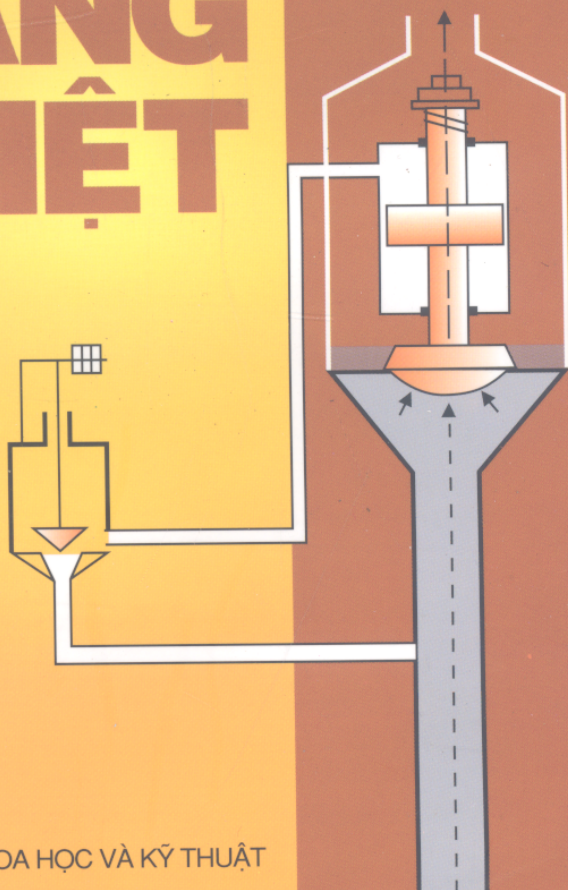


PGS.TS. PHẠM LÊ DZẦN
TS. NGUYỄN CÔNG HÂN

CÔNG NGHỆ LÒ HƠI VÀ MẠNG NHIỆT



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

PGS. TS PHẠM LÊ DẴN

TS. NGUYỄN CÔNG HÂN

CÔNG NGHỆ LÒ HƠI VÀ MẠNG NHIỆT

(In lần thứ 3 có bổ sung và sửa chữa)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Nhu cầu về năng lượng trong sản xuất cũng như đời sống là rất lớn và ngày càng tăng, trong đó nhiệt năng chiếm tỷ lệ chủ yếu. Thí dụ, năm 1989, năng lượng sản xuất trên toàn thế giới khoảng 358×10^5 kJ (339×10^5 Btu), trong đó 39,2% từ dầu mỏ và khí hoá lỏng; 27,4% từ than đá, 19,8% từ khí thiên nhiên, 5,6% từ năng lượng nguyên tử, như vậy là 92% năng lượng trên, ít ra có một lần thể hiện dưới dạng nhiệt năng.

Trong quá trình sản xuất và sử dụng năng lượng dưới dạng nhiệt năng thì việc sinh hơi và đưa đến hệ tiêu dùng có một vai trò quan trọng.

Việc sản xuất và sử dụng hơi đã có từ rất lâu. Nếu không kể đến chiếc chong chóng hơi - aeolipile - do nhà toán học Hero người Hy Lạp chế tạo ra từ những năm 200 trước công nguyên, chiếc bánh xe quay bằng hơi nước của một người Ý tên là Branca chế tạo từ năm 1600 thì năm 1680 Dr. Denis Papin chế tạo lò hơi có áp suất dùng trong chế biến thực phẩm; năm 1698, Thomas Savery được cấp bằng sáng chế về hệ thống bơm nước bằng hơi. Năm 1690 máy hơi nước đầu tiên được chế tạo theo ý tưởng của Papin và được hoàn thiện bởi Thomas Newcomen và John Cowly vào năm 1711. Lúc đó lò hơi và máy hơi đi liền với nhau. Đến 1769, một công nhân cơ khí người Anh James Watt mới chế tạo lò hơi kiểu toa xe tách khỏi động cơ; từ 1804, Trevithick đã thiết kế loại lò hơi dạng như hiện nay: thân hình trụ dầy tròn chịu áp suất cao. Cũng đáng chú ý là từ năm 1730 Dr. John Allen đã lần đầu tiên tính toán hiệu suất của lò hơi làm cơ sở để không ngừng cải tiến, hoàn thiện.

