
CHƯƠNG 2

GIỚI THIỆU KỸ THUẬT SẤY CHÂN KHÔNG

2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP SẤY

Dựa vào tác nhân sấy hay cách tạo ra động lực quá trình dịch chuyển ẩm mà chúng ta có hai phương pháp sấy: phương pháp sấy nóng và phương pháp sấy lạnh.

2.1.1. Phương pháp sấy nóng

Trong phương pháp sấy nóng, tác nhân sấy và vật liệu sấy được đốt nóng. Do tác nhân sấy được đốt nóng nên độ ẩm tương đối φ giảm dẫn đến phân áp suất hơi nước p_{am} trong tác nhân sấy giảm. Mặt khác do nhiệt độ của vật liệu sấy tăng lên nên mật độ hơi trong các mao quản tăng và phân áp suất hơi nước trên bề mặt vật cũng tăng theo công thức:

$$\varphi = \frac{p_r}{p_o} = \exp \left\{ -\frac{2\delta\rho_h}{p_o\rho_r} \right\}$$

Trong đó:

P_r _ áp suất trên bề mặt cột mao dẫn, N/m².

P_o _ áp suất trên bề mặt thoáng, N/m².

δ _ Sức căng bề mặt thoáng, N/m².

ρ_h _ mật độ hơi trên cột dịch thể trong ống mao dẫn, kg/m³.

ρ_o _ mật độ dịch thể, kg/m³.

Như vậy, trong hệ thống sấy nóng có hai cách để tạo ra độ chênh phân áp suất hơi nước giữa vật liệu sấy và môi trường. Cách thứ nhất là giảm phân áp suất của tác nhân sấy bằng cách đốt nóng nó và cách thứ hai là tăng phân áp suất hơi nước trong vật liệu sấy.

Như vậy, nhờ đốt nóng cả tác nhân sấy và vật liệu sấy hay chỉ đốt nóng vật liệu sấy mà hiệu phân áp giữa hơi nước trên bề mặt vật (p_{ab}) và phân áp của hơi nước tác nhân sấy (p_{am}) tăng dần đến làm tăng quá trình dịch chuyển ẩm từ trong lòng vật liệu sấy ra bề mặt và đi vào môi trường.

Dựa vào phương thức cấp nhiệt cho vật liệu sấy người ta phân ra phương pháp sấy nóng ra các loại như sau:

Hệ thống sấy đối lưu

Trong hệ thống sấy đối lưu, vật liệu sấy nhận nhiệt bằng đối lưu từ một dịch thể nóng mà thông thường là không khí nóng hoặc khói lò. Các tác nhân sấy được đốt nóng rồi vận chuyển đến trao đổi nhiệt với vật sấy. Hệ thống sấy đối lưu như vậy có nhiều phương pháp để thực hiện: sấy buồng, sấy hầm, sấy khí động, sấy thùng quay,....

Hệ thống sấy tiếp xúc

Trong hệ thống sấy tiếp xúc, vật sấy được trao đổi nhiệt với một bề mặt đốt nóng. Bề mặt tiếp xúc với vật sấy có thể là bề mặt vật rắn hay vật lỏng. Nhờ đó người ta làm tăng sự chênh lệch áp suất hơi nước. Các phương pháp thực hiện có thể là sấy kiểu trực cán, sấy kiểu lô quay, sấy dầu,...

Hệ thống sấy bức xạ

Vật sấy được nhận nhiệt từ nguồn bức xạ để ẩm dịch chuyển từ trong lòng vật ra bề mặt và từ bề mặt ẩm khuếch tán vào môi trường. Nguồn bức xạ thường dùng là đèn hồng ngoại, dây hay thanh điện trở. Sấy bức xạ có thể tiến hành trong điều kiện tự nhiên hay trong buồng kín.

Hệ thống sấy dùng điện cao tần

Hệ thống sấy này sử dụng năng lượng điện có tần số cao để làm nóng vật sấy. Vật sấy được đặt trong từ trường điện từ do vậy trong vật xuất hiện dòng điện và dòng điện này nung nóng vật cần nung. Hệ thống này thường sấy các vật mềm và thời gian nung ngắn.

**** Ưu điểm của phương pháp sấy ở nhiệt độ cao***

- + Thời gian sấy bằng các phương pháp sấy nóng ngắn hơn so với phương pháp sấy lạnh.
- + Năng suất cao và chi phí ban đầu thấp.
- + Nguồn năng lượng sử dụng cho phương pháp sấy nóng có thể là khói thải, hơi nước nóng, hay các nguồn nhiệt từ dầu mỏ, than đá, rác thải,... cho đến điện năng.
- + Thời gian làm việc của hệ thống cũng rất cao.

**** Nhược điểm của hệ thống sấy ở nhiệt độ cao***

- + Các vật sấy không cần có các yêu cầu đặc biệt về nhiệt độ.
- + Sản phẩm sấy thường hay bị biến màu và chất lượng không cao.

2.1.2. Phương pháp sấy lạnh

Khác với phương pháp sấy nóng, để tạo ra sự chênh lệch áp suất hơi nước giữa vật liệu sấy và tác nhân sấy, người ta giảm phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy bằng cách giảm dung ẩm trong tác nhân sấy và độ ẩm tương đối (ϕ).

Theo công thức:
$$p_a = \frac{Bd}{0,622 + d}$$

Trong đó:

p_a _ Phân áp suất hơi nước, kN/m².

B _ áp suất khí trời, kN/m².

d _ dung ẩm trong không khí.

Phân áp suất của môi trường không khí bên ngoài giảm xuống, độ chênh áp suất của ẩm trong vật sấy vào môi trường xung quanh tăng lên. Ẩm chuyển dịch từ trong vật ra bề mặt sẽ chuyển vào môi trường. Nhiệt độ môi trường của sấy lạnh thường thấp (có thể thấp hơn nhiệt độ của môi trường bên ngoài, có khi nhỏ hơn 0°C).

a. Hệ thống sấy lạnh ở nhiệt độ $t > 0$

Với những hệ thống sấy mà nhiệt độ vật liệu sấy cũng như nhiệt độ tác nhân sấy xấp xỉ nhiệt độ môi trường, tác nhân sấy thường là không khí được khử ẩm bằng phương pháp làm lạnh hoặc bằng các máy khử ẩm hấp phụ, sau đó nó được đốt nóng hoặc làm lạnh đến các nhiệt độ yêu cầu rồi cho đi qua vật liệu sấy. Khi đó do phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy bé hơn phân áp suất hơi nước trên bề mặt vật liệu sấy mà ẩm từ dạng lỏng bay hơi đi vào tác nhân sấy. Như vậy, quy luật dịch chuyển ẩm trong lòng vật và từ bề mặt vật vào môi trường trong các hệ thống sấy lạnh loại này hoàn toàn giống như trong các hệ thống sấy nóng. Điều khác nhau ở đây là cách giảm p_{am} bằng cách đốt nóng tác nhân sấy ($d = \text{const}$) để tăng áp suất bão hoà dẫn đến giảm độ ẩm tương đối ϕ . Trong khi đó, với các hệ thống sấy lạnh có nhiệt độ tác nhân sấy bằng nhiệt độ môi trường thì ta sẽ tìm cách giảm phân áp suất hơi nước của tác nhân sấy p_{am} bằng cách giảm lượng chứa ẩm d kết hợp với quá trình làm lạnh (sau khử ẩm bằng hấp phụ) hoặc đốt nóng (sau khử ẩm bằng lạnh).

b. Hệ thống sấy thăng hoa

Phương pháp sấy thăng hoa được thực hiện ở điều kiện nhiệt độ và áp suất thấp. Chế độ làm việc thấp hơn điểm ba thể của nước ($t = 0,0098^\circ\text{C}$, $p = 4,58\text{mmHg}$). Quá trình sấy được thực hiện trong một buồng sấy kín. Giai đoạn đầu là giai đoạn làm lạnh sản phẩm, trong giai đoạn này do hút chân không làm áp suất trong buồng sấy giảm, ẩm thoát ra chiếm khoảng 10÷15%. Việc bay hơi ẩm làm cho nhiệt độ vật liệu sấy giảm xuống dưới điểm ba thể, có thể làm lạnh vật liệu trong buồng làm lạnh

riêng. Giai đoạn tiếp theo là giai đoạn thăng hoa, lúc này, nhiệt độ trong buồng sấy đã ở chế độ thăng hoa. Ẩm trong vật dưới dạng rắn sẽ thăng hoa thành hơi và thoát ra khỏi vật. Hơi ẩm này sẽ đến bình ngưng và ngưng lại thành lỏng sau đó thành băng bám trên bề mặt ống. Trong giai đoạn này nhiệt độ vật không đổi. Giai đoạn sau cùng là giai đoạn bay hơi ẩm còn lại. Trong giai đoạn này nhiệt độ của vật tăng lên, ẩm trong vật là ẩm liên kết và ở trạng thái lỏng. Quá trình sấy ở giai đoạn này giống như quá trình sấy ở các thiết bị sấy chân không thông thường. Nhiệt độ môi chất trong lúc này cũng cao hơn giai đoạn thăng hoa.

Ưu điểm của phương pháp sấy thăng hoa là nhờ sấy ở nhiệt độ thấp nên giữ được các tính chất tươi sống của sản phẩm, nếu dùng để sấy thực phẩm sẽ giữ được chất lượng và hương vị của sản phẩm, không bị mất các vitamin. Tiêu hao năng lượng để bay hơi ẩm thấp. Tuy nhiên phương pháp này có nhược điểm là giá thành thiết bị cao, vận hành phức tạp, người vận hành cần có trình độ kỹ thuật cao, tiêu hao điện năng lớn, số lượng sản phẩm cần sấy bị giới hạn, không thể tăng năng suất vì kích thước buồng sấy quá lớn, các thiết bị cho buồng chân không cũng cần được kín. Dầu bôi trơn cho các máy móc hoạt động cũng là loại đặc biệt, đắt tiền và khó kiếm để thay thế, bổ sung.

c. Hệ thống sấy chân không

Hệ thống sấy chân không gồm có buồng sấy, thiết bị ngưng tụ và bơm chân không. Vật sấy được cho vào trong một buồng kín, sau đó buồng này được hút chân không (ở áp suất lớn hơn 4,56 mmHg). Lượng ẩm trong vật được tách ra khỏi vật và được hút ra ngoài. Nhiệt độ trong buồng sấy dao động xung quanh nhiệt độ ngoài trời. Phương pháp này phức tạp bởi khả năng giữ buồng chân không, thể tích luôn giới hạn đến mức độ nào đó. Chính vì vậy phương pháp này không được sử dụng phổ biến như các phương pháp khác mà chỉ được sử dụng để sấy các vật liệu, được liệu quý hiếm, với số lượng nhỏ.

