STEEL STRUCTURE

BÀI GIẢNG KẾT CẤU THÉP ĐẶC BIỆT

GIẢNG VIÊN: VŨ HUY HOÀNG

BỘ MÔN: KẾT CẤU THÉP, GỖ

KHOA: XÂY DỰNG

TRƯỜNG: ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

STEEL STRUCTURE

CHƯƠNG IV - KẾT CẤU THÉP BẢN

STEEL STRUCTURE

MỘT SỐ BỂ CHỨA

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa hình cầu

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ ngang

STEEL STRUCTURE

Silo

STEEL STRUCTURE

Silo

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ ngang

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

STEEL STRUCTURE

Đường ống dẫn dầu

STEEL STRUCTURE

Đường ống dẫn dầu

STEEL STRUCTURE

Trong ống

STEEL STRUCTURE

BÀI 1 - ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU THÉP BẢN

I. Định nghĩa và phân loại.

1. Định nghĩa.

Là kết cấu làm từ bản thép.

2. Phân loại theo chức năng sử dụng.

- Bể chứa chất lỏng.
- Bể chứa khí.
- Bunke, xi lô chứa vật liệu rời.
- Đường ống dẫn khí, chất lỏng.
- Loại đặc biệt như lò cao, lò hút bụi, ống khói...

II. Đặc điểm làm việc và cấu tạo.

- Điều kiện làm việc khác nhau:

STEEL STRUCTURE

Bể chứa chất lỏng

STEEL STRUCTURE

Bể chứa khí

STEEL STRUCTURE

Silo

STEEL STRUCTURE

Đường ống dẫn dầu

STEEL STRUCTURE

Đường ống dẫn khí

STEEL STRUCTURE

- Chôn ngầm hoặc trên mặt đất.
- Áp lực bên trong hoặc chân không.
- Tác động của nhiệt độ.
- Ăn mòn của môi trường trong hoặc ngoài.
- Chịu tải trọng tĩnh hoặc động.

- Thường phải kín (Nên dùng liên kết hàn).
- Thường xuyên làm việc ở trạng thái ứng suất gần tối đa (Nên giảm hệ số điều kiện làm việc xuống 0,8).
- Vật liệu sử dụng:
  - Khi t < 4mm, thép cán nguội dạng cuộn.
  - Khi t = 4 ~ 10mm, dùng thép cuộn cán nóng.

STEEL STRUCTURE

- Ống dẫn nước chính, bể chứa chuyên dụng, vỏ lò luyện kim, vỏ lò đốt nóng khí có quy định dùng thép riêng.
- Bể chứa các chất lỏng ăn mòn được làm bằng hợp kim nhôm hoặc mặt ngoài bằng thép thường, mặt trong phủ kim loại không gỉ.

STEEL STRUCTURE

BÀI 2 - TÍNH TOÁN VỎ MỎNG TRÒN XOAY

I. Định nghĩa.

1. Cơ chế hình thành.

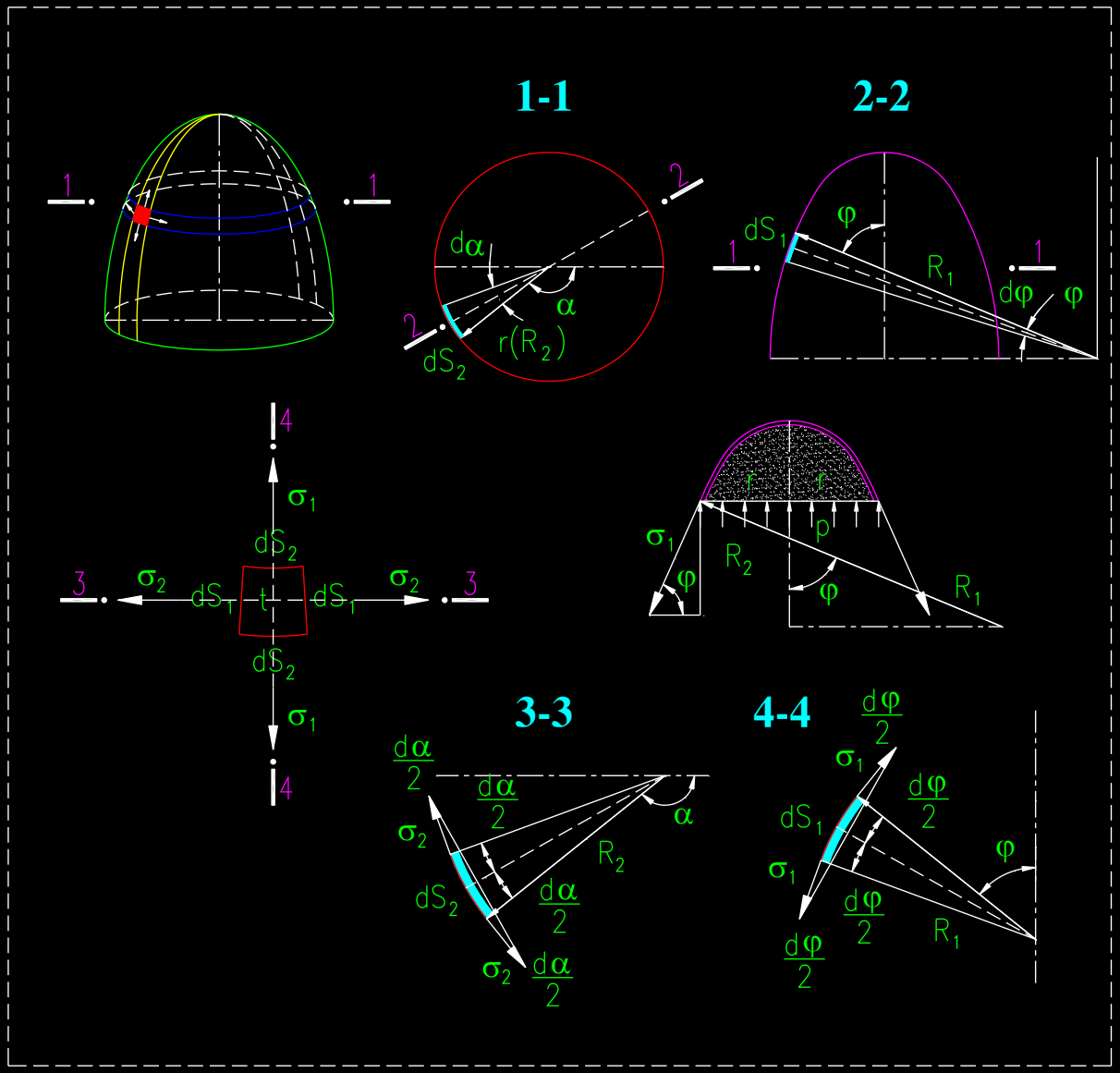
- Trục.
- Đường sinh.
- Đường sinh quay quanh trục tạo ra vỏ mỏng tròn xoay.

2. Thông số.

- Bán kính kinh tuyến R_1: Bán kính đường sinh.
- Bán kính vĩ tuyến R_2: Bán kính mặt cắt ngang.
- Các thông số của vỏ lấy theo mặt trung bình, ví dụ $R = (R_{tr} + R_{ng}) / 2$.

STEEL STRUCTURE

Sơ đồ tính vỏ mỏng tròn xoay



STEEL STRUCTURE

BÀI 2 - TÍNH TOÁN VỎ MỎNG TRÒN XOAY

3. Phương pháp tính.

- Vỏ có mô men: Vỏ dày, hoặc vỏ mỏng, nhưng có mô men cục bộ (chỗ thành tiếp giáp đáy...)
- Vỏ phi mô men: Vỏ phải mỏng, t / R < 1 / 30.

II. Tính toán vỏ mỏng tròn xoay theo lý thuyết phi mô men.

1. Mục tiêu: xác định σ_1 và σ_2.

Yêu cầu:

$$\sigma_1 \le f\gamma_c; \sigma_2 \le f\gamma_c$$

- Để xác định σ_1, ta cắt vỏ theo phương mặt phẳng vuông góc với trục (trên biên của mặt cắt, σ_1 là không đổi):

$$\sum F_X = 0$$

$$\sigma_1 ut \sin\varphi - pA = 0$$

$$2\pi r\sigma_1 t \sin\varphi - p\pi r^2 = 0$$

$$\sigma_1 = \frac{p\pi r^2}{2\pi rt \sin\varphi} = \frac{pr}{2t \sin\varphi} = \frac{pR_2}{2t}$$

- Hoặc: $$\frac{p}{t} = \frac{\sigma_1 R_2}{2}$$

- Để xác định σ_2, ta phải trích một phần tử có kích cỡ dS_1 dS_2 để xem xét.

- Chiếu hệ lực lên phương pháp tuyến:

$$pdS_1dS_2 = 2\sigma_1 tdS_2 \sin\frac{d\varphi}{2} + 2\sigma_2 tdS_1 \sin\frac{d\alpha}{2}$$

$$= 2\sigma_1 tdS_2 \frac{d\varphi}{2} + 2\sigma_2 tdS_1 \frac{d\alpha}{2}$$

$$= \sigma_1 tdS_2 d\varphi + \sigma_2 tdS_1 d\alpha$$

$$= \sigma_1 tdS_2 \frac{dS_1}{R_1} + \sigma_2 tdS_1 \frac{dS_2}{R_2}$$

$$= tdS_1 dS_2 \left(\frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2}\right)$$

- Từ đó ta xác định được mối quan hệ giữa p với σ_1 và σ_2 (phương trình Laplace):

$$\frac{p}{t} = \frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2}$$

- Thay vào ta có:

$$\sigma_2 = \left(\frac{p}{t} - \frac{\sigma_1}{R_1}\right)R_2 = \left(\frac{2\sigma_1}{R_2} - \frac{\sigma_1}{R_1}\right)R_2$$

$$= \sigma_1\left(2 - \frac{R_2}{R_1}\right)$$

- Vỏ cầu, $R_1 = R_2 = r$:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pr}{2t}$$

- Vỏ nón, $R_1 = \infty$:

$$\sigma_1 = \frac{pr_i}{2t\cos\beta}; \sigma_2 = \frac{pr_i}{t\cos\beta}$$

r_i – Bán kính mặt cắt ngang.

β - Góc của đường sinh với trục quay.

STEEL STRUCTURE

BÀI 3 - BỂ CHỨA CHẤT LỎNG

I. Phân loại.

1. Phân theo hình dạng.

- Bể chứa hình trụ (đứng, ngang).
- Bể hình cầu.
- Bể hình giọt nước.

2. Theo vị trí trong không gian.

- Bể nổi.
- Bể chìm.
- Bể nửa nổi nửa chìm.

3. Theo dung tích chứa được.

- Bể có thể tích không đổi.

STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ đứng

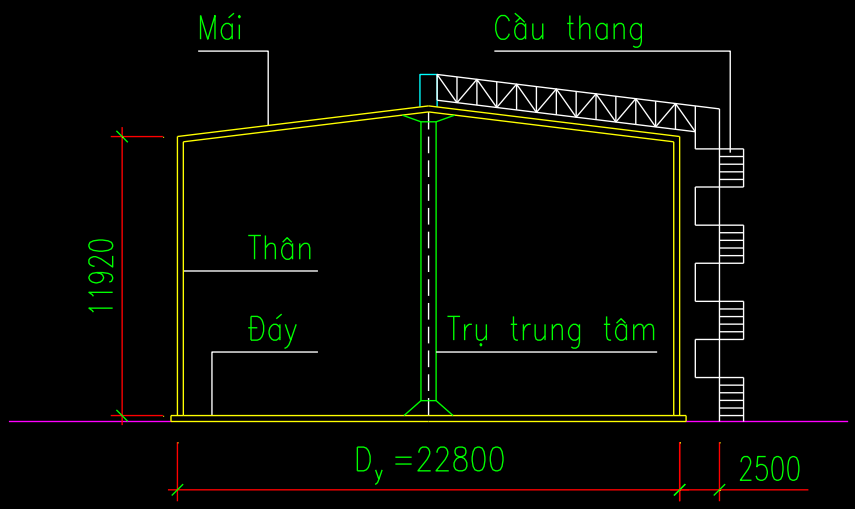
STEEL STRUCTURE

Bể chứa trụ ngang

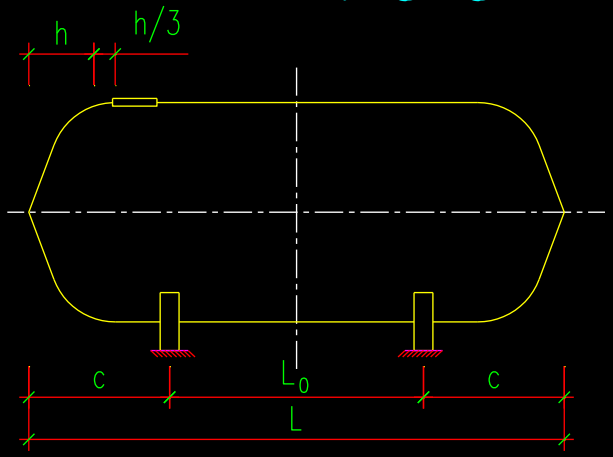
STEEL STRUCTURE

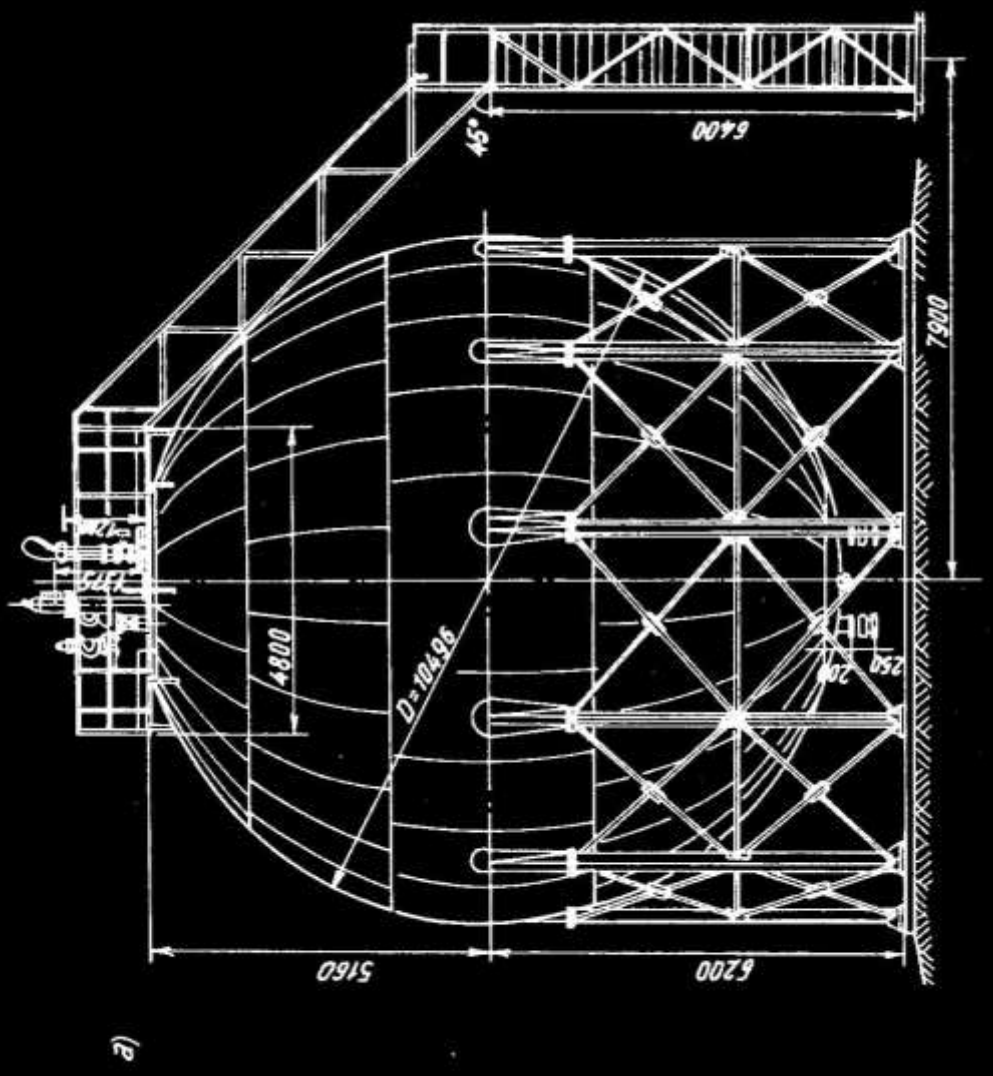
Bể chứa hình trụ

a) Bể chứa trụ đứng

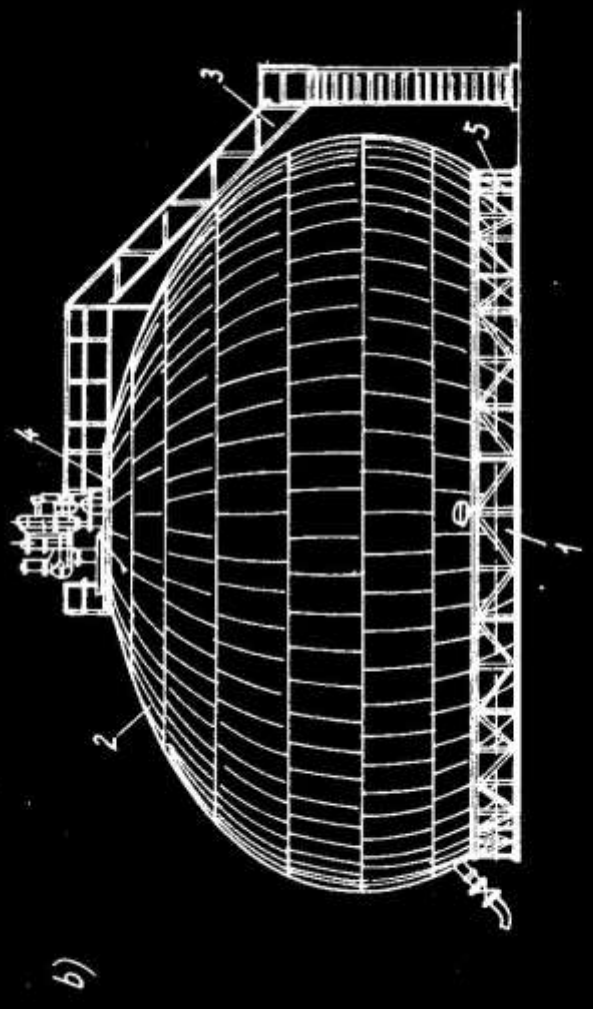


b) Bể chứa trụ ngang





STEEL STRUCTURE



STEEL STRUCTURE

STEEL STRUCTURE

- Bể có thể tích thay đổi.

4. Phân theo áp lực dư.

- Bể chứa áp lực thấp (Áp lực dư $p_d \leq 0{,}002$MPa hoặc áp lực chân không $p_0 \leq 0{,}00025$MPa).
- Bể chứa áp lực cao ($p_d > 0{,}002$MPa).

5. Lựa chọn bể.

- Bể trụ chế tạo đơn giản, nên hay dùng nhất.
- Bể trụ đứng mái tĩnh dùng khi vòng quay sản phẩm ít (10 ~ 12 lần / năm).
- Bể có phao hoặc mái nổi dùng khi vòng quay sản phẩm lớn.
- Bể cầu dùng để chứa khí hóa lỏng (p_d = 0,25 ~ 1,8 MPa).

- Bể chứa hình giọt nước dùng để chứa xăng có hơi đàn hồi cao (p_d = 0,03 ~ 0,05 MPa).

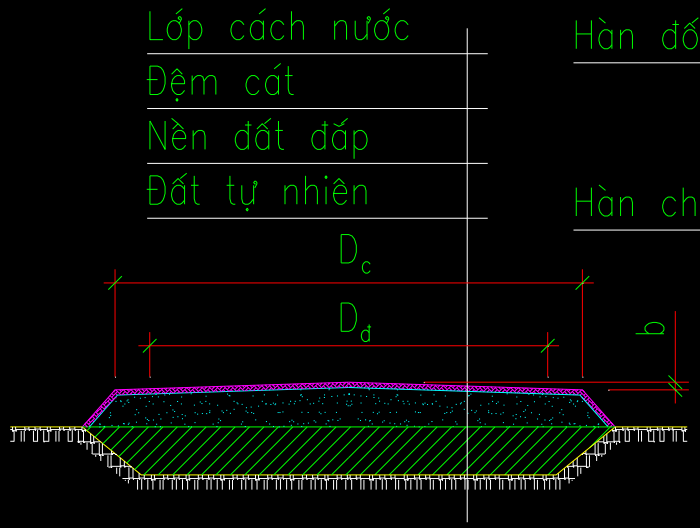
II. Bể chứa trụ đứng áp lực thấp.

1. Cấu tạo.

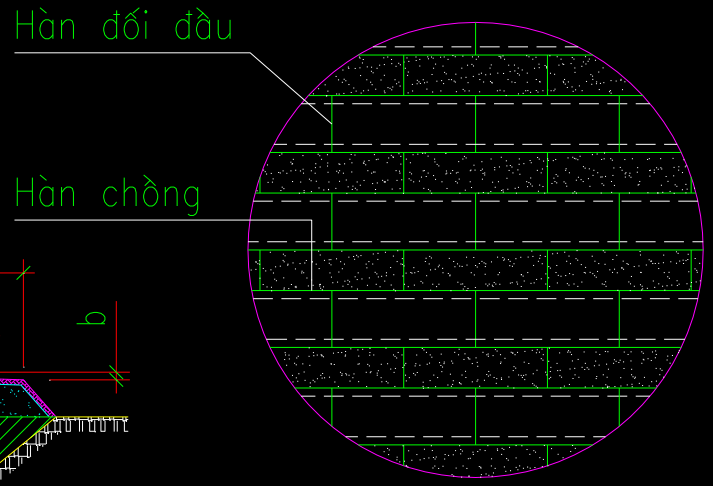
- Bể trụ đứng mái tĩnh dùng để chứa sản phẩm dầu mỏ có hơi đàn hồi áp lực thấp.
- Thể tích thay đổi lớn (100 ~ 50000m^3).
- Để tạo nên bể cần có: Thân bể, đáy bể, mái bể; Đệm cát đáy bể, lớp cách nước; Ống nạp, xả chất lỏng, lỗ nhìn, van an toàn, lan can, cầu thang...
- Cấu tạo đáy bể.
  - Chiều dày đáy bể.
    - Lấy theo cấu tạo khi hàn và chống ăn mòn.

STEEL STRUCTURE

a) Nền d- ới bể



b) Chia bản đáy bể



STEEL STRUCTURE

- Chiều dày nhỏ nhất t_{min}:

t_{min} = 4mm (khi V $\leq$ 1000m^3).

t_{min} = 5mm (khi V > 1000m^3).

t_{min} = 6mm (khi $D_{đáy}$ > 25m).

- Khi V $\geq$ 2000m^3 chiều dày tấm biên lớn hơn tấm giữa 1 ~ 2 mm.

➢ Chia tấm đáy bể.

- Nguyên tắc: Chia thành từng dải, các dải được cuộn lại tại nhà máy, vận chuyển đến công trường, trải ra và được hàn ráp nối.
- Bề rộng dải lấy theo mô đun của thép tấm.
- Mỗi dải lại được nối bằng nhiều tấm thép đơn, có chiều dài theo mô đun thép tấm. Các tấm phải được hàn đối đầu.

STEEL STRUCTURE

- Các dải được hàn nối tại công trường nên dùng đường hàn đối đầu. Các dải chờm lên nhau từ 30 ~ 60mm.
- Chú ý trình tự hàn.
- Vành biên đáy bể cần chuyển liên kết hàn chồng thành đối đầu để thân bể áp sát được vào toàn bộ đáy bể.

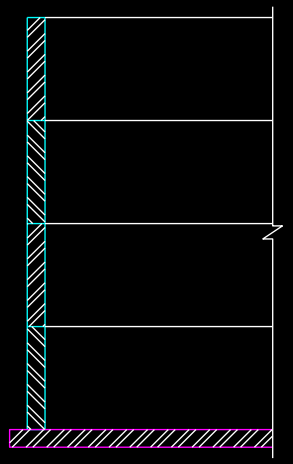
➢ Đường kính đáy bể lớn hơn đường kính thân bể khoảng 100mm.

❖ Cấu tạo thân bể.

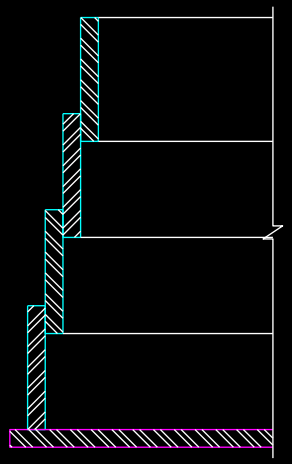
➢ Nguyên tắc: Chia thân bể thành các dải nằm ngang, các dải nên được cuộn trước ở nhà máy. Khi chiều dày dải lớn hơn 17mm, không cuộn được, thì mới phải để nguyên tấm mang đến công trường hàn nối.

