

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH BÀ RỊA – VŨNG TÀU
TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ

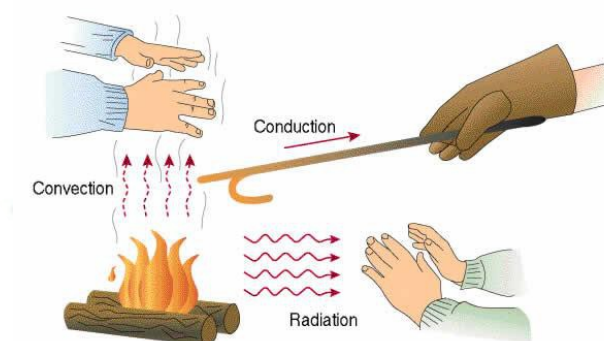
TÀI LIỆU MÔ ĐUN/MÔN HỌC

CÁC QUÁ TRÌNH TRUYỀN NHIỆT

(Lưu hành nội bộ)

BÀI 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Trong chế biến thực phẩm, một trong những quá trình được sử dụng phổ biến đó là *quá trình truyền nhiệt*. Ví dụ quá trình thanh trùng, tiệt trùng, hấp, xào, nướng, rán, cô đặc, ... Truyền nhiệt là một quá trình phức tạp xảy ra đồng thời bởi nhiều phương thức khác nhau: dẫn nhiệt, đối lưu nhiệt và bức xạ nhiệt.



Hình 1.1: Các dạng truyền nhiệt

1.1 Các quá trình dẫn nhiệt (Conduction)

1.1.1 Khái niệm:

Dẫn nhiệt là quá trình truyền nhiệt từ phần tử này đến phần tử khác của vật chất khi chúng tiếp xúc trực tiếp với nhau.

Các phần tử có nhiệt độ cao hơn, dao động mạnh hơn và chạm vào các phần tử lân cận, truyền cho chúng một phần động năng của mình và cứ như thế nhiệt năng được truyền đi mọi phía của vật thể.

Ví dụ: một thanh thép, một đầu có nhiệt độ cao, một đầu có nhiệt độ thấp. Như vậy có sự truyền nhiệt từ đầu có nhiệt độ cao đến đầu có nhiệt độ thấp. Như vậy sự truyền nhiệt trong thanh thép này là "dẫn nhiệt".

Hiện tượng dẫn nhiệt xảy chủ yếu ở chất rắn

1.1.2 Độ dẫn nhiệt: λ cho biết khả năng dẫn nhiệt của vật liệu hay thực phẩm.

Độ dẫn nhiệt càng cao, vật liệu dẫn nhiệt càng mạnh, lượng nhiệt truyền càng lớn. Hệ số này phụ thuộc thành phần hóa học, cấu trúc, nhiệt độ, ... của vật liệu.

Độ dẫn nhiệt của chất lỏng và chất khí nhỏ hơn chất rắn rất nhiều.

Ở chất rắn, phần lớn độ dẫn nhiệt tăng khi nhiệt độ tăng.

Ở chất lỏng, hầu hết độ dẫn nhiệt giảm khi nhiệt độ tăng, trừ nước và glyxerin.

Độ dẫn nhiệt của chất khí tăng khi nhiệt độ tăng, ít phụ thuộc vào áp suất.

Vật liệu	Độ dẫn nhiệt λ (W/m.độ)
Đồng	384
Kẽm	110
Thủy tinh	1
Gỗ	0.13 – 0.18
Không khí	0.023

Bảng 1.1: Độ dẫn nhiệt của một số vật liệu

Thành phần	Độ dẫn nhiệt ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{độ}^{-1}$)	Khối lượng riêng (kg/m^3)
Nước	0,6240	1000
Gluxit	0,2430	1590
Protit	0,2147	1314
Lipit	0,0979	913
Chất xơ	0,2208	1301
Chất khoáng	0,3716	2415

Bảng 1.2: Độ dẫn nhiệt của thực phẩm

1.1.3 Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng

Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng một lớp

Phân phối nhiệt độ trong vách

Ví dụ: Vách của một kho lạnh dài 12 m, cao 4m, được làm bằng vật liệu có hệ số dẫn nhiệt là $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{độ}^{-1}$, có chiều dày là 20 cm. Nhiệt độ của mặt ngoài vách là 30°C , mặt trong vách là -10°C thì lượng nhiệt truyền qua vách mỗi giờ là 1555,2 kJ.

Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng nhiều lớp

1.1.4 Dẫn nhiệt qua vách trụ

Trong công nghệ thực phẩm cũng như nhiều ngành công nghiệp khác, việc sử dụng các ống hình trụ để vận chuyển hay xử lý lưu chất rất phổ biến. Trong các quá trình ấy, sự truyền nhiệt có thể xảy ra. So với vách phẳng, quá trình truyền nhiệt trong các vách hình trụ có những điểm đặc như chiều dài ống trụ rất lớn, có sự dẫn nhiệt từ vách trong ra vách ngoài ống, nhiệt độ của một điểm trong ống chỉ phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm ấy đến trục của ống.

Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ một lớp:

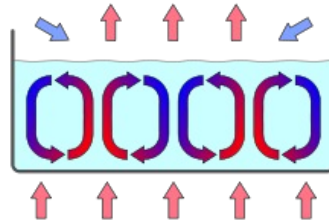
Xét một ống trụ gồm hai mặt trụ đồng tâm nhau, có chiều dài lớn vô cùng. Nhiệt độ của mặt trong và mặt ngoài ống lần lượt là T_1 và T_2 (giả sử $T_1 > T_2$), bán kính vách trong và vách ngoài lần lượt là r_1 và r_2 . Vậy có sự dẫn nhiệt xảy ra từ vách trong ra vách ngoài ống.

1.2 Các quá trình cấp nhiệt

1.2.1 Khái niệm:

Nhiệt đối lưu là hiện tượng truyền nhiệt khi các phần tử chất lỏng và chất khí đổi chỗ cho nhau. Hiện tượng đổi chỗ của các phần tử chất lỏng và khí là do chúng có nhiệt độ khác nhau nên dẫn đến khối lượng riêng khác nhau. Quá trình nhiệt đối lưu còn được gọi là qt cấp nhiệt.

Các phần tử có nhiệt độ cao hơn thì khối lượng riêng bé hơn sẽ nổi lên trên để các phần tử có nhiệt độ thấp hơn thì khối lượng riêng lớn hơn sẽ chìm xuống.



Hình 1.2: Đối lưu trong một thùng được đốt nóng phía dưới

+ Đối lưu tự nhiên: Sự chuyển động xảy ra một cách tự nhiên chỉ do sự chênh lệch nhiệt độ

+ Đối lưu cưỡng bức: do các tác động bên ngoài như bơm, quạt, khuấy... bắt các phần tử của môi trường có nhiệt độ khác nhau đổi chỗ cho nhau.

Như vậy, nhiệt đối lưu chỉ xảy ra trong môi trường lỏng hay khí, còn quá trình trao đổi nhiệt giữa bề mặt các vật thể rắn với môi trường xung quanh (lỏng, khí, hơi) gọi là quá trình cấp nhiệt.

1.2.2 Công thức Newton

Công thức này giúp ta xác định lượng nhiệt truyền giữa khối lưu chất có nhiệt độ T_f và bề mặt có nhiệt độ T_w khi lưu chất và bề mặt tiếp xúc nhau. Công thức được trình bày dưới dạng :

$$q = h (T_w - T_f)$$

Trong công thức này :

q là mật độ dòng nhiệt, đơn vị là W/m^2 ,

h là hệ số đối lưu nhiệt, đơn vị là $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$.