2.2. PHƯƠNG PHÁP SẤY CHÂN KHÔNG

Phương pháp sấy chân không được áp dụng để sấy các loại vật liệu có chứa nhiều hàm lượng tinh dầu, hương hoa, dược phẩm; các nông sản thực phẩm có yêu cầu nhiệt độ sấy thấp nhằm giữ nguyên chất lượng và màu sắc, không gây phá hủy, biến tính các chất; và đặc biệt phương pháp sấy chân không được dùng để sấy các loại vật liệu khô chậm khó sấy (như gỗ sồi, gỗ giẻ...), các loại gỗ quý nhằm mang lại chất lượng sản phẩm sấy cao đáp ứng được các yêu cầu sử dụng trong và ngoài nước, rút ngắn đáng kể thời gian sấy, và đặc biệt là có khả năng tiến hành sấy ở nhiệt độ sấy thấp hơn nhiệt độ môi trường. Do đó sản phẩm sấy chân không giữ được hầu như đầy đủ các tính chất ban đầu của vật liệu, sản phẩm bảo quản lâu và ít bị tác động bởi điều kiện bên ngoài.

Tuy có nhiều ưu điểm nhưng phương pháp sấy chân không vẫn còn chưa được sử dụng phổ biến trong công nghệ sấy nước nhà. Bởi do giá thành thiết bị cao, vận hành phức tạp, rất khó đảm bảo độ kín cho một hệ thống chân không lớn. Do đó phương pháp sấy này chỉ được áp dụng với quy mô nhỏ, dùng sấy những loại vật liệu quý hiếm, khô chậm, khó sấy và có yêu cầu cao về chất lượng.

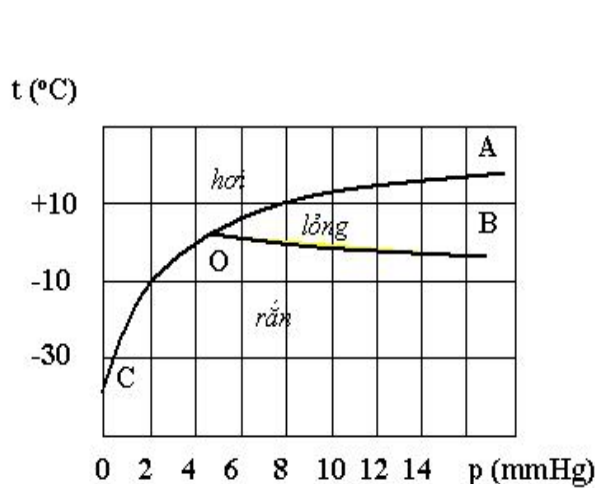
Một hệ thống sấy chân không thường được cấu tạo từ buồng sấy, thiết bị ngưng tụ và bơm chân không.

Nguyên lý cơ bản của phương pháp sấy chân không đó là sự phụ thuộc vào áp suất điểm sôi của nước. Nếu làm giảm (hạ thấp) áp suất trong một thiết bị chân không xuống đến áp suất mà ở đáy nước trong vật bắt đầu sôi và bốc hơi sẽ tạo nên một dòng chênh lệch áp suất đáng kể dọc theo bề mặt vật, làm hình thành nên một dòng ẩm chuyển động trong vật liệu theo hướng từ trong ra bề mặt vật. Điều này có nghĩa là ở một áp suất nhất định nước sẽ có một điểm sôi nhất định, do vậy khi hút chân không sẽ làm cho áp suất trong vật giảm đi và đến mức nhiệt độ vật (cũng là nhiệt độ của nước trong vật) đạt đến nhiệt độ sôi của nước ở áp suất đáy, nước trong vật sẽ hóa hơi và làm tăng áp suất trong vật và tạo nên một chênh lệch áp suất hơi $\Delta p = (p_{bh} - p_h)$ giữa áp suất bão hòa hơi nước trên bề mặt vật và phân áp suất hơi nước trong môi trường đặt vật sấy, đây chính là nguồn động lực chính tạo điều kiện thúc đẩy quá trình di chuyển ẩm từ bên trong vật ra ngoài bề mặt bay hơi của quá trình sấy chân không. Và ở đây, dưới điều kiện chân không, quá trình bay hơi diễn ra nhanh chóng và qua đó quá trình khô vật sẽ rất nhanh, thời gian sấy giảm xuống đáng kể. Bên cạnh đó, nhờ chỉ sấy ở nhiệt độ thấp (có thể thấp hơn nhiệt độ môi trường) nên nhiều tính chất đặc trưng ban đầu: tính chất sinh học, hương vị, màu sắc, hình dáng của sản phẩm được giữ lại gần như đầy đủ. Sản phẩm sấy chân không bảo quản lâu dài và ít bị tác động bởi môi trường.

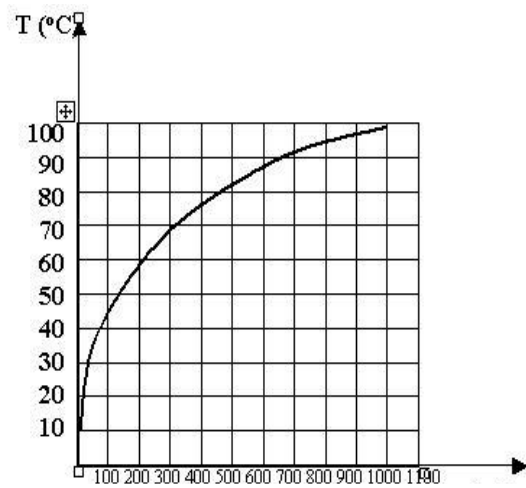
Chế độ sấy: tùy thuộc vào đặc tính, tính chất của từng loại vật liệu sấy sẽ ảnh hưởng đến tốc độ sấy mà ta cần quan tâm xem xét để chọn các thông số áp suất, nhiệt độ thích hợp cho từng loại vật liệu sấy. Quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ điểm sôi của nước có giá trị được cho ở bảng 2.1 và biểu thị qua biểu đồ 2.1 sau:

Bảng 2.1: Mối quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ hoá hơi của nước

mmHg	760	149,4	92,51	55,32	31,82	17,54	9,21	6,54	6,10	5,69	5,29	4,93	4,58
°C	100	60	50	40	30	20	10	5	4	3	2	1	0



Biểu đồ 2.2: Sơ đồ trạng thái của nước.



Biểu đồ 2.1: Quan hệ giữa nhiệt độ sôi của nước và áp suất

Dựa vào biểu đồ trạng thái của nước ở biểu đồ 2.2, cho thấy: Trên biểu đồ 2.2, đường cong OA là đường cân bằng lỏng - hơi, OB là đường cân bằng lỏng- rắn, và OC là đường cân bằng rắn- khí. Từ điểm ba thể của nước ($p = 4,56 \text{ mmHg}$, $t = 0,098^\circ\text{C}$) cho thấy: Nếu sấy ở điều kiện áp suất trong buồng sấy lớn hơn $4,56 \text{ mmHg}$ thì xảy ra quá trình sấy chân không, do đó chỉ cần sấy ở nhiệt độ sấy thấp, có thể thấp hơn cả nhiệt độ môi trường cũng đủ xảy ra quá trình chuyển lỏng sang trạng thái hơi.

Một số đơn vị của áp suất thường gặp trong kỹ thuật chân không

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ mmHg} = 133,32 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,8 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ at} = 9,8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kG/cm}^2 = 10 \text{ mmH}_2\text{O}.$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg}$$

Phương pháp cấp nhiệt: trong buồng sấy chân không, đối tượng sấy thường được gia nhiệt bằng phương pháp tiếp xúc hoặc bức xạ.

Với phương pháp cấp nhiệt bằng tiếp xúc, đối tượng sấy được đặt trực tiếp lên nguồn nhiệt hoặc tiếp xúc với nguồn nhiệt qua những tấm vật liệu dẫn nhiệt tốt. Nguồn năng lượng nhiệt có thể là điện năng hoặc hơi nước nóng. Để nâng cao hiệu quả truyền nhiệt cần tạo điều kiện tiếp xúc tốt giữa đối tượng sấy và bề mặt dẫn nhiệt.

Cấp nhiệt bằng bức xạ là phương thức cấp nhiệt cho đối tượng sấy có hiệu quả cao, đang được sử dụng rộng rãi. Bởi bức xạ không chỉ tạo được một dòng cấp nhiệt

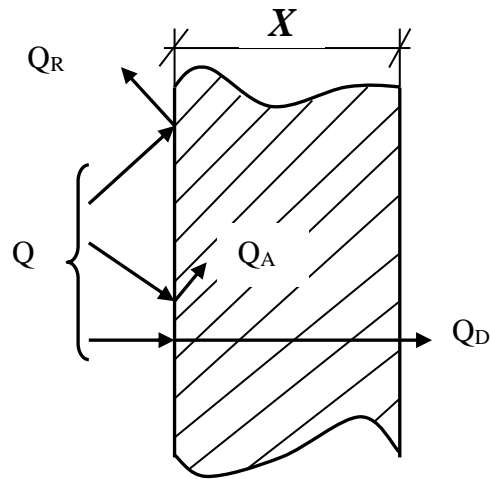
lớn trên bề mặt vật (khoảng $20 \div 100$ lần so với dòng nhiệt cấp do đối lưu), mà còn xuyên sâu vào lòng đối tượng một lớp nhất định (phụ thuộc vào đặc tính quang học của nguồn và đối tượng).

