

## GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CÔ ĐẶC MÍA ĐƯỜNG

Ngành công nghiệp mía đường là một ngành công nghiệp lâu đời ở nước ta. Do nhu cầu thị trường nước ta hiện nay mà các lò đường với quy mô nhỏ ở nhiều địa phương đã được thiết lập nhằm đáp ứng nhu cầu này. Tuy nhiên, đó chỉ là các hoạt động sản xuất một cách đơn lẻ, năng suất thấp, các ngành công nghiệp có liên quan không gắn kết với nhau đã gây khó khăn cho việc phát triển công nghiệp đường mía.

Trong những năm qua, ở một số tỉnh thành của nước ta, ngành công nghiệp mía đường đã có bước nhảy vọt rất lớn. Diện tích mía đã tăng lên một cách nhanh chóng, mía đường hiện nay không phải là một ngành đơn lẻ mà đã trở thành một hệ thống liên hiệp các ngành có quan hệ chặt chẽ với nhau. Mía đường vừa tạo ra sản phẩm đường làm nguyên liệu cho các ngành công nghiệp như bánh, kẹo, sữa... đồng thời tạo ra phế liệu là nguyên liệu quý với giá rẻ cho các ngành sản xuất như rượu...

Trong tương lai, khả năng này còn có thể phát triển hơn nữa nếu có sự quan tâm đầu tư tốt cho cây mía cùng với nâng cao khả năng chế biến và tiêu thụ sản phẩm. Xuất phát từ tính tự nhiên của cây mía, độ đường sẽ giảm nhiều và nhanh chóng nếu thu hoạch trễ và không chế biến kịp thời.

Vì tính quan trọng đó của việc chế biến, vấn đề quan trọng được đặt ra là hiệu quả sản xuất nhằm đảm bảo thu hồi đường với hiệu suất cao. Hiện nay, nước ta đã có rất nhiều nhà máy đường như Bình Dương, Quảng Ngãi, Biên Hoà, ... nhưng với sự phát triển ồ ạt của diện tích mía, khả năng đáp ứng là rất khó. Bên cạnh đó, việc cung cấp mía khó khăn, sự cạnh tranh của các nhà máy đường, cộng với công nghệ lạc hậu, thiết bị cũ kỹ đã ảnh hưởng mạnh đến quá trình sản xuất.

Vì tất cả những lý do trên, việc cải tiến sản xuất, nâng cao, mở rộng nhà máy, đổi mới dây chuyền thiết bị công nghệ, tăng hiệu quả các quá trình là hết sức cần thiết và cấp bách, đòi hỏi phải chuẩn bị từ ngay bây giờ. Trong đó, cải tiến thiết bị cô đặc là một yếu tố quan trọng không kém trong hệ thống sản xuất vì đây là một thành phần không thể xem thường.

Một vài số liệu về sản lượng đường trên thế giới (đơn vị tính: 1000 tấn):

Năm	1945- 1946	1952- 1953	1965- 1966	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980	1980- 1981	1981- 1982
Sản lượng	19934	35486	63097	92280	91858	88920	91000	97900

### I. Nguyên liệu và sản phẩm của quá trình cô đặc mía đường:

#### 1. Đặc điểm nguyên liệu:

Nguyên liệu cô đặc ở dạng dung dịch, gồm:

Dung môi: nước.

Các chất hoà tan: gồm nhiều cấu tử với hàm lượng rất thấp (xem như không có) và chiếm chủ yếu là đường saccarose. Các cấu tử này xem như không bay hơi trong quá trình cô đặc.

Tùy theo độ đường mà hàm lượng đường là nhiều hay ít. Tuy nhiên, trước khi cô đặc, nồng độ đường thấp, khoảng 6-10% khối lượng.

2. Đặc điểm sản phẩm:

Sản phẩm ở dạng dung dịch, gồm:

Dung môi: nước.

Các chất hoà tan: có nồng độ cao.

3. Biến đổi của nguyên liệu và sản phẩm trong quá trình cô đặc:

Trong quá trình cô đặc, tính chất cơ bản của nguyên liệu và sản phẩm biến đổi không ngừng.

a. Biến đổi tính chất vật lý:

Thời gian cô đặc tăng làm cho nồng độ dung dịch tăng dẫn đến tính chất dung dịch thay đổi:

Các đại lượng giảm: hệ số dẫn nhiệt, nhiệt dung, hệ số cấp nhiệt, hệ số truyền nhiệt.

Các đại lượng tăng: khối lượng riêng dung dịch, độ nhớt, tổn thất nhiệt do nồng độ, nhiệt độ sôi.

b. Biến đổi tính chất hoá học:

Thay đổi pH môi trường: thường là giảm pH do các phản ứng phân hủy amit (Vd: asparagin) của các cấu tử tạo thành các acid.

Đóng cặn dơ: do trong dung dịch chứa một số muối  $Ca^{2+}$  ít hoà tan ở nồng độ cao, phân hủy muối hữu cơ tạo kết tủa.

Phân hủy chất cô đặc.

Tăng màu do caramen hoá đường, phân hủy đường khử, tác dụng tương hỗ giữa các sản phẩm phân hủy và các amino acid.

Phân hủy một số vitamin.

c. Biến đổi sinh học:

Tiêu diệt vi sinh vật (ở nhiệt độ cao).

Hạn chế khả năng hoạt động của các vi sinh vật ở nồng độ cao.

4. Yêu cầu chất lượng sản phẩm và giá trị sinh hóa:

Thực hiện một chế độ hết sức nghiêm ngặt để:

Đảm bảo các cấu tử quý trong sản phẩm có mùi, vị đặc trưng được giữ nguyên.

Đạt nồng độ và độ tinh khiết yêu cầu.

Thành phần hoá học chủ yếu không thay đổi.

II. Cô đặc và quá trình cô đặc:

1. Định nghĩa:

Cô đặc là phương pháp dùng để nâng cao nồng độ các chất hoà tan trong dung dịch hai hay nhiều cấu tử. Quá trình cô đặc của dung dịch lỏng - rắn hay lỏng- lỏng có chênh lệch nhiệt sôi rất cao thường được tiến hành bằng cách tách một phần dung môi (cấu tử dễ bay hơi hơn). Đó là các quá trình vật lý - hóa lý.

2. Các phương pháp cô đặc:

Phương pháp nhiệt (đun nóng): dung môi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi dưới tác dụng của nhiệt khi áp suất riêng phần của nó bằng áp suất tác dụng lên mặt thoáng chất lỏng.

Phương pháp lạnh: khi hạ thấp nhiệt độ đến một mức nào đó thì một cấu tử sẽ tách ra dạng tinh thể đơn chất tinh khiết, thường là kết tinh dung môi để tăng nồng độ chất tan. Tùy tính chất cấu tử và áp suất bên ngoài tác dụng lên mặt thoáng mà quá trình kết tinh đó xảy ra ở nhiệt độ cao hay thấp và đôi khi phải dùng đến máy lạnh.

3. Bản chất của sự cô đặc do nhiệt:

Dựa theo thuyết động học phân tử:

Để tạo thành hơi (trạng thái tự do) thì tốc độ chuyển động vì nhiệt của các phân tử chất lỏng gần mặt thoáng lớn hơn tốc độ giới hạn. Phân tử khi bay hơi sẽ thu nhiệt để khắc phục lực liên kết ở trạng thái lỏng và trở lực bên ngoài. Do đó, ta cần cung cấp nhiệt để các phân tử đủ năng lượng thực hiện quá trình này.

Bên cạnh đó, sự bay hơi chủ yếu là do các bọt khí hình thành trong quá trình cấp nhiệt và chuyển động liên tục, do chênh lệch khối lượng riêng các phần tử ở trên bề mặt và dưới đáy tạo nên sự tuần hoàn tự nhiên trong nồi cô đặc. Tách không khí và lắng keo (protit) khi đun sơ bộ sẽ ngăn chặn được sự tạo bọt khi cô đặc.

4. Ứng dụng của sự cô đặc:

Dùng trong sản xuất thực phẩm: dung dịch đường, mì chính, các dung dịch nước trái cây...

Dùng trong sản xuất hóa chất: NaOH, NaCl,  $\text{CaCl}_2$ , các muối vô cơ ...

5. Đánh giá khả năng phát triển của sự cô đặc:

Hiện nay, phần lớn các nhà máy sản xuất hoá chất, thực phẩm đều sử dụng thiết bị cô đặc như một thiết bị hữu hiệu để đạt nồng độ sản phẩm mong muốn. Mặc dù chỉ là một hoạt động gián tiếp nhưng rất cần thiết và gắn liền với sự tồn tại của nhà máy. Cùng với sự phát triển của nhà máy thì việc cải thiện hiệu quả của thiết bị cô đặc là một tất yếu. Nó đòi hỏi phải có những thiết bị hiện đại, đảm bảo an toàn và hiệu suất cao. Đưa đến yêu cầu người kỹ sư phải có kiến thức chắc chắn hơn và đa dạng hơn, chủ động khám phá các nguyên lý mới của thiết bị cô đặc.

III. Các thiết bị cô đặc nhiệt:

1. Phân loại và ứng dụng:

a. Theo cấu tạo:

Nhóm 1: dung dịch đối lưu tự nhiên (tuần hoàn tự nhiên) dùng cô đặc dung dịch khá loãng, độ nhớt thấp, đảm bảo sự tuần hoàn dễ dàng qua bề mặt truyền nhiệt.

Gồm:

Có buồng đốt trong (đồng trục buồng bốc), có thể có ống tuần hoàn trong hoặc ngoài.

Có buồng đốt ngoài (không đồng trục buồng bốc).

Nhóm 2: dung dịch đối lưu cưỡng bức, dùng bơm để tạo vận tốc dung dịch từ 1,5 - 3,5 m/s tại bề mặt truyền nhiệt. Có ưu điểm: tăng cường hệ số truyền nhiệt, dùng cho dung dịch đặc sệt, độ nhớt cao, giảm bám cặn, kết tinh trên bề mặt truyền nhiệt. Gồm:

Có buồng đốt trong, ống tuần hoàn ngoài.

Có buồng đốt ngoài, ống tuần hoàn ngoài.

Nhóm 3: dung dịch chảy thành màng mỏng, chảy một lần tránh tiếp xúc nhiệt lâu làm biến chất sản phẩm. Đặc biệt thích hợp cho các dung dịch thực phẩm như dung dịch nước trái cây, hoa quả ép... Gồm:

Màng dung dịch chảy ngược, có buồng đốt trong hay ngoài: dung dịch sôi tạo bọt khó vỡ.

Màng dung dịch chảy xuôi, có buồng đốt trong hay ngoài: dung dịch sôi ít tạo bọt và bọt dễ vỡ.

b. Theo phương pháp thực hiện quá trình:

Cô đặc áp suất thường (thiết bị hở): có nhiệt độ sôi, áp suất không đổi. Thường dùng cô đặc dung dịch liên tục để giữ mức dung dịch cố định để đạt năng suất cực đại và thời gian cô đặc là ngắn nhất. Tuy nhiên, nồng độ dung dịch đạt được là không cao.

Cô đặc áp suất chân không: Dung dịch có nhiệt độ sôi dưới 100°C, áp suất chân không. Dung dịch tuần hoàn tốt, ít tạo cặn, sự bay hơi nước liên tục.

Cô đặc nhiều nồi: Mục đích chính là tiết kiệm hơi đốt. Số nồi không nên lớn quá vì sẽ làm giảm hiệu quả tiết kiệm hơi. Có thể cô chân không, cô áp lực hay phối hợp cả hai phương pháp. Đặc biệt có thể sử dụng hơi thứ cho mục đích khác để nâng cao hiệu quả kinh tế.

Cô đặc liên tục: Cho kết quả tốt hơn cô đặc gián đoạn. Có thể áp dụng điều khiển tự động, nhưng chưa có cảm biến tin cậy.

#### **IV. Các thiết bị và chi tiết trong cô đặc:**

Thiết bị chính:

Ống tuần hoàn, ống truyền nhiệt.

Buồng đốt, buồng bốc, đáy, nắp...

Ống: hơi đốt, tháo nước ngưng, khí không ngưng...

Thiết bị phụ:

Bồn cao vị, lưu lượng kế

Bể chứa sản phẩm, nguyên liệu.

Các loại bơm: bơm dung dịch, bơm nước, bơm chân không.

Thiết bị gia nhiệt.

Thiết bị ngưng tụ Baromet.

Các loại van.

Thiết bị đo

### **I. CHỌN QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ :**

#### **1. Qui trình công nghệ :**

Lý do chọn

#### **2. Nguyên tắc hoạt động của hệ thống cô đặc:**

Dung dịch từ bể chứa nguyên liệu được bơm lên bồn cao vị, từ bồn cao vị dung dịch chảy qua lưu lượng kế xuống thiết bị gia nhiệt và được gia nhiệt đến nhiệt độ sôi rồi đi vào thiết bị cô đặc thực hiện quá trình bốc hơi. Dung dịch sau khi cô đặc được bơm ra ở phía dưới thiết bị cô đặc đi vào bể chứa sản phẩm. Hơi thứ và khí không ngưng đi ra phía trên của thiết bị cô đặc vào thiết bị ngưng tụ baromet, ngưng tụ thành lỏng chảy ra ngoài bồn chứa, phần không ngưng qua bộ phận tách giọt để chỉ còn khí không ngưng được bơm chân không hút ra ngoài.