Công thức Newton đơn giản nhưng việc xác định hệ số h gặp nhiều khó khăn vì thông số này phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố.

Để giải một bài toán truyền nhiệt đối lưu, ta có thể theo những hướng sau :

Lý thuyết : ta giải trực tiếp bài toán bằng cách sử dụng các công thức, phương trình về cơ học, vật lý, nhiệt động, ... Các phương pháp theo hướng này cho ra kết quả có độ chính xác cao nhưng rất phức tạp, chỉ có thể áp dụng cho một vài trường hợp đơn giản.

Thực nghiệm : ta chế tạo các vật mẫu giống như các vật thể khảo sát, sau đó đem thử nghiệm và xử lý các kết quả đo đạc. Phương pháp này cho kết quả chính xác nhưng tốn kém và kết quả chỉ có giá trị cho vật thể đó thôi.

Dùng lý luận đồng dạng : Người ta tiến hành thử nghiệm trên các mô hình đơn giản, sau đó xử lý kết quả đo đạc và trình bày kết quả dưới dạng những công thức. Và những công

thức này có thể áp dụng cho những trường hợp cụ thể khi có sự "đồng dạng" với mô hình. Điểm đặc biệt là những công thức ấy biểu thị mối quan hệ giữa các chỉ số đồng dạng.

1.3 Các quá trình bức xạ nhiệt (Radiation)

1.3.1 Khái niệm

Bức xạ nhiệt là quá trình truyền nhiệt bằng dạng sóng điện từ, tức là nhiệt năng biến thành tia bức xạ truyền đi, khi gặp các vật thể nào đó thì một phần năng lượng bức xạ sẽ bị vật thể đó hấp thụ, một phần phản chiếu lại và một phần xuyên qua vật thể.

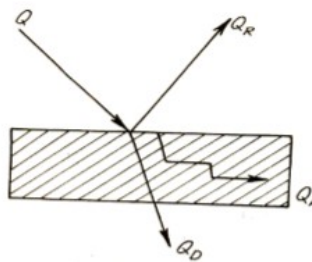


Hình 1.3 Bức xạ nhiệt

Trao đổi nhiệt dạng bức xạ là một dạng trao đổi cơ bản mà không cần có sự tiếp xúc trực tiếp (như đối lưu, dẫn nhiệt) giữa các vật tham gia trao đổi nhiệt và có ý nghĩa rất lớn trong kỹ thuật, đặc biệt là kỹ thuật nhiệt độ cao.

Bức xạ và hấp thụ nhiệt của các chất

Mọi vật thể có nhiệt độ lớn hơn 0°K đều có khả năng bức xạ năng lượng do quá trình dao động điện từ ở bên trong các nguyên tử, phân tử vật chất. Các dao động điện từ này được truyền trong không gian theo mọi hướng dưới dạng sóng điện từ.



Hình 1.4 Tia bức xạ tới vật thể

Trong kỹ thuật, người ta chỉ khảo sát những tia nhiệt bao gồm tia hồng ngoại và tia sáng trắng. Các tia nhiệt này truyền đi trong không gian và đập vào một vật khác, chúng bị hấp thụ một phần hay toàn bộ biến thành năng lượng nhiệt.

Như vậy, quá trình trao đổi nhiệt bức xạ bao gồm hai lần biến đổi dạng năng lượng: biến đổi nội năng thành sóng điện từ ở vật phát và quá trình biến đổi ngược lại ở vật thu.

Hiệu quả của quá trình bức xạ nhiệt không chỉ phụ thuộc vào hiệu số nhiệt độ mà còn phụ thuộc vào bản chất, trạng thái bề mặt, hình dạng, kích thước, ... của vật phát và vật thu.

Vật đen tuyệt đối, trắng tuyệt đối và trong tuyệt đối

A: hệ số (khả năng) hấp thụ của vật thể

R: hệ số (khả năng) phản xạ của vật thể

D: khả năng khúc xạ của vật thể

- Nếu một vật có $A = 1$; $R = D = 0$ thì vật đó đen tuyệt đối

- Nếu một vật có $D = 1$; $R = A = 0$ thì vật đó trong tuyệt đối

- Nếu một vật có $R = 1$; $A = D = 0$ thì vật đó trắng tuyệt đối

1.3.2 Một số định luật về bức xạ

Định luật Planck

Định luật Planck cho ta biết quan hệ giữa cường độ bức xạ và những thông số khác. Mối quan hệ này thể hiện qua công thức sau :

$$E_{\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}$$

Trong đó :

E_{λ} : cường độ bức xạ của vật đen tuyệt đối,

$C_1 = 0,374 \cdot 10^{-15} \text{ W} \cdot \text{m}^2$: hằng số Planck thứ nhất,

$C_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$: hằng số Planck thứ hai.

Vì $dE = E_{\lambda} d\lambda$

vậy :
$$E = \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda$$

hay năng lượng bức xạ được biểu diễn bằng phần diện tích nằm bên dưới đường cong E_{λ} .

Vì thế nhiệt độ càng cao, năng lượng bức xạ càng lớn.

Phần lớn năng lượng này chỉ tập trung trong một khoảng nhất định của độ dài sóng. Đó là khoảng $10^{-7} - 10^{-4} \text{ m}$ (các tia nhiệt).

1.3.3. Truyền nhiệt bằng bức xạ

Trong chế biến thực phẩm, có các quá trình truyền nhiệt bằng bức xạ. Ví dụ nướng một tấm bánh pizza trong lò nướng. Nhiệt từ thanh nhiệt bức xạ đến tấm bánh làm cho bánh chín.

Sự truyền nhiệt hỗn hợp

Ta đã khảo sát ba dạng truyền nhiệt cơ bản là dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ. Trong thực tế, một quá trình truyền nhiệt thường là sự kết hợp của hai hay ba dạng trên. Vì thế cần phải kể đến tất cả các ảnh hưởng của chúng lên quá trình chung và bài toán sẽ phức tạp lên nhiều. Dưới đây ta chỉ xem xét trường hợp đơn giản và khá phổ biến, đó là sự kết hợp giữa dẫn truyền và đối lưu để nung nóng hay làm nguội một khối vật chất.

Bài 2: ĐUN NÓNG – LÀM NGUỘI – NGƯNG TỤ

2.1. Quá trình đun nóng :

2.1.1. Bản chất, mục đích và phạm vi sử dụng:

Bản chất: Đun nóng là một quá trình rất phổ biến trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm, nó có tác dụng làm tăng tốc độ các phản ứng hóa học, ngoài ra đun nóng còn là một phương tiện cần thiết để thực hiện các quá trình khác như cô đặc, chưng cất,...

Mục đích công nghệ:

- Chuẩn bị: Trong thực tế có khi việc tiến hành đun nóng chỉ nhằm mục đích chuẩn bị cho các quá trình khác. Ví dụ: để bóc vỏ cam người ta thường chần trong nước sôi trong thời gian 5-10 phút, đun nóng trước khi cô đặc sản phẩm lỏng để quá trình bốc hơi nước nhanh hơn. Đun nóng sản phẩm trước khi vào hộp để ghép mí nhằm mục đích bài khí.
- Khai thác: quá trình đun nóng có thể làm tăng hiệu suất thu nhận sản phẩm từ một loại nguyên liệu nào đó. Ví dụ ở nhiệt độ 60-70°C sẽ làm tăng khả năng hoạt động của amylaza làm cho khả năng thủy phân tinh bột cao hơn để thu lượng đường cao hơn. Nhiệt độ cao có thể làm tăng khả năng trích ly các chất hoà tan, tăng hiệu suất ép, tăng sự hoà tan

chất màu...