Dòng năng lượng bức xạ Q chiếu vào đối tượng bị phản xạ một phần Q_R , hấp thụ một phần Q_A , và phần còn lại xuyên qua đối tượng Q_D . Tỷ lệ $\frac{Q_R}{Q} = R$; $\frac{Q_A}{Q} = A$;

$\frac{Q_D}{Q} = D$ được gọi là độ phản xạ, độ hấp thụ, và độ xuyên suốt của đối tượng.

Năng lượng bức xạ có hiệu quả nhiệt lớn nhất là bức xạ hồng ngoại. Vì với bức xạ hồng ngoại các đối tượng có độ hấp thụ lớn nhất. Sơ đồ bức xạ hồng ngoại lên đối tượng có bề dày x được thể hiện ở hình sau:

Nguồn năng lượng bức xạ hồng ngoại thường là các sợi đốt của đèn điện hoặc các vật liệu rắn khác được đốt nóng đến một nhiệt độ nhất định. Muốn chọn nguồn bức xạ có hiệu quả cao để cấp nhiệt cần phải hiểu biết đặc tính quang học của đối tượng sấy. Nguồn bức xạ cần chọn có độ chiếu cực đại ở bước sóng mà tại điểm đó đặc tính hấp thụ nhiệt của đối tượng sấy là lớn nhất.



Hình 2.1: Sơ đồ bức xạ hồng ngoại lên đối tượng có bề dày x .

2.3. PHÂN LOẠI THIẾT BỊ SẤY CHÂN KHÔNG

Có hai loại hệ thống sấy chân không cơ bản được phân biệt theo phương thức gia nhiệt cho vật liệu như sau:

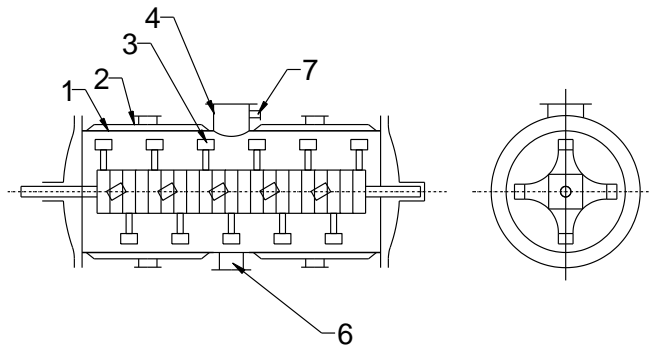
2.3.1. Thiết bị sấy chân không kiểu gián đoạn

a. Tủ sấy

Tủ sấy chân không là một thiết bị sấy đơn giản nhất, có dạng hình trụ hoặc hình hộp chữ nhật, được cấp nhiệt bằng hơi nước, nước nóng hoặc sợi đốt điện trở. Vật liệu được xếp vào khay và cho vào tủ sấy đặt trực tiếp lên nguồn nhiệt hoặc được cấp nhiệt bằng bức xạ. Trong thời gian làm việc tủ được đóng kín và được nối với hệ thống tạo chân không (thiết bị ngưng tụ và bơm chân không). Việc cho liệu vào

và lấy liệu ra được thực hiện bằng tay. Tủ sấy chân không có năng suất nhỏ và hiệu quả thấp nên nó được sử dụng chủ yếu trong phòng thí nghiệm.

b. Tủ sấy có cánh đảo



Hình 2.2: Tủ sấy chân không cánh đảo

- 1-Tủ sấy
- 2-Áo nhiệt
- 3-Cánh đảo
- 4-Cửa tiếp liệu
- 5- Ống đảo phụ
- 6- Cửa tháo sản phẩm
- 7- Ống nối với thiết bị ngưng tụ

Để tăng khả năng truyền nhiệt chuyển khối, sản phẩm trong tủ sấy được đảo trộn nhờ trục gắn cánh đảo 3. Tủ sấy hình trụ dài có hai lớp để chứa và tải chất tải nhiệt (hơi nước hoặc nước nóng).

Trục và cánh đảo có thể đổi chiều quay theo định kỳ ($5 \div 8$ phút) để tăng sự đảo trộn đều đặn và chống kết dính theo chiều quay. Ngoài các cánh đảo còn có các ống đảo phụ 5 để phá vỡ sự vón cục và đảo đều theo chiều dọc tủ sấy. Năng suất tủ sấy phụ thuộc vào tính chất, độ ẩm ban đầu của vật liệu, nhiệt độ của chất tải nhiệt và độ chân không.

Ở các tủ sấy này, tiếp liệu và tháo sản phẩm phần lớn đã được cơ giới hóa. Hơi thứ bốc từ sản phẩm được dẫn qua bộ lọc tới thiết bị ngưng tụ. Đối với hơi nước thường dùng thiết bị ngưng tụ dạng phun tia, còn với những loại hơi cần thu hồi thì dùng thiết bị ngưng tụ bề mặt. Để hút khí không ngưng người ta thường dùng bơm chân không vòng nước. Nguyên liệu cho vào tủ sấy tốt nhất khoảng 80% thể tích tủ sấy.

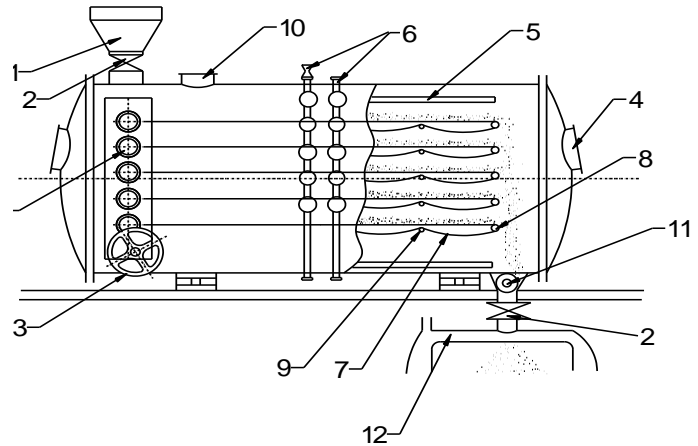
2.3.2. Thiết bị sấy chân không liên tục

Quá trình sấy chân không liên tục có thể được thực hiện theo các nguyên lý:

- + *Tủ quay, băng tải, tháp* cho các vật liệu dạng hạt.
- Với những vật liệu dạng hạt thường sấy trong các tháp sấy chân không
- Đối với vật liệu rời, có thể sấy liên tục bằng thiết bị sấy chân không băng tải.

Hình 2.3: Sơ đồ thiết bị sấy chân không bằng tải

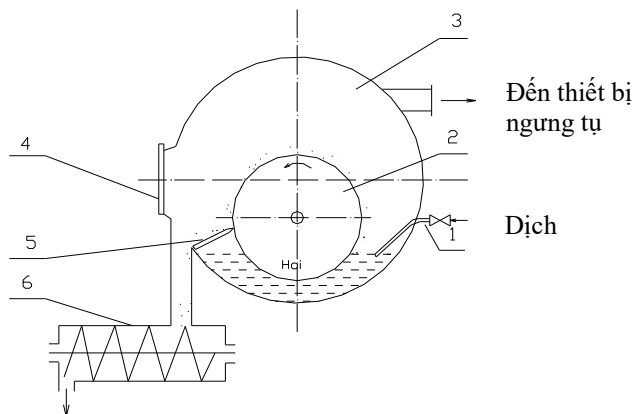
1. Phễu tiếp liệu
2. Tang cấp liệu
3. Bộ dẫn động băng tải
4. Cửa quan sát
5. Dàn cấp nhiệt.
6. Ống dẫn hơi cấp nhiệt.
7. Băng tải
8. Con lăn
9. Con lăn đỡ
10. Cửa rút chân không
11. Vít tháo sản phẩm
12. Thùng tháo sản phẩm



+ Lô cuốn cho các vật liệu dạng dịch nhão.

- Với loại vật liệu lỏng có độ dính ướt cao, có thể sử dụng thiết bị sấy chân không lô cuốn. Lô cuốn quay quanh trục nằm ngang được đốt nóng từ bên trong bằng hơi nước. Lô quay được một vòng thì vật liệu cũng được sấy khô và được tay gạt gạt khỏi lô cán và tải vào vít tải hay tang tháo liệu liên tục mà vẫn đảm bảo độ chân không

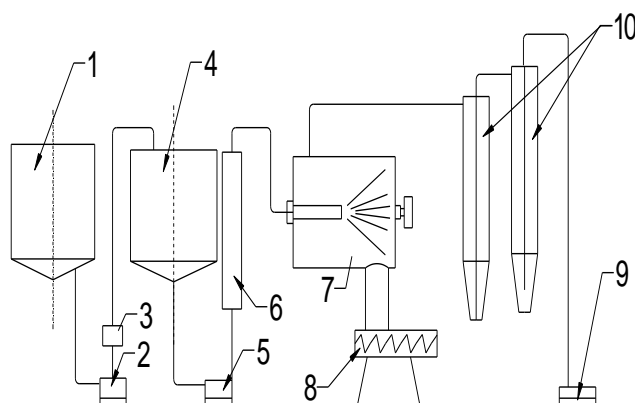
- Với nhưng vật liệu dạng bột nhão người ta sử dụng thiết bị sấy chân không hai lô cán. Bột nhão được cấp vào khe của hai lô cán ngược quay chiều nhau, bị cuốn và cán mỏng lên bề mặt hai lô cán, bên trong gia nhiệt bằng hơi nước. Vật liệu trên lô quay gần được một vòng thì khô và được dao gạt vào vít tải và tải ra ngoài.



Hình 2.4: Thiết bị sấy chân không một lô cán

1. Ống dẫn liệu vào
2. Lô sấy
3. Buồng chân không
4. Cửa quan sát
5. Dao gạt
6. Vít tháo và sấy bổ sung sản phẩm.