STEEL STRUCTURE

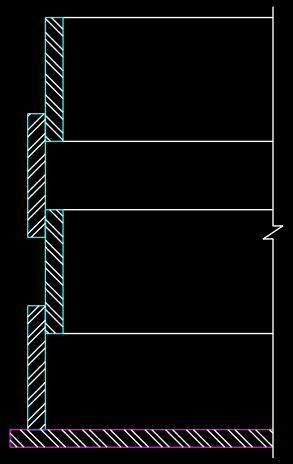
a) Nối đối đầu



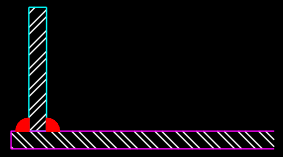
b) Nối lồng



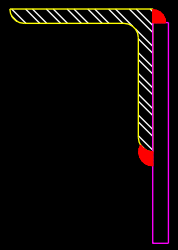
c) Nối dạng bậc



a) Nối thân với đáy



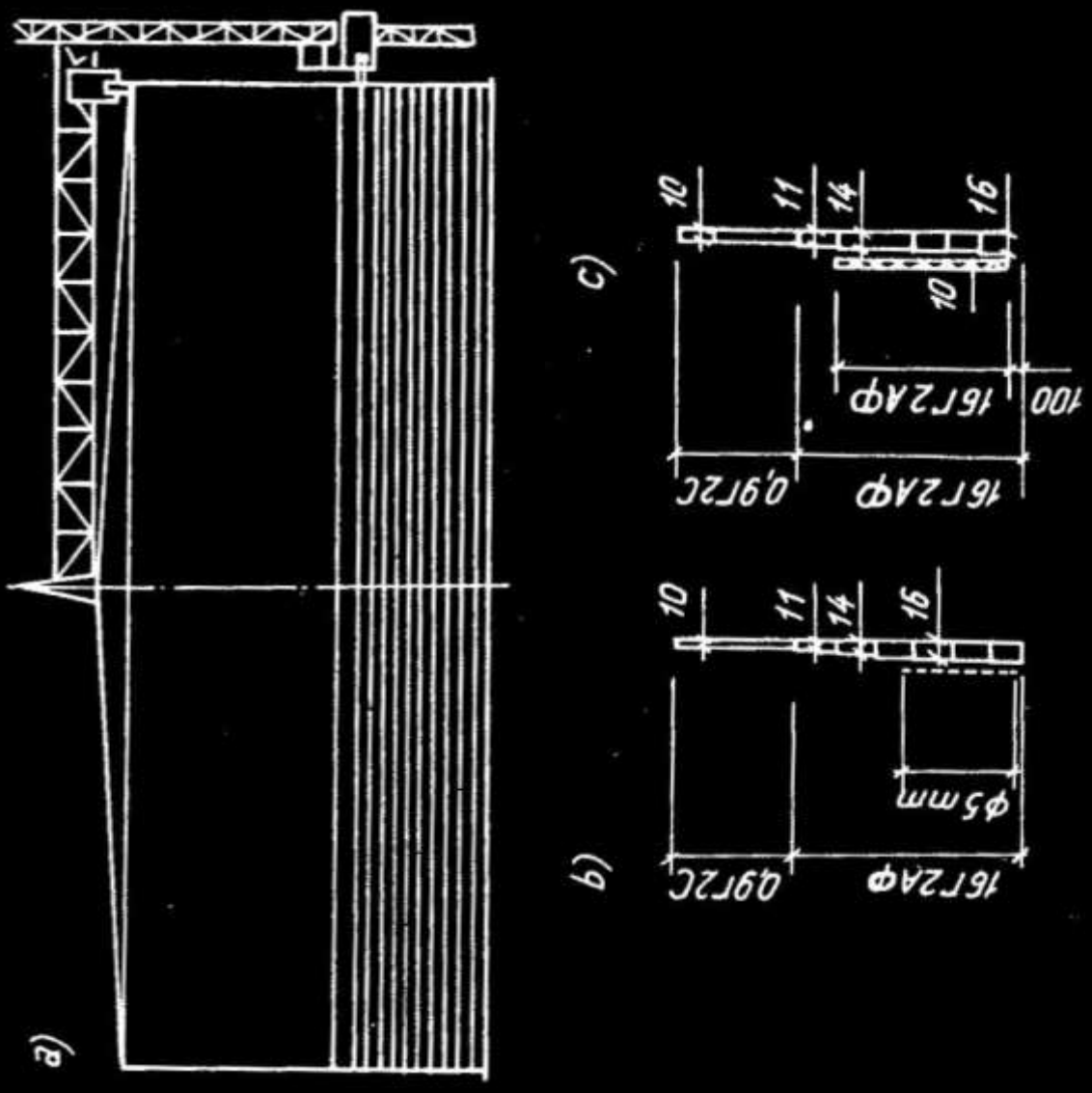
b) Nối thân với mái



- Chiều dày tối thiểu của thân bể t_{min} = 4mm.
- Chủ yếu hàn ngoài bể. Hàn trong bể chỉ mang tính chất định vị thi công (dài 100mm, cách nhau 300mm).
- Có thể gia cường thân bể bằng thép sợi cường độ cao, băng thép hoặc bể 2 lớp.

❖Cấu tạo mái bể.

- Gồm: Mái nón, mái treo, mái cầu, mái trụ cầu.
- Mái nón: $V \leq 5000m^3$.
  - Độ dốc i = 1 / 20.
  - Cột trung tâm bằng thép ống hoặc thép góc.
  - Chia thành nhiều tấm mái, mỗi tấm mái gồm sườn bằng thép I hoặc C, và bản thép dày 2,5 ~ 3 mm.



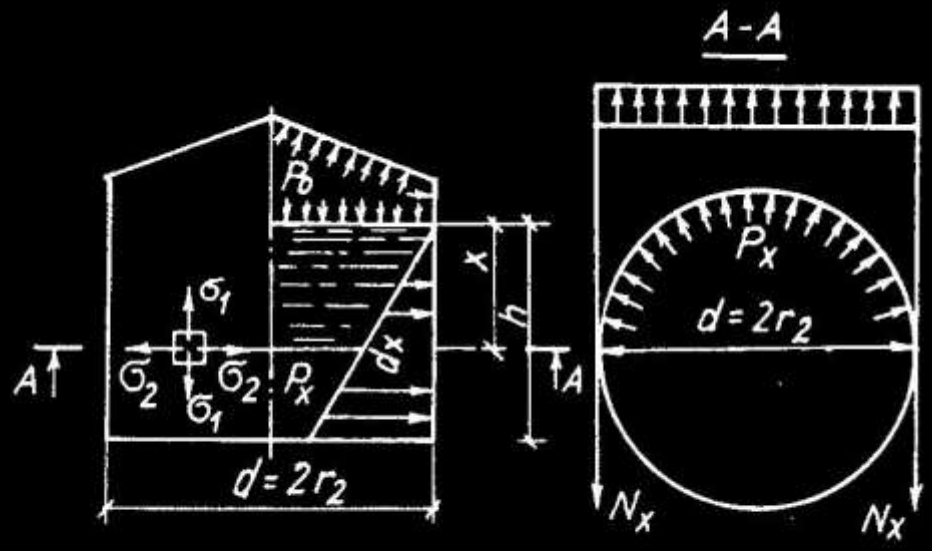
STEEL STRUCTURE

- Mái treo: $V \leq 5000m^3$.
  - Không có sườn.
  - Mái treo chỉ chịu kéo, không mô men.
  - Tấm biên mỏng hơn tấm giữa.
  - Kinh tế hơn mái nón 10 ~ 15%.
- Mái cầu: $V > 5000m^3$ hoặc áp lực dư lớn.
  - Kết cấu cu pôn sườn vòng.
- Mái trụ cầu: Áp lực dư lớn.

2. Tính toán thân bể.

- Phần trên thân bể, cách đáy 300 trở lên, không có mô men.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.14. Sơ đồ tính toán bể chứa trụ đứng

- Để xác định σ_1, ta cắt vỏ theo phương mặt phẳng vuông góc với trục (trên biên của mặt cắt, σ_1 là không đổi). Áp lực chất lỏng vuông góc với thành bể, không ảnh hưởng tới ứng suất σ_1 trong thân.

$$\sum F_X = 0$$
$$\sigma_1 ut - \gamma_2 p_d A + G_x = 0$$
$$2\pi r\sigma_1 t - \gamma_2 p_d \pi r^2 + G_x = 0$$
$$\sigma_1 = \frac{\gamma_2 p_d \pi r^2 - G_x}{2\pi rt} = \frac{\gamma_2 p_d r}{2t} - g_x$$

G_x - Trọng lượng vỏ bể tính đến mặt cắt x.

- Áp lực tính toán ở độ sâu cách mặt thoáng chất lỏng một đoạn x là:

$$p_x = \gamma_1 \gamma_{cl} x + \gamma_2 p_d$$

γ_1, γ_2 - Hệ số độ tin cậy của áp lực thủy tĩnh và áp lực dư. $\gamma_1 = 1{,}1$; $\gamma_2 = 1{,}2$.

γ_{cl} - Trọng lượng riêng chất lỏng trong bể, với xăng dầu $\gamma_{cl} = 9\ kN/m^3$.

- Cắt hình tròn dày d rất mỏng tại vị trí x, sau đó cắt nửa hình tròn, xét cân bằng trong mặt phẳng, ta có:

$$2td\sigma_2 - 2rdp_x = 0$$

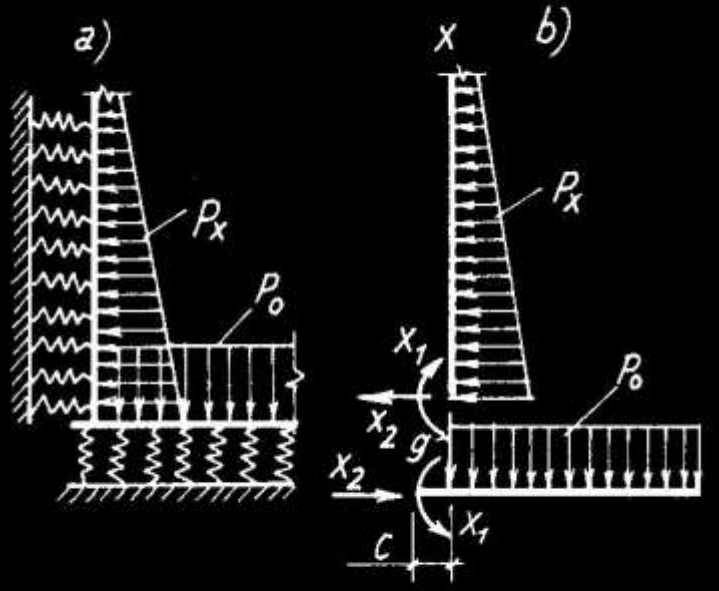
$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{2rdp_x}{2td} = \frac{p_x r}{t}$$

- Nơi yếu nhất trên vành chính là đường hàn đối đầu tấm, kiểm tra như sau:

$$\sigma_2 = \frac{p_x r}{t} \le \gamma_c f_{wt} \Rightarrow t \ge \frac{p_x r}{\gamma_c f_{wt}}$$

γ_c - Hệ số điều kiện làm việc, lấy bằng 0,8.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.15. **Mắt nối thân với đáy bể**
a) sơ đồ tính ; b) hệ cơ bản.

- Phần đáy bể có mô men uốn cục bộ:
  - Mô men uốn cục bộ lớn nhất (N.mm/mm) khi coi liên kết giữa thân với đáy là:
    - Ngàm cứng: $M = 3(\gamma_1\gamma_{cl}h + \gamma_2 p_d)rt$
    - Ngàm đàn hồi: $M = (\gamma_1\gamma_{cl}h + \gamma_2 p_d)rt$

    h - Chiều cao mực chất lỏng.
  - Ứng suất lớn nhất theo phương đường sinh tại vùng biên:

$$\sigma = \sigma_{1d} + \frac{6M}{t^2} \le f\gamma_c$$

σ_{1d} - Ứng suất σ_1 tại chân thành bể.

γ_c = 1,6 kể đến biến dạng dẻo.

STEEL STRUCTURE

- Các tải trọng gây ra ứng suất σ_1
  - Trọng lượng của mái và các thiết bị đặt trên mái G_m.