- Chế biến: Dưới tác dụng của nhiệt độ cao nhiều loại nguyên liệu bị biến đổi về cấu trúc, tính chất hoá học, vật lý... làm cho chất lượng nguyên liệu biến đổi hẳn. Những biến đổi về chất lượng có thể xấu đi hoặc tốt hơn. Trong CNTP người ta lợi dụng những biến đổi tốt của chất lượng để tạo ra sản phẩm có ích.

- Bảo quản: Khi nguyên liệu được đun nóng ở nhiệt độ trên 70°C sẽ làm vô hoạt các enzim có trong nguyên liệu, ngăn ngừa những biến đổi xấu. Nhiệt độ cao hơn 90°C có thể tiêu diệt vi sinh vật có trong thực phẩm. Do đó trong chế biến thực phẩm thường đun nóng sản phẩm ở nhiệt độ và thời gian nhất định nhằm tiêu diệt vi sinh vật, ngăn ngừa sự hư hỏng sản phẩm. Đó là các quá trình thanh trùng nhiệt.

- Hoàn thiện: Một số thực phẩm thường tồn tại ở dạng bán thành phẩm, để có thể sử dụng được cần phải qua công đoạn đun nóng để hoàn thiện sản phẩm, làm cho sản phẩm chín.

Trong thực tế quá trình đun nóng thường được thực hiện kết hợp với quá trình thanh trùng tiêu diệt vi sinh vật và làm chín sản phẩm.

2.1.2. Những biến đổi của vật liệu, sản phẩm trong quá trình đun nóng:

Biến đổi vật lý:

- Sự biến đổi về nhiệt độ: trong quá trình đun nóng do sự chênh lệch về nhiệt độ giữa môi trường đun nóng và vật liệu nhiệt độ trong vật liệu tăng dần lên. Tốc độ tăng nhiệt độ chậm dần từ ngoài vào trung tâm do khoảng cách giữa chúng và nguồn nhiệt xa dần. Những điểm có cùng khoảng cách đến nguồn nhiệt thì có nhiệt độ bằng nhau. Do vậy trong vật liệu sẽ hình thành trường nhiệt độ trong đó lớp ngoài cùng có nhiệt độ cao nhất, tâm vật liệu có nhiệt độ thấp nhất.

- Nếu vật liệu là dạng chất lỏng thì truyền nhiệt chủ yếu bằng đối lưu, là chất rắn thì truyền nhiệt chủ yếu là dẫn nhiệt, dạng bán chất lỏng thì cả hai.

- Khi đun nóng, vật liệu có thể biến đổi về trạng thái tồn tại - chuyển pha. Phần lớn các chất rắn hoặc sệt có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ của môi trường đun nóng thì trạng thái của chúng có thể chuyển sang pha lỏng hoặc bán lỏng (mỡ, bơ...) Tuy nhiên đối với nhiều loại vật liệu dạng rắn do nhiệt độ đun nóng không đủ cao hoặc do đặc tính lý hoá của chúng mà khi đun nóng không xảy ra hiện tượng chuyển pha (thịt, cá, rau, quả...).

- Sự thay đổi thể tích: Thể tích của vật liệu có thể tăng lên khi đun nóng, tuy nhiên có nhiều trường hợp khi đun nóng thể tích vật liệu giảm đi. Đó là hiện tượng xảy ra khi đun nóng các nguyên liệu có cấu trúc xốp, có chứa nhiều khí trong gian bào (rau, quả...)

Biến đổi hoá lý, hoá học:

Các chỉ tiêu hoá lý của vật liệu như độ nhớt, độ hoà tan... cũng dễ bị thay đổi do nhiệt độ cao. Cụ thể: độ hoà tan tăng, độ nhớt giảm. Đối với các phản ứng hoá học như thủy phân, trung hoà, polime, ôxy hoá... thì nhiệt tăng kéo theo tốc độ phản ứng tăng.

Kết quả của sự xúc tiến các phản ứng hoá học là sự biến đổi các thành phần hoá học trong vật liệu. Một số chất được tạo thành sẽ làm tăng chất lượng sản phẩm nhưng nhiều

trường hợp làm giảm hàm lượng các chất có ích và tạo thành một số chất gây ảnh hưởng xấu đến mùi, vị, màu sắc của sản phẩm.

Biến đổi hoá sinh và vi sinh:

Đối với enzym và vi sinh vật luôn có khoảng nhiệt độ tối thích (amylaza hoạt động mạnh ở 60-70°C, vi sinh vật hoạt động mạnh ở 37-40°C. Nếu tăng dần nhiệt độ môi trường cao hơn nhiệt độ tối thích thì hoạt động của enzym và vi sinh vật sẽ giảm dần đến vô hoạt hoàn toàn. Nhiệt độ cao cũng sẽ làm giảm tác dụng của các chất độc có trong sản phẩm do đó sẽ an toàn hơn cho người sử dụng.

Biến đổi cấu trúc tế bào:

Dưới tác dụng của nhiệt độ cao chất nguyên sinh trong tế bào bị đông tụ, màng tế bào bị phá huỷ làm mất tính bán thấm thấu, không khí và hơi nước trong các gian bào thoát ra ngoài làm cho cấu trúc toàn khối trở nên chặt, mềm.

Biến đổi cảm quan:

Thay đổi màu sắc: Đun nóng dẫn đến sự thay đổi màu sắc vật liệu do nhiều nguyên nhân khác nhau. Có khi nhờ đun nóng mà màu sắc vật liệu tốt lên hoặc giữ được màu tự nhiên ban đầu. Đó là trường hợp chần rau quả (nhiệt độ chần làm mất hoạt tính của các enzym phân huỷ hoặc chất tạo màu như: poliphenoloxydaza, chlorophyllaza...)

Đun nóng có thể làm cho màu của các sản phẩm đã sunfit hoá trở lại bình thường sau khi bị mất màu do tác dụng của H_2SO_3 . Ngược lại quá trình đun nóng cũng có thể làm thay đổi màu tự nhiên của các sản phẩm như tạo màu hồng trong nước chanh, cam, chuối hay màu nâu sẫm trong các sản phẩm bột cà chua, bột ớt...

Thay đổi mùi vị: Nhiệt độ đun nóng có thể dẫn đến sự thay đổi mùi vị theo hai chiều hướng khác nhau tùy theo vật liệu. Đối với các sản phẩm trước khi đun nóng có chứa các chất gây mùi, vị không tốt (vị đắng trong măng, vị ngái trong đậu nành, mùi tanh của cá, thịt...) đun nóng sẽ làm mất mùi vị đó làm cho chất lượng sản phẩm tốt hơn. Còn đối với sản phẩm có mùi vị tự nhiên tốt sau khi đun đều ít nhiều sẽ giảm mùi vị do các chất thơm hoặc chất gây vị tốt bay hơi hoặc bị phân huỷ.

2.1.3. Phương pháp thực hiện:

Nguồn nhiệt:

Nhiệt năng dùng để đun nóng có thể tạo ra bằng nhiều phương pháp khác nhau và từ những nguồn nhiệt khác nhau. Có thể dùng nhiệt ngay từ nguồn nhiệt trực tiếp như: khói lò, dòng điện, có khi dùng chất tải nhiệt trung gian như: hơi nước, nước quá nhiệt, dầu khoáng, các chất hữu cơ có nhiệt độ sôi cao...