+ Sấy phun chân không đối với các vật liệu lỏng có độ nhớt không cao



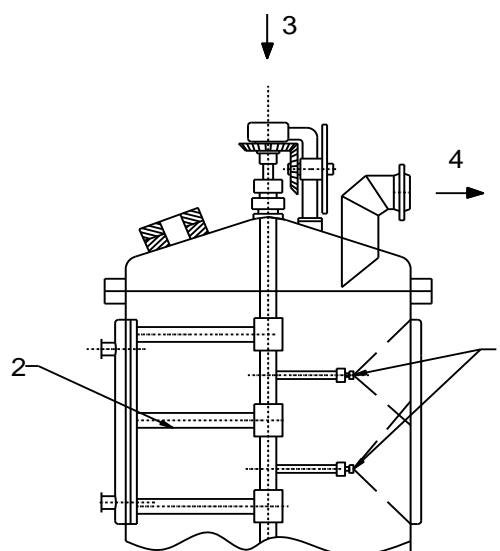
Hình 2.5: Sơ đồ hệ thống sấy phun chân không

- 1- Thùng chứa
- 2- Bơm
- 3- Bộ lọc
- 4- Thùng trung gian
- 5- Bơm
- 6- Thiết bị gia nhiệt
- 7- Buồng sấy phun
- 8- Vít tháo sản phẩm
- 9- Bơm chân không

Trong hệ thống sấy phun chân không này, dịch lỏng được gia nhiệt sơ bộ ở thùng chứa được bơm qua bộ lọc 2, sang thùng trung gian 4, sau đó được bơm cao áp 5 đẩy qua thiết bị trao đổi nhiệt 6 và phun vào buồng chân không 7. Ở đây ẩm được bốc hơi trong điều kiện chân không, sản phẩm được làm khô hoặc kết tinh rơi xuống và được vít tải 8 tải ra ngoài. Những hạt vật liệu khô nhỏ bị cuốn theo hơi ẩm được tách bằng xyclon 10, còn hơi ẩm được hút qua thiết bị ngưng tụ và bơm chân không ra ngoài.

Một số dịch lỏng có độ nhớt không cao được sấy liên tục dưới dạng màng mỏng trong chân không

Trong thiết bị này, dịch được vòi phun phun lên bề mặt thiết bị hình trụ tạo thành màng mỏng và được cấp nhiệt bằng áo nhiệt từ phía bên ngoài vào. Vòi phun quay quanh trục tạo màng liên tục. Màng được sấy khô và được dao gạt 2 gạt khỏi bề mặt dồn xuống đáy và tháo ra ngoài qua các cơ cấu tháo liệu liên tục và kín. Bề mặt thiết bị vừa giải phóng được phun tiếp màng mới và tiếp tục chu trình trên. Thời gian sấy có thể hiệu chỉnh bằng số vòng quay và góc lệch giữa vòi phun và dao gạt



Hình 2.6: Sơ đồ thiết bị sấy chân không màng phun

- 1- Vòi phun
- 2- Dao gạt
- 3- Bộ dẫn động và cấp dịch

2.4. KỸ THUẬT TẠO CHÂN KHÔNG

2.4.1. Bơm chân không

Bơm chân không là thiết bị dùng để hút khí và hơi của các vật chất khác nhau ra khỏi thể tích cần hút, bằng chuyển động cơ học hay tạo sự liên kết chúng trong đó bằng cơ chế hấp thụ (hấp thụ vật lý, hóa học, hấp thụ, hấp phụ ion do phóng điện khí...).

Việc chọn loại bơm phụ thuộc vào loại và lưu lượng khí cần hút cũng như vùng áp suất làm việc. Các bơm chân không hút khí ở áp suất thấp hơn áp suất khí quyển và đẩy ra ở áp suất lớn hơn áp suất khí quyển một ít. Các loại bơm được đặc trưng bằng các thông số sau:

- *Tốc độ bơm* (vận tốc hút khí) S_B , l/s hoặc m³/h, được xác định bằng thể tích khí do bơm hút trong một đơn vị thời gian ứng với áp suất tồn tại ở trong bơm:

$$S_B = \frac{dV_B}{dt}$$

- *Năng suất bơm* Q , mmHg.l/s hoặc mmHg.g/s, được xác định bằng tích lượng khí do bơm hút trong một đơn vị thời gian với áp suất xác định p :

$$Q = S_B \cdot p.$$

- *Độ chân không cực đại* p_{gh} hay áp suất giới hạn, được xác định bằng áp suất thấp nhất mà bơm có thể hút được ở cửa vào của nó.

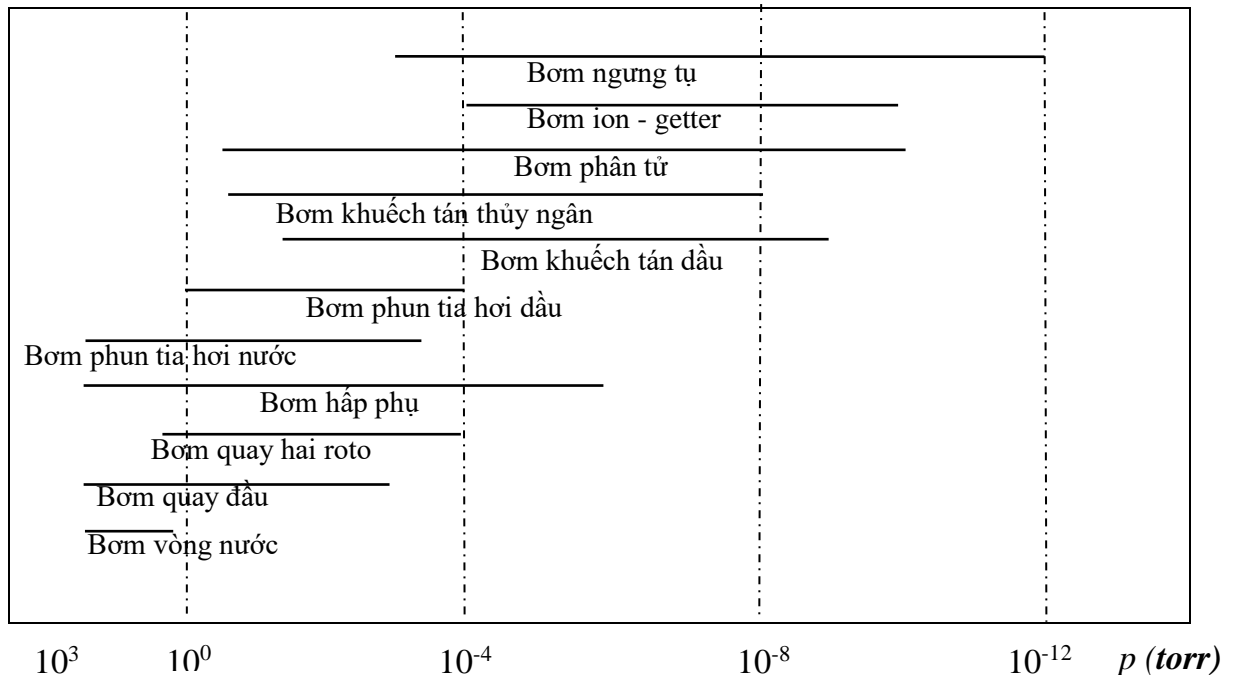
- *Áp suất đối cao nhất* P_d là áp suất cao nhất ở lối ra của bơm mà bơm vẫn có thể hoạt động bình thường. Áp suất đối của nhiều loại bơm bằng áp suất khí quyển. Tuy vậy cũng có không ít những bơm có áp suất đối cao nhất thấp hơn áp suất khí quyển. Trong trường hợp đó bơm không thể hoạt động độc lập mà cần phải có một bơm thứ hai mắc vào lối ra của bơm này để tạo chân không sơ cấp cho nó. Như vậy, để đảm bảo được điều kiện làm việc bình thường của hệ thống hai bơm này thì áp suất đối cao nhất của bơm thứ nhất phải nằm trong vùng hoạt động của bơm sơ cấp và năng suất bơm của bơm sơ cấp phải lớn hơn hoặc bằng năng suất bơm thứ cấp:

$$p_1 S_{B_1} \geq p_2 S_{B_2}$$

Trong đó: p_1, p_2 – áp suất ở lối vào của bơm sơ cấp và thứ cấp.

S_{B_1}, S_{B_2} – Tốc độ bơm của bơm sơ cấp và thứ cấp.

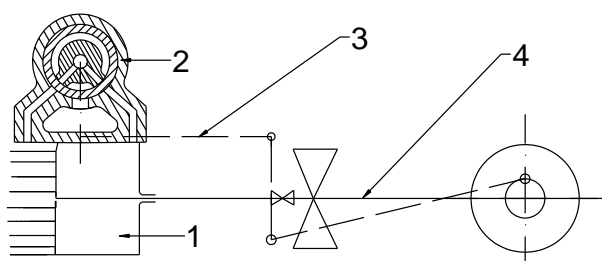
Sau đây là vùng áp suất làm việc của các loại bơm chân không:



Bơm cơ học là loại bơm dựa trên nguyên tắc của chuyển động cơ học để hút khí. Các bơm này thông thường có một động cơ làm chuyển động bộ phận (pittông, rôto) tạo thể tích thay đổi để hút và nén khí. Quá trình hút và nén khí được thực hiện dựa trên nguyên tắc mở rộng và thu hẹp thể tích làm việc của các khoang bơm. Các bơm cơ học có vùng hoạt động từ 1 at đến 10^{-3} mMHg và tốc độ bơm tương đối lớn. Bơm có thể được dùng độc lập trong các hệ thống yêu cầu độ chân không không cao, hoặc có thể dùng tạo độ chân không sơ cấp cho các bơm khác trong hệ thống chân không cao.

Sau đây là giới thiệu cấu tạo một số bơm cơ học:

Bơm chân không pittông



Hình 2.7: Sơ đồ động học của bơm pittông

- 1- Pittông
- 2- Van phân phối
- 3- Cơ cấu dẫn động van phân phối.