Đến nay, đã có hàng triệu chiếc lò hơi ra đời với hàng trăm kiểu dáng và quy mô khác nhau. Có những lò hơi nhỏ, mỗi giờ chỉ sản xuất được mấy chục lít nước nóng hoặc hơi bão hoà ở áp suất bình thường nhưng cũng đã có những lò hơi đồ sộ, mỗi giờ sản xuất đến ba bốn ngàn tấn hơi nước áp suất đến trên dưới 300 bar, nhiệt độ trên dưới 600°C cấp hơi cho tổ máy phát điện đến 1200 ÷ 1300 MW.

Rõ ràng việc sản xuất và sử dụng nhiệt của hơi nước đã góp phần quan trọng trong công cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật, phát triển của xã hội và nâng cao

đời sống nhưng cũng cần lưu ý là hơi nước ở áp suất và nhiệt độ cao cũng rất nguy hại, không chỉ cho tài sản mà cả đến tính mạng con người, không phải đến bây giờ mà đã từ rất lâu; trong cuốn sách về "Hơi nước" xuất bản năm 1898 cho biết là năm 1880 chỉ riêng nước Mỹ đã có 170 vụ nổ lò hơi làm chết 250 người và bị thương 555 người... Do vậy ta cần phải tìm cách tiếp tục phát huy tác dụng tích cực của việc sản xuất hơi, đồng thời hạn chế nguy hiểm đến mức tối thiểu.

Cuốn sách "Công nghệ lò hơi và mạng nhiệt" muốn giới thiệu với bạn đọc những nội dung về cơ bản về quá trình và thiết bị sản xuất và vận chuyển hơi nước, nước nóng chủ yếu từ nhiên liệu hữu cơ.

Cuốn sách được chia thành hai phần, gồm 7 chương, 6 chương đầu giới thiệu về công nghệ lò hơi do PGS. TS Phạm Lê Dấn biên soạn và chương 7 giới thiệu về mạng nhiệt do TS Phạm Công Hân biên soạn.

Do phạm vi hạn chế về khối lượng cuốn sách, thời gian biên soạn, kiến thức và phạm vi kinh nghiệm của tác giả chắc là chưa thoả mãn được yêu cầu của bạn đọc và khó tránh khỏi sai sót, nhầm lẫn.

Chúng tôi rất vui mừng nếu được bạn đọc quan tâm sử dụng và đóng góp ý kiến. Xin chân thành cảm ơn.

CÁC TÁC GIẢ

KHÁI NIỆM CHUNG

1.1 NHIỆM VỤ CỦA THIẾT BỊ SINH HƠI

Thiết bị sinh hơi (TBSH) có hai nhiệm vụ chính, đó là:

1. Chuyển hoá các dạng năng lượng khác thành nhiệt năng; trong các buồng đốt nhiên liệu hữu cơ, chuyển hoá năng của nhiên liệu hữu cơ như than đá, dầu mỏ, khí đốt, v.v.. thành nhiệt năng của sản phẩm cháy; trong các lò phản ứng nguyên tử tiến hành các phản ứng phân huỷ hoặc tổng hợp hạt nhân nguyên tử phát ra nhiệt; trong lò hơi mặt trời, các bộ thu hấp thụ năng lượng bức xạ của mặt trời rồi chuyển hoá thành nhiệt năng; trong lò hơi địa nhiệt chất tải nhiệt hoặc môi chất hấp thụ nhiệt năng trong lòng quả đất; trong lò điện chuyển điện năng thành nhiệt năng v.v..

2. Truyền nhiệt năng sinh ra cho chất tải nhiệt hoặc môi chất để đưa chúng từ thể lỏng có nhiệt độ thông thường lên nhiệt độ cao hoặc nhiệt độ sôi, biến thành hơi bão hoà hoặc hơi quá nhiệt.