Ngoài ra người ta còn dùng nhiệt của khí thải hoặc chất lỏng thải có nhiệt độ sôi cao. Mỗi chất tải nhiệt đều có ưu điểm và nhược điểm nhất định, do đó tùy trường hợp cụ thể mà ta lựa chọn cho thích hợp. Khi lựa chọn cần chú ý các điều kiện quan trọng sau:

- Nhiệt độ đun nóng và khả năng điều chỉnh nhiệt độ ;
- Áp suất hơi bão hòa và độ bền do ảnh hưởng của nhiệt độ ;
- Độ độc và tính hoạt động hóa học ;

- Độ an toàn khi đun nóng (không cháy ,nổ v.v...);
- Rẻ và dễ tìm.

Sơ lược về các phương pháp đun nóng

- Đun nóng bằng hơi nước bão hòa :

Phương pháp đun nóng bằng hơi nước bão hòa được ứng dụng rộng rãi trong cuộc công nghiệp hóa học , nó có những ưu điểm sau:

- Hệ số cấp nhiệt lớn
- Lượng nhiệt cung cấp lớn (tính theo một đơn vị chất tải nhiệt) vì đó là lượng nhiệt tỏa ra khi ngưng tụ hơi.
- Đun nóng được đồng đều vì hơi ngưng tụ trên toàn bộ bề mặt truyền nhiệt ở nhiệt độ không đổi.
- Dễ điều chỉnh nhiệt độ đun nóng bằng cách điều chỉnh áp suất của hơi.
- Vận chuyển xa được dễ dàng theo đường ống.

Nhược điểm chính của hơi nước là không thể đun nóng được ở nhiệt độ cao, vì nếu nhiệt độ hơi càng tăng thì áp suất hơi bão hòa càng tăng , đồng thời ẩn nhiệt bay hơi cũng giảm. Ví dụ hơi nước bão hòa ở 350°C , áp suất là 180 at .Ở 374°C (nhiệt độ tới hạn) áp suất là 225 at và ẩn nhiệt bay hơi bằng 0 ($r = 0$). Do đó khi tăng nhiệt độ thì thiết bị sẽ phức tạp thêm , hiệu suất sử dụng nhiệt cũng giảm . Vì vậy phương pháp đun nóng bằng hơi nước bão hòa chỉ sử dụng tốt nhất trong trường hợp đun nóng không quá 180°C .

- Đun nóng bằng khói lò :

Đun nóng bằng khói lò được dùng rất phổ biến , nhất là trong hoàn cảnh nước ta hiện nay , phương pháp này có thể đạt được nhiệt độ trên 1000°C . Khói lò được tạo thành khi đốt cháy các nhiên liệu rắn , lỏng hoặc khí trong các lò đốt .

Ưu điểm chủ yếu của phương pháp đun nóng bằng khói lò là có thể tạo được nhiệt độ cao ,nhưng nó có nhiều nhược điểm :

- Hệ số cấp nhiệt rất nhỏ (không quá $100\text{W}/\text{m}^2.\text{độ}$) do đó thiết bị cồng kềnh .
- Nhiệt dung riêng thể tích nhỏ nên đòi hỏi phải dùng một lượng khói rất lớn để làm việc .
- Đun nóng không được đồng đều vì khói lò vừa cấp nhiệt vừa nguội đi ;
- Khó điều chỉnh nhiệt độ đun nóng nên dễ có hiện tượng quá nhiệt từng bộ phận và gây ra phản ứng phụ không cần thiết ;
- cháy ,dễ bay hơi thì không an toàn ;
- Khói lò thường có bụi và khí độc của nhiên liệu (nhất là nhiên liệu rắn) do đó khi đun nóng gián tiếp bề mặt truyền nhiệt sẽ bị bám cặn , còn đun nóng trực tiếp thì cũng bị hạn chế ;
- Nếu đun nóng các chất dễ cháy ,dễ bay hơi thì không an toàn ;
- Trong khói luôn luôn có một lượng ô xi dư (nhất là khi điều chỉnh nhiệt độ của khói bằng cách trộn thêm không khí ngoài trời), ở nhiệt độ cao khi tiếp xúc với thiết bị sẽ ôxi hóa kim loại làm hỏng thiết bị ;
- Hiệu suất sử dụng nhiệt thấp, lớn nhất là 30 %.

- *Đun nóng bằng dòng điện :*

Đun nóng bằng dòng điện có thể tạo được nhiệt độ rất cao (đến 320°C) mà các phương pháp khác không thực hiện được, điều chỉnh nhiệt độ dễ và chính xác, hiệu suất rất cao có thể đạt được đến 95% điện tiêu hao. Nhưng đun nóng bằng dòng điện cũng có nhược điểm là thiết bị phức tạp giá thành cao cho nên nó chưa được sử dụng rộng rãi .

- *Đun nóng bằng chất tải nhiệt đặc biệt :*

Khi cần đun nóng ở nhiệt độ lớn hơn 180°C người ta thường dùng các chất tải đặc biệt như : nước quá nhiệt , chất lỏng có nhiệt độ sôi cao và áp suất hơi bão hòa nhỏ , không bị phân hủy ở nhiệt độ cao . Các chất tải nhiệt hữu cơ thường dùng là điphenyl , ête diphenyl, hỗn hợp Octecti của điphenyl và ête điphenyl, hỗn hợp các muối, các kim loại nóng chảy...

Thoạt tiên dùng khói lò hoặc dòng điện để đun nóng chất tải nhiệt, sau đó các chất tải nhiệt này ở trạng thái lỏng hoặc hơi truyền nhiệt cho vật liệu cần đun nóng.

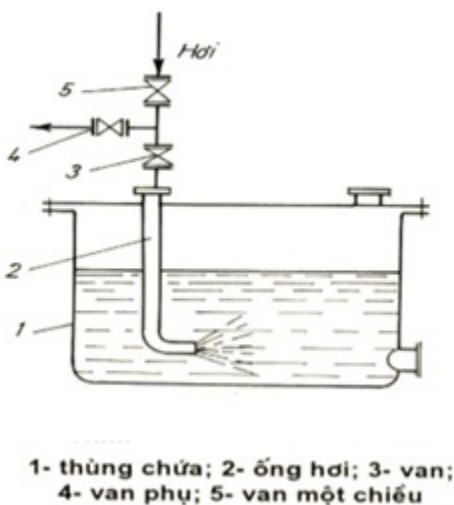
- *Đun nóng bằng khí thải và chất lỏng thải:*

Đây là một phương pháp đun nóng tiết kiệm, tận dụng nhiệt trong khí thải hoặc chất lỏng thải ra từ các nhà máy, xí nghiệp mà nhiệt độ của nó còn cao.

Đun nóng bằng hơi nước

- *Đun nóng bằng hơi nước trực tiếp*

Là phương pháp đun nóng bằng cách cho hơi nước sục thẳng vào trong lòng chất lỏng cần đun nóng. Hơi nước ngưng tụ và cấp ẩn nhiệt cho chất lỏng, nước ngưng tạo thành lại trộn lẫn với chất lỏng.