Được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp hóa học và thực phẩm.

Bao gồm hai nhóm:

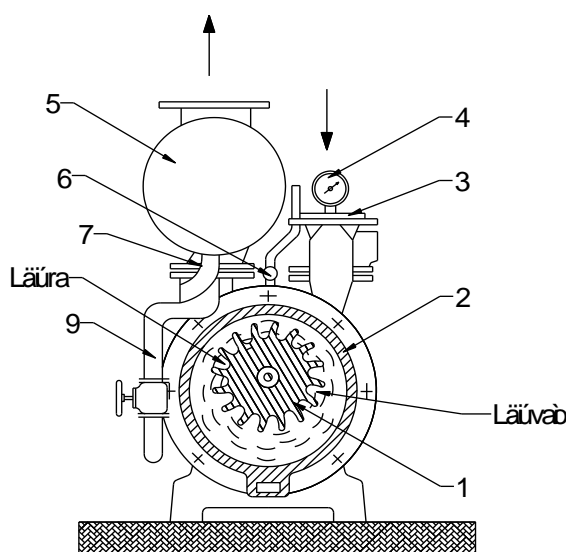
+ Bơm chân không pittông khô, chỉ hút khí

+ Bơm chân không pittông âm, có thể hút hỗn hợp khí- lỏng, áp suất giới hạn tạo được thấp hơn bơm chân không pittông khô.

Về cấu tạo hai nhóm này không khác gì nhau, chỉ khác nhau ở bộ phận van phân phối. Bơm chân không âm không cần van phân phối mà van hút và van đẩy của nó có kích thước lớn hơn để tải một lượng chất lỏng lớn qua đó.

Bơm vòng nước

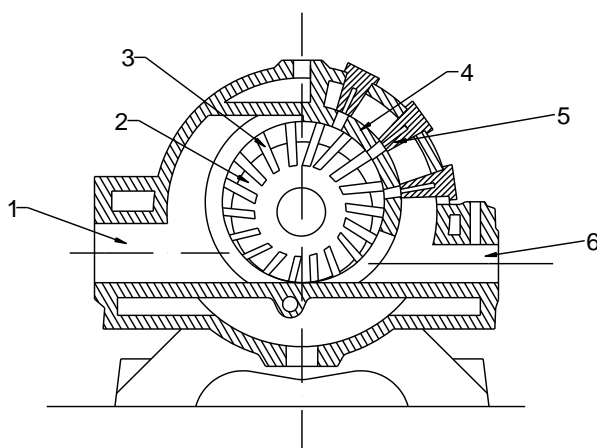
Do không cần có dầu bôi trơn nên bơm vòng nước rất thuận tiện trong công nghiệp hóa học và được dùng rộng rãi. Bơm thích hợp để hút các loại khí có bụi hoặc hơi nước nhờ giữa guồng quay và vỏ bơm có sự quay tương đối của không khí nên không bị bẩn, tắc. Giới hạn áp suất do bơm tạo ra phụ thuộc vào nhiệt độ vòng nước, bằng khoảng 15 đến 110mmHg.



Hình 2.8: Bơm chân không vòng nước

- 1- Rotor
- 2- Thân bơm
- 3- Cửa lối vào
- 4- Chân không kế
- 5- Thùng nước
- 6- Van tiếp nước
- 7- Cửa lối ra
- 8- Ống tháo nước
- 9- Ống tuần hoàn nước với van điều chỉnh

Bơm rôto nhiều bản



Hình 2.9: Bơm rotor nhiều bản

- 2- Cửa lối vào
- 3- Rotor
- 4- Các bản mỏng
- 5- Buồng bơm
- 6- Van an toàn
- 7- Cửa lối ra

Kết cấu của bơm rôto nhiều bản gần giống như bơm vòng nước. Bơm cũng gồm một rôto 2 quay lệch tâm với buồng bơm 3. Khi rôto quay với vận tốc lớn, các bản văng ra theo rãnh dẫn và tựa vào buồng bơm 4 tạo ra nhiều khoang bơm giữa hai bản và thành buồng. Thể tích khoang bơm thay đổi nhờ sự quay lệch tâm của rôto và buồng bơm. Phần thể tích khoang bơm tăng được nối với lối vào bơm để hút

khí, phần thể giảm được nối với lối ra của bơm để nén khí ra ngoài. Các van an toàn 5 bảo vệ hiện tượng quá áp khi ở lối vào có áp suất quá cao. Áp suất giới hạn đạt được của bơm đến 10^{-1}mmHg .

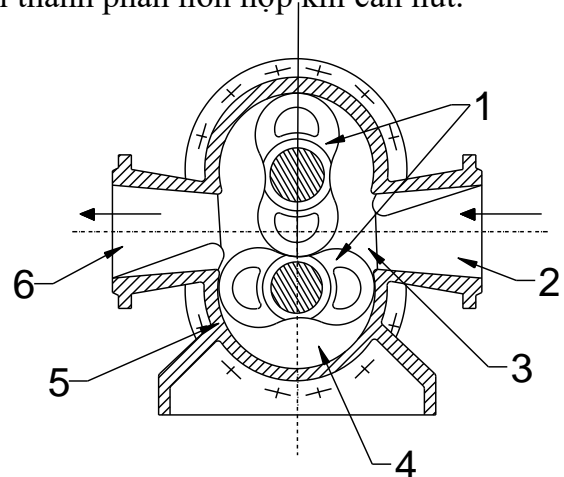
Bơm chân không dầu

Bơm được làm kín bằng dầu nên khả năng tạo được độ chân không sâu. Áp suất giới hạn đạt được đến 10^{-5}mmHg . Bơm có thể được dùng độc lập hoặc dùng làm bơm sơ cấp. Để bơm các hỗn hợp khí và hơi nước (hoặc khí không ngưng), bơm chân không dầu còn được cấu tạo thêm bộ phận thẳng bằng khí để khắc phục hiện tượng ngưng tụ hút khí (do một lượng hơi bị hóa lỏng dưới áp suất lớn và hòa với dầu trong khoang bơm, rồi đi trở lại sang phía lối vào của bơm và bốc hơi trở lại, hơi này lại tiếp tục bị hóa lỏng làm giảm khả năng hút khí của bơm.). Người ta đưa vào khoang nén của bơm một lượng khí quyển (gọi là lượng khí thẳng bằng). Với lượng khí đưa vào, áp suất trong khoang nén đó đạt tới áp suất khí quyển trước khi hơi nước bị nén đến áp suất bão hòa, tức là trước khi xảy ra hiện tượng ngưng tụ khí. Khi đạt đến áp suất khí quyển, van xả ở lối ra mở, hỗn hợp khí và hơi nước bị đẩy ra ngoài. Lượng khí đưa vào tỉ lệ với thành phần hỗn hợp khí cần hút.

Bơm chân không hai rôto

Hình 2.10: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bơm chân không hai rôto

- 1- Rotor
- 2- Cửa vào
- 3- Khoang hút
- 4- Khoang trung gian
- 5- Buồng bơm
- 6- Cửa ra



Nguyên lý làm việc của bơm này như sau: Trong guồng bơm có hai rôto hình số 8 quay cùng vận tốc nhưng ngược chiều nhau. Giữa các rôto và giữa rôto với thành buồng bơm có khe hở rất nhỏ nên các rôto quay độc lập với nhau và độc lập với thành bơm nên không bị ma sát và không cần bôi trơn. Khí cần hút theo cửa 2 vào khoang hút 3. Khi rôto quay tiếp, khoang hút 3 được bít kín giữa rôto và thành buồng bơm (như vị trí khoang 4) và tiếp đó khí được đẩy qua cửa tháo 6. Mặc dầu khe hở giữa các rôto và thành thiết bị rất nhỏ nhưng vẫn có một lượng khí lọt từ lối ra qua lối vào cho nên làm giảm hiệu suất của bơm.

Bơm chân không kiểu rôto cũng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm và hóa chất. Ưu điểm của bơm là khả năng hút khí đều đặn, cấu tạo gọn gàng, không có van phức tạp, giá thành chế tạo rẻ và chi phí vận hành nhỏ.

b. Bơm phun tia

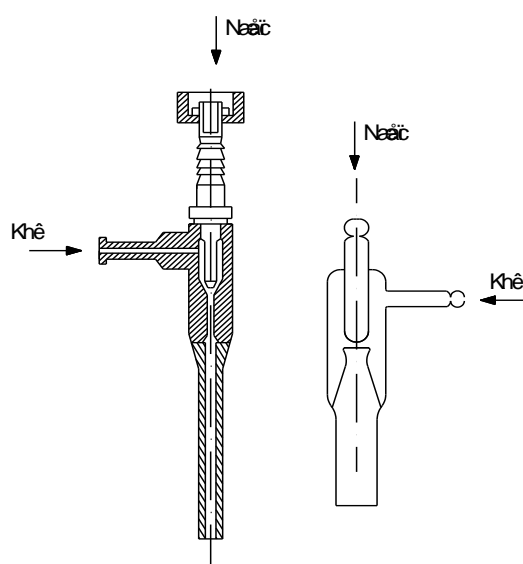
Bơm phun tia gồm các loại: ejector dòng hơi và bơm khuấy tán. Loại này không có bộ phận chuyển động, cơ cấu chủ yếu của chúng là dòng hơi hoặc dòng chất lỏng. Bơm loại này có kết cấu gọn nhẹ và không đòi hỏi hệ thống nền móng vững vàng.

Nguyên tắc làm việc là nhờ lực ma sát bề mặt của tia hơi hay nước chuyển động với vận tốc lớn kéo theo không khí hay khí cần hút, truyền cho nó một phần động năng để sau đó phần động năng này biến đổi thành thế năng (áp suất).

Bơm chân không dòng nước

Trong bơm chân không dòng nước, khí cần hút được cuốn theo dòng nước hoặc một chất lỏng bất kỳ nhờ lực ma sát bề mặt.