Nguyên lý làm việc của nồi cô đặc : phần dưới của thiết bị là buồng đốt gồm có các ống truyền nhiệt và một ống tuần hoàn trung tâm. Dung dịch đi trong ống, hơi đốt sẽ đi trong khoảng không gian phía ngoài ống. Nguyên tắc hoạt động của ống tuần hoàn trung tâm là : do ống tuần hoàn có đường kính lớn hơn rất nhiều so với các ống truyền nhiệt do đó hệ số truyền nhiệt nhỏ, dung dịch sẽ sôi ít hơn so với dung dịch trong ống truyền nhiệt. Khi sôi dung dịch sẽ có  $p_{ds} = 0.5 p_{dd}$  do đó sẽ tạo áp lực đẩy dung dịch từ trong ống tuần hoàn sang ống truyền nhiệt. Kết quả là tạo một dòng chuyển động tuần hoàn trong thiết bị. Để ống tuần hoàn trung tâm hoạt động có hiệu quả dung dịch chỉ nên cho vào khoảng 0,4 – 0,7 chiều cao ống truyền nhiệt. Phần phía trên thiết bị là buồng bốc để tách hơi ra khỏi dung dịch, trong buồng bốc còn có bộ phận tách bọt để tách những giọt lỏng ra khỏi hơi thứ.

\*\*\* Hơi đốt theo ống dẫn đưa vào buồng đốt ở áp suất 3 at. Hơi thứ ngưng tụ theo ống dẫn nước ngưng qua bể hơi chảy ra ngoài và phần khí không ngưng được xả ra ngoài theo cửa xả khí không ngưng.

Hơi thứ bốc lên theo ống dẫn vào thiết bị ngưng tụ Baromet, Toàn bộ hệ thống (thiết bị ngưng tụ Baromet, thiết bị cô đặc ) làm việc ở điều kiện chân không do bơm chân không tạo ra.

dung dịch đường được bơm ra ngoài theo ống tháo sản phẩm nhờ bơm ly tâm, vào thùng chứa sản phẩm.

Đóng các van.

Tắt bơm.

## CÂN BẰNG VẬT CHẤT VÀ NĂNG LƯỢNG

### I. Dữ kiện ban đầu:

Dung dịch đường mía

Nồng độ đầu  $x_d = 8 \%$ , nhiệt độ đầu của nguyên liệu là  $t_d = 30^\circ\text{C}$ .

Nồng độ cuối  $x_c = 15\%$ .

Năng suất  $G_c = 2000 \text{ kg/h}$ .

Gia nhiệt bằng hơi nước bão hoà áp suất hơi đốt là 3 at.

Áp suất ở thiết bị ngưng tụ:  $P = 0,2 \text{ at}$ .

### II. Cân bằng vật chất:

#### 1. Suất lượng nhập liệu ( $G_d$ ):

Theo công thức 5.16, QT và TBTN T5, tr184:

$$G_d \cdot x_d = G_c \cdot x_c$$

$$G_d = G_c \cdot \left( \frac{x_c}{x_d} \right) = 2000 \cdot \left( \frac{15}{8} \right) = 3750 \text{ kg/h}$$

#### 2. Tổng lượng hơi thứ bốc lên ( $W$ ):

Theo công thức 5.17, QT và TBTN T5, tr184:

$$W = G_d - G_c = 3750 - 2000 = 1750 \text{ kg/h.}$$

Trong đó:  $G_c$  – suất lượng tháo liệu (năng suất),  $\text{kg /mẻ}$ .

### III. Cân bằng năng lượng:

#### 1. Cân bằng nhiệt lượng:

Nhiệt vào:

- Do dung dịch đầu:  $G_d c_d t'_1$
- Do hơi đốt:  $D i''_D$

Nhiệt ra:

- Hơi thứ mang ra:  $W i''_w$
- Nước ngưng tụ:  $D c_\theta$
- Sản phẩm mang ra:  $G_c c_c t''_1$
- Nhiệt cô đặc:  $Q_{cd}$
- Nhiệt tổn thất:  $Q_{tt}$

Thành lập phương trình cân bằng nhiệt:

$$G_d c_d t'_1 + D i''_D = W i''_w + D c_\theta + G_c c_c t''_1 \pm Q_{cd} + Q_{tt}$$

Từ phương trình ta rút ra:

$$D = \frac{W(i''_w - c_c t''_1)}{i''_D - c_\theta} + \frac{G_d c_d (t'_1 - t''_1) \pm Q_{cd} + Q_{tt}}{i''_D - c_\theta}$$

$i_w - c_{ct} t_1 = 2355,6 \text{ KJ/Kg}$  là ẩn nhiệt hoá hơi của hơi thứ với áp suất 0,21at.

Tra bảng 57, VD và BT T10, trang 443.

$I''_D - \theta_c = 2171 \text{ KJ/Kg}$  là ẩn nhiệt ngưng tụ của hơi đốt ở áp suất 3at.

Tra bảng 57, VD và BT T10, trang 443

Quá trình cô đặc mía đường có  $Q_{cd}=0$ . Đây là quá trình cô đặc liên tục nên  $t_1=t''_1$ . Chọn tổn thất nhiệt là 5% ta tính được lượng hơi đốt là:

$$D = \frac{175023556}{2171} + 0,05D$$

$$\text{hay } D = 1998,7 \text{ Kg/h}$$

Lượng hơi đốt tiêu tốn riêng:

Theo công thức 4.5a, VD và BT T10, trang 182:

$$m = \frac{D}{W} = \frac{19987}{1750} = 1,142 \text{ (kg hơi đốt / kg hơi thứ).}$$

Trong đó:

D - lượng hơi đốt dùng cô đặc,  $D = 1998,7 \text{ kg/h}$ .

- lượng hơi thứ thoát ra khi cô đặc,  $W = 1750 \text{ kg/h}$ .

## 2. Chế độ nhiệt độ:

Áp suất buồng đốt là áp suất hơi bão hoà 3 at. Tra bảng 57, VD và BT T10, trang 443: nhiệt độ hơi đốt là  $132,9^\circ\text{C}$ .

Gọi  $\Delta'''$  là tổn thất nhiệt độ hơi thứ trên đường ống dẫn từ buồng bốc đến TBNT, theo QT và TBTN T5, tr184, chọn  $\Delta''' = 1^\circ\text{K}$ .

Nhiệt độ hơi thứ trong buồng bốc  $t_{sdm}(P_o)$ :

$$T_{sdm}(P_o) - T_c = \Delta''' = 1\text{K} \Rightarrow T_{sdm}(P_o) = T_c + 1 = 59,7 + 1 = 60,7^\circ\text{C}$$

Áp suất hơi thứ trong buồng bốc: Tra bảng 57, VD và BT T10, trang 443: ở nhiệt độ hơi thứ là  $60,7^\circ\text{C}$  là 0, 21 at.

## 3. Xác định nhiệt độ tổn thất :

a. Tổn thất nhiệt do nồng độ tăng ( $\Delta'$ ):

Theo công thức 5.3, QT và TBTN T5, tr174:

$$\Delta' = \Delta'_o \cdot f$$

Ở đây :

$\Delta'_o$  - tổn thất nhiệt độ ở áp suất khí quyển. Tra từ đồ thị.

f - hệ số hiệu chỉnh do khác áp suất khí quyển, được tính:

$$f = 16,2 \frac{(273 + t'_i)^2}{r_i}$$

$t'_i$  : nhiệt độ hơi thứ của nồi thứ I

$r_i$  : ẩn nhiệt hoá hơi của hơi ở nhiệt độ  $t'_i$ .

b. Tổn thất nhiệt do áp suất thuỷ tĩnh ( $\Delta''$ ):

Gọi chênh lệch áp suất từ bề mặt dung dịch đến giữa ống là  $\Delta P$  (N/m<sup>2</sup>), ta có:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho_s \cdot g \cdot H_{op} \quad \text{N/m}^2$$

Trong đó:

$\rho_s$  : khối lượng riêng của dung dịch khi sôi , kg/m<sup>3</sup>

$$\rho_s = 0.5 \rho_{dd}$$

$\rho_{dd}$  : Khối lượng riêng của dung dịch ,kg/m<sup>3</sup>

$H_{op}$ : Chiều cao thích hợp tính theo kính quann sát mực chất lỏng ,m

$$H_{op} = [0.26 + 0.0014(\rho_{dd} - \rho_{dm})] \cdot H_o$$

Tra sổ tay ta có được bảng sau:

$x_C$ (%k.l)	$\Delta'_o$ ( <sup>0</sup> C)	$t'$ ( <sup>0</sup> C)	$r \cdot 10^{-3}$ (j/kg)	$\Delta'$ ( <sup>0</sup> C)
15	0.25	60.7	2355.6	0.19

Coi  $\rho_{dd}$  trong mỗi nôi thay đổi không đáng kể trong khoảng nhiệt độ từ bề mặt đến độ sâu trung bình của chất lỏng.

Chọn chiều cao ống truyền nhiệt là  $H_o = 2$  m.

$$H_{op} = [0.26 + 0.0014(\rho_{dd} - \rho_{dm})] \cdot H_o = [0.26 + 0.0014(1061 - 983)] \cdot 1.5 = 0.554 \text{ ,m}$$

Áp suất trung bình:

$$P_{tb} = P' + \Delta P = 0.21 + 0.5 \cdot 0.5 \cdot 1061 \cdot 10^{-4} \cdot 0.554 = 0.225 \text{ at}$$

Tra sổ tay tại  $P_{tb} = 0.225$  (at) ta có  $t''_i = 61.92$  <sup>0</sup>C.

$$\text{Suy ra : } \Delta'' = 61.92 - 60.7 = 1.22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hiệu số nhiệt độ hữu ích

$$\Delta t_{i1} = T_D - (T_c + \Sigma \Delta) = 132.9 - (59.7 + 0.19 + 1.22 + 1) = 70.79 \text{ } ^\circ\text{C}$$



## TÍNH TOÁN TRUYỀN NHIỆT

### I. Tính toán truyền nhiệt cho thiết bị cô đặc:

#### 1. Nhiệt tải riêng phía hơi ngưng ( $q_1$ ):

Theo công thức (V.101), sổ tay tập 2, trang 28:

$$\alpha_1 = 2,04 * A * \left( \frac{r}{H * \Delta t_1} \right)^{0,25} \Rightarrow q_1 = \alpha_1 * \Delta t_1 \quad (1)$$

Trong đó:

r - ẩn nhiệt ngưng tụ của nước ở áp suất hơi đốt là 3 at.

Tra bảng 57, VD và BT tập 10, trang 447:  $r = 2171.10^3 \text{ J/kg}$

H - chiều cao ống truyền nhiệt,  $H = 1.5 \text{ m}$ .

A - phụ thuộc nhiệt độ màng nước ngưng  $t_m = (t_D + t_{V1})/2$

A tra ở sổ tay tập 2, trang 28.

với  $t_D$ ,  $t_{V1}$ : nhiệt độ hơi đốt và vách phía hơi ngưng.

$\alpha_1$  - hệ số cấp nhiệt phía hơi ngưng,  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

#### 2. Nhiệt tải riêng phía dung dịch ( $q_2$ ):

Theo công thức VI.27, sổ tay tập 2, trang 71:

$$\alpha_2 = \alpha_n * \left( \frac{\lambda_{dd}}{\lambda_n} \right)^{0,565} * \left[ \left( \frac{\rho_{dd}}{\rho_n} \right)^2 * \left( \frac{C_{dd}}{C_n} \right) * \left( \frac{\mu_n}{\mu_{dd}} \right) \right]^{0,435} \quad \text{W / m}^2 \text{K} \quad (2)$$

Trong đó:

$\alpha_n$  - hệ số cấp nhiệt của nước khi cô đặc theo nồng độ dung dịch

$\alpha_n = 0.145. p^{0,5}. \Delta t^{2,33}$  trang 26 STT2

$C_{dd}$  - nhiệt dung riêng của dung dịch

$C_n$  - nhiệt dung riêng của nước

$\mu_{dd}$  - độ nhớt dung dịch

$\mu_n$  - độ nhớt nước

$\rho_{dd}$  - khối lượng riêng dung dịch

$\rho_n$  - khối lượng riêng nước

$\lambda_{dd}$  - độ dẫn điện dung dịch

$\lambda_n$  - độ dẫn điện nước

Nồng độ	$\rho_n$	$\rho_{dd}$	$\mu_{dd}$	$\mu_n$	$C_{dd}$	$C_n$	$\lambda_{dd}$	$\lambda_n$
15%	983	1061	0.514	0.464	3886.4	4190	0.371	0.664

Ghi chú:

Các thông số của dung dịch:

$C_{dd} = 4190 - (2514 - 7,52 \cdot t) \cdot x$ , J/kg.K

$\mu_{dd}$ : Tra bảng 1.112 trang 114 sổ tay tập 2.

$\rho_{dd}$ : tra bảng I.86 sổ tay tập 1 trang 58

$\lambda_{dd}$ : theo công thức ( I.32 ) sổ tay tập 1 trang 123:

$$\lambda_{dd} = 3,58 \cdot 10^{-8} \cdot \rho_{dd} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_{dd}}{M_{dd}}}, W / mK$$

Các thông số của nước tra bảng 39 trang 427 và bảng 57 trang 447 sổ tay tập 2.

3. Nhiệt tải riêng phía tường ( $q_v$ ):

Theo BT và VD tập 10:

$$q_v = \frac{t_{v1} - t_{v2}}{\sum r_v} \Rightarrow \Delta t_v = t_{v1} - t_{v2} = \sum r_v \cdot q_v = 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot q_v \quad (3)$$

Trong đó:

$\sum r_v$  - tổng trở vách.

$\sum r_v = r_1 + \delta/\lambda + r_2$

$$= (0,464 + 2/17,5 + 0,172) \cdot 10^{-3} = 0,75 \cdot 10^{-3} W/m^2K$$

Trong đó:

$r_1$  - nhiệt trở màng nước,  $r_1 = 0,464 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot ^\circ K / W$ .

$r_2$  - nhiệt trở lớp cặn,  $r_2 = 0,172 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot ^\circ K / W$ .