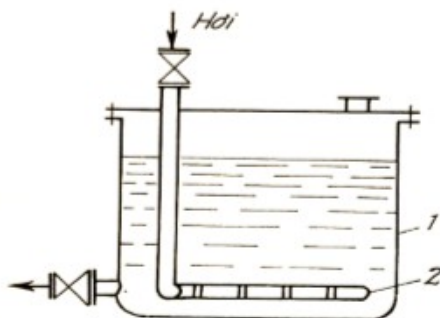


Hình 2.1 Thiết bị loại sục

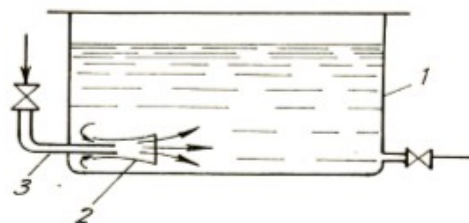
Thiết bị đơn giản nhất để đun nóng bằng hơi nước trực tiếp là thiết bị loại sục gồm một bể chứa chất lỏng cần đun nóng và một ống hơi. Trên ống dẫn hơi có đặt các van để tạo cho quá trình làm việc tốt. Van một chiều 5 dùng để ngăn không cho chất lỏng đi ngược trở lại trong trường hợp áp suất trong ống hơi thấp hơn áp suất khí quyển. Trước khi bắt

đầu đun nóng, người ta mở van phụ 4 để tháo hết nước ngưng đang tích tụ trên ống dẫn hơi.

Khi cần thiết vừa đun nóng vừa khuấy trộn chất lỏng thì dùng thiết bị đun nóng loại sủi bọt. Trong thiết bị này hơi từ ống hơi vào được đi qua những ống phun hình xoắn ốc vòng tròn hoặc một số ống phẳng song song có những lỗ nhỏ đặt nằm dưới đáy bể chứa lỏng. Nhờ có sự bố trí như thế nên hơi nước được phun đều trong bể có tác dụng khuấy trộn.



Hình 2.2. Thiết bị đun nóng loại sủi bọt:
1- bể chứa; 2- ống sủi bọt



Hình 2.3. Thiết bị đun nóng loại không có tiếng động: 1- bể chứa; 2- loa hỗn hợp; 3 - ống dẫn hơi

Để tránh tiếng động, người ta dùng thiết bị đun nóng không có tiếng động. Loại này có lắp thêm một cái loa ở đầu ống dẫn hơi. Khi làm việc, hơi phun ra khỏi đầu ống dẫn hơi với tốc độ rất lớn, do đó áp suất tĩnh học tổng loa giảm xuống, chất lỏng bên ngoài loa đập vào đáy của loa vừa pha trộn với luồng hơi phun ra vừa làm tắt tiếng động.

Phương pháp đun nóng bằng hơi nước trực tiếp nói chung là đơn giản, nhưng nó có nhược điểm là đưa thêm một lượng nước ngưng tụ vào trong chất lỏng cần đun nóng. Do đó phương pháp này chỉ dùng trong các trường hợp cho phép pha loãng chất lỏng và không có phản ứng xảy ra giữa chất lỏng và nước.

- Đun nóng bằng hơi nước gián tiếp

Nếu như chất lỏng cần đun nóng không được phép trộn lẫn với nước, không được phép pha loãng, ... thì không thể dùng phương pháp đun nóng trực tiếp, mà phải dùng phương pháp đun nóng bằng hơi nước gián tiếp, tức là giữa hơi và chất lỏng có một tường ngăn cách. Nhiệt từ hơi truyền qua tường để cấp cho chất lỏng.

Đun nóng bằng hơi nước gián tiếp được thực hiện trong nhiều loại thiết bị có cấu tạo khác nhau như: thiết bị có vỏ bọc ngoài, loại ống xoắn, loại ống chum,... Hơi nước sau khi cấp nhiệt cho chất lỏng qua tường thì ngưng tụ lại thành nước ngưng, chảy ra khỏi thiết bị theo một đường ống riêng.

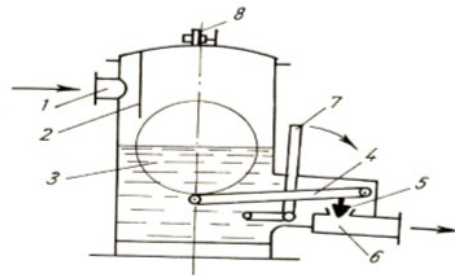
Người ta thường dùng hơi nước bão hòa để đun nóng vì nó có hệ số cấp nhiệt lớn và ẩn nhiệt ngưng tụ cao. Dùng hơi nước quá nhiệt không có lợi vì hệ số cấp nhiệt thấp và lượng nhiệt quá nhiệt không lớn lắm. Trong trường hợp trao đổi nhiệt này, chiều của lưu thể không ảnh hưởng đến quá trình nhưng khi làm việc, thường người ta cho hơi vào thiết bị từ phía trên để nước ngưng có thể chảy xuống phía dưới dễ dàng.

Tháo nước ngưng:

Khi đun nóng bằng hơi nước gián tiếp thì cần phải tháo nước ngưng ra một cách liên tục để thiết bị trao đổi nhiệt làm việc bình thường.

Khi tháo nước ngưng là chỉ cho nước ngưng ra mà không cho hơi ra khỏi thiết bị. Do đó người ta phải dùng các loại thiết bị riêng cho việc tháo nước ngưng gọi là thiết bị tháo nước ngưng. Thiết bị tháo nước ngưng có loại làm việc liên tục, có loại gián đoạn. Có loại làm việc ở áp suất cao, có loại làm việc ở áp suất thấp,...

Thiết bị tháo nước ngưng loại phao kín



Thiết bị tháo nước ngưng loại phao kín:
1- ống dẫn hơi; 2- tấm chắn; 3- phao;
4- đòn bẩy; 5- van; 6- cửa tháo nước ngưng;
7- tay quay; 8- van xả khí không ngưng tụ

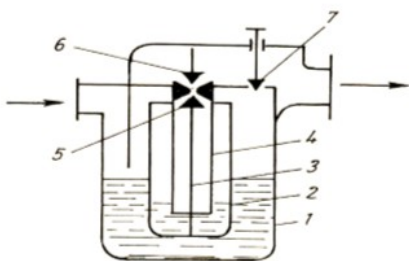
Hình 2.4 Thiết bị tháo nước ngưng loại phao kín

Cấu tạo chủ yếu gồm phao kín 3 ở bên trong thiết bị, phao nối với đòn bẩy 4. Hỗn hợp nước ngưng và hơi từ thiết bị trao đổi nhiệt theo ống dẫn 1 vào thiết bị tháo nước ngưng. Tấm chắn 2 có tác dụng ngăn ngừa sự va đập của hơi với phao. Nước ngưng tụ ngập đến một mức nào đó thì phao bị nâng lên và nhờ có đòn bẩy 4 mà van 5 được mở ra, nước ngưng theo cửa tháo nước ngưng 6 ra ngoài.

Loại này dùng trong trường hợp áp suất hơi trong thiết bị lớn hơn 10at. Nếu như lượng nước ngưng từ thiết bị trao đổi nhiệt chảy ra với lưu lượng không đổi thì phao chỉ nằm tại một vị trí và liên tục tháo nước nhưng mà không cho hơi đi ra.

Thiết bị tháo nước ngưng loại phao hở

Phao hở có hình dạng như cái cốc, dưới đáy phao nối cứng với cần phao 3 nối liền với van 5. Bên trong cốc có lắp ống 4, ống này lắp cứng vào nắp của vỏ, dùng làm bộ phận định hướng cho cần phao và luôn luôn nhúng vào nước để tạo ra một van thủy lực. Van 6 để ngăn không cho nước ngưng chảy ngược lại vào cốc. Van 7 có tác dụng thông khí không ngưng định kỳ khi thiết bị làm việc, cần mở van 7 nhanh chóng để tháo hết nước ngưng ra khỏi thiết bị rồi đóng lại khi đã làm việc ổn định.