V (1000m^3)	1	5	10	20	30	50
g (kN/m^2)	0,3	0,35	0,45	0,55	0,6	0,65

  - Trọng lượng lớp cách nhiệt trên mái G_{cn}.
  - Áp lực chân không $P_0 = p_0\gamma_0$.

p_0 - Áp lực chân không tiêu chuẩn,

γ_0 - Hệ số độ tin cậy của áp lực chân không.

p_0 = 0,00025 Mpa, γ_0 = 1,2

  - Trọng lượng thân bể và các lớp cách nhiệt quanh thân bể nằm trên mức khảo sát.

STEEL STRUCTURE

- Tính toán thân bể theo điều kiện ổn định.
  - Ổn định của thân bể do ứng suất σ_2

$$\sigma_2 \le \gamma_c \sigma_{th2}$$

Với γ_c = 1,0 là hệ số điều kiện làm việc.

Khi $0,5 \le L / r \le 10$ $\quad \sigma_{th2} = 0,55E \frac{r}{L}\left(\frac{t}{r}\right)^{3/2}$

Khi $20 \le L / r$ $\quad \sigma_{th2} = 0,17E\left(\frac{t}{r}\right)^{2}$

Khi $10 < L / r < 20$ thì nội suy.

STEEL STRUCTURE

- Các tải trọng gây ra ứng suất σ_2
  - Tải trọng gió tác dụng xung quanh bể, coi như phân bố đều và được quy đổi thành áp lực chân không quy ước P_{gio}.

$$P_{gio} = 0{,}5\gamma W_0 k$$

  - Tải trọng chân không tính như trên.
  - Tổng ứng suất nén vòng:

$$\sigma_2 = \left(P_{gio} + P_0\right)\frac{n_c r}{t}$$

n_c - Hệ số tổ hợp, bằng 0,9.

STEEL STRUCTURE

- Ổn định của thân bể do ứng suất σ_1 và σ_2

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{th1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{th2}} \le \gamma_c$$

- Có thể tăng cường vành cứng bằng thép góc để tăng ứng suất tới hạn σ_{th2}, với mô men quán tính tiết diện vành cứng I_x thỏa mãn:

$$\frac{3EI_x}{r^2} \ge an_c r\left(P_{gio} + P_0\right)$$

a - Diện chịu tải của vành.

STEEL STRUCTURE

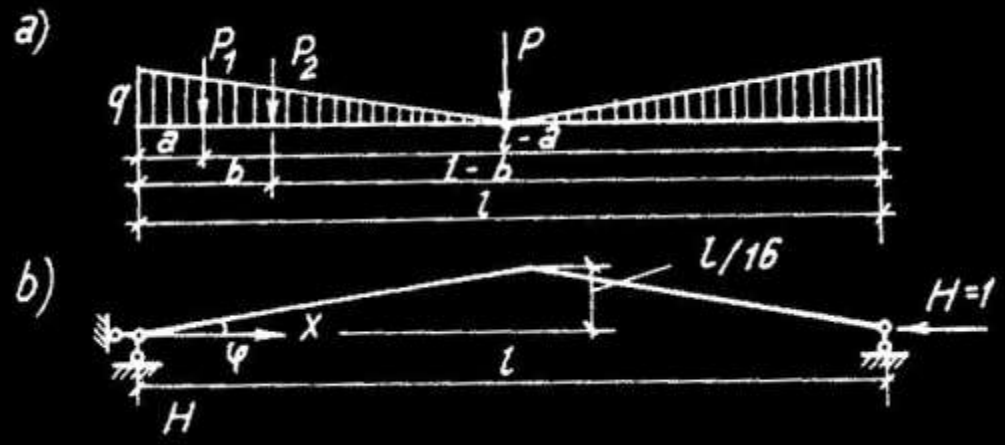
Hình 4.16. Sơ đồ tăng cường thân bể chứa bằng vành cứng

STEEL STRUCTURE

- Tính toán mái bể.
  - Mái bể được tính với 2 tổ hợp tải trọng: Tổ hợp tải trọng hướng xuống dưới và tổ hợp tải trọng hướng lên trên.
  - Tổ hợp tải trọng hướng xuống dưới bao gồm:
    - Trọng lượng kết cấu mái.
    - Trọng lượng lớp cách nhiệt.
    - Chân không.
  - Tổ hợp tải trọng hướng lên trên bao gồm:
    - Trọng lượng kết cấu mái.
    - Áp lực dư trong không gian hơi.
    - Gió hút.

STEEL STRUCTURE

- Mái nón có cột trung tâm, tính như dầm đơn giản, chịu tải tam giác hoặc hình thang.
- Mái nón không có cột trung tâm, tính như dầm gẫy khúc, có lực xô ngang tại gối tựa, chịu tải tam giác, hình thang, lực tập trung.



Hình 4.17. **Tính mái nón không có cột trung tâm**

a) sơ đồ tính ; b) hệ cơ bản

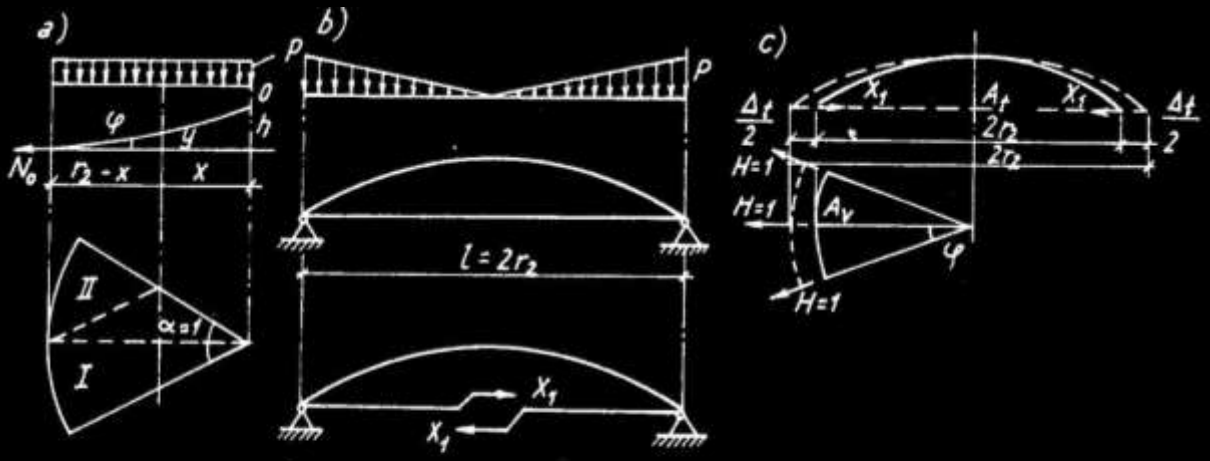
STEEL STRUCTURE

- Mái cầu tính như cupôn sườn, với diện tích thanh căng A_t bằng:

$$A_t = \frac{2\pi A_v}{n}$$

A_v - Diện tích vành biên;

n - Số lượng sườn theo phương bán kính.



Hình 4.18. **Sơ đồ tính mái treo, mái cầu**
a) mái treo ; b) vòm hai khớp với thanh căng quy ước ;
c) vòm để xác định diện tích thanh căng.

STEEL STRUCTURE

- Mái treo làm việc như vỏ mỏng phi mô men. Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều thẳng đứng p, phương trình của mặt mái có dạng:

$$y = \frac{h}{2p}\left(\frac{x^3}{r^3} - \frac{3x}{r} + 2\right)$$

r - Bán kính mái, tính đến mép trong vành biên.

h - Độ cao giữa mái.

p - Tải trọng trên đơn vị diện tích mái.

- Có phương trình mặt mái, hiển nhiên xác định được nội lực của mái tại điểm bất kỳ. Lực kéo theo phương kinh tuyến tại tọa độ x là:

$$N_x = \frac{pr^3}{3x}(h - rtg\varphi)$$

STEEL STRUCTURE

- Lực kéo theo phương kinh tuyến tại biên dưới của mái:

$$N_0 = \frac{pr^2}{3}(h - rtg\varphi)$$

- Lực dọc tác dụng lên cột trung tâm:

$$F = \pi r^2 p$$

STEEL STRUCTURE

- Kích thước tối ưu của bể chứa.
  - Với một thể tích xác định, chiều dày thép thành bể, nắp bể, đáy bể xác định, nếu bể dài, đường kính nhỏ, thì trọng lượng bể sẽ lớn; nếu bể ngắn, đường kính lớn, thì trọng lượng bể cũng lớn. Vậy, có một chiều dài bể H, đường kính bể D để trọng lượng thép làm bể là nhỏ nhất.
  - Trọng lượng bể W:

$$W = \pi DHt + \frac{\pi D^2}{4}\Delta$$

Δ - Tổng chiều dày mái bể và đáy bể.

  - H và D bị ràng buộc bởi điều kiện thể tích bể không đổi:

$$V = \frac{\pi D^2}{4}H \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}}$$

- Thay vào biểu thức trên thu được mối quan hệ giữa W và H (biến duy nhất):

$$W = \pi H t\sqrt{\frac{4V}{\pi H}} + \frac{\pi}{4}\Delta\frac{4V}{\pi H} = 2t\sqrt{\pi V H} + \Delta\frac{V}{H}$$

- Đạo hàm theo H và đặt bằng 0 sẽ thu được trọng lượng bể nhỏ nhất:

$$\frac{dW}{dH} = t\sqrt{\frac{\pi V}{H}} - \Delta\frac{V}{H^2} = 0$$

$$\Rightarrow t\sqrt{\frac{\pi V}{H}} = \Delta\frac{V}{H^2} \Rightarrow \frac{\pi V}{H}t^2 = \Delta^2\frac{V^2}{H^4}$$

$$\Rightarrow H^3 = \Delta^2\frac{V^2}{\pi V t^2} = \frac{V}{\pi t^2}\Delta^2 = \frac{V}{\pi}\left(\frac{\Delta}{t}\right)^2$$

$$\Rightarrow H = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}\left(\frac{\Delta}{t}\right)^2} = H_{tu}$$

- Đường kính tối ưu:

$$D_{tu} = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi} : \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}\left(\frac{\Delta}{t}\right)^2}}$$

$$= 2\sqrt[6]{\frac{V^2}{\pi^2}\left(\frac{t}{\Delta}\right)^2} = 2\sqrt[3]{\frac{V}{\pi}\frac{t}{\Delta}}$$

- Dùng D_{tu}, H_{tu} để tính trọng lượng thân và nắp, đáy, thì thu được:

$$W_t = 2(W_m + W_d)$$

- Với bể có chiều dày thành thay đổi, chiều cao tối ưu của bể là:

$$H_{tu} = \sqrt{\frac{\gamma_c f_{wt} \Delta}{\gamma_1 \gamma_{cl}}}$$

STEEL STRUCTURE

- Bài tập:
- Thiết kế bể chứa trụ đứng, thể tích 800m^3, thép CCT38s, que hàn N46, chứa xăng γ_{cl} = 9kN/m^3, vùng gió IIB, địa hình B, c = -0,8, áp lực dư p_d = 0,0015MPa. Hơi cách nắp bể 0,2m. Cách nhiệt 0,5kN/m^2 (dày 100, trọng lượng riêng γ_{cn} = 500 kG/m^3), bể đặt trên mặt đất.

STEEL STRUCTURE

BÀI 4 - BỂ CHỨA ĐẶC BIỆT

I. Các biện pháp giảm sự mất mát sản phẩm dầu mỏ trong bể chứa.

- Chứa sản phẩm dầu mỏ dưới áp lực cao.
- Loại bỏ không gian hơi.
- Giảm biên độ dao động nhiệt.

II. Bể chứa trụ đứng mái trụ cầu.

1. Cấu tạo.

- Chứa xăng, p_d = 0,01 ~ 0,07MPa.
- Bán kính giữa mái bằng thân bể bằng r_1.
- Bán kính mái tiếp giáp thân bằng $0,1r_1$.
- Mái: Trong 1 dải dùng hàn đối đầu, giữa các dải mái dùng đường hàn góc.

STEEL STRUCTURE

Hình 4.19. **Bệ trụ đứng áp lực cao mái trụ cầu**

1- khoang trên của thân ; 2- mái ; 3- sườn cứng ; 4- tháp đất nền giữ neo ;
5- tấm bêtông neo ; 6- thân bệ ; 7- bulông neo.