Tra ở bảng 31 trang 419 VD&BT T10

$\delta$  - bề dày ống,  $\delta = 2 \text{ mm}$

$\lambda$  - hệ số dẫn nhiệt của ống,  $\lambda = 17,5 m^2 \cdot ^\circ K / W$  (với ống là thép không gỉ )

Tra ở bảng 28 Vd&BT T10

$\Delta t_v$ : chênh lệch nhiệt độ của tường,  $\Delta t_v = t_{v1} - t_{v2}, ^\circ K$

4. Tiến trình tính các nhiệt tải riêng:

Khi quá trình cô đặc diễn ra ổn định:

$$q_1 = q_2 = q_v \quad (4)$$

$$\Delta t_{v1} = t_D - t_{v1} \quad (5)$$

$$\Delta t_v = t_{v1} - t_{v2} \quad (6)$$

$$\Delta t_2 = t_{v2} - t_{soitb} \quad (7)$$

Dùng phương pháp số ta lần lượt tính theo các bước sau:

Bước 1: Chọn nhiệt độ tường phía hơi ngưng:  $t_{v1}$ , tính được  $\Delta t_1$  theo (5) với  $t_D = 132,9^\circ\text{C}$ .

Bước 2: Tính được  $q_1$  theo (1).

Bước 3: Tính hệ số cấp nhiệt phía dung dịch, ta tìm  $\alpha_2$  theo (2)

Bước 4: Tính  $\Delta t_v$  theo (3). Tính được  $t_{v2} = \Delta t_v + t_{v1}$

Bước 5: Tính  $\Delta t_2$  theo (7) với  $t_{soitb}$  tra ở bảng 2 theo nồng độ.

Bước 6: Tính được  $q_2$  theo công thức:  $q_2 = \alpha_2 \cdot \Delta t_2$

Bước 7: So sánh sai số giữa  $q_1$  và  $q_2$ .

Nếu sai số lớn thì quay về bước 1 và có sự hiệu chỉnh nhiệt độ  $\Delta t_1$ . Quá trình này dừng lại khi sai số bé hơn 5%.

1) Chọn  $t_{v1} = 124,26^\circ\text{C}$  ta tính được  $\Delta t_1 = 8,64^\circ\text{C}$ .

2) Tính được  $q_1 = 67964,2 \text{ W/m}^2$  và  $\alpha_1 = 7866,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

3) Tính được  $\alpha_2 = 5410,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

4) Tính được  $\Delta t_v = 50,97^\circ\text{C}$

5) Tính được  $t_{v2} = 73,29^\circ\text{C}$

6) Tính được  $\Delta t_2 = 12,59^\circ\text{C}$

7) Tính được  $q_2 = 68117,6 \text{ W/m}^2$

So sánh  $q_1$  và  $q_2$  ta thấy  $\frac{q_2 - q_1}{q_2} \cdot 100\% = \frac{68117,6 - 67964,2}{68117,6} \cdot 100\% = 0,23\% < 5\%$

Nhiệt tải trung bình là:

$$q_{tb1} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{67964,2 + 68117,6}{2} = 68040,9 \text{ W/m}^2.$$

##### 5. Hệ số truyền nhiệt K cho quá trình cô đặc:

Trong đó giá trị K được tính thông qua hệ số cấp nhiệt:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_v + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\sum r_v = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_2 = 5410,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = 7866,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$K = 941,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

6. Tính nhiệt lượng do hơi đốt cung cấp:

$$Q = D \cdot r(\theta) = 1998,7 \cdot 2171 = 4,339 \cdot 10^6 \text{ kJ/h} = 1205,33 \text{ kW}$$

7. Diện tích bề mặt truyền nhiệt:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{hi}} = \frac{1205,33 \cdot 1000}{941,7 \cdot 70,79} = 18,08 \text{ m}^2$$

Chọn :  $F = 25 \text{ m}^2$ .

## TÍNH THIẾT BỊ CÔ ĐẶC

I. Tính buồng bốc:1. Đường kính buồng bốc:

Lưu lượng hơi thứ trong buồng bốc:

$$V_{hoi} = \frac{W}{\rho_h} = \frac{1750}{0,1342 \cdot 3600} = 3,62 \text{ m}^3 / s$$

Trong đó:

W – lượng hơi thứ bốc hơi

$\rho_h$  – khối lượng riêng của hơi thứ ở áp suất buồng bốc  $P = 0,21 \text{ at}$ , tra bảng 57, VD và BT tập 10, trang 443:  $\rho_{ih} = 0,1342 \text{ kg/m}^3$

Vận tốc hơi:

Vận tốc hơi thứ trong buồng bốc:

$$W_{hoi} = \frac{V_{hoi}}{\frac{\pi \cdot D_b^2}{4}} = \frac{3,62}{\frac{\pi \cdot D_b^2}{4}} = \frac{4,61}{D_b^2}$$

trong đó:

$D_b$  – đường kính buồng bốc, m

Vận tốc lắng:

Theo công thức 5.14, Quá trình và thiết bị truyền nhiệt, trang 182:

$$W_o = \sqrt{\frac{4 * g * (\rho' - \rho'') * d}{3 * \xi * \rho''}} = \sqrt{\frac{4 * 9,81 * (927 - 0,1342) * 0,0003}{3 * 3,395 * D_b^{1,2} * 0,1342}} = \frac{2,825}{D_b^{0,6}}$$

Trong đó:

$\rho'$  - khối lượng riêng của giọt lỏng, tra bảng 39, VD và BT tập 10, trang 427:  $\rho' = 927 \text{ kg/m}^3$

$\rho''$  - khối lượng riêng của hơi tra bảng 57, Ví dụ và bài tập - tập 10, trang 443:  $\rho'' = 0,1342 \text{ kg/m}^3$

$d$  - đường kính giọt lỏng, từ điều kiện ta chọn  $d = 0,0003 \text{ m}$ .

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

$\xi$  - hệ số trở lực, tính theo  $Re$ :

$$Re = \frac{W_{hoi} * d * \rho''}{\mu} = \frac{4,61 * 0,0003 * 0,1342}{0,011 * 10^{-3} * D_b^2} = \frac{16,87}{D_b^2}$$

Với  $\mu$  - độ nhớt động lực học của hơi thứ ở áp suất 0,21 at, tra theo Hình I.35 trang 117 sổ tay tập 1:  $\mu = 0,011 * 10^{-3} \text{ Nm/s}^2$

Nếu  $0,2 < Re < 500$  thì  $\xi = 18,5 / Re^{0,6} \Rightarrow \xi = 3,395 * D_b^{1,2}$

Theo QT và TBTN tập 5:  $w_{hoi} < 70\% - 80\% w_o$ .

Chọn:

$$W_{hoi} < 70\% W_o \Rightarrow \frac{4,61}{D_b^2} < 0,7 * \frac{2,825}{D_b^{0,6}}$$

$D_b > 1,83 \text{ m}$ .

Chọn  $D_b = 2 \text{ m}$  ( theo dãy chuẩn ).

Kiểm tra lại  $Re$ :

$$Re = \frac{16,87}{2^2} = 4,22 \text{ ( thỏa } 0,2 < Re < 500 \text{ )}$$

Vậy đường kính buồng bốc  $D_b = 2000 \text{ mm}$ .

Chiều cao buồng bốc:

Theo sổ tay tập 2, trang 72:

$$U_{tt} = f * U_{tt}(1 \text{ at}), \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{h}$$

$$U_{tt} = 1600 * 1,3 = 2080 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{h}$$

Trong đó:

$f$  - hệ số hiệu chỉnh do khác biệt áp suất khí quyển.

Tra sổ tay tập 2, VI.3 trang 72 ta có  $f = 1,3$ .

$U_{tt}(1 \text{ at})$  - cường độ bốc hơi thể tích ở áp suất khí quyển, at.

Ta chọn cường độ bốc hơi:  $U_{tt}(1 \text{ at}) = 1600 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{h}$  (theo Ví dụ và bài tập - tập 10 ).

Cường độ bốc hơi riêng (  $w_F$  ):

$$w_F = U_{tt} * \rho_h = 2080 * 0,1342 = 279,14 \text{ kg/m}^3.\text{h}$$

Thể tích buồng bốc:

$$V_b = W / w_F = 1750 / 279,14 = 6,27 \text{ m}^3$$

Chiều cao buồng bốc:

$$H_b = \frac{4 * V_b}{\pi * D_{bb}^2} = \frac{4 * 6,27}{\pi * 2^2} = 1,996 \text{ m}$$

Để an toàn ta chọn  $H_b = 2,4 \text{ m}$  (theo điều kiện cho quá trình sôi sủi bọt).

## II. Kích thước buồng đốt:

### 1. Xác định số ống truyền nhiệt :

Số ống truyền nhiệt được tính theo công thức :  $n = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l}$

$F = 25 \text{ m}^2$  : bề mặt truyền nhiệt

$l = 1,5 \text{ m}$  : chiều dài của ống truyền nhiệt

$d$  : đường kính ống truyền nhiệt

chọn loại ống có đường kính :  $38 \times 2 \text{ mm}$

do  $\alpha_1 > \alpha_2$  nên lấy  $d = d_i = 34 \text{ mm}$ .

Vậy số ống truyền nhiệt là :

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l} = \frac{25}{3.14 * 0.034 * 1.5} = 156 \text{ ống.}$$

Chọn số ống  $n = 169$  ống ( STQTTB T2 trang 48 )

### 2. Đường kính ống tuần hoàn trung tâm :

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_t}{\pi}}$$

$$\text{Chọn } f_t = 0.3 F_D = 0.3 \frac{\pi \cdot d^2 \cdot n}{4} = 0.3 \frac{3.14 * 0.034^2 * 169}{4} = 0.046 \text{ m}^2.$$

$$\text{Vậy : } D_{th} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.046}{3.14}} = 0.242 \text{ m}$$

Chọn  $D_{th} = 0.325 \text{ m} = 325 \text{ mm}$  (QTTB T5 trang 180 )

### 3. Đường kính buồng đốt :

Đối với thiết bị cô đặc tuần hoàn trung tâm và bố trí ống đốt theo hình lục giác đều thì đường kính trong của buồng đốt có thể tính theo công thức :

$$D_t = \sqrt{(d_{th} + 2\beta \cdot d_n)^2 + \frac{0.4 \cdot \beta^2 \cdot \sin 60^\circ \cdot F \cdot d_n}{\psi \cdot l}} \text{ m}$$

Trong đó :

$$\beta = \frac{t}{d_n} = 1.4 : \text{Hệ số, thường } \beta = 1.3 - 1.5.$$

$t = 1.4 \cdot d_n$  : Bước ống , m ( thường  $t = 1.2 - 1.5 d_n$  )

$d_n = 0.038 \text{ m}$  : Đường kính ngoài của ống truyền nhiệt , m

$\psi = 0.8$  : Hệ số sử dụng lưới đỡ ống, thường  $\psi = 0.7 - 0.9$

$l = 1.5 \text{ m}$  : Chiều dài của ống truyền nhiệt  $m$

$d_{th} = 0.325$  : Đường kính ngoài của ống tuần hoàn trung tâm.

$F = 25 \text{ m}^2$  : Diện tích bề mặt truyền nhiệt,  $\text{m}^2$

Thay vào ta có :

$$D_t = \sqrt{(0.325 + 2 * 1.4 * 0.038)^2 + \frac{0.4 * 1.4^2 * \sin 60^\circ * 25 * 0.038}{0.8 * 1.5}} = 0.851 \text{ m}$$

Chọn  $D_t = 1000 \text{ mm}$  (QTTB T5 trang 182 )

Kiểm tra diện tích truyền nhiệt:

$$D_{th} \leq t(b-1)$$

$$\Rightarrow b \geq \frac{D_{th}}{t} + 1 = \frac{0.325}{1.4 * 0.038} + 1 = 7.1$$

Chọn  $b = 9$  ống ( STQTTB T2 trang 48 )

Vậy số ống truyền nhiệt đã bị thay thế bởi ống tuần hoàn trung tâm là :

$$n' = 61 \text{ ống ( STQTTB T2 trang 48 )}$$

Số ống truyền nhiệt còn lại là:

$$n'' = 169 - 61 = 108 \text{ ống.}$$

Nhằm mục đích tăng diện tích bề mặt truyền nhiệt thêm 24 ống . Như vậy số ống truyền nhiệt là 132 ống.

Bề mặt truyền nhiệt  $F = 3.14 * 1.5 * (132 * 0.034 + 0.325) = 22.68 \text{ m}^2 > 18.08 \text{ m}^2$  ( thỏa mãn )

### III. Tính kích thước các ống dẫn liệu, tháo liệu:

Đường kính các ống được tính theo công thức tổng quát sau đây:

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} \text{ m}$$

Trong đó :

$G$  : lưu lượng lưu chất  $\text{kg/s}$

$v$  : vận tốc lưu chất  $\text{m/s}$

$\rho$  : khối lượng riêng của lưu chất  $\text{kg/m}^3$

#### 1. Ống nhập liệu :

$$G = 3750 \text{ kg/h} = 1.042 \text{ kg/s}$$

Chọn  $v = 2 \text{ m/s}$

$$\rho = 1159 \text{ kg/m}^3.$$

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} = \sqrt{\frac{4 * 1.042}{3.14 * 2 * 1031.8}} = 0.0254 \text{ m}$$

Chọn :  $d = 30 \text{ mm}$

2. Ống tháo liệu:

$$G = 2000 \text{ kg/h} = 0.5556 \text{ kg/s}$$

$$\text{Chọn } v = 1 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1061 \text{ kg/m}^3.$$

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0.5556}{3.14 * 1 * 1061}} = 0.0258 \text{ m}$$

$$\text{Chọn : } d = 30 \text{ mm}$$

3. Ống dẫn hơi đốt :

$$D = 1998,7 \text{ kg/h} = 0,555 \text{ kg/s}$$

$$\text{Chọn } v = 20 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1.618 \text{ kg/m}^3.$$

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0.555}{3.14 * 20 * 1.618}} = 0.148 \text{ m}$$

$$\text{Chọn : } d = 160 \text{ mm}$$

4. Ống dẫn hơi thứ :

$$G = 1750 \text{ kg/h} = 0.486 \text{ kg/s}$$

$$\text{Chọn } v = 20 \text{ m/s}$$

$$\rho = 0.1342 \text{ kg/m}^3.$$

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0.486}{3.14 * 20 * 0.1342}} = 0.3395 \text{ m}$$

$$\text{Chọn : } d = 400 \text{ mm}$$

5. Ống dẫn nước ngưng :

$$G = 1998,7 \text{ kg/h} = 0.555 \text{ kg/s}$$

$$\text{Chọn } v = 2 \text{ m/s}$$

$$\rho = 932 \text{ kg/m}^3.$$

$$d = \sqrt{\frac{4.G}{\pi.v.\rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0.555}{3.14 * 2 * 932}} = 0.0195 \text{ m}$$

$$\text{Chọn : } d = 20 \text{ mm}$$



## TÍNH CƠ KHÍ CHO CÁC CHI TIẾT THIẾT BỊ

### I. Tính cho buồng đốt:

#### 1. Sơ lược về cấu tạo:

Buồng đốt có đường kính trong  $D_d=1000\text{mm}$ , chiều cao  $H_d=1500\text{mm}$

Thân có 4 lỗ: 1 lỗ tháo nước ngưng, 1 lỗ xả khí không ngưng và 2 lỗ dẫn hơi đốt.