Thiết bị tháo nước ngưng
loại phao hở:
1- vỏ; 2- phao hở (cốc); 3- cần phao; 4- ống
để dẫn nước ngưng;
5- van; 6- van một chiều; 7- van tháo khí

Hình 2.4 Thiết bị tháo nước ngưng loại phao hở

2.2 Làm nguội

2.2.1. Làm nguội trực tiếp

Làm lạnh bằng nước đá:

Để giảm nhiệt độ của chất lỏng một cách nhanh chóng đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ trong phòng thì ta cho nước đá hoặc nước lạnh trộn trực tiếp vào chất lỏng cần làm nguội. Phương pháp làm nguội này chỉ dùng trong trường hợp chất lỏng cần làm nguội không tác dụng hoá học với nước và được phép pha loãng.

Phương pháp tự bay hơi: khi để chất lỏng nóng trong một bình hở, song song với quá trình truyền nhiệt qua thành bình còn có quá trình tự bay hơi trên bề mặt của chất lỏng.

Làm nguội khí: kèm theo tác dụng rửa sạch khí, cho khí nóng vào tháp rồng từ dưới lên, nước hoặc chất lỏng được tưới từ trên xuống. Trong quá trình tiếp xúc giữa hai pha, khí sẽ giảm nhiệt độ, đồng thời nếu có bị sẽ bị nước cuốn trôi ra ngoài, có thể dùng chất lỏng hoặc nước để làm nguội khí với điều kiện là chất lỏng không hấp thụ khí.

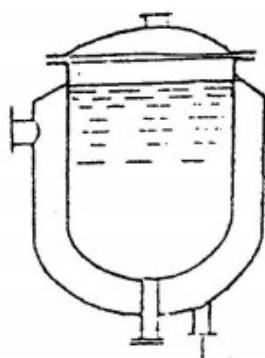
2.2.2. Làm nguội gián tiếp

Quá trình truyền nhiệt giữa chất cần làm nguội và chất làm nguội được tiến hành qua tường ngăn trong thiết bị trao đổi nhiệt. tác nhân làm nguội được dùng nhiều nhất là nước và không khí. Nếu nhiệt độ cần phải đạt thấp hơn từ $150 \div 300^\circ\text{C}$ thì ta dùng tác nhân có nhiệt độ thấp như nước muối lạnh.

Cấu tạo thiết bị làm nguội giống như thiết bị đun nóng, nhưng khi tiến hành quá trình làm nguội cần phải chú ý đến việc chọn chiều lưu thể vì cả hai lưu thể cùng thay đổi nhiệt độ. Nếu dùng nước để làm nguội thì lấy $t_2 \leq 400 \div 500^\circ\text{C}$.

Cấu tạo các thiết bị đun nóng – làm nguội gián tiếp

+ Loại vỏ bọc

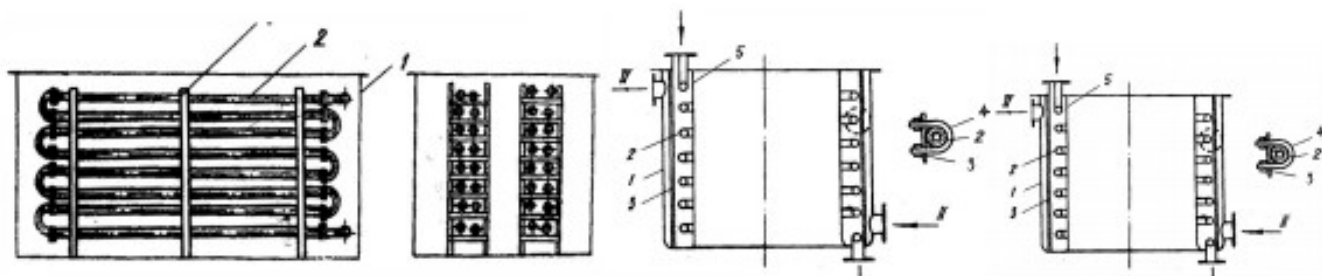


Hình 2.5 Thiết bị ngưng tụ loại vỏ bọc

Thiết bị truyền nhiệt kiểu vỏ bọc gồm: vỏ ngoài được ghép chắc chắn với vỏ thiết bị bằng mặt bích (hoặc hàn liền), giữa hai lớp vỏ tạo thành khoảng trống kín, chất tải nhiệt sẽ vào khoảng trống đó để thực hiện đun nóng hoặc làm nguội. Chiều cao của vỏ ngoài không được thấp hơn mực chất lỏng trong thiết bị. Thông thường các loại thiết bị vỏ bọc ngoài có bề mặt truyền nhiệt không quá 10m^2 , và áp suất làm việc của hơi đốt không quá 10at

+ Thiết bị trao đổi nhiệt loại Ống

. Ống xoắn



Hình 2.5 Thiết bị đun nóng – làm nguội kiểu Ống xoắn

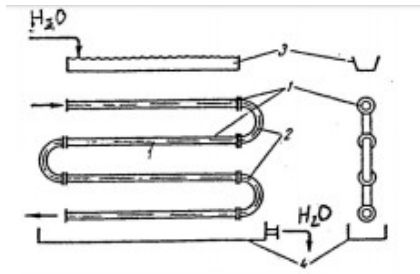
Thiết bị truyền nhiệt kiểu Ống xoắn là một trong những thiết bị đơn giản nhất, nó gồm những ống thẳng nối với nhau bằng ống khuỷu gọi là xoắn gấp khúc. Hoặc các ống uốn cong theo hình ren ốc gọi là ống xoắn ruột gà.

Thiết bị ống xoắn có ưu điểm là chế tạo đơn giản có thể làm bằng vật liệu chống ăn mòn, dễ kiểm tra và sửa chữa ;

Nhược điểm là công kênh, hệ số truyền nhiệt nhỏ do hệ số cấp nhiệt bên ngoài bé, khó làm sạch phía trong ống.

Đối với chất lỏng cho đi trong ống thì ta cho đi từ dưới lên để ống xoắn luôn chứa đầy, còn hơi nước dùng trong truyền nhiệt ta cho đi từ trên xuống để tránh 1m/s. va đập thủy lực. Tốc độ chuyển động trong ống khoảng 0,5.

.loại ống tưới



Hình 2.6 Thiết bị trao đổi nhiệt loại ống xoắn

Loại này thường dùng để làm lạnh và ngưng tụ, chất lỏng phun bên ngoài thường là nước. Nước tưới ở ngoài ống chảy lần lượt từ ống trên xuống ống dưới rồi chảy vào máng. Trong trao đổi nhiệt sẽ có khoảng từ 1-2% lượng nước đưa vào tưới bị bay hơi, khi bay hơi nó sẽ lấy một phần nhiệt từ chất tải nhiệt nóng ở trong ống do đó lượng nước dùng làm nguội ở thiết bị này ít hơn so với các thiết bị làm nguội khác, mật độ nước tưới 1500 lít/h. trên một mét chiều dài ống trên cùng của dãy trong khoảng từ 200

Ưu điểm: lượng nước làm lạnh ít, cấu tạo đơn giản, dễ quan sát và làm sạch bên ngoài ống và dễ sửa chữa thay thế.