Nước từ hệ thống nước (hoặc từ bơm) được bắt vào ống dẫn và tạo thành tia ở cửa loa. Tại cửa loa nơi vận tốc dòng tia lớn nhất, các phần tử khí bị các tia nước cuốn theo và tổng ra ngoài. Để tách hơi nước xâm nhập vào thể tích cần hút khí, ở ống dẫn khí trước khi qua bơm cần đặt thêm các chất hút ẩm. Áp suất giới hạn có thể tạo được bằng bơm chân không dòng nước là $10 \div 20$ mmHg với vận tốc hút khí $0,05 \div 0,1$ l/s. Bơm chân không dòng nước thường dùng trong các phòng thí nghiệm và được chế tạo từ thủy tinh, nhựa và kim loại.



Hình 2.11: Bơm chân không dòng nước

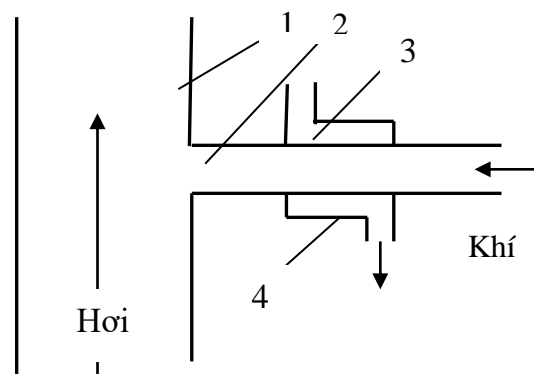
- a) bằng kim loại
- b) bằng thủy tinh

Bơm ejector dòng hơi

Trong bơm ejector dòng hơi, khí được dòng hơi cuốn theo vì áp suất tại chỗ phun tia nhỏ hơn áp suất môi trường và nhờ hiện tượng kết dính bề mặt giữa khí và dòng hơi. Các chất lỏng để tạo hơi có thể là dầu, thủy ngân, nước và các chất lỏng khác. Áp suất giới hạn có thể đạt được ở bơm ejector dòng hơi là 10^{-2} mmHg. Năng suất bơm có thể thay đổi bằng cách thay đổi thay đổi tiết diện cửa loa công tác chứ không phải bằng các van tiết lưu ở ống dẫn hơi và có thể đạt tới hàng trăm nghìn lít trong một giây. Bơm còn có thể tạo được áp suất nhỏ bằng cách làm bơm thành nhiều cấp hoặc tổ hợp với các loại bơm khác.

Bơm khuếch tán

Bơm khuếch tán cũng làm việc theo nguyên tắc các phân tử khí bị cuốn theo dòng hơi có vận tốc lớn. Dòng hơi được tạo thành từ thiết bị bốc hơi chuyển động dọc theo ống 1. Tại điểm 2 ống hơi được nối với thể tích cần hút khí bằng một ống mao dẫn 3. Khí ở thể tích cần hút khuếch tán vào ống 3 và theo ống 3 khuếch tán vào dòng hơi và được dòng hơi cuốn đi. Sau đó khí được tách khỏi dòng hơi bằng ngưng tụ và được bơm sơ cấp hút tiếp. Một phần hơi khuếch tán từ ống 1 sang ống 3 bị ngưng tụ lại bằng bộ phận làm lạnh 4 (bay hơi).

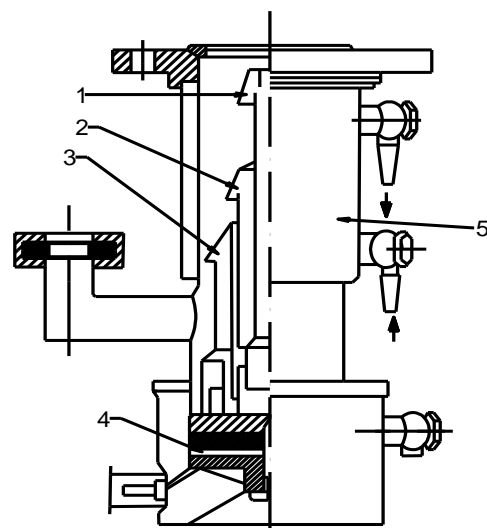


Hình 2.12 : Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bơm khuếch tán

1. ống dẫn hơi; 2. lỗ nối ống mao dẫn;
3. ống mao dẫn; 4. bộ phận làm lạnh.

Chất lỏng trong bơm khuếch tán có thể là thủy ngân hoặc các dầu chuyên dùng có áp suất bão hòa thấp, nhiệt độ sôi thấp và thành phần không thay đổi trong quá trình đun nóng dài ở điều kiện chân không.

Nhiều loại dầu trong bơm khuếch tán có áp suất bão hòa thấp nhưng thường chứa những thành phần dễ bay hơi, trong quá trình làm việc chúng thường bị tách ra làm giảm khả năng đạt độ chân không cao và giảm cả tốc độ hút khí. Để khắc phục hiện tượng này của các loại dầu, người ta thiết kế loại bơm tự phân loại dầu. Sau thời gian làm việc dầu sẽ tự tách ra nhờ cơ cấu đặc biệt của bơm. Những thành phần khó bay hơi sẽ được hoạt động ở tầng áp suất thấp, còn những thành phần dễ bay hơi thì được hoạt động ở tầng áp suất cao. Do đó làm giảm khả năng ảnh hưởng của những thành phần dễ bay hơi đến áp suất giới hạn của bơm.



Hình 2.13: Sơ đồ bơm chân không khuếch tán tự phân loại dầu

- 1,2,3- Các tầng loa phun
- 4- Buồng đốt
- 5- Bộ phận làm lạnh

c. Bơm phân tử

Bơm dựa trên hiện tượng các phân tử khí bị các bề mặt quay quanh cuốn theo khi va đập vào. Nếu trong môi trường có một vật chuyển động nhanh thì phân tử khí sau khi va chạm vào các bề mặt vật sẽ tăng vận tốc và có hướng chuyển động của bề mặt đó. Với điều kiện đó, các phân tử trong không gian có vật chuyển động sẽ dịch chuyển theo hướng chuyển động của vật và tạo nên chênh lệch áp suất $p_B - p_A$ tỉ lệ với chiều dài bề mặt tiếp xúc với phân tử l , độ nhớt của khí μ , vận tốc chuyển động của bề mặt v và tỉ lệ nghịch với khe hở h giữa hai bề mặt chuyển động và bề mặt không chuyển động:

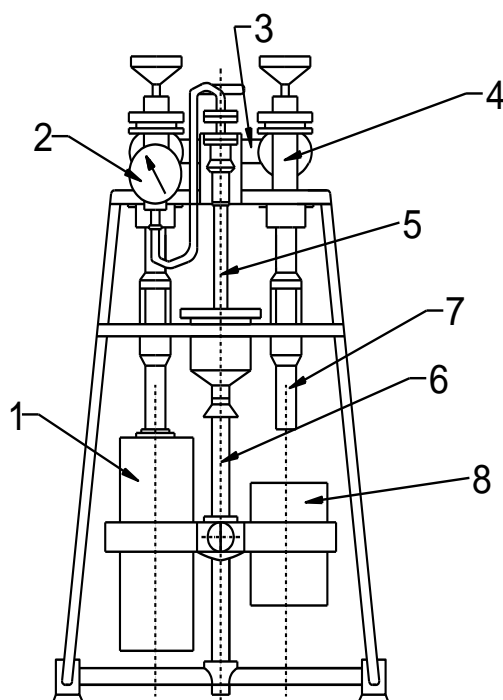
$$p_B - p_A = \frac{6l\mu v}{h^2}.$$

Biểu thức này chỉ đúng đối với độ chân không cao. Bơm phân tử có áp suất đôi rất thấp do đó không thể hoạt động độc lập mà phải tổ hợp với bơm sơ cấp có áp suất giới hạn thấp cỡ phần trăm mmHg.

d. Bơm chân không hấp thụ

Các bơm chân không hấp thụ dựa trên tính chất hấp thụ các chất khí của một số chất như silicagel hay than hoạt tính. Để tăng khả năng hấp thụ khí, các chất hấp thụ được làm lạnh đến nhiệt độ thấp (-196°C) bằng nitơ lỏng.

Bơm chân không hấp thụ thường được chế tạo từ thép không gỉ hoặc hợp kim của niken là những chất ít nhả khí và truyền nhiệt tốt để đảm bảo độ bền trong các quá trình làm lạnh nhanh với chênh lệch nhiệt độ lớn. Bơm hấp thụ bị giới hạn bởi dung lượng hấp thụ của các chất hấp thụ. Sau khi hấp thụ một lượng khí nhất định các chất đó đạt đến trạng thái bão hòa và ngừng hấp thụ. Muốn khôi phục lại trạng thái hấp thụ của các chất hấp thụ phải thực hiện quá



Hình 2.14: Sơ đồ tổ hợp IJBA-0,1-2

- 1- Bình chứa Nitơ lỏng
- 2- Chân không kế
- 3- Ống nối
- 4- Van
- 5- Bơm dòng nước IJBA-0,1-2
- 6- Giá đỡ
- 7- Bơm hấp thụ IJBA-0,1-2
- 8- Nguồn nhiệt

trình phản hấp thụ (loại khí) bằng cách nâng nhiệt độ. Ở nhiệt độ cao các chất khí thoát ra khỏi chất hấp thụ.

Bơm hấp thụ có thể làm việc ở áp suất khí quyển. Trong trường hợp đó áp suất giới hạn thường chưa đạt tới 10^{-2} mmHg. Nếu dung lượng hấp thụ của bơm lớn có thể đạt được áp suất giới hạn tới 10^{-6} mmHg.

đ. Bơm ion hấp thụ

Các bơm hấp thụ không có hiệu quả đối với các khí trơ vì khí trơ rất ít bị hấp thụ hoặc bị hút thu. Để tạo độ chân không cao, nhất là siêu cao, người ta đã kết hợp hai nguyên lý của bơm ion và bơm hấp thụ. Bơm ion hoạt động động theo nguyên lý trong hệ thống áp suất thấp giữa katot và anot xảy ra hiện tượng phóng điện và ion hóa các phân tử. Các ion đi về phía katot và bị trung hoà khi va chạm với katot rồi tiếp tục chuyển động về phía bơm sơ cấp tạo thành dòng liên tục và chênh lệch áp suất ở lối ra và lối vào. Ngoài khả năng tạo dòng, ion hoá còn tạo điều kiện cho các chất hấp thụ, hấp thụ được cả những thành phần khí trơ.