Vật liệu là thép không gỉ mã hiệu X18H10T.

Thân chịu áp suất trong là  $3 \text{ at} = 0,294 \text{ N/mm}^2$

#### 2. Tính toán:

##### a. Tính bề dày tối thiểu ( $S'$ ):

Áp suất tính toán là  $P_t = 0,294 \text{ N/mm}^2$ . Do thiết bị chịu áp suất tuyệt đối là  $3 \text{ at}$ , tra bảng 57, sổ tay tập 2, trang 443 ta có nhiệt độ hơi đốt là  $132,9^\circ\text{C} \Rightarrow$  nhiệt độ tính toán là  $132,9^\circ\text{C}$ .

Tra đồ thị h1-2, [13], trang 22: ta có ứng suất cho phép tiêu chuẩn của vật liệu là  $[\sigma]^* = 118 \text{ N/mm}^2$ .

Chọn hệ số hiệu chỉnh  $\eta = 1$ , ta được ứng suất cho phép của vật liệu là:

$$[\sigma] = [\sigma]^* \cdot \eta = 118 \text{ N/mm}^2.$$

Xét:

$$\frac{[\sigma] \cdot \varphi}{P_t} = \frac{1180,95}{0,294} = 3813 > 25$$

Theo CT 5-3, [13], tr 130:

$$S' = \frac{D_t \cdot P_t}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1000 \cdot 0,294}{2 \cdot 1180,95} = 1,31 \text{ mm}$$

Trong đó:

$\varphi$  - hệ số bền mối hàn,  $\varphi = 0,95$

$D_t$  - đường kính bên trong thân thiết bị,  $D_t = 1000 \text{ mm}$

$P_t$  - áp suất bên trong thiết bị,  $P_t = 0,294 \text{ N/mm}^2$

b. Bề dày thân (S):

Chọn hệ số bổ sung bề dày:  $C = C_a + C_b + C_c + C_o = 4,69 \text{ mm}$ .

Xem vật liệu như bền cơ học:  $C_b = 0$ ,  $C_c = 0$ .

Chọn hệ số ăn mòn hóa học là  $C_a = 1$ .

Chọn hệ số  $C_o$  thỏa điều kiện bảng 5.1, [13], tr 128 là  $C_o = 3,69 \text{ mm}$ .

Bề dày thân:  $S = S' + C = 6 \text{ mm}$ .

c. Kiểm tra bề dày buồng đốt:

Theo CT 5-10, [13], trang 131:

$$\frac{S - C_a}{D_t} = \frac{6 - 1}{1000} = 0,005 < 0,1 \text{ (thỏa)}$$

Áp suất tính toán cho phép trong buồng bốc:

$$\begin{aligned} [P] &= \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C_a)}{D_t + (S - C_a)} \\ &= \frac{2 \cdot 1180,95 \cdot (6 - 1)}{1000 + (6 - 1)} = 1,12 \text{ N/mm}^2 > P_t = 0,294 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Vậy bề dày buồng đốt là 6 mm.

4. Tính bền cho các lỗ:

Đường kính kính cho phép không cần tăng cứng:

$$\begin{aligned} d_{\max} &= 3,7 \cdot \sqrt[3]{D_t \cdot (S - C_a) \cdot (1 - \varphi)} \\ &= 3,7 \cdot \sqrt[3]{1000 \cdot (6 - 1) \cdot (1 - 0,105)} = 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

trong đó:

$D_t$  - đường kính trong của buồng đốt,  $D_t = 1000 \text{ mm}$

$S$  - bề dày buồng đốt,  $S = 6 \text{ mm}$

$\varphi$  - hệ số bền của lỗ:

$$\varphi = \frac{P.D_t}{(2,3.[\sigma] - P).(S - C_a)} = \frac{0,2.1000}{(2,3.118 - 0,2).(6 - 1)} =$$

Như vậy ta cần tăng cứng cho 2 lỗ của hơi đốt vào.

Chọn bề dày khâu tăng cứng bằng bề dày thân.

Đường kính ngoài  $D_{tc} = 180$  mm.

## **II. Tính cho buồng bốc:**

### **1. Sơ lược cấu tạo:**

Buồng bốc có đường kính trong là 2000 mm, chiều cao 2400 mm.

Thân có 1 lỗ nhập liệu. Cuối buồng bốc là phần hình nón có gờ liên kết buồng bốc và buồng đốt.

Vật liệu là thép không gỉ X18H10T.

### **2. Tính toán:**

#### **a. Tính bề dày tối thiểu ( $S'$ ):**

Buồng bốc làm việc ở điều kiện chân không nên chịu áp lực từ bên ngoài.

Áp suất chân không tuyệt đối bên trong thấp nhất là 0,21 at. Như vậy thiết bị chịu áp suất ngoài là  $P_n = 1 + (1 - 0,21) = 1,79$  at = 0,176 N/mm<sup>2</sup>

Theo CT 5-14, [13], trang 133:

$$S' = 1,18.D_t \cdot \left( \frac{P_n \cdot l'}{E.D_t} \right)^{0,4} = 1,18.2000 \left( \frac{0,176.2400}{1,85.10^5.2000} \right)^{0,4} = 9,91 \text{ mm}$$

Trong đó:

$D_t$  – đường kính bên trong thân thiết bị,  $D_t = 2000$  mm.

$P_n$  – áp suất tính toán bên ngoài tác động vào thân.

$H_1$  – chiều cao cột chất lỏng ở trên buồng bốc.

$H_2$  – chiều cao cột chất lỏng ở phần nón giữa buồng bốc và buồng đốt.

$E$  – modul đàn hồi của vật liệu ở nhiệt độ tính toán,  $E = 1,85.10^5$  N/mm<sup>2</sup>

$l'$  – chiều dài tính toán của thân, là chiều dài giữa hai bít.

#### **b. Bề dày thân ( $S$ ):**

Chọn hệ số bổ sung bề dày:  $C = C_a + C_b + C_c + C_o = 2,09$  mm.

Xem vật liệu như bên cơ học:  $C_b = 0$ ,  $C_c = 0$ .

Chọn hệ số ăn mòn hóa học là  $C_a = 1$ .

Chọn hệ số  $C_o = 1,09$  mm.

Bề dày buồng bốc:  $S = S' + C = 12$  mm.

#### **c. Kiểm tra bề dày buồng bốc:**

Theo CT 5-15 và 5-16, [13], tr 131:

$$\frac{l'}{D_t} = \frac{2400}{2000} = 1,2$$

$$0,3 \cdot \frac{E^t}{\sigma_c^t} \cdot \sqrt{\left[ \frac{2(S - C_a)}{D_t} \right]^3} = 0,3 \cdot \frac{1,85 \cdot 10^5}{195} \cdot \sqrt{\left[ \frac{2(12-1)}{2000} \right]^3} = 0,328$$

$$1,5 \cdot \sqrt{\frac{2(S - C_a)}{D_t}} = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{2(12-1)}{2000}} = 0,157$$

$$\sqrt{\frac{D_t}{2(S - C_a)}} = \sqrt{\frac{2000}{2(12-1)}} = 9,53$$

Vì:

$$1,5 \cdot \sqrt{\frac{2(S - C_a)}{D_t}} = 0,157 \leq \frac{l'}{D_t} = 1,2 \leq \sqrt{\frac{D_t}{2(S - C_a)}} = 9,53$$

$$\frac{l'}{D_t} = 1,2 \geq 0,3 \cdot \frac{E}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\left[ \frac{2(S - C_a)}{D_t} \right]^3} = 0,328$$

nên thỏa mãn điều kiện bền thân.

Áp suất tính toán cho phép trong thiết bị:

$$\begin{aligned} [P_n] &= \frac{2[\sigma_n] \cdot (S - C_a)}{D_t \cdot \left[ 1 + 1,02 \cdot \frac{l'^2 \cdot D_t}{(S - C_a)^3} \cdot \left( \frac{\sigma_c^t}{E^t} \right)^2 \right]} \\ &= \frac{2 \cdot 307 \cdot (12 - 1)}{2000 \cdot \left[ 1 + 1,02 \cdot \frac{2400^2 \cdot 2000}{(12 - 1)^3} \cdot \left( \frac{195}{1,85 \cdot 10^5} \right)^2 \right]} \\ &= 0,312 \text{ N/mm}^2 > P_n = 0,176 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$[\sigma_n]$ - ứng suất nén cho phép của vật liệu,  $[\sigma_n] = 2,6 \cdot 118 = 307 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_c^t$  - ứng suất chảy của vật liệu:  $\sigma_c^t = 1,65 \cdot 118 = 195 \text{ N/mm}^2$

d. Kiểm tra độ ổn định của thân khi chịu tác dụng của lực nén chiều trục:

Tính:

$$\begin{aligned} P_{ct} &= \frac{\pi \cdot (D_t + 2S)^2}{4} \cdot P_n \\ &= \frac{\pi \cdot (2000 + 2 \cdot 12)^2}{4} \cdot (0,176 + 1061,981 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}) = 585488 \text{ N} \\ \frac{D_t}{2(S - C_a)} &= \frac{2000}{2(12 - 1)} = 90,9 < 250 \Rightarrow k_c = 0,089 \end{aligned}$$

Tra  $k_c$  ở [13], tr140:  $k_c \approx 0,089$

$$\Rightarrow K_c = 875 \frac{\sigma_c^t}{E^t} k_c = 875 \frac{195}{1,8510^5} \cdot 0,089 = 0,082$$

Kiểm tra ổn định:

$$S - C_a = 11 > \sqrt{\frac{P_{ct}}{\pi \cdot K_c \cdot E^t}} = \sqrt{\frac{585488}{\pi \cdot 0,082 \cdot 1,85 \cdot 10^5}} = 3,51$$

Nên ta tính ứng suất nén:

$$\sigma_n = \frac{P_{ct}}{\pi \cdot (D_t + S)(S - C_a)} = \frac{585488}{\pi \cdot (2000 + 12)(12 - 1)} = 8,42 \text{ N/mm}^2$$

Ứng suất nén cho phép:

$$[\sigma_n] = K_c \cdot E^t \frac{S - C_a}{D_t} = 0,082 \cdot 1,85 \cdot 10^5 \cdot \frac{12 - 1}{2000} = 84,435 \text{ N/mm}^2$$

Khi thân chịu tác dụng đồng thời áp lực ngoài và lực nén chiều trục:

$$\frac{\sigma_n}{[\sigma_n]} + \frac{P_n}{[P_n]} = \frac{8,42}{84,435} + \frac{0,176}{0,312} = 0,664 < 1 \text{ (thỏa)}$$

Vậy bề dày buồng bốc là 12 mm.

Tính bền cho các lỗ:

Đường kính kính cho phép không cần tăng cường:

$$d_{\max} = 3,7 \cdot \sqrt[3]{D_t \cdot (S - C_a) \cdot (1 - \varphi)}$$

$$= 3,7 \cdot \sqrt[3]{2000(12 - 1) \cdot (1 - 0,118)} = 99,4 \text{ mm}$$

trong đó:

$D_t$  – đường kính trong của buồng bốc,  $D_t = 2000 \text{ mm}$

$S$  – bề dày buồng bốc,  $S = 12 \text{ mm}$

$\varphi$  - hệ số bền của lỗ:

$$\varphi = \frac{P \cdot D_t}{(2,3 \cdot [\sigma] - P) \cdot (S - C_a)} = \frac{0,176 \cdot 2000}{(2,3 \cdot 118 - 0,176) \cdot (12 - 1)} = 0,118$$

Như vậy ta cần tăng cường cho 3 lỗ : 1 lỗ cửa người và 2 lỗ kính quan sát.

Cửa người:

Chọn bề dày khâu tăng cường bằng 20mm.

Đường kính ngoài  $D_{tc} = 480 \text{ mm}$ .

Kính quan sát:

Chọn bề dày khâu tăng cường bằng 20mm.

Đường kính ngoài  $D_{tc} = 180 \text{ mm}$ .

### **III. Tính cho đáy thiết bị:**

#### **1. Sơ lược cấu tạo:**

Chọn đáy nón tiêu chuẩn  $D_t = 1000\text{mm}$ .

Có khoan 2 lỗ: lỗ thử mẫu và lỗ ống chỉ mức.

Vật liệu làm đáy là thép không gỉ X18H10T.

## 2. Tính toán:

Chọn đáy là hình nón có gờ, góc đáy là  $2\alpha = 90^\circ$ .