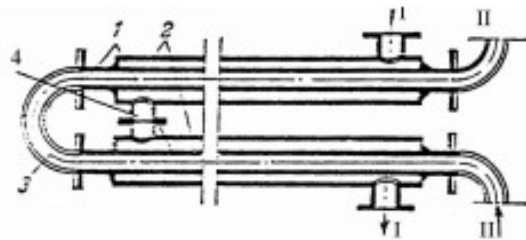
Nhược điểm: Công kênh, lượng nước không tưới đều trên toàn bộ bề mặt ống

. Loại ống lồng ống

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống lồng ống gồm nhiều đoạn ống nối tiếp nhau, mỗi đoạn có hai đoạn ống lồng vào nhau, ống trong của đoạn này nối với ống trong của đoạn khác, và ống ngoài của đoạn này nối với ống ngoài của đoạn khác.

Ưu điểm: Hệ số truyền nhiệt lớn, chế tạo đơn giản.

Nhược điểm: Công kênh, giá thành cao khó làm sạch khoảng trống giữa hai ống

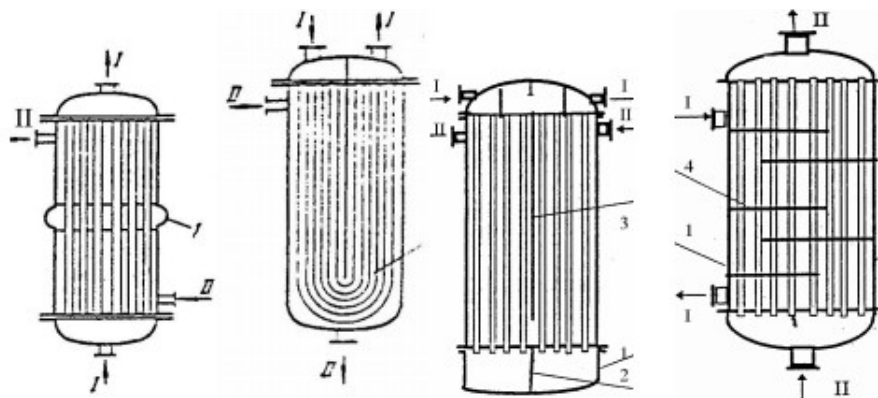


Hình 2.7 Thiết bị trao đổi nhiệt loại ống lồng ống

. Loại ống chùm

Thiết bị này được dùng phổ biến nhất trong công nghiệp hoá chất vì có ưu điểm là cơ cấu gọn nhẹ, chắc chắn, bề mặt truyền nhiệt lớn gồm vỏ hình trụ, hai đầu hàn với hai lưới ống (vỏ ống), các ống truyền nhiệt được ghép chắc chắn kín vào lưới ống.

Đáy và nắp được nối với vỏ bằng mặt bích có bu lông bích kín. Trên vỏ, nắp và đáy có cửa (nối ống) để dẫn chất tải nhiệt. Chất tải nhiệt I đi vào đáy dưới qua các ống từ dưới lên trên và ra khỏi thiết bị, còn chất tải nhiệt II đi từ cửa trên của vỏ vào khoảng không giữa ống và vỏ rồi ra phía dưới.



Hình 2.8 Thiết bị trao đổi nhiệt loại ống lồng ống

2.3 Ngưng tụ

Ngưng tụ là quá trình chuyển hơi hoặc khí sang trạng thái lỏng, quá trình này có thể tiến hành bằng hai cách:

- + Làm nguội hơi hoặc khí
- + Nén và làm nguội hơi (khí) đồng thời.

2.3.1. Ngưng tụ trực tiếp

Ngưng tụ trực tiếp, hay gọi là ngưng tụ hỗn hợp, tức là cho nước và hơi tiếp xúc trực tiếp với nhau. Hơi cấp ẩn nhiệt ngưng tụ cho nước và ngưng tụ lại. Nước lấy nhiệt của hơi nước nóng lên, cuối cùng tạo thành hỗn hợp chất lỏng đã ngưng tụ với nước.

Nguyên tắc cơ bản trong các thiết bị ngưng tụ trực tiếp là ta phun nước vào trong hơi, hơi tạo ra ẩn nhiệt đun nóng nước và ngưng tụ lại.

Để tăng hiệu quả quá trình ta cần phải có bề mặt tiếp xúc lớn. Vì thế người ta thường cho nước phun qua những vòi phun hoặc cho chảy qua nhiều tấm ngăn có lỗ nhỏ.

Ưu điểm năng suất cao, cấu tạo đơn giản và dễ dàng chống ăn mòn.

Tuỳ theo cách làm việc của thiết bị mà ta chia ra hai loại: thiết bị loại ướt và loại khô.

Thiết bị loại ướt, chất lỏng ngưng tụ, nước làm nguội, khí không ngưng được dẫn ra cùng một đường bằng bơm.

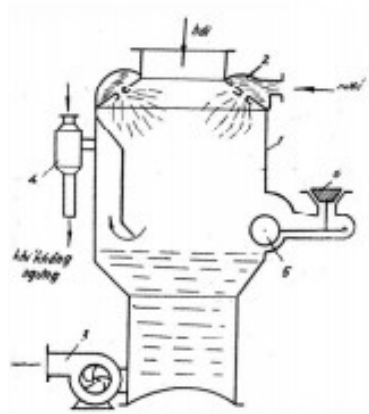
Thiết bị loại khô, thì nước ngưng và nước làm nguội được dẫn chung một đường, còn khí không ngưng được hút ra theo một đường khác.

- + Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô xuôi chiều

Ưu điểm của thiết bị này là gọn nhẹ.

Nhược điểm năng suất tương đối nhỏ.

Thiết bị này thường dùng trong trường hợp nước tháo ra còn được đưa đi sử dụng lại.

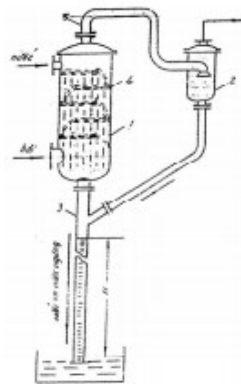


Hình 2.3 Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô xuôi chiều

+ *Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô ngược chiều (tb ngưng tụ barômet).*

Ưu điểm: nước tự chảy ra được không cần bơm nên tốn ít năng lượng. Năng suất cao. Trong công nghiệp hoá chất thiết bị này được dùng trong hệ thống cô đặc nhiều nôi.

Nhược điểm: Thiết bị công kênh



Hình 2.4 Thiết bị ngưng tụ trực tiếp loại khô ngược chiều

2.3.2 Ngưng tụ gián tiếp

Ngưng tụ gián tiếp, hay còn gọi là ngưng tụ bề mặt, nghĩa là quá trình trao đổi nhiệt giữa hơi và nước qua tường ngăn trong thiết bị trao đổi nhiệt. Hơi được ngưng tụ trên bề mặt trao đổi nhiệt.

Trong các thiết bị ngưng tụ gián tiếp, thường người ta cho hơi và nước đi ngược chiều nhau, nước làm lạnh cho đi từ dưới lên để tránh dòng đối lưu tự nhiên cản trở sự chuyển động của lưu thể, hơi đi từ trên xuống để chất lỏng ngưng tụ chảy tự do đi ra ngoài dễ dàng.

Bài 3: CÔ ĐẶC

3.1 Các khái niệm chung

Khái niệm: Cô đặc là quá trình đun sôi dung dịch làm bay hơi một phần dung môi trong dung dịch kết quả thu được dung dịch đậm đặc hơn dung dịch ban đầu, dung môi tách ra khỏi dung dịch bay lên gọi là hơi thứ.