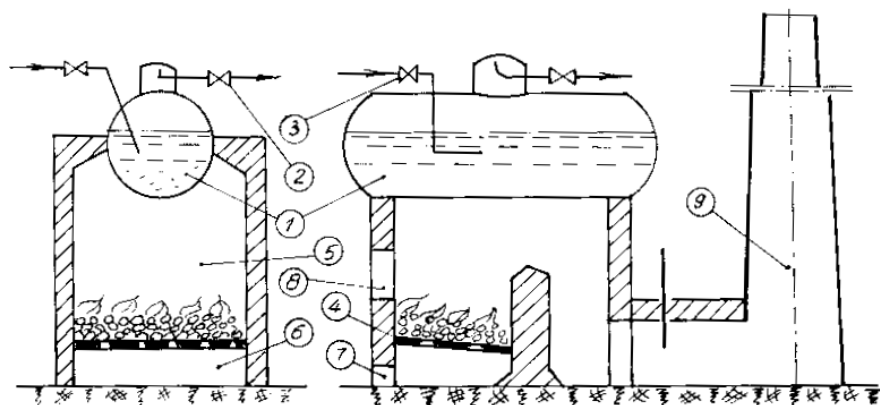
1.2 SƠ QUA VỀ CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI TBSH DÙNG NHIÊN LIỆU HỮU CƠ

Ở đây giới thiệu ba loại TBSH (Lò hơi) điển hình: lò hơi đốt thủ công, lò hơi ghi xích và lò hơi đốt phun.

1.2.1 Cấu tạo

a. *Lò hơi đốt thủ công* (hình 1-1a). Đây là loại lò hơi đơn giản nhất, lâu đời nhất, đốt nhiên liệu rắn. Thông thường loại lò hơi này gồm các bộ phận chính như sau: buồng (bao hơi) (1) chứa nước, hơi và cũng là bề mặt truyền nhiệt; van hơi chính (2) để đóng mở và điều chỉnh lượng hơi cung cấp ra; van nước cấp (3) để

đóng mở và điều chỉnh lượng nước đưa vào lò hơi; ghi lò (4) được lắp cố định, có nhiệm vụ đỡ nhiên liệu không cho rơi lọt, cho gió cấp một đi qua để đốt cháy nhiên liệu và thải tro xỉ; buồng lửa (5) là không gian để cháy các chất khí và các hạt nhiên liệu nhỏ bay theo khói; hộp tro xỉ (6) cũng là buồng cấp gió; cửa gió (7) cũng là cửa lấy tro xỉ; cửa cấp nhiên liệu (8) có thể đóng mở cấp nhiên liệu và ống khói (9) tạo thành sức hút để thải ra ngoài sản phẩm cháy cùng một ít tro xỉ bay theo.

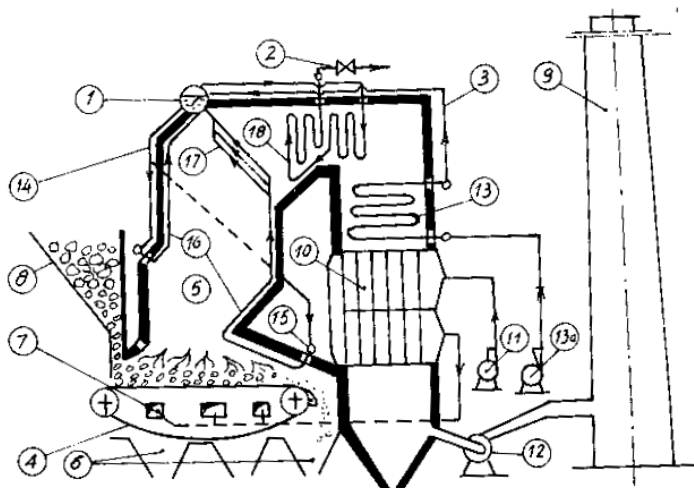


Hình 1-1a. Lò hơi đốt thủ công.