Đường kính đáy :  $D_t = 1000\text{ mm}$

$$\Rightarrow H = 562\text{ mm}$$

$$h = 40\text{ mm}$$

$$R_t = 150\text{ mm}$$

Chiều cao cột chất lỏng :  $H' = H + h + H_1 + H_2$ .

Trong đó :

$H_1$  : chiều cao cột chất lỏng trong buồng đốt,  $H_1 = 1,5\text{ m}$

$H_2$  : chiều cao cột chất lỏng trong buồng bốc,  $H_2 = 0,1\text{ m}$

$$\Rightarrow H = 562 + 40 + 1500 + 100 = 2202\text{ mm} = 2,202\text{ m}$$

Áp suất trong buồng đốt:  $p_0 = 3\text{ at} = 0,294\text{ N/mm}^2$ .

Áp suất tính toán :

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot H' = 0,294 + 1061 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} \cdot 2,202 = 0,317\text{ N/mm}^2.$$

Hệ số bền mối hàn:  $\varphi = 0,95$

Bề dày tối thiểu của đáy :

$$S' = \frac{D_t \cdot p}{2 \cdot \cos\alpha \cdot ([\sigma] \cdot \varphi - p)} = \frac{1000 \cdot 0,317}{2 \cdot \cos 45^\circ \cdot (118 \cdot 0,95 - 0,317)} = 2,01\text{ mm}$$

Chọn  $\Sigma C = 1,99\text{ mm}$ .

Bề dày thực của đáy :  $S = S' + \Sigma C = 2,01 + 1,99 = 4\text{ mm}$ .

$$\text{Kiểm tra : } \frac{S'}{D_t} = \frac{2,01}{1000} = 0,002 < \frac{0,25}{\cos 45^\circ} = 0,354$$

Áp suất cho phép tính toán:

$$[p] = \frac{2 \cdot \cos\alpha \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C_a)}{D_t + 2 \cdot \cos\alpha \cdot (S - C_a)} = \frac{2 \cdot 0,707 \cdot 118 \cdot 0,95 \cdot 5}{1000 + 2 \cdot 0,707 \cdot 5} = 0,787\text{ N/mm}^2$$

ta có :  $p = 0,317\text{ N/mm}^2 < [p] = 0,787\text{ N/m}^2$  ( thoả mãn )

Vậy chọn bề dày đáy là :  $S = 6\text{ mm}$ .

## 3. Tính bền cho các lỗ:

Ta thấy các lỗ trên đáy thỏa các điều kiện:

$$d < 200\text{mm}$$

$$d < 0,6 \cdot D_t$$

Nên **không cần tăng cường cho lỗ**.

## IV. Tính nắp thiết bị:

### 1. Sơ lược cấu tạo:

Chọn nắp elip theo tiêu chuẩn.

Chọn nắp có gờ, chiều cao gờ  $h = 40 \text{ mm}$ .

Đường kính trong 2000 mm, đường kính lỗ 400 mm.

Vật liệu là thép không gỉ X18H10T.

Nắp chịu áp suất ngoài như buồng bốc:  $0,176 \text{ N/mm}^2$ .

## 2. Tính toán bề dày nắp:

Đối với elip tiêu chuẩn:  $h_t / D_t = 0,25$

Thì  $h_t = 500 \text{ mm}$ ,  $R_t = D_t = 2000 \text{ mm}$ .

Chọn sơ bộ bề dày nắp bằng bề dày thân buồng bốc:  $10 \text{ mm}$ .

Xét tỉ số:

$$\frac{R_t}{S} = \frac{2000}{10} = 200$$

$$\frac{0,15.E^t}{x.\sigma_c} = \frac{0,15.1,85.10^5}{0,7.215} = 1844$$

$$\Rightarrow \frac{R_t}{S} = 200 > \frac{0,15.E}{x.\sigma_c} = 1844$$

Trong đó:

$E^t$  – module đàn hồi của vật liệu,  $E = 1,85.10^5 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_c$  - ứng suất chảy của vật liệu ở nhiệt độ làm việc  $t_{tb} = 60,7^\circ\text{C}$

$\sigma_c = 1,65 \cdot 128 = 215 \text{ N/mm}^2$

$x = 0,7$  (thép không gỉ).

Theo 6-6, [13], tr166: áp suất ngoài cho phép

$$\begin{aligned} [P_n] &= 0,09.E^t \left( \frac{S - C_a}{K.R_t} \right)^2 \\ &= 0,09.1,85.10^5 \left( \frac{10 - 1}{0,956.2000} \right)^2 \\ &= 0,369 \text{ N/mm}^2 > P_n = 0,142 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Trong đó:

$E^t$  – module đàn hồi của vật liệu,  $E = 1,85.10^5 \text{ N/mm}^2$

$K$ - hệ số phụ thuộc  $h_t/D_t$  và  $R_t/S$ , tra bảng trang 167 .

Vậy bề dày nắp là  $10 \text{ mm}$ .

## 3. Tính bền cho các lỗ:

Đường kính kính cho phép không cần tăng cứng:

$$d_{\max} = 0,95.D_t (1 - \varphi) = 0,95.2000.(1 - 0,07) = 1767 \text{ mm}$$

trong đó:

$D_t$  – đường kính trong của nắp,  $D_t = 2000$  mm

$S$  – bề dày nắp,  $S = 10$  mm

$\varphi$  - hệ số bền của lỗ:

$$\varphi = \left[ \frac{P}{4.[\sigma]} \cdot \left( \frac{D_t}{S - C_a} \right) \cdot \left( \frac{D_t}{2.H} + 1 \right) \right] = \left[ \frac{0,176}{4.118} \cdot \left( \frac{2000}{10-1} \right) \cdot \left( \frac{2000}{2} - 1 \right) \right] =$$

Như vậy ta không cần tăng cứng cho lỗ thoát hơi thứ.

#### **V. Tính mặt bích:**

Ta dùng mặt bích để nối thân thiết bị với nhau, cũng như với đáy và nắp thiết bị. Chọn mặt bích bằng thép, bích rời ( kiểu bích :1 ).

##### **1. Mặt bích nối buồng đốt và buồng bốc:**

Buồng đốt và buồng bốc nối với nhau theo đường kính buồng đốt 1000mm

Chọn bích rời để nối.

Chọn dự phòng áp suất trong thân là  $0,3 \text{ N/mm}^2$  để bích kín thân.

Tra bảng XIII.27, sổ tay tập 2, trang 420: ta được các kích thước của bích:

Đường kính vành ngoài bích  $D = 1140$  mm.

Đường kính cho đến tâm bulong  $D_b = 1090$  mm.

Đường kính đến vành ngoài đệm  $D_1 = 1060$  mm.

Đường kính đến vành trong đệm  $D_o = 1013$  mm.

Bulong: đường kính  $d_b = M 20$ , Số lượng  $Z = 28$  cái

Bề dày bích:  $h = 22$  mm.

##### **2. Mặt bích nối buồng đốt và đáy:**

Buồng đốt và đáy nối với nhau theo đường kính buồng đốt là 1000 mm.

Chọn bích rời để nối.

Chọn áp suất trong thân là  $0,3 \text{ N/mm}^2$  để bích kín thân.

Tra bảng XIII.28, sổ tay tập 2, trang 421: ta được các kích thước của bích:

Đường kính vành ngoài bích  $D = 1140$  mm.

Đường kính cho đến tâm bulong  $D_b = 1090$  mm.

Đường kính đến vành ngoài đệm  $D_1 = 1060$  mm.

Đường kính đến vành trong đệm  $D_o = 1013$  mm.

Bulong: đường kính  $d_b = M 20$ , Số lượng  $Z = 28$  cái

Bề dày bích:  $h = 22$  mm.

##### **3. Mặt bích nối buồng bốc và nắp:**

Buồng bốc và nắp với nhau theo đường kính buồng bốc là 2000 mm.

Chọn bích rời để nối.

Áp suất trong thân là  $0,21 \text{ at} = 0,0206 \text{ N/mm}^2$ . Chọn áp suất là  $0,1 \text{ N/mm}^2$

Tra bảng XIII.27, sổ tay tập 2, trang 423: ta được kích thước của bích:

Đường kính vành ngoài bích  $D = 2141$  mm.



Đường kính cho đến tâm bulong  $D_b = 2090$  mm.

Đường kính đến vành ngoài đệm  $D_1 = 2060$  mm.

Đường kính đến vành trong đệm  $D_o = 2015$  mm.

Bulong: đường kính  $d_b = M20$ , Số lượng  $Z = 44$  cái

Bề dày bích:  $h = 32$  mm.

## **VI. Tính vĩ ống:**

Vĩ ống phải giữ chặt các ống truyền nhiệt.

Giữ nguyên dạng vĩ ống trước và sau khi nong.

Bền với tác dụng ứng suất do áp suất  $0,294 \text{ N/mm}^2$  và nhiệt độ hơi đốt là  $T_D = 132,9^0 \text{ C}$ .

Chọn vĩ ống loại phẳng tròn.

Chọn vật liệu là thép không gỉ X18H10T, giới hạn bền uốn là:

$$[\sigma_u] = 2,6 \cdot 118 = 307 \text{ N/mm}^2.$$

### **1. Tính cho vĩ ống ở trên buồng đốt:**

Với vĩ ống thép, theo (6–19), [13], trang 212, chiều dày tính toán tối thiểu ở ngoài:

$$h'_1 = K \cdot D_t \sqrt{\frac{P_o}{[\sigma_u]}} = 0,36 \cdot 1000 \sqrt{\frac{0,0207}{307}} = 2,96 \text{ mm}$$

Trong đó:

$K = 0,36$  (chọn).

$D_t$  – đường kính vĩ,  $D_t = 1000$  mm.

$$P_o = 0,21 \cdot 9,81 \cdot 10^{-2} + 1061 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,0207 \text{ N/mm}^2.$$

Với:  $1061 \text{ kg/m}^3$  - khối lượng riêng lớn nhất của dung dịch có thể đạt được.

Chiều dày vĩ ống phía giữa:

$$h' = K \cdot D_t \sqrt{\frac{P_o}{\varphi_o \cdot [\sigma_u]}} = 0,6 \cdot 1000 \sqrt{\frac{0,0207}{0,403 \cdot 307}} = 7,76 \text{ mm}$$

Trong đó

$K = (0,45 \div 0,6)$ , chọn  $K = 0,6$

$\varphi_o$  - hệ số làm yếu vĩ ống

$$\varphi_o = \frac{D_t - \Sigma d}{D_t} = \frac{1000 - 597}{1000} = 0,403$$

$\Sigma d$  – tổng đường kính các lỗ:

$$\Sigma d = d_{th} + n \cdot d_{t-ong} = 325 + 8 \cdot 34 = 597 \text{ mm}$$

Chọn sơ bộ  $h' = 22 \text{ mm}$ . ( bằng bề dày bích)

Kiểm tra bền vĩ ống:

Ứng suất uốn của vĩ là

$$\sigma_u = \frac{P_o}{3,6 \cdot (1 - 0,7 \cdot \frac{d_n}{l}) (\frac{h'}{l})^2} = \frac{0,0207}{3,6(1 - 0,7 \cdot \frac{38}{46,07}) (\frac{22}{46,07})^2}$$

$$= 0,06 < [\sigma_u] = 307 \text{ N/mm}^2$$

Trong đó:

$l = 46,07 \text{ mm}$  – các ống bố trí theo đỉnh tam giác đều.

$d_n$  – đường kính ngoài ống,  $d_n = 38 \text{ mm}$ .

Vậy vĩ ống phía trên dày  $22 \text{ mm}$ .

## **2. Tính cho vĩ ống ở dưới buồng đốt:**

Với vĩ ống thép, theo 6-19, [13], tr 212, chiều dày tính toán tối thiểu ở ngoài:

$$h'_1 = K \cdot D_t \sqrt{\frac{P_o}{[\sigma_u]}} = 0,36 \cdot 1000 \sqrt{\frac{0,0373}{307}} = 3,97 \text{ mm}$$

Trong đó:

$K = 0,36$  (chọn).

$D_t$  – đường kính vĩ,  $D_t = 1000 \text{ mm}$ .

$P_o = 0,21 \cdot 9,81 \cdot 10^{-2} + 1061 \cdot 9,81 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} = 0,0373 \text{ N/mm}^2$ .

Với:

$1061,4 \text{ kg/m}^3$  – khối lượng riêng lớn nhất của dung dịch (dự phòng).

$1,6 \text{ m}$  – chiều cao dung dịch đến vĩ.

Chiều dày vĩ ống phía giữa:

$$h' = K \cdot D_t \sqrt{\frac{P_o}{\varphi_o \cdot [\sigma_u]}} = 0,36 \cdot 1000 \sqrt{\frac{0,0373}{0,403 \cdot 307}} = 6,25 \text{ mm}$$

Trong đó

$\varphi$ - hệ số làm yếu vĩ ống

$$\varphi = \frac{D_t - \Sigma d}{D_t} = \frac{1000 - 597}{1000} = 0,403$$

$\Sigma d$  – tổng đường kính các lỗ.

Chọn sơ bộ  $h' = 22 \text{ mm}$ . ( bằng bề dày bích)

Kiểm tra bền vĩ ống:

Ứng suất uốn của vĩ là

$$\sigma_u = \frac{P}{3,6(1 - 0,7 \cdot \frac{d_n}{l}) (\frac{h'}{l})^2} = \frac{0,0373}{3,6(1 - 0,7 \cdot \frac{38}{46,07}) (\frac{22}{46,07})^2}$$

$$= 0,071 \text{ N/mm}^2 < 307 \text{ N/mm}^2$$

Trong đó:

$l = 46,07, \text{ mm}$  – các ống bố trí theo đỉnh tam giác đều.

$d_n$  – đường kính ngoài ống,  $d_n = 38$  mm.

Vậy vĩ ống phía dưới dày 22 mm.

