúc đơn giản, tiết kiệm được nguyên vật liệu xây dựng.

Không phân biệt phương án nào, nhà máy nào cũng có một đầu hồi cố định, được xây dựng kiên cố ngay từ đầu, còn một đầu xây dựng tạm bợ để khi cần kéo dài nhà máy có thể phá đi dễ dàng mà không lãng phí (thường gọi là đầu hồi phát triển).



Hình 11-1. Bố trí gian phểu than ra ngoài.

### 11.2.3. Bố trí gian tước bin

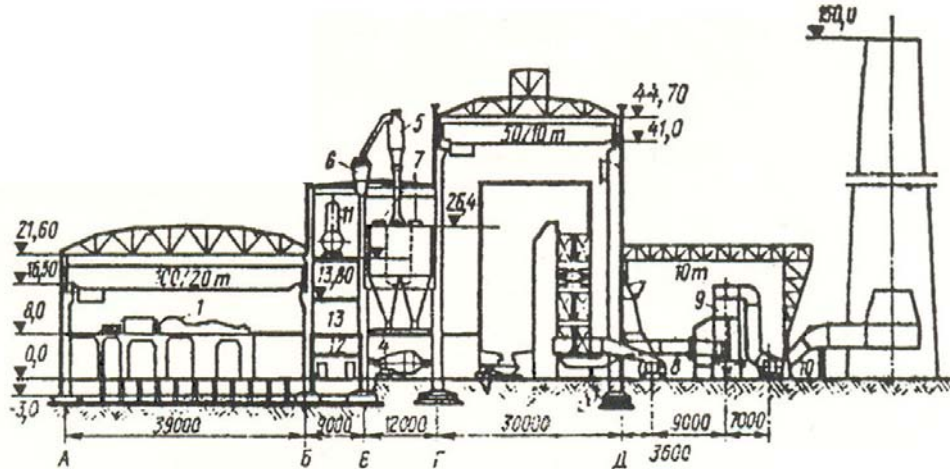
Gian tước bin còn gọi là gian máy. Việc bố trí tước bin và máy phát điện như thế nào để đảm bảo vận hành tốt và tiết kiệm được chi phí xây lắp.

Có 2 phương án đặt tước bin: Phương án đặt ngang và phương án đặt dọc.

#### 11.2.3.1. Phương án đặt ngang

Khi gian máy bố trí ngang thì gian máy phải làm rộng bề ngang, về mặt kiến trúc thì chi phí xây dựng nhà rộng tốn hơn xây dựng nhà dài. Phương án đặt ngang không thông thoáng bằng phương án đặt dọc, nó chỉ thích hợp nhất đối với nhà máy kiểu khối, thông số cao và có quá nhiệt trung gian. Bởi vì đặt ngang thì mọi đường ống đều ngắn, như: đường ống dẫn hơi mới, ống hơi quá nhiệt trung gian, đường ống nước ngưng, nước cấp v.v. . . đều ngắn hơn. Ngoài ra đặt ngang rất tiện trong việc đưa điện từ máy phát ra trạm phân phối chính.

Nếu tước bin đặt ngang thì các thiết bị phụ như bình gia nhiệt, bơm tuần hoàn . . . phải đặt xen kẽ vào khoảng cách giữa các tước bin, mà tước bin thì đặt cao hơn các thiết bị này nên công nhân vận hành không thể nhìn bao quát được tất cả các thiết bị .



Hình 11.2. Bố trí tuốc bin đặt ngang

### 11.2.3.2. Phương án đặt dọc

Ưu điểm của phương án này là:

- Gian máy có thể xây hẹp bề ngang và cầu trục cũng ngắn theo, do đó giá thành giảm.

- Tuốc bin kê liền thẳng hàng với máy phát điện suốt chiều dọc gian máy. Các bình gia nhiệt của tuốc bin nào vẫn đứng gần tuốc bin ấy, nhưng nhìn chung toàn gian máy thì chúng được xếp thành hàng thẳng song song với hàng tuốc bin trông gọn và đẹp mắt. Bơm nước cấp, bơm tuần hoàn cũng xếp thành hàng thẳng ở tầng dưới. Như vậy phương án này trông có vẻ mỹ quan hơn và tầm mắt của người trực ca không chế mọi thiết bị được dễ dàng.