STEEL STRUCTURE

2. *Đặc điểm tính toán.*

- Tính mái trụ cầu theo lý thuyết phi mô men.
  - Phần giữa mái bán kính cong r_1 có dạng gần mặt cầu, theo công thức vỏ mỏng tròn xoay:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma = \frac{\gamma_2 p_d r_1}{2t_m}$$

Theo phương đường sinh, yếu nhất là đường hàn đối đầu:

$$\sigma_1 = \sigma = \frac{\gamma_2 p_d r_1}{2t_m} \le f_{wt}\gamma_c$$

Theo phương vòng, yếu nhất là đường hàn góc:

$$N_v = \sigma_2 t_m \times 1 = \sigma t_m \times 1$$

$$\tau = \frac{N_v}{1 \times h_f} = \frac{\sigma t_m \times 1}{1 \times h_f} = \frac{\sigma t_m}{h_f}$$

Thường chọn $h_f = t_m$ nên:

$$\tau = \sigma \le \gamma_c (\beta f_w)_{min}$$

Do cường độ đường hàn góc luôn nhỏ hơn đường hàn đối đầu nên chỉ cần tuân thủ điều kiện sau, tức:

$$\tau = \sigma = \frac{\gamma_2 p_d r_1}{2t_m} \le \gamma_c (\beta f_w)_{min}$$

- Phần giữa mái theo điều kiện ổn định:

$$\sigma = \frac{\gamma_2 p_n r_1}{2t_m} \le \gamma_c \sigma_{th} = \gamma_c \frac{0{,}1 E t_m}{r_1}$$

p_n là tổng áp lực chân không p_0 và áp lực quy đổi do trọng lượng mái, lớp cách nhiệt gây ra.

t_m - Chiều dày mái.

STEEL STRUCTURE

- Phần nối thân có bán kính $0{,}1r_1$ tính theo lý thuyết vỏ mỏng tròn xoay với các bán kính cong theo phương đường sinh ρ và bán kính theo phương vòng r:

  Theo phương đường sinh kiểm tra với đường hàn đối đầu:

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_2 p_d \rho}{2t_m} \le f_{wt}\gamma_c$$

  Theo phương vòng kiểm tra với đường hàn góc:

$$\tau = \sigma_2 = \sigma_1\left(2 - \frac{r}{\rho}\right) \le \gamma_c\left(\beta f_w\right)_{min}$$

STEEL STRUCTURE

- Bể ít chất lỏng, áp lực dư lớn, đáy bể sẽ bị lồi ra, tức mép bể bị dâng cao lên khỏi mặt đất, vì thế phải bố trí bu lông neo. Lực nhổ tác dụng vào 1 bu lông Z phải nhỏ hơn lực neo G:

$$Z = \frac{\gamma_2 p_d \pi r^2 - \gamma_3 Q}{n} \le G = \gamma_4 \gamma_d A_b h \left(1 + \frac{h}{a} tg\varphi\right)$$

Q - Trọng lượng mái, thân bể và một phần viền quanh đáy (0,5 ~ 1m).

γ_3 - Hệ số độ tin cậy của trọng lượng bể, có lợi nên $\gamma_3 = 0,9$.

n - Số lượng bu lông.

γ_4 - Hệ số độ tin cậy của trọng lượng đất, $\gamma_4 = 0,4$.

γ_d – Trọng lượng riêng đất lèn chặt.

STEEL STRUCTURE

A_b - Diện tích tấm bê tông neo.

h - Chiều sâu chôn tấm bê tông neo.

a - Bán kính tấm bê tông neo (hình tròn) hoặc một nửa cạnh của tấm.

φ - Góc nội ma sát của đất nền.

STEEL STRUCTURE

III. Bể chứa trụ ngang.

1. Cấu tạo.

- Chứa sản phẩm dầu mỏ áp lực dư $p_d \leq 0,2$ MPa, hơi hóa lỏng $p_d \leq 1,8$ MPa, áp lực chân không $p_0 \leq 0,1$ MPa.
- Thể tích $V \leq 100m^3$ (Sản phẩm dầu), $V \leq 300m^3$ (Hơi hóa lỏng).
- Đường kính bể D = 1,4 ~ 4m.
- Chiều dài bể L = 2 ~ 30m.
- Đường kính tối ưu của bể:

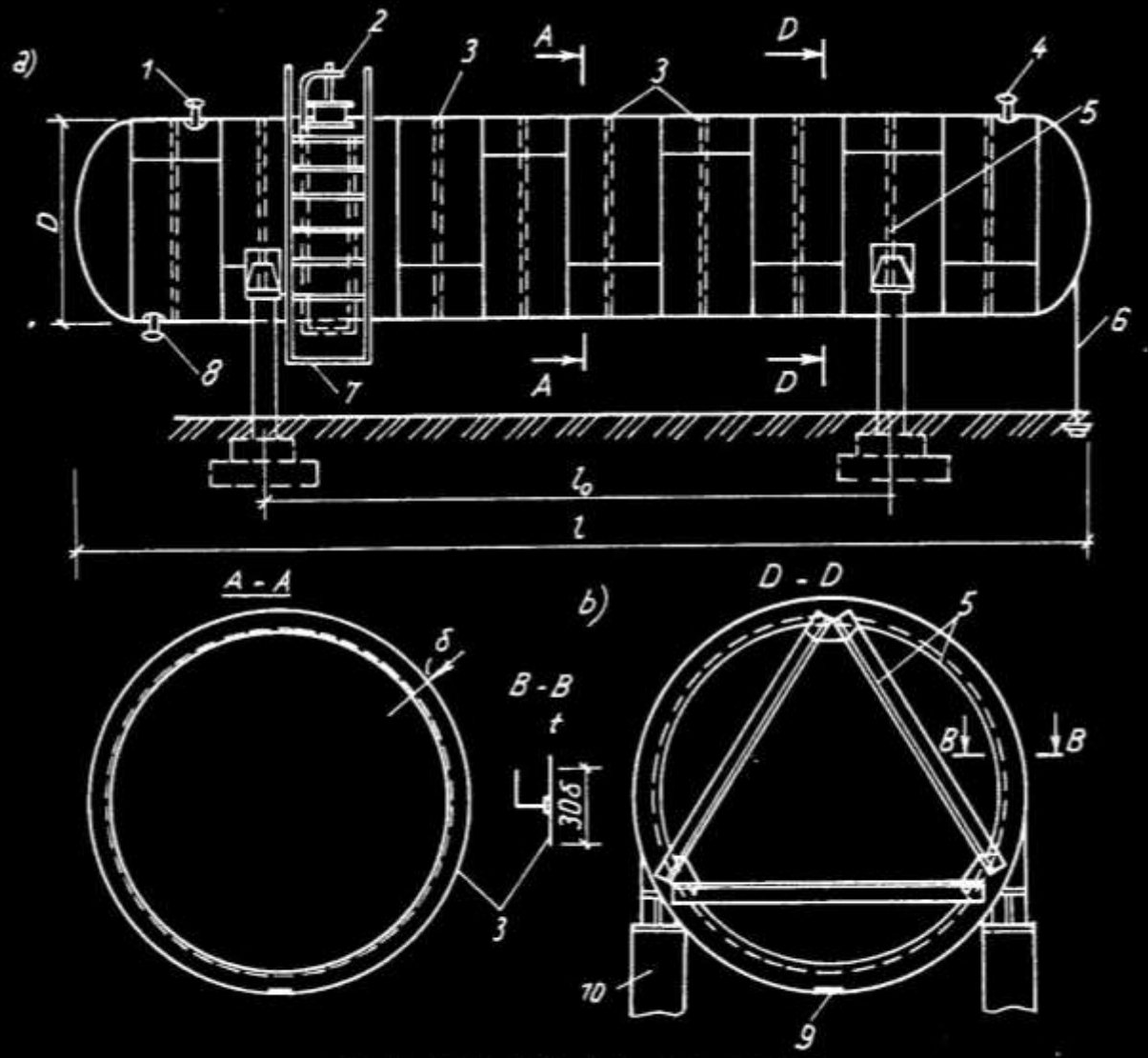
$$p_d \leq 0,07\text{MPa} \Rightarrow D_{tu} = 0,8\sqrt[3]{V}$$

$$p_d > 0,07\text{MPa} \Rightarrow D_{tu} = 0,6\sqrt[3]{V}$$

STEEL STRUCTURE

- Ưu nhược điểm.
  - Hình dạng đơn giản.
  - Tăng đáng kể áp lực dư.
  - Tốn chi phí xây dựng gối tựa.
- Các bộ phận của bể: Thân, đáy, gối tựa.
- Chiều dày tấm thân bể t = 3 ~ 36mm.
- Các khoang thân bể dùng đường hàn đối đầu, chiều rộng khoang bằng thép tấm định hình.
- Khi r / t > 200 phải đặt vành thép góc hàn gia cường thân bể.
- Phải đặt vành cứng tại gối tựa.
- Hình dạng đáy bể: Phẳng, nón, trụ, cầu, elip.
  - $V \leq 100m^3$, $p_d \leq 0,04$ MPa dùng đáy phẳng.

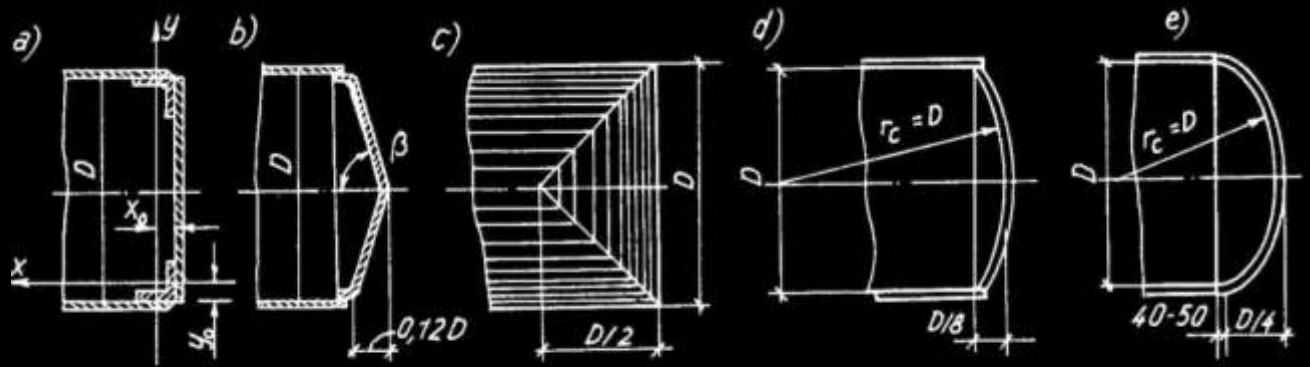
STEEL STRUCTURE



Hình 4.20. **Bể chứa trụ ngang**

1- ống nạp ; 2- lỗ quan sát ; 3- vành cứng ; 4- lỗ thông gió; 5- sườn gối ; 6- dây tiếp đất ; 7- cầu thang ; 8- lỗ hút ; 9- khe ở trên thép góc ; 10- gối đúng.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.21. **Các loại đáy bể trụ ngang**
a) phẳng ; b) nón ; c) trụ ; d) cầu ; e) elip.

STEEL STRUCTURE

- $p_d \leq 0,05$ MPa dùng đáy nón.
- V = 75 ~150 m^3, $p_d \leq 0,07 \sim 0,15$ MPa dùng đáy trụ.
- V = 75 ~150 m^3, $p_d \leq 0,2$MPa dùng đáy cầu hoặc elip.

❖ Gối tựa hình cong lõm bằng bê tông, đá hộc, gạch hoặc gối tựa dạng thanh đứng. Góc mở gối tựa từ 60 ~ 120 độ.

2. *Tính toán.*

- Xác định vị trí gối tựa.
  - Coi bể là một dầm mút thừa, khoảng cách L_0 giữa hai gối được xác định sao cho mô men uốn ở gối và nhịp bằng nhau.

$$M_g = \frac{qc^2}{2} = M_{nh} = q\left(\frac{L^2}{8} - \frac{c^2}{2}\right)$$

c - Độ nhô của côn sơn;

q - Tải trọng tác dụng lên dầm quy đổi;

$$q = \gamma_{bt}\frac{G}{L} + \gamma_1\gamma_{cl}\pi r^2$$

G - Trọng lượng bể;

L - Chiều dài tính toán của bể;

$$L = \frac{V}{\pi r^2}$$

Giải ra được $L_0 = 0{,}586L$

- Kiểm tra bền thân bể.
  - Ứng suất dọc theo phương đường sinh.

$$\sigma_1 = \sigma_1^{'} + \sigma_1^{''} \le f\gamma_c$$

γ_c =0,8 Hệ số điều kiện làm việc.

σ'_1 - Ứng suất do uốn bể, tính như dầm đơn giản.

$$\sigma_1^{'} = \frac{M_{nh}}{W} = \frac{\left(\gamma_{bt}\frac{G}{L} + \gamma_1\gamma_{cl}\pi r^2\right)\left(\frac{L^2}{8} - \frac{c^2}{2}\right)}{\pi r^2 t}$$

W – Mô men kháng uốn của tiết diện bể.