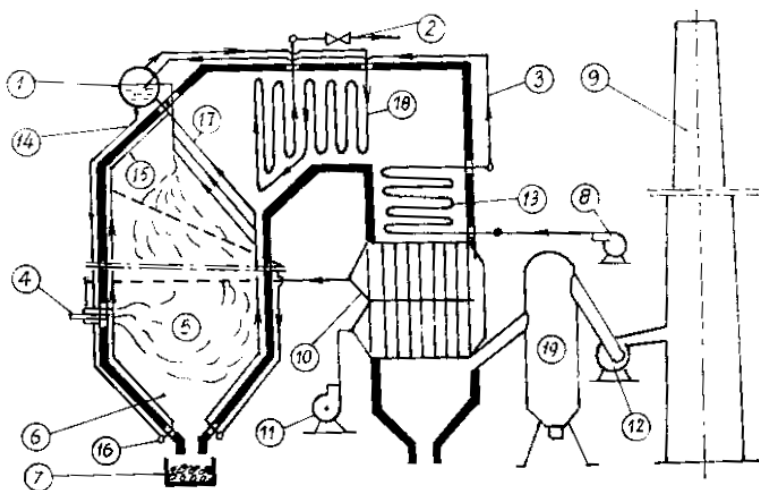
b. Lò hơi ghi xích (hình 1-1b). Đây là loại lò hơi thường có công suất nhỏ hoặc trung bình, gồm có các bộ phận chủ yếu sau: balông (1) chứa hơi, một phần nước và không còn làm nhiệm vụ bề mặt sinh hơi chính nữa; van hơi chính (2); đường nước cấp (3); ghi lò (4) có dạng một cái xích làm nhiệm vụ cấp nhiên liệu rắn, cho gió cấp một đi qua để đốt cháy nhiên liệu và thải tro xỉ ra ngoài; buồng lửa (5); hộp tro xỉ (6) để chứa nhiên liệu và tro xỉ lọt rồi thải ra ngoài; hộp gió (7) để cung cấp gió cấp một qua ghi cho lớp nhiên liệu trên ghi; phễu than (8) để đổ than và rót nhiên liệu xuống một đầu của ghi xích; ống khói (9) để thải sản phẩm cháy ra ngoài; bộ sấy không khí (10) để đốt nóng không khí trước khi đưa vào buồng lửa; quạt gió (11) để đẩy gió vào; quạt khói (12) tạo thành sức hút để thải sản phẩm cháy ra; bộ hâm nước (13) để đốt nóng nước trước khi được bơm nước (13a) đưa vào lò; dàn ống nước xuống (14), ống góp dưới (15), dàn ống nước lên (16), dây phếtôn (17) cùng với balông tạo thành vòng tuần hoàn tự nhiên của nước và hơi; và bộ quá nhiệt (18) để đưa hơi bão hoà chuyển thành hơi quá nhiệt cung cấp cho hệ tiêu dùng.

c. Lò hơi đốt phun (hình 1-1c). Đây là loại lò hơi được sử dụng với công suất trung bình và lớn, có thể đốt nhiên liệu rắn nghiền thành bột, nhiên liệu lỏng phun thành hạt hoặc nhiên liệu khí. Lò hơi đốt phun thường gồm các bộ phận chính sau: balông (1); van hơi chính (2); đường nước cấp (3); vòi phun nhiên liệu (4); buồng lửa (5) là không gian để đốt cháy tất cả nhiên liệu phun vào lò; phễu tro lạnh (6) để

làm nguội các hạt tro xỉ trước khi thải ra ngoài trong trường hợp thải xỉ khô; giếng xỉ (7) để hứng tất cả xỉ thải ra ngoài; bơm nước cấp (8); ống khói (9); bộ sấy không khí (10); quạt gió (11); quạt khói (12); bộ hâm nước (13); dàn ống nước xuống (14); dàn ống nước lên (15); dây phếtôn (17) và bộ quá nhiệt (18).



Hình 1-1b. Lò hơi ghi xích.



Hình 1-1c. Lò đốt than phun.