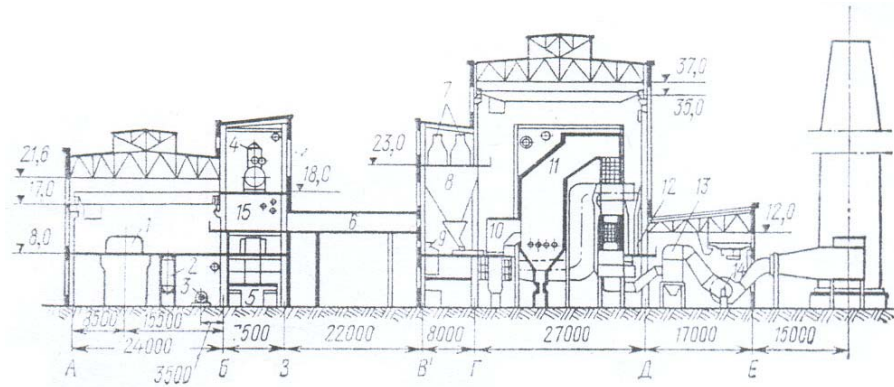
- Vì gian máy hẹp chiều ngang nên ánh sáng ban ngày có thể vào được rất sâu.

Gian máy có 2 tầng: Tầng trên gọi là tầng tuốc bin - máy phát, cao cách mặt đất 7-8m, ở đây đặt tuốc bin, máy phát điện, bảng điều khiển. Tầng dưới đặt bình ngưng và các thiết bị khác như: bình gia nhiệt, bơm nước ngưng, bình làm mát dầu, v.v. . .

Gian máy nào cũng có sàn tháo lắp bố trí ở tầng dưới gần đầu hồi phát triển, để khi cần lắp máy mới thì không trở ngại đến các máy cũ.

Chiều dài của gian tuốc bin không nhất thiết phải bằng chiều dài gian lò, dài hay ngắn phải xuất phát từ nhu cầu công tác.

Phía đầu của mỗi tuốc bin phải chứa đủ chỗ làm sàn phục vụ. Phía cuối trục máy phát cũng cần đủ chỗ để có thể rút được rôto ra khỏi stato khi cần.



Hình. 11.2. Bố trí tước bin đặt dọc

Chiều rộng của gian tước bin phải tùy những điều kiện cụ thể mà quy định. Tâm tước bin phải cách xa tường nhà đủ để khỏi gây trở ngại khi cần rút bộ ống bình ngưng hay bộ ống làm lạnh không khí đặt trong bộ máy phát.

#### 11.2.4. Bố trí gian lò hơi

Khi nói đến bố trí gian lò thì không nên quan niệm tách riêng gian lò và gian phểu than vì việc bố trí thiết bị 2 gian này liên quan chặt chẽ với nhau.

Việc bố trí gian lò thay đổi tùy theo loại than sử dụng vì mỗi loại than đòi hỏi một loại máy nghiền thích hợp. Loại máy nghiền bi thường đặt trong gian phểu than, loại giềng nghiền đặt ngay trong gian lò.

Nếu nhà máy dùng than antraxit thì trong gian phểu than có những thiết bị như phểu than tươi, phểu than bột, máy nghiền bi, quạt tải bột than, máy cấp than tươi vào máy nghiền, máy cấp than bột vào ống dẫn. Ngoài ra còn một vài thiết bị cũng thuộc hệ thống nghiền than như thiết bị phân ly than khô, phân ly than mịn thì đặt ở trên mái nhà, để lộ thiên, như thế vừa trông rõ vừa không nguy hiểm đối với nhà máy khi xảy ra nổ cháy.

Gian phểu than có 3 tầng: tầng dưới cùng (cốt 0m) đặt máy nghiền bi, quạt tải bột than; tầng 2 (8 mét) đặt phểu than tươi và phểu than bột; tầng 3 (11 mét) đặt băng tải than.