$W = \pi r^2 t$.

$\sigma"_1$ - Ứng suất do áp lực dư và áp lực thủy tĩnh tác dụng lên đáy bể:

$$\sigma_1^{"} \approx \frac{\pi r^2(\gamma_2 p_d + \gamma_1\gamma_{cl} r)}{2\pi rt} = \frac{(\gamma_2 p_d + \gamma_1\gamma_{cl} r)r}{2t}$$

- Ứng suất kéo vòng do áp lực thủy tĩnh và áp lực dư tại vùng dưới của bể.

$$\sigma_2 = \frac{(\gamma_2 p_d + \gamma_1\gamma_{cl} 2r)r}{t} \le f\gamma_c$$

- Kiểm tra bền theo ứng suất tương đương.

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \le f\gamma_c\eta\varphi_f$$

η - Hệ số kể đến đặc tính dễ cháy và dễ nổ của sản phẩm. $\eta = 0,9$.

γ_c =0,8 Hệ số điều kiện làm việc.

φ_f – Hệ số độ bền của liên kết hàn đối đầu khi hàn tự động có hàn đầy hai phía.

$$\varphi_f = \frac{f_{wt}}{f} = 1{,}0$$

- Kiểm tra ổn định thân bể.

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{th1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{th2}} \le 1$$

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_0 p_0 r}{2t}; \sigma_2 = \frac{\gamma_0 p_0 r}{t}$$

σ_{th1}, σ_{th2} xác định như bể trụ đứng.

- Tính đáy bể.

- Tính đáy phẳng. Áp lực dư gây kéo trong đáy và nén trong vành gối. Ứng suất kéo tại trọng tâm đáy là:

$$\sigma_d = \frac{T_d}{t_d}; T_d = \frac{p_d d_d^2}{16 f_0}$$

f_0 - Độ võng tại trọng tâm đáy xác định theo kết quả thí nghiệm:

$$f_0 = \frac{d_d}{4}\sqrt[3]{3p_d\left[\frac{(1-\mu)d_d}{2Et_d} + \frac{d_d^2}{4EA_v}\left(1+\frac{A_v y_0^2}{I_x}\right)\right]}$$

d_d - Đường kính đáy.

A_v - Diện tích thép góc vành đáy.

I_x - Mô men quán tính thép góc vành đáy với trục x.

x_0, y_0 - Tọa độ mặt ngoài thép góc vành với trục x, y là các trục tọa độ qua trọng tâm thép góc vành.

- Đáy nón khi chịu áp lực dư, các ứng suất pháp tính theo công thức:
  - Ứng suất theo phương đường sinh:

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_2 p_d r}{2 t_d \cos\beta}$$

Ứng suất theo phương vòng:

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 p_d r}{t_d \cos\beta}$$

r - Bán kính bể.

β - Góc của đường sinh với trục ngang của bể.

• Kiểm tra ổn định của đáy nón do tác dụng của áp lực chân không và lực dọc theo phương đường sinh theo công thức:

$$\frac{N}{N_{th}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{th2}} \le \gamma_c$$

N - Lực nén dọc trục bể do áp lực chân không tác dụng vào đáy bể gây nên.

$$N \le \gamma_c N_{th}; N = \pi r_1^2 \gamma_0 p_0$$

N_{th} - Lực nén tới hạn dọc trục.

$$N_{th} = 2\pi r' t_d \sigma_{th1} \cos^2 \beta$$

$$r' = \frac{0,9r_1 + 0,1r_0}{\cos\beta}$$

$$\sigma_{th1} = \frac{CEt}{r'}$$

r_1, r_0 - Bán kính đáy và đỉnh nón, $r_1 = r$.

σ_2 - Ứng suất vòng do áp lực p_0.

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_0 p_0 r'}{t_d}$$

$$\sigma_{th2} = 0,55E \frac{r'}{h} \left(\frac{t_d}{r'} \right)^{\frac{3}{2}}$$

h - Chiều cao vỏ nón.

- Đáy cầu có bán kính cong bằng đường kính thân bể, ứng suất do áp lực dư là:

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 p_d r_c}{2t_d}$$

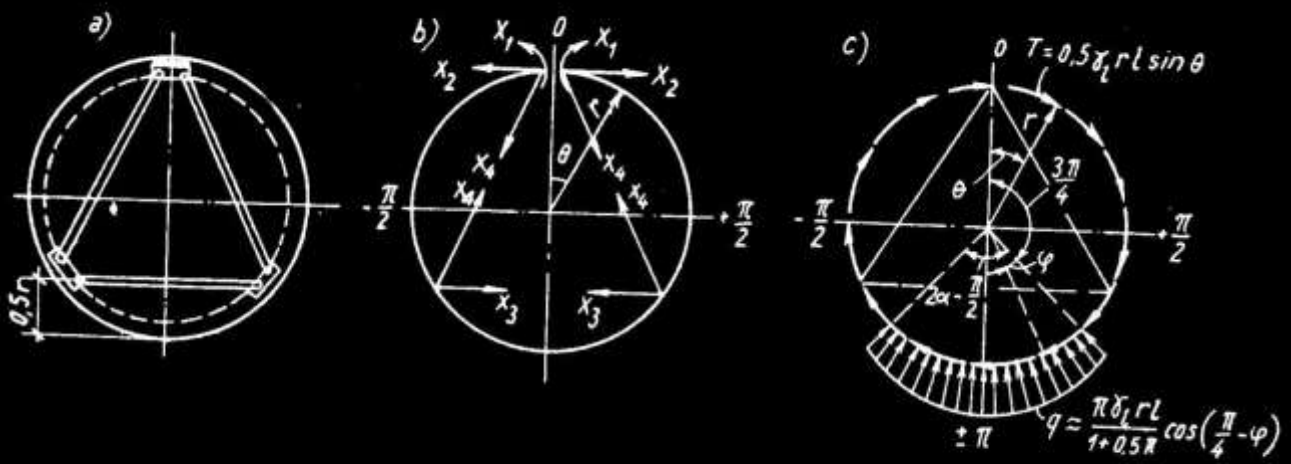
r_c - Đường kính đáy cầu (thường $r_c = 2r$; r - bán kính thân).

• Ổn định của đáy cầu do áp lực chân không kiểm tra theo công thức:

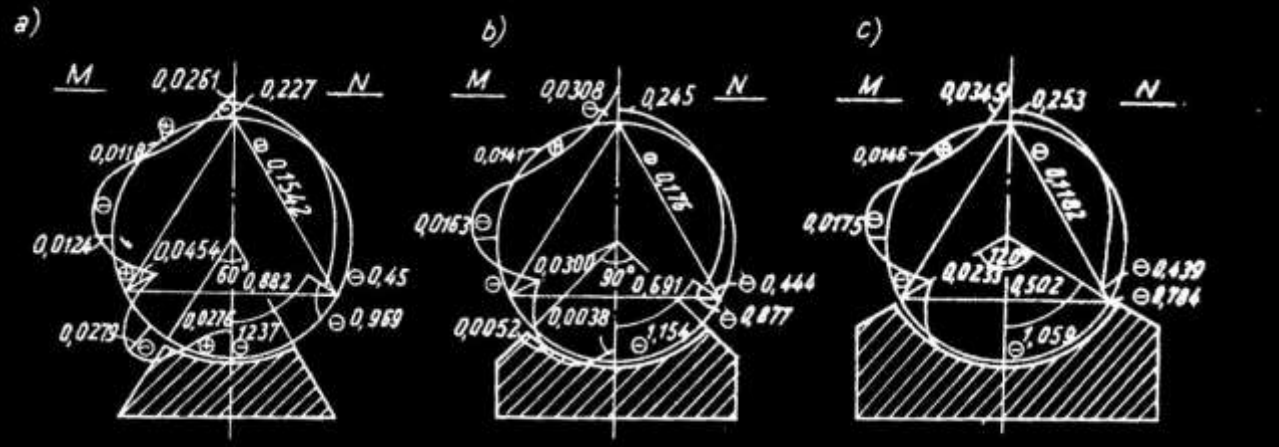
$$\sigma = \frac{\gamma_0 p_0 r_c}{2t_d} \le \gamma_c \sigma_{th} = \gamma_c \frac{0{,}1Et_d}{r_c} \le f\gamma_c$$

- Tính vành gối.
- Vành gối có nội lực lớn nhất khi bể chứa đầy chất lỏng. Vành gối chịu tác dụng của lực trượt T từ vỏ truyền lên và phản lực gối tựa.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.23. Sơ đồ tính vành gối



Hình 4.22. Biểu đồ *M* và *N* trong vành cứng tại gối hình yên ngựa khi góc mở của gối bằng 60^o ; 90^o và 120^o.

STEEL STRUCTURE

- Mô men trong vành gối bằng biểu đồ mô men có sẵn nhân với:

$$\left(\gamma_1\gamma_{cl}L\pi r^2+\gamma_{bt}G\right)\frac{r}{\pi}$$

- Lực dọc trong vành gối bằng biểu đồ lực dọc có sẵn nhân với:

$$\frac{\gamma_1\gamma_{cl}L\pi r^2+\gamma_{bt}G}{\pi}$$

- Tiết diện tính toán của vành gối gồm tiết diện thép góc cộng với phần bản rộng 30t.

STEEL STRUCTURE

IV. Bể cầu.

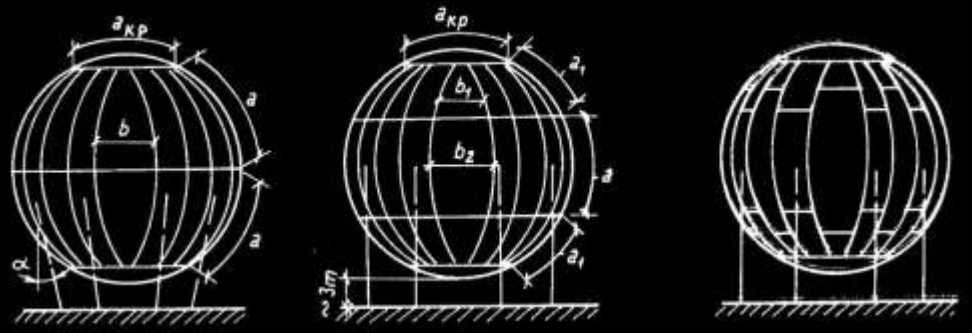
1. Cấu tạo.

- Chứa hơi hóa lỏng áp lực dư p_d = 0,25 ~ 1,8 MPa.
- Thể tích V = 600 ~ 4000m^3.
- Tấm thép cong hai chiều cán nguội hoặc dập nóng.
- Chiều dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 36mm.
- Các tấm dùng hàn đối đầu.
- Gối tựa dạng vành hoặc thanh chống.

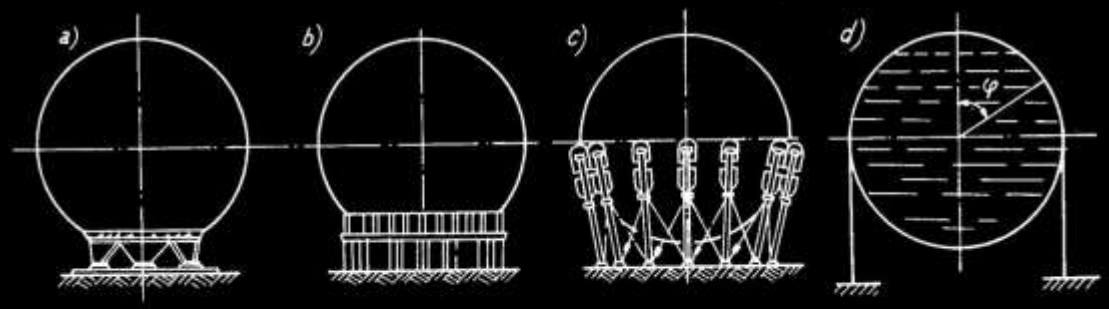
2. Tính toán.

- Thân bể theo điều kiện bền.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.24. Các dạng chia tấm của bể cầu



Hình 4.25. Gối tựa của bể cầu

a; b; c) - các dạng gối bể cầu ; d) - sơ đồ tính ứng suất thân bể.

φ - Góc xác định tại mức điểm khảo sát.