## **VI. Tính tải treo chân đỡ:**

### **1. Sơ lược cấu tạo tải treo chân đỡ:**

- Làm bằng thép CT3 .
- Chọn số tải đỡ là 2, có 2 gân trên 1 tải đỡ

### **2. Thể tích các bộ phận thiết bị:**

#### **a. Thể tích thép làm ống truyền nhiệt ( $V_{vlo}$ ):**

$$\begin{aligned} V_{vlo} &= \frac{\pi \cdot H}{4} [n(d_n^2 - d_t^2) + (D_{th,n}^2 - D_{th,t}^2)] \\ &= \frac{\pi \cdot 1,5}{4} [132(0,038^2 - 0,034^2) + (0,335^2 - 0,325^2)] \\ &= 0,0526 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trong đó:

$d_n, d_t$  - đường kính ngoài và trong của các ống truyền nhiệt.

$D_{th,n}, D_{th,t}$  - đường kính ngoài và trong của ống tuần hoàn

$H$  - chiều cao các ống truyền nhiệt.

#### **b. Thể tích thép làm buồng đốt ( $V_{vlbd}$ ):**

$$V_{vlbd} = \frac{\pi \cdot H}{4} (D_{d,n}^2 - D_{d,t}^2) = \frac{\pi \cdot 1,5}{4} (1,012^2 - 1^2) = 0,0284 \text{ m}^3$$

Trong đó:

$H$  – chiều cao buồng đốt (bằng chiều cao ống truyền nhiệt )

$D_{d,n}, D_{d,t}$  - đường kính ngoài và trong của buồng đốt.

#### **c. Khối lượng thép làm đáy nón ( $V_{vld}$ ):**

Đây là đáy nón có gờ, góc đáy bằng  $90^\circ$  với  $D_t=1000$  mm,  $S=6$ mm,  $h_g=40$ mm tra bảng trang 396 STT2 ta được khối lượng đáy nón là:

$$M_{dn} = 62,5 \cdot 1,01 = 63,125 \text{ Kg}$$

#### **d. Thể tích thép làm buồng bốc ( $V_{vlbb}$ ):**

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot (D_n^2 - D_t^2) = \frac{3 \cdot 14}{4} \cdot 2,4 \cdot (2,024^2 - 2^2) = 0,182 \text{ m}^3.$$

Nắp elip tiêu chuẩn có:

$$* D_t = 2000 \text{ mm.}$$

$$* S = 10 \text{ mm.}$$

$$* h = 40 \text{ mm.}$$

Tra bảng XIII.11, sổ tay tập 2, tr 384:

Khối lượng thép cần là:  $364.1,012 = 367,64 \text{ kg}$

e. Thể tích thép làm vỏ ống và bích:

Thể tích thép làm vỏ ống bao gồm cả 2 bích:

Tổng diện tích các lỗ:

$$132 * \pi * \frac{0,038^2}{4} + 32 * \pi * \frac{0,02^2}{4} = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Diện tích ống tuần hoàn trung tâm: } \pi * \frac{0,325^2}{4} = 0,083 \text{ m}^2$$

$$\text{Diện tích vỏ: } \frac{\pi * 1,14^2}{4} = 1,021 \text{ m}^2$$

$$\text{Diện tích còn lại: } 1,021 - 0,16 - 0,083 = 0,778 \text{ m}^2.$$

$$\text{Thể tích vỏ: } V_{\text{vlv}} = 0,778 * (0,022 + 0,022) = 0,0342 \text{ m}^3$$

Thể tích thép bích :

$$\begin{aligned} V_b &= 0,022 * \frac{\pi}{4} (1,14^2 - 1,012^2) + 0,032 * \frac{\pi}{4} (2,14^2 - 2,024^2) \\ &= 0,017 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**3. Khối lượng các bộ phận thiết bị:**

Chọn vật liệu là thép không gỉ,  $\rho = 7900 \text{ kg /m}^3$  (trang 313 STT2)

- Khối lượng ống:  $G_o = V_{\text{vlo}}. \rho = 0,0526. 7900 = 415,54 \text{ kg}$
- Khối lượng buồng đốt:  $G_{bd} = V_{\text{vlbd}}. \rho = 0,0284. 7900 = 224,36 \text{ kg}$
- Khối lượng buồng bốc:  $G_{bb} = V_{\text{vlbb}}. \rho = 0,182. 7900 = 1437,8 \text{ kg}$
- Khối lượng nắp:  $G_n = 367,64 \text{ kg}$
- Khối lượng đáy:  $G_d = V_{\text{vld}}. \rho = 63,125 \text{ kg}$
- Khối lượng vỏ ống:  $G_v = V_{\text{vlv}}. \rho = 0,0342 * 7900 = 270,18 \text{ kg}$
- Khối lượng của bích:  $G_b = V_b. \rho = 0,017 * 7850 = 133,45 \text{ kg}$

**4. Tổng khối lượng:**

Khối lượng thiết bị:

$$G_{\text{TB}} = G_o + G_{bd} + G_{bb} + G_n + G_d + G_v + G_b = 2912,1 \text{ kg}.$$

Khối lượng dung dịch nặng nhất có thể có trong nồi cô đặc:

$$G_{dd} = 0,274 * 0,5 * 1061 = 145,36 \text{ Kg}$$

$$\text{Tổng khối lượng: } G = G_{\text{TB}} + G_{dd} = 2912,1 + 145,36 = 3057,46 \text{ kg}.$$

Tải trọng cho 1 tai đỡ ( P ):

$$P = G.9,81 = 3057,46. 9,81 = 30000 \text{ N} = 3.10^4 \text{ N}.$$

Chọn chân đỡ tai treo:

\* Dự phòng chọn tải trọng là  $5.10^4$  N

\* Chọn vật liệu là thép CT3.

\* Chọn thiết bị gồm 2 tai treo.

\* Tải trọng ở mỗi tai treo:  $2,5.10^4$  N.

Tra bảng XIII.36, sổ tay tập 2, trang 438 ta có các kích thước tai treo, chân đỡ:

Tên gọi	$G.10^{-4}$ N	$F.10^4$ $m^2$	$q.10^{-6}$ $N/m^2$	L	B	$B_1$	H	S	L	a	d	Khối lượng tai treo, kg
Tai treo 1	2,5	173	1,45	150	120	130	215	8	60	20	30	3,48
Tai treo 2	2,5	173	1,45	150	120	130	215	8	60	20	30	3,48

1. Tính thiết bị ngưng tụ baromet:

a. Lượng nước lạnh tưới vào thiết bị ngưng tụ :

$$G_n = \frac{W_2 \cdot (i - C_n \cdot t_{2c})}{C_n \cdot (t_{2c} - t_{2d})} \text{ kg/s}$$

$W_2$  : lượng hơi đi vào thiết bị ngưng tụ ,  $W=1750$  kg/h  $=0.4681$  kg/s

$i$  : hàm nhiệt của hơi ngưng ,  $i=2607$  kJ/kg

$t_{2C}, t_{2D}$  : nhiệt độ đầu ,cuối của nước làm nguội, lấy  $t_{2D}=30^0C$ .

$$t_{2C} = t_{ng} - 10 = 59,7 - 5 = 54,7 ^0C$$

$t_{ng}$  : nhiệt độ hơi bão hoà ngưng tụ

$C_n$  : nhiệt dung riêng trung bình của nước, tra theo nhiệt độ trung bình.

$$t_{ng} = \frac{t_{2c} + t_{2D}}{2} = \frac{30 + 54,7}{2} = 42,35^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow C_n = 4,19 \text{ kJ/kg.độ}$$

$$\Rightarrow G_n = \frac{W(i - C_n t_{2c})}{C_n(t_{2c} - t_{2D})} = \frac{0,4681 * (2607 - 4,19 * 54,7)}{4,19 * (54,7 - 30)} = 10,75 \text{ kg/s}$$

b. Thể tích không khí và khí không ngưng cần hút ra khỏi thiết bị :

Lượng khí cần hút ra khỏi thiết bị ngưng tụ baromet :

$$\begin{aligned} G_{kk} &= 25 \cdot 10^{-6} \cdot (G_n + W) + 10^{-2} \cdot W \\ &= 25 \cdot 10^{-6} * (10,75 + 0,4681) + 10^{-2} * 0,4681 = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,96 + 0,0804 * 10^{-2} \\ &= 49,6 * 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Thể tích khí không ngưng cần hút ra khỏi thiết bị :

$$V_{kk} = \frac{288 \cdot G_{kk} (273 + t_{kk})}{p_{ng} - p_h}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } t_{kk} &= t_{2D} + 4 + 0,1 (t_{2c} - t_{2D}) \\ &= 30 + 4 + 0,1 * (54,7 - 30) = 32,47^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$p_{ng} = 0,2 \text{ at} = 19620 \text{ N/m}^2$  : áp suất làm việc của thiết bị ngưng tụ

$p_h = 0,0498 \text{ at} = 4883 \text{ N/m}^2$  : áp suất riêng phần của hơi nước trong hỗn hợp ở nhiệt độ  $t_{kk}$ .

$$\Rightarrow V_{kk} = \frac{288 * 49,6 * 10^{-4} (273 + 32,47)}{19620 - 4883} = 0,0296 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Các kích thước chủ yếu của thiết bị ngưng tụ baromet :

### 1. Đường kính trong thiết bị ( $D_{tr}$ ):

Theo VI.52, sổ tay tập 2, trang 84:

$$D_{tr} = 1,383 \sqrt{\frac{W}{\rho_h \cdot \omega_h}} = 1,383 \sqrt{\frac{0,4681}{0,1283 \cdot 40}} = 0,426 \text{ m}$$

Chọn đường kính trong của TBNT là 500 mm

Trong đó:

$W$  – lượng hơi thứ ngưng tụ,  $W = 0,4681 \text{ kg/s}$ .

$\omega_h$  – tốc độ hơi trong TBNT, chọn  $\omega_h = 40 \text{ m/s}$  (theo sổ tay tập 2, trang 85 ).

1).  $\rho_h$  – khối lượng riêng hơi, tra bảng 57, VD và BT tập 10, trang 443: ở 0,2 at được  $\rho_h = 0,1283$

### 2. Kích thước tấm ngăn:

Thường có dạng viên phân để làm việc tốt .

a. Chiều rộng tấm ngăn (b):

Theo VI.53, sổ tay tập 2, trang 85:

$$b = D_{tr} / 2 + 50 = 500/2 + 50 = 300 \text{ mm.}$$

b. Bề dày tấm ngăn ( $\delta$ ):

Theo sổ tay tập 2, trang 85: chọn  $\delta = 4 \text{ mm}$ .

c. Đường kính lỗ ( $d$ ):

Theo sổ tay tập 2:

chọn nước sông (ao, hồ) để ngưng tụ hơi thứ thì  $d=5\text{mm}$

d. Chiều cao gờ tấm ngăn:

Theo sổ tay tập 2 trang 85, chọn chiều cao gờ là:  $40 \text{ mm}$ .

Chọn tốc độ tia nước là  $0,62 \text{ m/s}$ .

**3. Chiều cao bộ phận ngưng tụ và các kích thước cơ bản khác:**

Tra bảng VI.8, sổ tay tập 2, trang 88:

Theo tiêu chuẩn hoá quy cách TBNT ta có các kích thước:

Ký hiệu các kích thước	Ký hiệu	Kích thước mm
Đường kính trong của thiết bị	$D_{tr}$	500
Chiều dày của thành thiết bị	$S$	5
Khoảng cách từ ngăn trên cùng đến nắp thiết bị	$a$	1300
Khoảng cách từ ngăn cuối cùng đến đáy thiết bị	$P$	1200
Bề rộng của tấm ngăn	$b$	350
KC giữa tâm của TB ngưng tụ và TB thu hồi	$K_1$	675
Chiều cao của hệ thống thiết bị	$H$	4300
Chiều rộng của hệ thống thiết bị	$T$	1300
Đường kính của thiết bị thu hồi	$D_1$	400
Chiều cao của thiết bị thu hồi	$h$	1440
Khoảng cách giữa các ngăn:		
	$a_1$	220
	$a_2$	260
	$a_3$	320
	$a_4$	360
	$a_5$	390
Đường kính các cửa ra và vào:		
-Hơi vào	$d_1$	300
-Nước vào	$d_2$	100
-Hỗn hợp khí và hơi ra	$d_3$	80
-Nối với ống Baromet	$d_4$	125
-Hỗn hợp khí và hơi vào thiết bị thu hồi	$d_5$	80

-Hỗn hợp khí và hơi ra khỏi thiết bị thu hồi	$d_6$	50
-Nối từ thiết bị thu hồi đến ống Baromet	$d_7$	50
-Ống thông khí	$d_8$	

b. Đường kính trong ống (d):

Theo bảng trên thì  $d = 125 \text{ mm}$

c. Chiều cao ống (H):

Theo VI.58, sổ tay tập 2, trang 86:

$$H = h_1 + h_2 + 0,5, \text{ m (1)}$$

Trong đó:

$h_1$  – chiều cao cột nước tĩnh do độ chân không .

$h_2$  – chiều cao để khắc phục trở lực khi nước chảy trong ống.

d. Tính  $h_1$ :

Theo VI.59, sổ tay tập 2, trang 86:

$$h_1 = 10,33 \cdot (P / 760) = 10,33 \cdot (613 / 760) = 8,332 \text{ m.}$$

với :

$P$  – áp suất chân không trong thiết bị,

$$P = 760 - 0,2.735 = 613 \text{ mmHg}$$

e. Tính  $h_2$ :

Theo VI.60, sổ tay tập 2, trang 87:

$$h_2 = \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \left( 1 + \lambda \cdot \frac{H}{d} + \sum \xi \right) = \frac{0,916^2}{2 \cdot 9,81} \left( 1 - 0,0174 \frac{H}{0,125} + 1,5 \right)$$

Trong đó

$d$  - đường kính ống Baromet,  $d = 125 \text{ mm}$ .