Ứng dụng của quá trình cô đặc

-Làm tăng nồng độ của chất hoà tan trong dung dịch

-Tách chất rắn hoà tan ở dạng rắn (kết tinh)

-Tách dung môi ở dạng nguyên chất (nước cất)

Cô đặc được tiến hành ở nhiệt độ sôi, ở mọi áp suất (áp suất chân không, áp suất thường hay áp suất dư), trong hệ thống một thiết bị cô đặc (nồi), hay trong hệ thống nhiều thiết bị cô đặc. Quá trình có thể gián đoạn hay liên tục.

Hơi bay ra trong quá trình cô đặc thường là hơi nước, gọi là hơi thứ, thường có nhiệt độ cao, ẩn nhiệt hóa hơi lớn nên được dùng làm hơi đốt cho các nồi cô đặc. Nếu hơi thứ được sử dụng ngoài dây chuyền cô đặc gọi là hơi phụ.

Cô đặc chân không dùng cho các dung dịch có nhiệt độ sôi cao và dung dịch dễ bị phân hủy bởi nhiệt, ngoài ra còn làm tăng hiệu số nhiệt độ của hơi đốt và nhiệt độ sôi trung bình của dung dịch, dẫn đến giảm bề mặt truyền nhiệt.

Cô đặc ở áp suất cao hơn áp suất khí quyển thường dùng cho các dung dịch không bị phân hủy bởi nhiệt độ cao như các dung dịch muối vô cơ, để sử dụng hơi thứ cho cô đặc và cho quá trình đun nóng khác.

Còn cô đặc ở áp suất khí quyển thì hơi thứ không được sử dụng mà được thải ra ngoài không khí. Đây là phương pháp tuy đơn giản nhưng không kinh tế.

Trong hệ thống thiết bị cô đặc nhiều nồi thì nồi đầu tiên thường làm việc ở áp suất lớn hơn áp suất khí quyển, các nồi sau làm việc ở áp suất chân không.

Quá trình cô đặc có thể tiến hành trong thiết bị cô đặc một nồi hoặc nhiều nồi; làm việc gián đoạn hoặc liên tục.

Khi cô đặc gián đoạn dung dịch cho vào thiết bị một lần rồi cô đặc đến nồng độ yêu cầu, hoặc cho vào liên tục giữ nguyên mức chất lỏng không đổi trong quá trình và khi nồng độ dung dịch đạt yêu cầu sẽ lấy ra hết rồi tiếp tục cho dung dịch mới vào để cô đặc tiếp.

Khi cô đặc liên tục trong thiết bị cô đặc nhiều nồi thì dung dịch được đưa vào liên tục và hơi đốt cho vào liên tục, sản phẩm cũng được lấy ra liên tục.

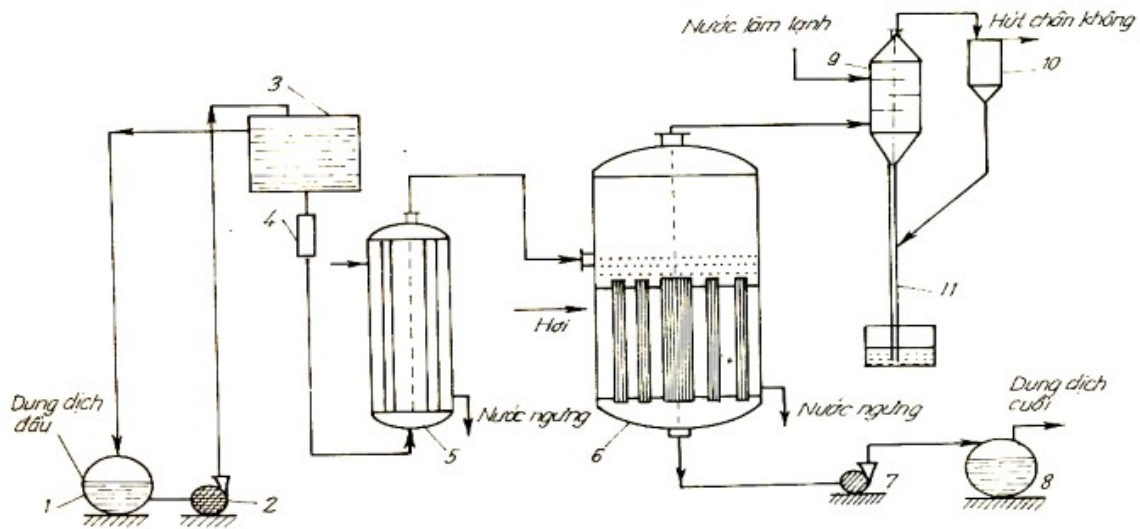
Trong quá trình cô đặc có thể tiến hành ở áp suất khác nhau tùy theo yêu cầu kỹ thuật.

3.2 Cô đặc một nồi

Cô đặc một nồi chỉ dùng khi năng suất thấp và khi không dùng hơi thứ làm chất tải nhiệt để đun nóng.

Trong hệ thống cô đặc một nồi liên tục, dung dịch đầu từ thùng chứa 1 được bơm vào thùng 3, sau đó chảy qua lưu lượng kế 4 vào thiết bị đun nóng 5. Ở đây dung dịch được đun nóng đến nhiệt độ sôi rồi đi vào thiết bị cô đặc 6 thực hiện quá trình bốc hơi. Hơi thứ và khí không ngưng đi qua phía trên của thiết bị cô đặc vào thiết bị ngưng tụ.

Trong thiết bị ngưng tụ nước làm lạnh đi từ trên xuống, ở đây hơi thứ sẽ được ngưng tụ thành lỏng chảy qua ống 11 rồi vào bơm hút chân không. Dung dịch sau khi cô đặc được bơm ra ở phía dưới thiết bị cô đặc đi vào thùng chứa 8.



Sơ đồ cô đặc một nồi:
1- thùng chứa; 2- bơm; 3- thùng cao vị 4- lưu lượng kế; 5- thiết bị đun nóng;
6- nồi cô đặc; 7- bơm; 8- thùng chứa sản phẩm;
9- thiết bị ngưng tụ; 10 - bộ phận thu hồi bọt; 11- ống barômet

Hình 3.1 Thiết bị cô đặc một nồi

3.3 Cô đặc nhiều nồi

Hệ thống cô đặc có thể làm việc xuôi chiều, ngược chiều hoặc song song...

Xuôi chiều

Hệ thống cô đặc xuôi chiều thường dùng phổ biến hơn cả. Loại này có đặc điểm là dung dịch tự di chuyển từ nồi trước sang nồi sau nhờ chênh lệch áp suất giữa các nồi.

Nguyên tắc của cô đặc ba nồi xuôi chiều cũng gần như cô đặc một nồi.

Dung dịch được đưa vào nồi 1 tiếp tục chuyển sang nồi 2 rồi sang nồi 3 nhờ chênh lệch áp suất trong các nồi. Còn hơi đốt đi vào phòng đốt của nồi 1 để đun sôi dung dịch.

Hơi thứ bay lên ở nồi 1 được đưa vào phòng đốt của nồi 2, hơi thứ bay lên ở nồi 2 được đưa vào phòng đốt của nồi 3 và hơi thứ bay lên của nồi 3 được đưa sang thiết bị ngưng tụ barômet, điều này thực hiện được vì nhiệt độ sôi của dung dịch giảm dần từ nồi đầu tới nồi cuối do áp suất trong các nồi giảm dần từ nồi đầu tới nồi cuối do đó dung dịch tự chảy dần từ nồi đầu tới nồi cuối.

Dung dịch ở nồi cuối cùng được đưa ra ngoài có nồng độ đậm đặc theo yêu cầu gọi là sản phẩm.