- Khi đầy chất lỏng, tính có áp lực dư:

$$\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 = \frac{[\gamma_2 p_d - \gamma_1 \gamma_{cl}(1-\cos\varphi)r]r}{2t} \le f\gamma_c$$

- Chiều dày thân bể tại điểm thấp nhất:

$$t = \frac{[\gamma_2 p_d - \gamma_1 \gamma_{cl}(1-\cos\varphi)r]r}{2f_{wt}\gamma_c\gamma_n}$$

γ_c =0,7 Hệ số điều kiện làm việc.

γ_n =0,9 Hệ số độ tin cậy đối với tính dễ cháy nổ của vật liệu.

$t_{thực} = t_{tính\ toán}$ + 2mm.

φ - Góc xác định tại mức điểm khảo sát.

- Thân bể theo điều kiện ổn định.
  - Khi nhiệt độ hạ thấp, trong bể xuất hiện áp lực chân không, nếu r / t ≤ 750, thì:

$$\sigma = \frac{\gamma_0 p_0 r_c}{2t_d} \le \gamma_c \sigma_{th} = \gamma_c \frac{0{,}1Et_d}{r_c} \le f\gamma_c$$

- Tính thanh đứng gối bể.
  - Thanh đứng đỡ bể được tính với trọng lượng bể, các trang thiết bị, nước đầy bể và gió. Khi kể đến sự nén lún của một trong số các thanh đứng khi nền lún không đều, nội lực trong một thanh sẽ tăng lên n / (n-1) lần (n là số lượng thanh đứng). Khi đó, nội lực nén trong một thanh là:

$$N = \frac{n}{(n-1)\cos\alpha}\left(1{,}3 \times 4\pi r^2 t \gamma_{bt}\gamma_{th} + V\gamma_1\gamma_{cl} + cW_0\pi r^2\gamma_g \frac{2H}{nr}\right)$$

γ_{bt} , γ_1 , γ_g - Hệ số độ tin cậy của trọng lượng bể, trọng lượng chất lỏng và gió. γ_{bt} = 1,05; γ_1 = 1,0; γ_g = 1,2.

γ_{th} , γ_{cl} - Trọng lượng riêng của thép và chất lỏng.

c - Hệ số khí động của gió. c = 0,5.

W_0 - Áp lực gió tiêu chuẩn.

H - Khoảng cách từ mặt đất đến trọng tâm diện tác dụng của gió.

STEEL STRUCTURE

BÀI 5 - BỂ CHỨA KHÍ

I. Phạm vi dùng, phân loại.

- Chứa khí, pha trộn khí, điều chỉnh áp lực trong mạng khí.
- Dùng trong nhà máy luyện kim, nhà máy hóa chất, hóa dầu hoặc cấp khí đốt.
- Phân làm:
  - Bể chứa có thể tích không đổi là bể áp lực thấp: p_d = 0,004 ~ 0,005 MPa.
  - Bể chứa có thể tích thay đổi là bể áp lực cao: p_d = 0,25 ~ 2,0 MPa.

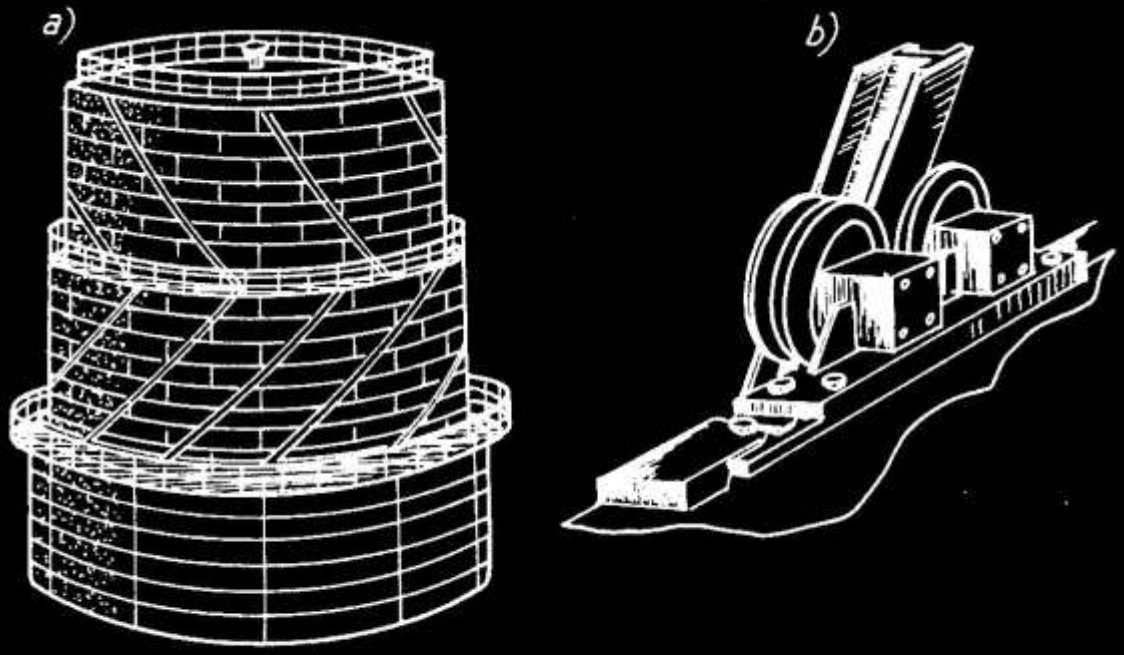
STEEL STRUCTURE

II. Bể chứa có thể tích thay đổi.

1. Bể ướt.

- Cấu tạo.
  - V = 100 ~ 30000m^3.
  - Gồm:
    - Dưới cùng là bể trụ đứng cố định, chứa đầy nước
    - Trên cùng là ống mái đáy dưới hở, phía trên có dạng cầu thoải.
    - Giữa ống mái và bể trụ là các ống lồng có thể chuyển động lên xuống theo các trụ định hướng.
    - Trụ định hướng.
    - Cầu thang, sàn công tác, móng vòng, ống nhận và cấp khí.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.26. **Dạng chung bể ướt**
a) trụ định hướng xoắn ốc ; b) con lăn định hướng.

STEEL STRUCTURE

- Trụ định hướng có thể dạng thẳng đứng cố định hoặc xoắn ốc.
- Cấu tạo bể chứa, thân ống mái, ống lồng giống bể trụ đứng.
- Kích thước tối ưu của bể lấy theo điều kiện:

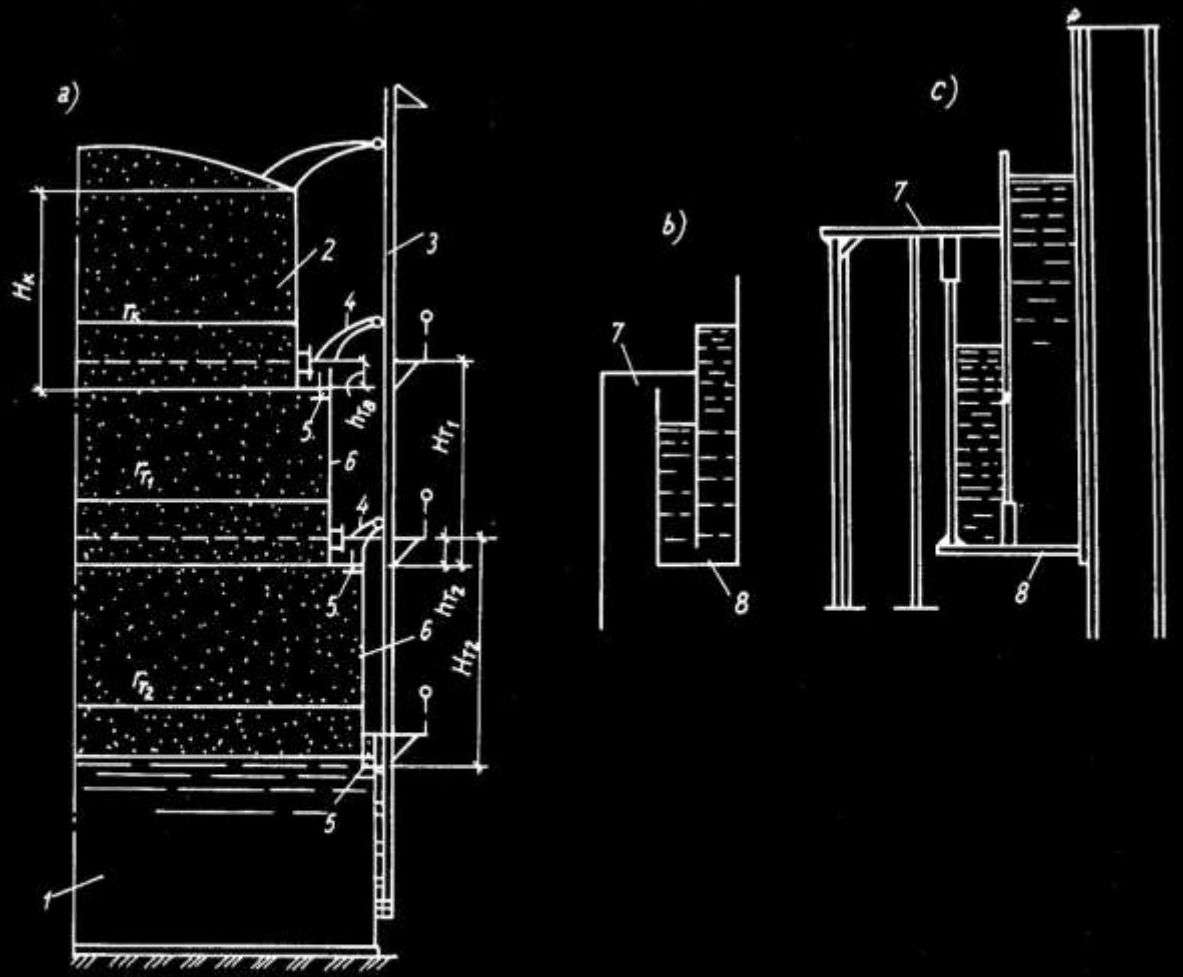
$$D \approx H$$

D - Đường kính trung bình của bể.

H - Chiều cao của bể khi ống mái ở vị trí cao nhất.

- Khi $V \leq 10000m^3$, thì không cần ống lồng (chỉ có bể trụ và ống mái).
- Sử dụng máng nước để đảm bảo tính kín của bể.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.27. **Sơ đồ bể ướt**

1- bể nước ; 2- ống mái ; 3- thanh định hướng ; 4- con lăn định hướng trên ; 5- con lăn định hướng dưới ; 6- ống lồng ; 7- máng trên ; 8- máng dưới.

- Để khống chế áp lực hơi, trên chu vi mái và trong các ống lồng cần đặt các vật nặng (bê tông, gang).

❖ Tính toán.

- Áp lực dư trong bể đạt giá trị lớn nhất p_{dmax} khi ống mái ở vị trí trên cùng:

$$p_{d\max} = \frac{4}{\pi D^2}\left[Q - \gamma_{th} V_t - V(\gamma_{kk} - \gamma_k)\right]$$

p_{dmax} - Áp lực dư lớn nhất đối với bể chứa hơi. p_{dmax} = 0,1MPa.

D - Đường kính ống mái.

Q - Tổng trọng lượng của ống mái, ống lồng, nước trong van, đối trọng.

γ_{th} - Trọng lượng riêng của thép.

V_t - Thể tích phần ngập trong nước của ống mái, ống lồng trung gian.

V - Thể tích khí trong bể.

γ_{kk} , γ_k - Trọng lượng riêng không khí và khí chứa trong bể.

- Chiều dày của thân bể chứa t_b được tính theo công thức:

$$t_b = \frac{[\gamma_1 \gamma_{cl} h_x + \gamma_2 p_d] r}{f_{wt} \gamma_c}$$

γ_c =0,8 Hệ số điều kiện làm việc của bể nước.

h_x - Độ sâu từ mặt nước đến điểm khảo sát.

r - Bán kính bể.

STEEL STRUCTURE

- Chiều dày ống mái và ống lồng:

$$t = \frac{\gamma_2 p_d r}{f_{wt}\gamma_c}$$

γ_c =1,0 Hệ số điều kiện làm việc của ống mái và ống lồng.

t thường lấy lớn hơn hoặc bằng 3 ~ 5mm.

- Mái chịu áp lực dư và tính như vỏ cầu thoải:

$$t_m = \frac{\gamma_2 p^*_d r_c}{2 f_{wt}\gamma_c}$$

γ_c =1,0 Hệ số điều kiện làm việc của mái.

$p^*_d = p_d - g_m$.

r_c - Bán kính mái cầu.