Bơm ion hấp thụ có các loại như: Bơm ion hấp thụ thuỷ tinh, bơm ion hấp thụ kim loại, bơm ion hấp thụ phóng điện.

e. Bơm ngưng tụ

Bơm ngưng tụ dựa trên nguyên tắc ngưng tụ các chất khí trên bề mặt lạnh. Nhiệt độ bề mặt càng thấp thì khả năng làm ngưng tụ nhiều loại khí càng lớn. Ngày nay người ta đã tạo được nitơ, hydro, heli lỏng để làm lạnh các bề mặt ngưng tụ. Sử dụng các chất này có thể đạt được áp suất giới hạn $10^{-11} \div 10^{-12}$ mmHg mà không một loại bơm nào đạt được với vận tốc hút khí 10^{-6} l/s. Để bơm ngưng tụ đạt hiệu quả cao, người ta thường tổ hợp nó với các bơm tua bin phân tử, bơm khuếch tán và các loại bơm khác để tạo áp suất ban đầu khoảng 10^{-6} mmHg.

Bơm ngưng tụ cũng thường được dùng để làm các bẫy khí, hơi trong các bơm ejector dòng hơi và các bơm khuếch tán.

2.4.2. Thiết bị ngưng tụ

a. Thiết bị ngưng tụ hơi nước sang lỏng

Trong nhiều hệ thống thiết bị công nghệ với độ chân không thấp, hỗn hợp khí cần được giải phóng để tạo chân không chủ yếu là hơi nước và một phần khí không ngưng. Trong trường hợp này, hệ thống chân không làm việc có hiệu quả nhất khi có thiết bị ngưng tụ hơi nước tổ hợp với bơm chân không, làm giảm tiêu hao năng lượng cơ học và tránh hỏng hóc cho bơm.

Thiết bị ngưng tụ hơi nước sang lỏng có hai loại: ngưng tụ bề mặt và ngưng tụ hòa trộn.

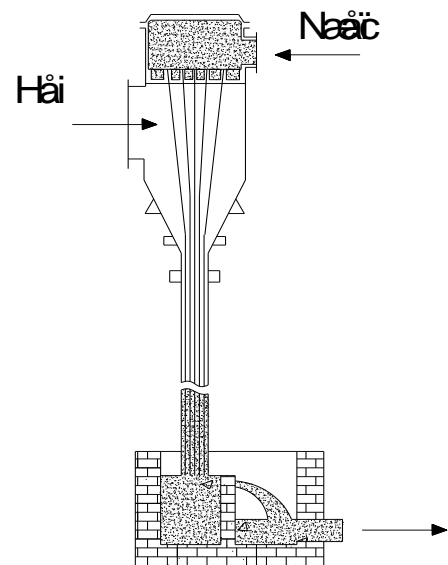
Ở thiết bị ngưng tụ bề mặt, quá trình ngưng tụ của hơi nước xảy ra bề mặt các ống hoặc tấm truyền nhiệt mà bên kia tuần hoàn các chất tải lạnh. Trong thiết bị ngưng tụ hoà trộn, dòng hơi nước được hòa trộn trực tiếp với dòng nước lạnh, mất nhiệt hóa lỏng và bị cuốn theo. Thiết bị ngưng tụ bề mặt sử dụng thuận lợi, dịch ngưng không bị làm bẩn do tác nhân tải lạnh hoặc ngược lại

Thiết bị ngưng tụ hòa trộn đơn giản và rẻ tiền hơn. Loại này được sử dụng để ngưng tụ hơi nước và những chất lỏng không cần thu hồi lại.

Thiết bị ngưng tụ hòa trộn chia làm hai loại: ẩm và khô. Trong thiết bị ngưng tụ ẩm nước làm lạnh, dịch ngưng tụ và khí không ngưng được bơm ẩm hút cùng rồi thải. Trong thiết bị ngưng tụ hòa trộn khô, nước làm lạnh và dịch ngưng tụ chảy xuống, khí không ngưng được bơm chân không hút ra từ phần trên của thiết bị qua bộ phận tách lỏng.

Để ngưng tụ hết hơi nước cần phải tổ chức tốt điều kiện tiếp xúc pha bằng cách tăng bề mặt tiếp xúc pha bằng cách tăng bề mặt tiếp xúc như phun tia tạo dòng hoà trộn giữa nước và hơi.

Trong thiết bị ngưng tụ baromet, hơi cần ngưng tụ được dẫn vào phía dưới và chuyển động ngược lên xuyên qua các làn nước làm lạnh từ trên chảy xuống rồi hoà trộn và ngưng tụ. Khoảng cách giữa các ngăn nước giảm dần từ dưới lên tương ứng với lượng hơi được giảm do ngưng tụ. Khí không ngưng được bơm chân không hút qua buồng tách lỏng. Chiều cao ống tự xả của thiết bị được chọn sao cho tổng áp suất trong thiết bị và áp suất cột chất lỏng đúng bằng áp suất khí quyển. Thông thường thiết bị được đặt ở độ cao không nhỏ hơn 10 mét ứng với áp suất khí quyển 1 at.



Hình 2.15: Sơ đồ thiết bị ngưng tụ phun tia baromet

Ưu điểm của thiết bị ngưng tụ phun tia là quá trình trao đổi nhiệt được tăng cường, năng suất trong một đơn vị bề mặt lớn, kết cấu đơn giản và có thể ngưng tụ được các hơi có tính ăn mòn không làm hỏng thành thiết bị. Nhờ đó mà không cần phải sử dụng vật liệu chưa ăn mòn. Nhược điểm của thiết bị ngưng tụ phun tia là lượng nước làm mát rất lớn và cần phải nén đến áp suất cao để có đủ năng lượng cuốn theo hơi nước ngưng tụ và khí không ngưng xả ra ngoài với áp suất khí

quyển. Phun tia với áp suất cao sẽ xảy ra hiện tượng tách khí hòa tan trong nước làm lạnh, làm giảm khả năng tạo độ chân không cao. Thiết bị ngưng tụ phun tia barômet được sử dụng trong trường hợp hút hỗn hợp hơi nước với các khí ăn mòn tạo ra trong quá trình công nghệ.

b. Thiết bị ngưng tụ hơi nước sang thể rắn (nghịch thăng hoa)

Thiết bị ngưng tụ nghịch thăng hoa cũng là những dạng của các thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống chùm hoặc các khung bản. Nhưng vì tác nhân lạnh có nhiệt độ sôi thấp nên hơi nước trên bề mặt lạnh đó trong điều kiện độ chân không thấp (như trong quá trình sấy thăng hoa) ngưng tụ luôn ở trạng thái rắn. Nước đá ngưng tụ trên bề mặt làm lạnh thay đổi hệ số truyền nhiệt từ hơi nước đến tác nhân lạnh, hạn chế quá trình ngưng tụ. Để khắc phục hiện tượng này trong các hệ thống làm việc liên tục người ta mắc hai thiết bị ngưng tụ làm việc thay đổi. Trong quá trình thiết bị làm việc (đến một giới hạn nào đó), khi bề dày lớp nước đá quá lớn, hệ số truyền nhiệt quá thấp thì dừng thiết bị lại, phá lớp nước đá bằng phương pháp cấp nhiệt làm tan nước đá rồi tháo ra. Hoặc thiết bị có thể có thêm thanh gạt để nạo liên tục nước đá vừa ngưng tụ trên bề mặt lạnh nhằm duy trì điều kiện tốt từ hơi nước truyền nhiệt sang tác nhân lạnh.

Thiết bị ngưng tụ nghịch thăng hoa thường được kết cấu dạng hình hộp hoặc dạng hình trụ, bên trong được phân bố các bề mặt truyền nhiệt dạng ống chùm, dạng xoắn ruột gà, dạng ống trơn hoặc ống có gân toả nhiệt và dạng tấm bản.

Điều quan trọng trong thiết bị ngưng tụ nghịch thăng hoa là tạo điều kiện dẫn cấp hỗn hợp hơi khí đến đều khắp các bề mặt làm lạnh. Vấn đề này có thể giải quyết bằng cách cho làm việc theo lớp, đó là việc phân lớp của các dàn nhiệt mắc vuông góc với dòng chuyển động của hỗn hợp hơi và khí. Trước hết dàn xa nhất được làm việc, khi điều kiện làm lạnh của dàn này kém thì đóng lại và mở dàn tiếp theo. Nhờ vậy mà khắc phục được hiện tượng cản trở dòng hơi nước đến bề mặt làm lạnh.

Một điều kiện quan trọng để các thiết bị ngưng tụ nghịch thăng hoa phát huy hết công suất là tạo quá trình phủ lớp nước đá đông rắn lên bề mặt lạnh nhanh. Kết cấu tốt nhất trong trường hợp này là nước đá được đông rắn trên những bề mặt làm lạnh trơn ở dạng ống hoặc tấm thẳng đứng. Khi cần phá lớp nước đá chỉ cần cấp cho thành đó một lượng nhiệt đủ để làm tan một lớp nước đá mỏng ở thành là các lớp nước đá đó tự rơi tuột xuống dưới và tháo nhanh ra ngoài.

2.5. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG KỸ THUẬT CHÂN KHÔNG

Vật liệu sử dụng trong kỹ thuật chân không phải đáp ứng đầy đủ các yêu cầu chuyên dùng. Độ chân không thu được trong hệ thống phụ thuộc rất lớn vào tính thấm khí, nhả khí và áp suất hơi bão hòa của các vật liệu. Các vật liệu sử dụng trong

kỹ thuật chân không là thủy tinh, sứ, kim loại và hợp kim, cao su chân không, nhựa teflon, các loại mỡ bôi kín và các loại dầu chân không.