$H$  - chiều cao tổng cộng ống Baromet , m.

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 .$$

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 = 1 + 0,5 = 1,5$$

$\xi_1$  - hệ số trở lực khi vào ống,  $\xi_1 = 1$

$\xi_2$  - hệ số trở lực khi ra khỏi ống,  $\xi_2 = 0,5$

$\omega$  – tốc độ nước chảy trong ống,

$$\omega = \frac{0,004(G_n + W)}{\pi \cdot d^2} = \frac{0,004(10,75 + 0,468)}{\pi \cdot 0,125^2} = 0,916 \text{ m/s}$$

Với:

$G_n$  – lượng nước vào TBNT,  $G_n = 10,75 \text{ kg/s}$

$W$  – lượng hơi thứ ngưng tụ,  $W = 0,468 \text{ kg/s}$ .

$\lambda$ - hệ số trở lực do ma sát khi chảy trong ống,  $\lambda = f(\text{Re})$ .



$$Re = \frac{\rho \cdot \omega \cdot d}{\mu} = \frac{991,33 \cdot 0,916 \cdot 0,125}{0,628 \cdot 10^{-3}} = 1,81 \cdot 10^5 > 10^5$$

Chọn độ nhám ống thép là  $\varepsilon = 0,2 \text{ mm}$  (Bảng 12 T10)

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,227}} = 0,0032 + \frac{0,221}{(1,81 \cdot 10^5)^{0,227}} = 0,0174$$

f. Chiều cao cần thiết:

Từ phương trình (1) thì:

$$H = 8,332 + \frac{0,916^2}{2,9,81} \left( 1 - 0,0174 \frac{H}{0,125} + 1,5 \right) + 0,5$$

Giải phương trình bậc nhất 1 ẩn số H ta được:  $H = 8,89 \text{ m}$ .

Chọn  $H = 9 \text{ m}$ .

## 2. tính thiết bị gia nhiệt nhập liệu:

Chọn loại thiết bị ống chùm thẳng đứng, dung dịch đi trong ống, hơi đốt đi ngoài ống.

$$\text{Dòng nhập liệu ( dòng lạnh ) : } \begin{cases} t_D = 30^\circ \text{C} \\ t_C = 125,33^\circ \text{C} \end{cases}$$

$$t_{tb} = 0,5 (t_D + t_C) = 0,5 \cdot (30 + 125,33) = 77,67^\circ \text{C}.$$

$$\text{Dòng nóng : } T_D = T_C = 137,9^\circ \text{C}.$$

$$\text{Hiệu nhiệt độ đầu vào : } \Delta t_{vào} = 137,9 - 125,33 = 12,57^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{ra} = 137,9 - 30 = 107,9^\circ \text{C}$$

Hiệu số nhiệt độ trung bình :

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{ra} - \Delta t_{vào}}{\ln \frac{\Delta t_{ra}}{\Delta t_{vào}}} = \frac{107,9 - 12,57}{\ln \frac{107,9}{12,57}} = 44,34^\circ \text{C}.$$

$$\text{chọn } \Delta t_l = 0,83^\circ \text{C} \rightarrow t_{t1} = 137,9 - 0,83 = 137,07^\circ \text{C}.$$

$$t_m = \frac{137,07 + 137,9}{2} = 137,49^\circ \text{C}.$$

tra bảng ta có :  $A = 2360$

$$r = 2156 \text{ kJ/kg} = 514,95 \text{ Kcal/kg}$$

$$\text{chọn : } \Sigma r_{c\acute{a}u1} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{độ/W}$$

$$\Sigma r_{c\acute{a}u2} = 0,387 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{độ/W}$$

$$\delta_{th\acute{e}p} = 2 \text{ mm}.$$

$$H = 1,5 \text{ m}.$$

Thép không rỉ 40XH có  $\lambda = 44 \text{ W/m} \cdot \text{độ}$

$$\Rightarrow \alpha_1 = 1,13 \cdot A \cdot \left( \frac{r}{H \cdot \Delta t_l} \right)^{0,25} \text{ Kcal/ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ} (*)$$

$$r_{\Sigma} = 6,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{độ/W}$$

$$= 1.13 \cdot 2360 \cdot \left( \frac{514.95}{0.8 \cdot 1.5} \right)^{0.25} = 12137.7 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$$

ta có :  $q_1 = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 = 12137.7 \cdot 0.83 = 10074.29 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} = 11697.37 \text{ W/m}^2$

có :

$$\Delta T = q_1 \cdot r_{\Sigma} = 11697.37 \cdot 6.32 \cdot 10^{-4} = 7.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta t_2 = t_{t1} - \Delta T - t_{tb} = 137.09 - 7.4 - 77.67 = 52.02 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

ta có bảng số liệu sau đây :

	$\lambda$ (W/m.độ)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (j/kg.độ)	$\mu \cdot 10^3$ (N.s/m <sup>2</sup> )
$t_{tb} = 77.67^{\circ}\text{C}$	0.5735	1133.67	3785.75	1.018
$t_{t2} = 129.74$ $^{\circ}\text{C}$	0.5855	1082.55	3800.00	0.810

Chuẩn số Prandtl :

$$\text{Pr} = \frac{\mu \cdot C}{\lambda} = \frac{1.018 \cdot 10^{-3} \cdot 3785.75}{0.5735} = 6.72$$

$$\text{Pr}_w = \frac{\mu \cdot C}{\lambda} = \frac{0.81 \cdot 10^{-3} \cdot 3800}{0.5855} = 5.257$$

Chọn vận tốc dung dịch trong ống truyền nhiệt :  $v = 0.01 \text{ m/s}$

Đường kính ống truyền nhiệt :  $d = 34/38 \text{ mm}$

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{1133.67 \cdot 0.01 \cdot 0.034}{1.018 \cdot 10^{-3}} = 378.63$$

Tra bảng:  $\beta = 0.554 \cdot 10^{-3} \text{ (}^{\circ}\text{C}^{-1})$

Chuẩn số Grashof :

$$\text{Gr} = \frac{d^3 \cdot \gamma^2 \cdot \Delta t_2 \cdot \beta}{\mu^2 \cdot g} = \frac{0.034^3 \cdot (1133.67 \cdot 9.81)^2 \cdot 52.02 \cdot 0.554 \cdot 10^{-3}}{9.81 \cdot (1.018 \cdot 10^{-3})^2} = 13784810.1$$

Tra có  $\varepsilon = 1$

$$\text{Nu} = 0.15 \cdot \varepsilon \cdot \text{Re}^{0.33} \cdot \text{Pr}^{0.43} \cdot \text{Gr}^{0.1} \cdot \left( \frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_w} \right)^{0.25} =$$

$$= 0.15 \cdot 1 \cdot (378.63)^{0.33} \cdot (6.72)^{0.43} \cdot (13784810.1)^{0.1} \cdot (6.72/5.257)^{0.25} = 13.28$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = \frac{\lambda \cdot \text{Nu}}{d} = \frac{0.5735 \cdot 13.28}{0.034} = 224.07 \text{ W/m} \cdot \text{độ}$$

$$\Rightarrow q_2 = \alpha_2 \cdot \Delta t_2 = 224.07 \cdot 52.09 = 11671.76 \text{ W/m}^2.$$

Kiểm tra :

$$s = \frac{q_1 - q_2}{q_1} * 100\% = \frac{11697.37 - 11671.76}{11697.37} * 100\% = 0.22\% < 5\%$$

nhiệt tải trung bình :

$$q_{tb} = (11671.76 + 11697.37) / 2 = 11684.56 \text{ W/m}^2.$$

Hệ số truyền nhiệt :

$$K = \frac{q_{tb}}{\Delta t_{tb}} = \frac{11684.56}{44.34} = 263.52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}.$$

$$Q = G_D \cdot C \cdot \Delta t = \frac{1133.67}{3600} * 3785.75 * (125.33 - 30) = 113649 \text{ W}$$

Bề mặt truyền nhiệt :

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{tb}} = \frac{113649}{263.52 * 44.34} = 9.7 \text{ m}^2.$$

Chọn bề mặt truyền nhiệt là  $F = 10 \text{ m}^2$ .

$$\text{Số ống truyền nhiệt là : } n = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot H} = \frac{10}{3.14 * 0.034 * 1.5} = 63 \text{ ống}$$

Chọn  $n = 91$  ống.

Tra  $b = 11$  ống.

$$t = 1,4 \cdot d_n = 1,4 * 0.038 = 0.0532 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow D = t \cdot (b - 1) + 4d_n = 0.0532 * 10 + 4 * 0.038 = 0.684 \text{ m}.$$

Chọn  $D = 800 \text{ mm}$ .

Vận tốc chảy trong ống :

$$v' = \frac{G}{\pi \cdot n \cdot 0.25 \cdot d^2} = \frac{1}{3.14 * 91 * 0.25 * 0.034^2 * 3600} = 0.003 \text{ m/s}$$

do vận tốc dung dịch chảy trong ống chậm nên thời gian truyền nhiệt là lớn do đó chọn  $m=1$  ( số pass phía vỏ ).

### 3. tính bồn cao vị

Chiều cao bồn cao vị được đặt ở độ cao sao cho thắng được các trở lực của đường ống.

Phương trình năng lượng :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

$$p_1 = 1.033 \text{ at}$$

$$p_2 = \text{at}$$

$$\rho = 1061 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

Chiều cao từ mặt thoáng nổi I xuống đất là :  $Z_2 = 3.5 \text{ m}$

Đường kính ống nhập liệu nổi I là :  $d = 30 \text{ mm}$

Vận tốc dòng chảy trong ống:

$$v = \frac{4 \cdot G_D}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 3750 / 3600}{3.14 \cdot 0.03^2 \cdot 1061} = 1,428 \text{ m/s}$$

chuẩn số Reynolds :

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,428 \cdot 0.03 \cdot 1061}{0.8 \cdot 10^{-3}} = 56816$$

chọn ống thép CT.3 nên độ nhám  $\varepsilon = 0.2 \text{ mm}$

tính:  $Re_{gh} = 6 \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{8/7} = 6 \cdot \left( \frac{30}{0.2} \right)^{8/7} = 1841$

$$Re_n = 220 \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{9/8} = 220 \cdot \left( \frac{30}{0.2} \right)^{9/8} = 61734$$

$$\text{Do } Re_{gh} < Re < Re_n$$

Hệ số ma sát :

$$\lambda = 0.1 \left( 1.46 \frac{\varepsilon}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25} = 0.1 \left( 1.46 \frac{0.2}{30} + \frac{100}{56816} \right)^{0.25} = 0.03327$$

tổng hệ số tổn thất cục bộ :  $\Sigma \xi = \xi_{vào} + 5 \cdot \xi_{khuyủu\ 90} + 2 \cdot \xi_{van} + \xi_{ra}$

hệ số tổn thất cục bộ tại miệng ống vào :  $\xi_{vào} = 0.5$

hệ số tổn thất cục bộ tại miệng ống ra :  $\xi_{ra} = 1$

hệ số tổn thất cục bộ tại khuỷu  $90^\circ$  :  $\xi_{khuyủu\ 90} = 1.19$

hệ số tổn thất cục bộ tại van :  $\xi_{vào} = 0.5$

$$\Rightarrow \Sigma \xi = \xi_{vào} + 5 \cdot \xi_{khuyủu\ 90} + 2 \cdot \xi_{van} + \xi_{ra} = 0.5 + 5 \cdot 1.19 + 2 \cdot 0.5 + 1 = 8.45$$

chiều dài ống từ bồn cao vị đến nôi I là :  $l = 15 \text{ m}$

tổng tổn thất :

$$h_{1-2} = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) = \frac{1,48^2}{2 \cdot 9.81} \left( 0.03327 \frac{15}{0.03} + 8.45 \right) = 2,593 \text{ m}$$

chiều cao từ mặt thoáng bồn cao vị đến mặt đất :

$$Z_1 = 3.5 + \frac{(0,79 - 1.033) \cdot 9.81 \cdot 10^4}{1061 \cdot 9.81} + 2,593 = 3,8 \text{ m}$$

#### 4. Tính bơm chân không :

Công suất bơm chân không :

$$N = \frac{1}{\eta_{CK} \cdot 10^3} \frac{m}{m-1} p_{kk} \cdot V_{kk} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right]$$

$\eta_{CK}$  : hệ số hiệu chỉnh ,  $\eta_{CK} = 0.8$

$m$  : chỉ số đa biến ,  $m = 1.3$

$p_2$  : áp suất khí quyển ,  $p_2 = 1.033 \text{ at}$

áp suất không khí trong TBNT :  $p_{kk} = p_1 = p_{ng} - p_h = 0.2 - 0.0498 = 0.1502 \text{ at}$   
 thể tích không khí cần hút khỏi thiết bị:  $V_{kk} = 0.0296 \text{ m}^3/\text{s}$   
 công suất bơm :

$$N = \frac{1}{0.8 \cdot 10^3} \frac{1.3}{1.3-1} 0.01502 \cdot 9.81 \cdot 10^4 \cdot 0.0296 \left[ \left( \frac{1.033}{0.1502} \right)^{\frac{0.3}{1.3}} - 1 \right] = 13.24 \text{ kW}$$

##### 5. Tính bơm nước vào thiết bị ngưng tụ:

Công suất của bơm :

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta} \text{ (kW)}$$

H : cột áp của bơm ( m)

$\eta$  : hiệu suất của bơm , chọn  $\eta = 0.75$

$\rho$  : khối lượng riêng của nước ở  $30^\circ\text{C}$  ,  $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ .

Q : lưu lượng nước lạnh tươi vào Baromet :  $G_n = 10.75 \text{ kg/s}$

$$Q = \frac{G_n}{\rho} = \frac{10.75}{997} = 0.0108 \text{ m}^3/\text{s}$$

Phương trình bernoulli cho hai mặt cắt 1 – 1 ( mặt thoáng bể nước) và 2 – 2 ( mặt thoáng thiết bị baromet )

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

Với :

$$v_1 = v_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$p_1 = 1.033 \text{ at}$$

$$p_2 = 0.2 \text{ at}$$

$$\mu = 0.801 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2.$$

Chiều cao từ mặt thoáng bể nước xuống đất là :  $Z_1 = 2 \text{ m}$

Chiều cao từ mặt thoáng thiết bị baromet xuống đất là  $Z_2 = 12 \text{ m}$

Chọn  $d_{hút} = d_{đẩy} =$  đường kính cửa vào thiết bị của nước là  $d = 100 \text{ mm}$

Vận tốc dòng chảy trong ống:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.0108}{3.14 \cdot 0.01} = 1.375 \text{ ( m/s)}$$

$$\text{Chuẩn số Reynolds : } Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.375 \cdot 0.1 \cdot 997}{0.801 \cdot 10^{-3}} = 171158$$

Chọn ống thép CT.3 nên độ nhám  $\varepsilon = 0.2 \text{ mm}$

Tính  $Re_{gh}$ :

$$Re_{gh} = 6 \cdot \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{8/7} = 6 \cdot \left( \frac{100}{0.2} \right)^{8/7} = 7289$$

$$Re_n = 220 \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{9/8} = 220 \cdot \left( \frac{100}{0.2} \right)^{9/8} = 239202$$

$$\text{Do } Re_{gh} < Re < Re_n$$

Hệ số ma sát :

$$\lambda = 0.1 \left( 1.46 \frac{\varepsilon}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25} = 0.1 \left( 1.46 \frac{0.2}{100} + \frac{100}{171158} \right)^{0.25} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \text{tổng hệ số tổn thất cục bộ : } \Sigma \xi &= \xi_{\text{vào}} + \xi_{\text{khuyủ 90}} + 2 \cdot \xi_{\text{van}} + \xi_{\text{ra}} \\ &= 0.5 + 1.19 + 2 \cdot 0.5 + 1 = 3.69 \end{aligned}$$

chiều dài ống từ bể nước đến thiết bị baromet là :  $l = 15 \text{ m}$

tổng tổn thất :

$$h_{1-2} = \frac{v^2}{2g} \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) = \frac{1.375^2}{2 \cdot 9.81} \left( 0.0035 \frac{15}{0.1} + 3.69 \right) = 0.406 \text{ m}$$

$$\text{cột áp của bơm : } H = (12 - 2) + \frac{(0.8 - 1.033) \cdot 10000}{997} + 0.406 = 7.73 \text{ m}$$

$$\text{công suất của bơm : } N = \frac{0.0108 \cdot 997 \cdot 9.81 \cdot 7.73}{1000 \cdot 0.75} = 1.09 \text{ (kW)}$$

#### 6. Tính bơm nhập liệu :

Bơm dung dịch từ bể chứa lên bồn cao vị

$$\text{Công suất của bơm : } N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta} \text{ (Kw)}$$

$$\eta = 0.75 \quad : \text{hiệu suất của bơm}$$

$$\rho = 1031.8 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{khối lượng riêng nhập liệu mía đường ở nhiệt độ sôi}$$

$$Q = \frac{G_D}{\rho} = \frac{3750}{3600 \cdot 1031.8} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$$

Phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1-1 và 2-2:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

Với :

$$v_1 = v_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$p_1 = 1.033 \text{ at}$$

$$p_2 = 1.033 \text{ at}$$

$$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2.$$

Chiều cao từ mặt thoáng bể chứa nguyên liệu xuống đất là :  $Z_1 = 2 \text{ m}$

Chiều cao từ mặt thoáng bồn cao vị xuống đất là  $Z_2 = 10 \text{ m}$

Chọn  $d_{\text{hút}} = d_{\text{đẩy}} = \text{đường kính ống nhập liệu } d = 30 \text{ mm}$

Vận tốc dòng chảy trong ống:

$$v = \frac{4.Q}{\pi.d^2} = \frac{4 \cdot 0.001}{3.14 \cdot 0.03^2} = 1,415 \text{ m/s}$$

$$\text{Chuẩn số Reynolds : } Re = \frac{v.d.\rho}{\mu} = \frac{1,415 \cdot 0.03 \cdot 10318}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 54750$$

Chọn ống thép CT.3 nên độ nhám  $\varepsilon = 0.2 \text{ mm}$

Tính  $Re_{gh}$ :

$$Re_{gh} = 6 \cdot \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{8/7} = 6 \cdot \left( \frac{30}{0.2} \right)^{8/7} = 1841$$

$$Re_n = 220 \left( \frac{d}{\varepsilon} \right)^{9/8} = 220 \cdot \left( \frac{30}{0.2} \right)^{9/8} = 61734$$

Vậy:  $Re_{gh} < Re < Re_n$

Hệ số ma sát :

$$\lambda = 0.1 \left( 1.46 \frac{\varepsilon}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25} = 0.1 \left( 1.46 \frac{0.2}{30} + \frac{100}{54750} \right)^{0.25} = 0.0327$$

$$\begin{aligned} \text{tổng hệ số tổn thất cục bộ : } \Sigma \xi &= \xi_{\text{vào}} + 2 \cdot \xi_{\text{khuỷu } 90} + 2 \cdot \xi_{\text{van}} + \xi_{\text{ra}} \\ &= 0.5 + 2 \cdot 1.19 + 2 \cdot 0.5 + 1 = 4.38 \end{aligned}$$

Chiều dài ống từ bể chứa đến bồn cao vị là :  $l = 15 \text{ m}$

tổng tổn thất :

$$h_{1-2} = \frac{v^2}{2.g} \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) = \frac{1,415^2}{2 \cdot 9.81} \left( 0.0327 \frac{15}{0.03} + 4.38 \right) = 2,116 \text{ m}$$

$$\text{cột áp của bơm : } H = (10 - 2) + 2,116 = 10,116 \text{ m}$$

$$\text{công suất của bơm : } N = \frac{0.001 \cdot 10318 \cdot 9.81 \cdot 10,116}{1000 \cdot 0.75} = 0,137 \text{ (kW)}$$

7. Tính bơm tháo liệu :

$$\text{Công suất của bơm : } N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta} \text{ (Kw)}$$

$$\eta = 0.75 \quad : \text{hiệu suất của bơm}$$

$$\rho = 1061 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{khối lượng riêng tháo liệu mía đường ở nhiệt độ sôi}$$

$$Q = \frac{G_c}{\rho} = \frac{2000}{3600 \cdot 1061} = 0.000524 \text{ m}^3/\text{s}$$

Phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1-1 và 2-2:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

Với :

$$v_1 = v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.000524}{3.14 \cdot 0.03^2} = 0.741 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$p_1 = 0.79 \text{ at}$$

$$p_2 = 1.033 \text{ at}$$

$$\mu = 0.55 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2.$$

Chiều cao từ ống tháo liệu xuống đất là :  $Z_1 = 0.9 \text{ m}$

Chiều cao từ mặt thoáng bể tháo liệu xuống đất là  $Z_2 = 2 \text{ m}$

Chọn  $d_{\text{hút}} = d_{\text{đẩy}} = \text{đường kính ống tháo liệu } d = 30 \text{ mm}$

$$\text{Chuẩn số Reynolds : } Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{0.741 \cdot 0.03 \cdot 1061}{0.55 \cdot 10^{-3}} = 42884$$

Hệ số ma sát :

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} = \frac{0.3164}{42884^{0.25}} = 0.022$$

$$\begin{aligned} \text{tổng hệ số tổn thất cục bộ : } \Sigma \xi &= \xi_{\text{vào}} + 3 \cdot \xi_{\text{khuỷu } 90} + 2 \cdot \xi_{\text{van}} + \xi_{\text{ra}} \\ &= 0.5 + 3 \cdot 1.19 + 2 \cdot 0.5 + 1 = 5.57 \end{aligned}$$

chiều dài ống từ ống tháo liệu đến bể chứa là :  $l = 10 \text{ m}$

tổng tổn thất :

$$h_{1-2} = \frac{v^2}{2 \cdot g} \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) = \frac{0.741^2}{2 \cdot 9.81} \left( 0.022 \frac{10}{0.03} + 5.57 \right) = 0.361 \text{ m}$$

$$\text{cột áp của bơm : } H = (2 - 0.9) + \frac{(1.033 - 0.79) \cdot 10000}{1061} + 0.361 = 3.75 \text{ m}$$

$$\text{công suất của bơm : } N = \frac{0.000524 \cdot 1061 \cdot 9.81 \cdot 3.75}{1000 \cdot 0.75} = 0.027 \text{ (kW)}$$

8. Cửa sửa chữa và kính quan sát:

9. Bề dày lớp cách nhiệt:

Theo công thức sau (V.137), trang 41, sổ tay tập 2:

$$\begin{aligned} \delta &= 2,8 \cdot \frac{d_1^{1,2} \cdot \lambda^{1,35} \cdot t_{t_2}^{1,3}}{q_1^{1,5}} \\ &= 2,8 \cdot \frac{1016^{1,2} \cdot 0,151^{1,35} \cdot 1329^{1,3}}{440^{1,5}} = 19,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

trong đó:

$d_2$  – đường kính ngoài buồng đốt,  $d_2 = 1016 \text{ mm}$

$\lambda$  - hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt, chọn vật liệu cách nhiệt là amiang :  $\lambda = 0,151 \text{ W/m}^0\text{K}$  tra ở trang 416 VD&BT T10



$t_{l2}$  – nhiệt độ mặt ngoài của buồng đốt,  $t_{l2} = 132,9^{\circ}\text{C}$

$q_1$  – nhiệt độ tổn thất trên  $1 \text{ m}^2$  bề mặt

theo bảng V.7 trang 42 STT2:  $q_1 = 440 \text{ W/ m}^2$

Để thuận tiện trong chế tạo chọn chiều dày lớp cách nhiệt cho buồng đốt, buồng bốc là 20 mm

### **C. TÍNH GIÁ THÀNH**

• Tính thiết bị chính :

+ khối lượng thiết bị không tính bích và ống :  $M_{TB} = 1289.44 * 2 = 2578.88 \text{ kg.}$

Đơn giá thép vật tư không rỉ = 50.000 đ/kg

⇒  $\$_{\text{thiết bị}} = 2578.88 * 50.000 = 128.944.000 \text{ đ}$

+ ống : đơn giá ống thép không rỉ :  $d < 50 \text{ mm} \Rightarrow \$ = 50.000 \text{ đ/m}$

$d > 50 \text{ mm} \Rightarrow \$ = 10.000 \text{ đ/m}$

số ống truyền nhiệt :  $n = 210$  ống

⇒  $\$_{\text{ống}} = 210.1,5.50000 + 1,5.100000 = 15.900.000 \text{ đ}$

+ tiền bulông : đơn giá  $\$ = 3000 \text{ đ/con}$

tổng số bulông cần dùng :  $m = 2 * (24 * 3 + 8 * 6) = 240 \text{ con}$

⇒  $\$_{\text{bulông}} = 3000 * 240 = 720.000 \text{ đ}$

+ tiền đệm : đơn giá  $\$ = 250.000 \text{ đ}$

tổng số đệm cần dùng : 6 cái

⇒  $\$_{\text{đệm}} = 6 * 250000 = 1.500.000 \text{ đ}$

+ tai đỡ :

⇒  $\$_{\text{tai}} = 2 * 4 * 2 * 10000 = 160.000 \text{ đ}$

+ Bích ghép :

⇒  $\$_{\text{bích}} = 2 * 105.07 * 10000 = 2.101.400 \text{ đ}$

+ cửa sửa chữa : đơn giá  $\$ = 1.000.000 \text{ đ}$

⇒  $\$_{\text{cửa}} = 2 * 1.000.000 = 2.000.000 \text{ đ}$

+ cửa quan sát : kính thủy tinh dày 5 mm , đường kính 120 mm

⇒  $\$_{\text{kính}} = 2 * 0.12 * 120000 = 28.800 \text{ đ}$

Vậy giá vật tư của thiết bị chính là :  $\$ = 151.354.200 \text{ đ.}$

• Tính thiết bị phụ :

Giá thiết bị baromet, bình tách lỏng, thiết bị gia nhiệt :  $\$ = 20.000.000 \text{ đ}$

+ bơm chân không :

công suất :  $0.9 \text{ kW} = 1.2 \text{ Hp}$

⇒  $\$_{\text{bơm ck}} = 7000000 * 1.2 = 8.400.000 \text{ đ}$

+ bơm nước vào TBNT

công suất:  $0.067 \text{ kW} = 0.09 \text{ Hp}$

⇒  $\$ = 7000000 * 0.09 = 630.000 \text{ đ}$

+ bơm tháo liệu

công suất  $0.01\text{kW}=0.013\text{ Hp}$

$$\Rightarrow \$=2000000*0.013=26.000\text{ đ}$$

+ bơm dung dịch

công suất  $0.034\text{ kW}=0.05\text{ Hp}$

$$\Rightarrow \$=2000000*0.05=100.000\text{ đ}$$

tổng tiền bơm là : $\$ =9.057.000\text{ đ}$

+ tiền ống :

$$\Rightarrow \$_{\text{đệm}}=50000*100=5.000.000\text{ đ}$$

+áp kế tự động

tổng số áp kế cần dùng : 4 cái

$$\Rightarrow \$_{\text{đệm}}=4*500000=2.000.000\text{ đ}$$

+ lưu lượng kế :

$$\Rightarrow \$=1.000.000\text{ đ}$$

Giá thành chế tạo bằng 200% tiền vật tư:

$$\begin{aligned}\Rightarrow \text{tổng giá tiền} &= \text{tiền chế tạo} + \text{tiền vật tư} \\ &= 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(151354200+20000000+2000000+1000000+9057000+5000000) \\ = 565.233.000\text{ đ.}\end{aligned}$$