Tóm lại, cấu tạo của lò hơi là nhằm thực hiện hai nhiệm vụ chính: một là chuyển hoá năng của nhiên liệu thành nhiệt năng của sản phẩm cháy, nghĩa là đốt nhiên liệu thành sản phẩm cháy có nhiệt độ cao; hai là đưa nước cấp vào lò, tiếp nhận nhiệt từ sản phẩm cháy, biến thành nước nóng, nước sôi, hơi bão hoà hoặc hơi quá nhiệt có áp suất và nhiệt độ thoả mãn yêu cầu của hệ sử dụng; do vậy cấu tạo lò hơi gồm các hệ thống chính sau:

1. *Hệ thống cung cấp và đốt cháy nhiên liệu*: trong lò hơi thủ công, gồm có cửa cấp nhiên liệu (8), ghi lò (4), buồng lửa (5); trong lò ghi xích gồm có phễu than (8), ghi xích (4), buồng lửa (5); trong lò hơi đốt than phun gồm có vòi phun nhiên liệu và buồng lửa (5), nếu đốt than, trước đó phải có hệ thống nghiền than thành bột.

2. *Hệ thống cấp không khí và thải sản phẩm cháy*, bao gồm cửa gió, quạt gió (11), ống khói (9), quạt khói (12), nhiều trường hợp còn có bộ sấy không khí (10), hộp tro xỉ, đôi khi còn có bộ khử bụi để giảm mài mòn cánh quạt khói.

3. *Hệ thống cấp nước*, gồm bơm nước cấp để cấp đủ lưu lượng và áp suất nước cho lò hơi, nhiều khi còn có bộ hâm nước (13) để gia nhiệt nước trước khi đưa vào.

4. *Hệ thống sản xuất nước nóng, nước sôi, hơi bão hoà hoặc hơi quá nhiệt* đủ áp suất và nhiệt độ, thoả mãn yêu cầu của hệ sử dụng, thường bao gồm các loại bề mặt truyền nhiệt như dàn ống nước lên (16), dàn phestôn (17), dàn ống nước xuống (14), ống góp dưới (15), balông (1) và nhiều khi còn có cả bộ quá nhiệt (18).

Trên đây là những bộ phận chủ yếu, ngoài ra còn nhiều trang bị phụ như hệ thống đo lường, điều khiển, hệ thống an toàn, khung lò, tường lò, cách nhiệt, v.v..

1.2.2 Sơ lược quá trình vận hành lò hơi:

a. *Quá trình vận hành lò hơi thủ công*: Loại lò hơi này chỉ đốt được nhiên liệu rắn. Nhiên liệu được đưa vào qua cửa cấp, xếp thành lớp lên ghi lò, nhận nhiệt từ lớp nhiên liệu đang cháy bằng dẫn nhiệt, từ tường buồng lửa và ngọn lửa bằng bức xạ và từ không khí nóng và sản phẩm cháy từ lớp nhiên liệu đi lên bằng đối lưu.

Sau khi nhận nhiệt, nhiên liệu được sấy nóng, sấy khô, tách chất bốc và tạo thành cốc. Mặt khác, không khí được ống khói, quạt gió, quạt khói đưa vào, có khi còn được đưa qua bộ sấy không khí để sấy nóng trước, đi qua ghi, tiếp xúc với lớp nhiên liệu và cháy những thành phần cháy được, tạo thành sản phẩm cháy và tro xỉ. Tro xỉ được thải ra ngoài qua ghi xuống hộp tro xỉ hoặc qua cửa cấp nhiên liệu; còn sản phẩm cháy ở thể khí thì hấp thụ nhiệt của phản ứng cháy, được đốt nóng đến nhiệt độ khá cao, có thể đạt đến khoảng $800 \div 1500^{\circ}\text{C}$, đi qua các bề mặt truyền nhiệt, truyền nhiệt cho môi chất, nhiệt độ của sản phẩm cháy giảm dần, cuối cùng có thể giảm đến khoảng $120 \div 350^{\circ}\text{C}$ trước khi thải ra ngoài. Còn môi chất là nước, được bơm nước bơm vào, có trường hợp còn đi qua bộ hâm nước, qua các bề mặt

truyền nhiệt, nhận nhiệt từ sản phẩm cháy có nhiệt độ cao, nhiệt độ tăng dần thành nước nóng, nước sôi hoặc hơi bão hoà khô cung cấp cho hệ sử dụng. Loại lò hơi thủ công thường sản xuất nước nóng, nước sôi hoặc hơi bão hoà khô ở áp suất thấp, không quá 15 bar và công suất cũng nhỏ, thường không quá 2 T/h.