2.5.1. Thủy tinh, sứ

Thủy tinh là một vật liệu rất thông dụng trong kỹ thuật chân không vì nó có những ưu điểm: hầu như không thấm và nhả khí, có thể nung nóng đến nhiệt độ cao ($300 \div 400^\circ\text{C}$) trong quá trình loại khí, có thể hàn với nhau và trong trường hợp cần thiết có thể hàn với kim loại. Khi nóng chảy, thủy tinh có thể tạo ra những hình dáng bất kỳ. Ngoài ra thủy tinh còn là vật liệu cách điện tốt, tạo điều kiện làm việc với những hiệu điện thế cao trong các dụng cụ của hệ thống thiết bị chân không.

Song thủy tinh cũng rất giòn nên không thể tạo các thiết bị chân không có kích thước lớn. Thủy tinh được chia làm hai loại: Loại dễ nóng chảy (có nhiệt độ chuyển sang trạng thái dẻo $490 \div 610^\circ\text{C}$ và hệ số nở nhiệt $\alpha = (82 \div 92)10^{-7} \text{ } 1/^\circ\text{C}$); loại khó nóng chảy (có nhiệt độ chuyển sang trạng thái dẻo $555 \div 803^\circ\text{C}$ và hệ số nở nhiệt $\alpha = (39 \div 49)10^{-7} \text{ } 1/^\circ\text{C}$). Ngoài ra còn có thủy tinh thạch anh (có nhiệt độ chuyển sang trạng thái dẻo rất cao 1500°C và hệ số nở nhiệt $\alpha = 5,8.10^{-7} \text{ } 1/^\circ\text{C}$).

Thủy tinh dùng trong các hệ thống chân không cần được tiến hành xử lý để giảm mức độ nhả khí của nó bằng cách làm sạch bề mặt. Các bề mặt được rửa bằng các dung dịch axit loãng sau đó trung hòa trong kiềm và rửa kỹ trong nước khử ion.

Ở những nơi phải chịu nhiệt độ cao và tải trọng cơ học lớn, thủy tinh có thể được thay bằng sứ. Sứ hầu như không thấm thấu khí với áp suất lớn hơn 10^{-9} mmHg .

Sứ chân không được chia làm hai loại: sứ xốp và sứ đặc. Sứ thường được dùng nhiều trong kỹ thuật điện tử để tráng và làm chân đèn điện tử.

2.5.2. Kim loại và hợp kim

Kim loại và hợp kim được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật chân không để chế tạo các loại bơm, van, các thành thiết bị và đặc biệt là các thiết bị công nghiệp có kích thước và năng suất lớn. Tuy nhiên kim loại sẽ không đáp ứng được yêu cầu kín tuyệt đối vì có cấu trúc tinh thể, có các ống mao dẫn và các vết rạn nứt, đặt biệt các chi tiết đúc hoặc cán nguội. Các khí có thể rò hoặc khuếch tán qua các thành kim loại đó. Tuy vậy các thiết bị công nghiệp vẫn được chế tạo từ kim loại, vì chúng có thể đạt được yêu cầu bền vững. Hơn nữa các hệ thống thiết bị công nghệ này đều làm việc ở điều kiện chân không không cao và luôn được hệ thống chân không hút liên tục lượng khí rò qua thành.

Những kim loại được sử dụng nhiều để chế tạo các thiết bị chân không là thép ít cacbon và chịu ăn mòn, đồng, nhôm và các hợp kim của chúng.

Để giảm hiện tượng nhả khí cần sử dụng những kim loại có tính chịu ăn mòn cao, vì các ôxit kim loại hấp thụ khí mạnh và nhả ra trong quá trình tạo chân không. Hiện nay người ta đã hạn chế hiện tượng nhả khí của các kim loại bằng cách gia công các bề mặt nhẵn bóng và xử lý tẩy rửa xăng và axêton.

Đồng có thể làm việc với áp suất không nhỏ quá 10^{-10} mmHg, với nhiệt độ từ -253°C đến 600°C . Đồng có tính truyền nhiệt và dẫn nhiệt tốt, thường dùng để làm các dạng ống nối, tấm đệm và các thiết bị truyền nhiệt. Đồng còn có thể ghép nối với thủy tinh, thép X18H10T.

Nhôm có nhiệt độ nóng chảy thấp (660°C), có độ bền ăn mòn, độ dẻo cao, dễ hàn và thường được dùng trong kỹ thuật chân không để làm các ống dẫn, thân thiết bị, các bích nối trong các thiết bị làm việc với áp suất 10^{-5} mmHg. Nhôm có thể bốc hơi trong chân không để tạo các mặt gương có hệ số phản xạ cao. Nhôm không bền khi tác dụng với thủy ngân, vì vậy không nên sử dụng nó trong các hệ thống chân không có thủy ngân.

Vônfram là kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao nhất và có áp suất hơi bão hòa thấp nhất. Vì vậy nó được dùng để làm các điện cực có tải trọng lớn, các sợi đốt trong các đèn và trong các thiết bị cấp nhiệt. Vônfram có hệ số nở nhiệt gần với thủy tinh, nên được dùng để gắn vào thủy tinh trong các đèn và các thiết bị điện tử. Vônfram có thể hàn với các kim loại khác trong lò hydro nếu có được niken hóa trước và dùng các vảy hàn có nhiệt độ cao như vàng - niken, niken, đồng - niken và platin.

Niken - molipđen cũng là các kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao, có hệ số nở nhiệt gần thủy tinh nên thường được dùng để ghép với thủy tinh làm các điện cực.

Vàng, bạc thường được dùng để phối trộn làm vảy hàn nhiệt độ cao.

Thủy ngân được dùng rất rộng rãi trong kỹ thuật chân không, trong các dụng cụ đo và bơm chân không. Tính chất đặc biệt của thủy tinh là ở nhiệt độ bình thường nó tồn tại ở trạng thái lỏng và bền với ăn mòn.

2.5.3. Cao su chân không và teflon

Cao su có tính chất mềm dẻo, bền và kín nên được sử dụng làm đệm bít kín và các loại ống nối. Những cao su trong kỹ thuật chân không được chế tạo và xử lý đặc biệt gọi là cao su chân không. Nhược điểm của cao su là khả năng nhả khí nhiều nên nó chỉ được dùng ở những phần của hệ thống chân không có độ chân không không cao lắm. Các ống cao su chân không thường có đường kính trong khoảng $3 \div 9$ mm và bề dày $6 \div 10$ mm để khỏi bị áp suất khí quyển ép bẹp. Cao su có tính biến dạng lớn cho nên được sử dụng nhiều để bít kín các chỗ lắp ghép ở dạng tấm hoặc cũng có thể ở dạng sợi tròn hoặc tiết diện hình thang. Ở nhiệt độ quá cao (hơn

100°C) hoặc quá thấp (-20°C) cao su mất tính đàn hồi dẻo. Cao su trở nên giòn và dễ vỡ khi nhiệt độ thấp hơn - 20°C.

Trong những năm gần đây người ta sử dụng chất dẻo có nhiều mặt ưu việt hơn cao su là teflon. Teflon có độ bền vững lớn đối với nhiệt độ thấp và nhiệt độ cao. Nó có thể dùng ở nhiệt độ từ -200°C đến 200°C trong các môi trường hoạt tính. Teflon có thể làm đệm, các ống dẫn và các chi tiết trong hệ thống chân không có áp suất đến 1.10^{-7} mmHg.

2.5.4. Các chất bôi trơn và trát kín

Trong kỹ thuật chân không sử dụng một số chất để bôi trơn các chỗ ghép nối theo phương pháp nút mài hoặc bề mặt nhẵn bóng và trát kín những chỗ nối cố định. Các chất bôi trơn và trát kín phải có áp suất bão hòa thấp, bền với vùng nhiệt độ làm việc, ít hoà tan các chất khí, có thể hoà tan và tẩy sạch bằng một vài dung môi.

Các chất bôi trơn thường là những dẫn xuất cacbua hydro nặng thu được bằng chưng cất trong chân không. Áp suất hơi bão hòa của chúng ở nhiệt độ 20 °C khoảng $1.10^{-5} \div 1.10^{-7}$ mmHg. Chất bôi trơn cũng bị khô dầu nên phải định kỳ rửa và bôi lại. Mỡ bôi trơn phải được bảo quản trong lọ kín, vì để tiếp xúc lâu chúng có thể hoà tan một ít không khí và nhả vào hệ thống chân không khi bôi trơn. Dung môi để hoà tan và rửa chúng là benzen và xăng.

Các chất trát kín rắn thường là những chất dùng để trát ở những chỗ cố định, bất động với áp suất bão hòa thấp, không hoà tan và thẩm thấu khí, đông rắn sau khi nguội hoặc bay hết dung môi.

2.5.5. Dầu chân không

Trong kỹ thuật chân không dầu được sử dụng làm chất lỏng công tác trong bơm phun tia, bơm khuếch tán dầu, làm chất bịt kín trong các bơm chân không vòng dầu, làm chất bôi trơn cho các chi tiết chuyển động và các chất lỏng trong chân không kế. Vì vậy dầu phải có áp suất hơi bão hòa thấp, bền với nhiệt và trơ với oxy cũng như các chất khí cần hút.

Dầu chân không dùng trong bơm cơ học là loại có áp suất hơi bão hòa thấp, không chứa các thành phần dễ bốc hơi, không tác dụng với các khí cần hút và vật liệu chế tạo bơm.

Các loại dầu dùng trong bơm chân không có độ chân không cao như bơm ejector, bơm khuếch tán dầu phải có áp suất hơi bão hòa cao với nhiệt độ làm việc ở buồng bốc để tạo các dòng hơi có mật độ lớn nhưng lại có áp suất hơi bão hòa thấp với nhiệt độ bình thường để tăng khả năng tạo áp suất giới hạn nhỏ của bơm. Các

loại dầu này phải bền nhiệt, không bị ôxy hóa ở nhiệt độ cao, ít hòa tan và hấp thụ khí.