b. Quá trình vận hành lò hơi ghi xích: Nhiên liệu được đưa đến tập trung ở phễu rồi rót lên phần đầu của ghi xích, ghi xích quay với tốc độ khá chậm, khoảng từ 2 đến 30 m/h, từ từ đưa nhiên liệu vào trong buồng lửa. Nhiên liệu nhận nhiệt từ buồng lửa và sản phẩm cháy được sấy nóng, sấy khô, thoát chất bốc, tạo cốc và khi gặp không khí cấp một đưa từ dưới ghi lên thì cháy, tạo thành sản phẩm cháy và tro xỉ. Tro xỉ còn lại được cái gạt xỉ gạt xuống phễu tro rồi thải ra ngoài. Sản phẩm cháy đi vào buồng lửa, mang theo một ít chất khí và hạt nhiên liệu nhỏ chưa cháy hết sẽ gặp gió cấp hai đưa vào từ phía trên lớp nhiên liệu và cháy kiệt. Nhờ hấp thụ nhiệt của phản ứng cháy, nhiệt độ của sản phẩm cháy có thể lên đến khoảng 1000°C đến 1500°C, khi đi qua các bề mặt truyền nhiệt, truyền bớt nhiệt cho môi chất, nhiệt độ giảm xuống đến khoảng 120 đến 250°C trước khi thải ra ngoài. Mặt khác, nước được bơm qua bộ hâm nước, đưa vào balông, trong khi chuyển động tuần hoàn qua dàn ống xuống, ống góp dưới, dàn ống lên trở về balông đã nhận nhiệt biến dần thành nước nóng nước sôi, hơi bão hoà rồi có thể đi qua bộ quá nhiệt trở thành hơi quá nhiệt. Lò hơi ghi xích thường dùng trong phạm vi thông số và công suất thấp hoặc trung bình, khoảng từ 4 đến 35 T/h.

c. Quá trình vận hành của lò hơi đốt phun: Đây là loại lò hơi dùng phổ biến hiện nay trong các nhà máy nhiệt điện ở nước ta, có thể đốt nhiên liệu khí, nhiên liệu lỏng phun thành hạt hoặc nhiên liệu rắn nghiền thành bột mịn có đường kính khoảng 40 μ m. Bột nhiên liệu được gió cấp một thổi qua vòi phun đưa vào buồng lửa, nhận nhiệt từ buồng lửa và sản phẩm cháy, được sấy nóng, sấy khô, tách chất bốc, tạo cốc và bắt đầu cháy; mặt khác, dưới tác dụng của quạt gió, quạt khói, không khí được đưa vào đầy đủ, cháy kiệt các chất bốc và cốc, tạo thành sản phẩm cháy và tro xỉ ở nhiệt độ cao. Tro xỉ bị chảy lỏng, một bộ phận kết lại với nhau thành hạt lớn rơi xuống đáy buồng lửa, có thể thải ra ngoài dưới dạng xỉ lỏng nếu như không làm nguội, cũng có thể làm nguội trong phễu tro lạnh, đông đặc lại rồi thải ra ngoài dưới dạng xỉ khô; những hạt tro xỉ nhỏ bị dòng sản phẩm cháy cuốn theo, nguội dần do truyền nhiệt cho môi chất qua các dàn ống, đông đặc lại trước khi ra khỏi buồng lửa, rồi theo sản phẩm cháy đi qua bộ khử bụi bị tách ra hoặc thải ra ngoài qua ống khói, tuy nhiên cũng có một bộ phận bám lại trên các bề mặt truyền nhiệt hoặc trên các đường ống dẫn khói. Sản phẩm cháy khi ở trong buồng lửa cũng có nhiệt độ khá cao, khoảng 1200 đến 1600°C, qua các bề mặt truyền nhiệt truyền cho môi chất, nhiệt độ giảm xuống đến khoảng 120 đến 180°C trước khi thải ra ngoài. Nước được bơm qua bộ hâm nước, được đốt nóng đến xấp xỉ nhiệt độ bão hoà rồi đưa vào balông, sẽ đi xuống theo dàn ống xuống, tức là những dàn ống nhận nhiệt ít hoặc không nhận nhiệt, qua ống góp dưới rồi đi lên theo dàn ống lên, tức là những dàn ống được nhận nhiệt nhiều, vì trong các dàn ống này nước bốc hơi nhiều tạo thành hỗn hợp nước và hơi có khối lượng riêng nhỏ, rồi lại trở về

balông. Ở đây, hơi được tách ra, được đưa ra ngoài sử dụng hoặc đưa qua bộ quá nhiệt để tiếp tục đốt nóng, còn phần nước lại tiếp tục trở về ống xuống cùng với nước cấp, tạo thành vòng tuần hoàn tự nhiên. Lò hơi đốt than phun thường cung cấp hơi nước chạy các tua bin có thông số trung bình hoặc cao, có thể lên đến áp suất hai ba trăm bar, nhiệt độ xấp xỉ 600°C , công suất trung bình hoặc lớn, có thể lên đến trên dưới 3000 T/h.

1.3 CÁC ĐẶC TÍNH CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI LÒ HƠI

1.3.1 Các đặc tính cơ bản của lò hơi

Thông thường dùng các đặc tính sau:

1. Sản lượng hơi D : là lượng hơi sản xuất ra trong một đơn vị thời gian, đo bằng T/h, kg/h hoặc kg/s. Thường chú ý ba loại sản lượng:

- *Sản lượng hơi định mức D_0* , là sản lượng lớn nhất mà lò hơi có thể làm việc lâu dài với thông số hơi qui định, thường ghi trên nhãn hiệu của thiết bị lò hơi.

- *Sản lượng hơi kinh tế D_k* , là sản lượng mà lò hơi làm việc với hiệu suất nhiệt cao nhất, thường bằng khoảng 75% đến 90% sản lượng định mức.

- *Sản lượng hơi cực đại $D_{\max}$* , là sản lượng hơi lớn nhất cho phép lò hơi làm việc tạm thời trong một thời gian ngắn, vượt sản lượng định mức khoảng 10 đến 20%.

2. Thông số hơi: Đối với lò hơi sản xuất hơi quá nhiệt thì biểu thị bằng áp suất và nhiệt độ của hơi sau bộ quá nhiệt. Với lò hơi sản xuất hơi bão hoà, chỉ cần biểu thị hoặc áp suất hoặc nhiệt độ của hơi trong balông.

3. Hiệu suất của lò hơi: Thường dùng hiệu suất nhiệt, nó là tỷ số giữa phần nhiệt lượng mà môi chất hấp thu được với tổng nhiệt lượng cung cấp vào. Người ta còn dùng hiệu suất excecgi là tỷ số giữa lượng excecgi của hơi sản xuất ra với lượng excecgi của nhiên liệu cấp vào.

Ngoài ba chỉ tiêu chính nói trên, thường còn dùng thêm một số chỉ tiêu khác như sau:

4. Năng suất bốc hơi của bề mặt truyền nhiệt d , $\text{kg/m}^2.\text{h}$, là lượng hơi sản xuất ra trong một đơn vị thời gian ứng với một đơn vị diện tích bề mặt truyền nhiệt, với các loại lò hơi cũ chỉ khoảng $12 \text{ kg/m}^2.\text{h}$, với các loại lò hơi mới có thể lên tới khoảng 22 đến $45 \text{ kg/m}^2.\text{h}$.

5. Suất tiêu hao kim loại g , kg/T.h , tức khối lượng kim loại dùng để chế tạo ứng với sản lượng hơi là 1 T/h.