- Cột định hướng tính như côn sơn ngàm ở dưới, chịu tải trọng thẳng đứng của các sàn công tác và lực gió tác dụng lên thành bể truyền qua bánh xe tì lên cột.
- Trọng lượng sơ bộ của đối trọng:

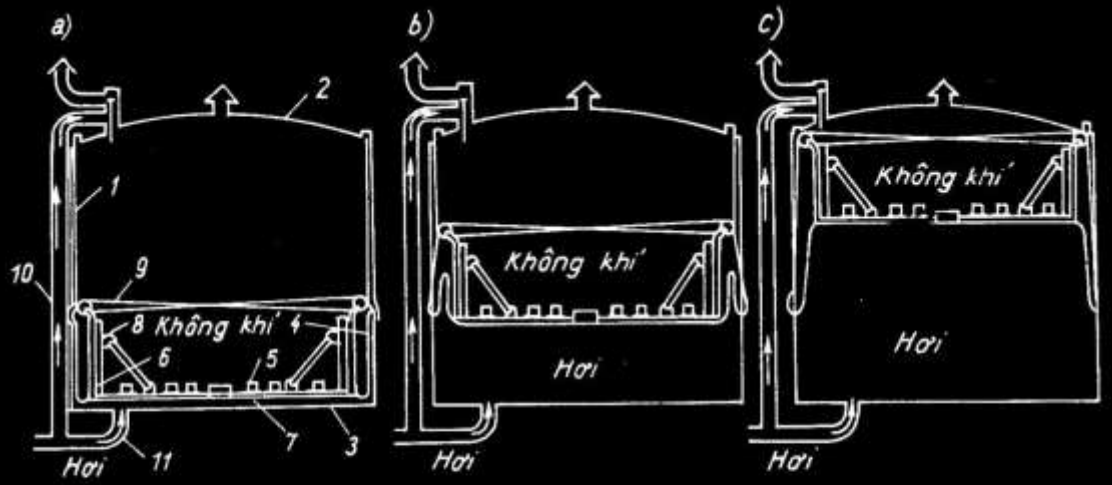
$$Q^* = \frac{p_d \pi D^2}{4}$$

2. Bể khô.

❖ Cấu tạo.

- Chứa hơi nồng độ cao (lớn hơn hoặc bằng 99%) và không cho phép bị ẩm (êtylen, propylen...)
- V = 10000 ~ 600000m^3.
- Gồm: Vỏ trụ, đáy phẳng, mái hình cầu có sườn.

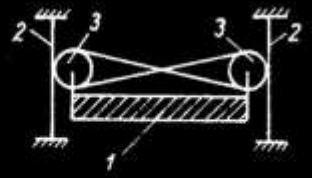
STEEL STRUCTURE



Hình 4.28. **Sơ đồ làm việc của bể khô**

a) không chứa hơi ; b) hơi nửa bể ; c) hơi đầy bể

1- thân bể ; 2- mái bể ; 3- đáy bể ; 4- gioăng vải tẩm cao su ; 5- đối trọng bêtông ; 6- thân píttông ; 7- đáy pittông ; 8- thanh chống ; 9- dây giữ thăng bằng cho pittông ; 10- ống dứng xả hơi ; 11- ống nạp hơi.



Hình 4.29. **Hệ thống giữ thăng bằng của pittông**

1- pittông ; 2- cáp ; 3- bánh xe

STEEL STRUCTURE

- Trong là pittông bằng khung thép và thép tấm.
- Gioăng bằng vải tẩm cao su giữa thành bể và pittông.
- Hệ ròng rọc, cáp giữ thăng bằng cho pittông.
- Đặt vật nặng trên đáy pittông để giữ áp lực cho bể.
- Van đỉnh là van an toàn.

❖ Tính toán.

- Tính như bể trụ đứng chịu áp lực dư.
- Chiều dày thân bể t = 5mm.
- Chú ý kiểm tra ổn định của bể khi không chứa hơi và chịu áp lực chân không.

STEEL STRUCTURE

III. Bể chứa có thể tích không đổi.

1. Đặc điểm.

- Chứa hơi lấy từ lòng đất dưới áp lực lớn và vòng quay sản phẩm khí trong một ngày đêm lớn.
- p_d = 0,07 ~ 2 MPa. (Thể tích bể nhỏ nhưng lượng hơi lớn).
- Có bể hình trụ và bể hình cầu.

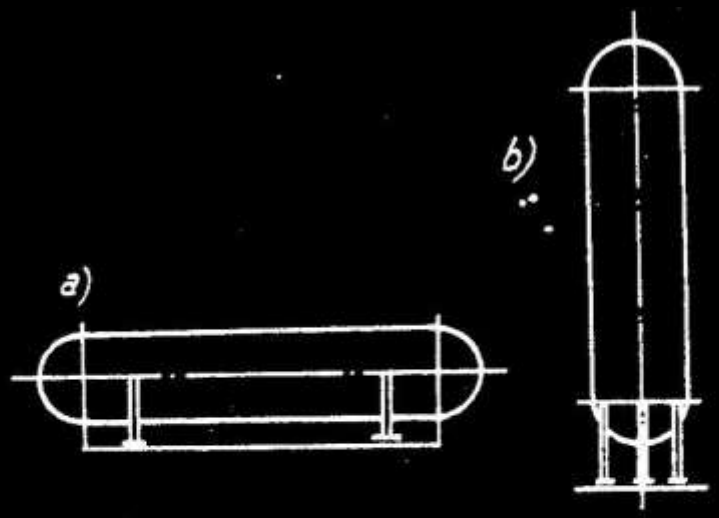
2. Bể hình trụ.

- Cấu tạo.
  - Gồm thân hình trụ và 2 đáy.
  - Đáy dạng bán cầu hoặc elip.
  - V = 50 ~ 300 m^3.
  - Bể trụ ngang hoặc đứng.

STEEL STRUCTURE

- Bố trí sườn vòng tại vị trí gối tựa.
- Đường kính tối ưu của bể:

$$D_{tu} = \sqrt[3]{0,575V}$$



Hình 4.30. **Bể chứa khí có thể tích không đổi**
a) bể trụ ngang ; b) bể trụ đứng.

STEEL STRUCTURE

Hình 4.31. **Bể chứa khí trụ ngang**

STEEL STRUCTURE

- Tính toán.
  - Chiều dày thân trụ theo điều kiện bền.

$$t = \frac{\gamma_2 p_d D}{2 f_{wt} \gamma_c}$$

  - Chiều dày đáy cầu:

$$t_d = \frac{\gamma_2 p_d D}{4 f_{wt} \gamma_c}$$

γ_c =0,7 Hệ số điều kiện làm việc.

  - Để giảm hiệu ứng biên, chỗ nối thân và đáy được cấu tạo cong thoải và đáy có chiều dày t_d = (2 / 3 ~ 3 / 4)t.
  - Vành cứng làm bằng thép hình hoặc tổ hợp. Vành cứng hàn với thân bể. Vành cứng có nội lực lớn nhất khi bể đầy nước lúc thử tải

Bằng thủy lực. Lúc đó, lực trượt giữa thân bể và vành tính theo công thức:

$$T_\varphi = T_0 \sin\varphi = \frac{Q}{2\pi r}\sin\varphi$$

T_0 - Lực trượt gối tựa.

Q - Trọng lượng bể và nước.

φ - Góc tọa độ với phương đứng.

- Lực dọc trong vành khi $0 \le \varphi \le \pi / 2$:

$$N = \frac{Q}{2\pi}\left(\frac{1}{4}\cos\varphi + \frac{\cos\varphi\cos 2\varphi}{4} + \frac{\sin\varphi\sin 2\varphi}{4} - \frac{\varphi\sin\varphi}{2}\right)$$

- Vành được kiểm tra dưới tác dụng đồng thời của mô men uốn và lực dọc.
- Tiết diện tính toán kể thêm 30t thân.

- Khi áp lực dư không lớn, vành làm bằng thép góc có thanh chống phụ như bể trụ ngang chứa chất lỏng.

2. Bể hình cầu.

- Cấu tạo và tính toán.
  - Giống bể cầu chứa hơi hóa lỏng.
  - V = 600 ~ 1000 m^3.

STEEL STRUCTURE

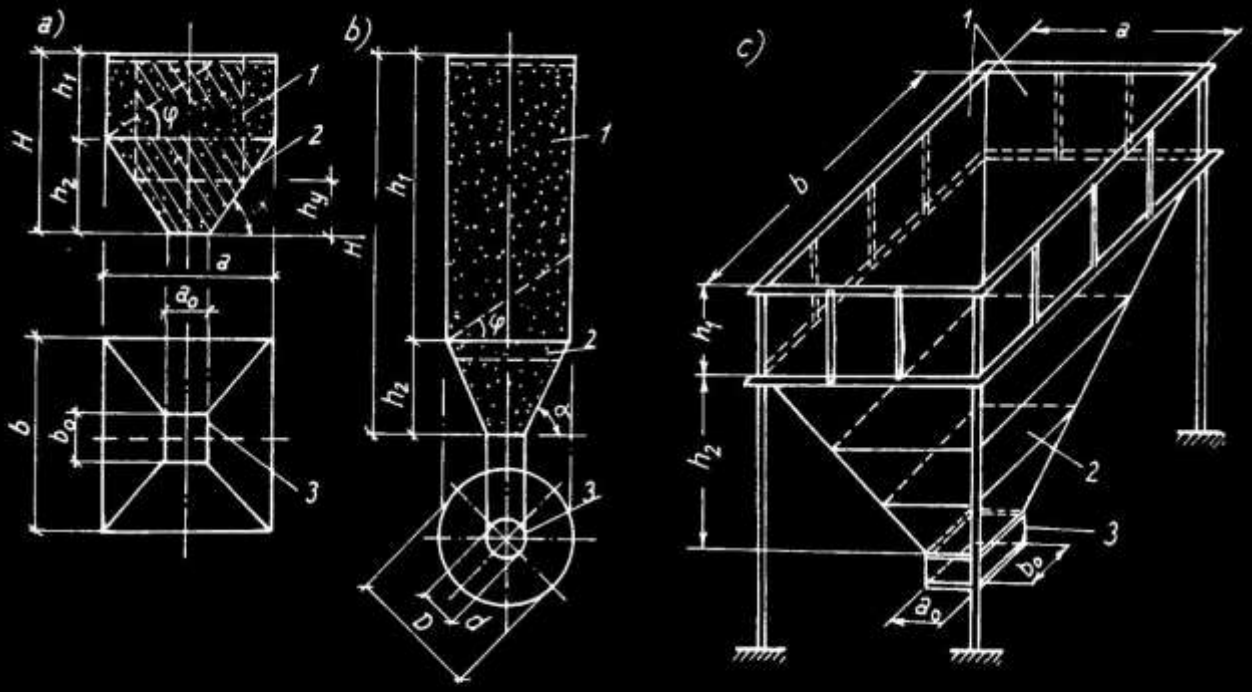
BÀI 6 - BUNKE VÀ XILÔ

I. Khái niệm chung.

- Chứa và vận chuyển vật liệu hạt.
- Bunke: H ≤ 1,5b; Mặt bằng hình tròn, chữ nhật
- Xilô H > 1,5b; Mặt bằng hình tròn.
- Để vật liệu thoát ra dễ dàng, góc nghiêng phễu phải lớn hơn góc nội ma sát của vật liệu từ 5 ~ 10 độ, thường lớn hơn hoặc bằng 60 độ.
- Miệng phễu hình tròn, vuông, chữ nhật.
- Kích thước tối ưu của miệng phễu:

$$a_0 = k(b_v + 80)tg\varphi$$

STEEL STRUCTURE



Hình 4.32. **Sơ đồ kết cấu bunke (a, c) ; và xilô (b)**
1- thân ; 2- phễu ; 3- lỗ thoát vật liệu.

a_0 = a, d ,b = 300 (cát khô) ~ 1500 (quặng, sắt vụn, than đá).

k - Hệ số kinh nghiệm, k = 2,4 ~ 2,6.

b_v - Cạnh lớn nhất của hạt vật liệu (mm).

φ - Góc nội ma sát của vật liệu hạt (độ).

- Lót gang (6 ~ 10mm), gỗ tại các thành nghiêng để không bị lõm do va chạm với vật liệu hạt.
- Vật liệu:
  - Bunke thành phẳng và xilô dùng thép các bon thường
  - Bunke mảnh dùng thép hợp kim thấp.
- Dùng hàn đối đầu.

STEEL STRUCTURE

II. Bunke thành phẳng.

1. Cấu tạo.

- Phân làm 2 kiểu: trụ - tháp và trụ - máng.
- Gồm
  - Thân (hình lăng trụ): Sườn dọc, sườn ngang, tấm thành.
  - Phễu (hình chóp cụt hoặc máng kéo dài): Sườn ngang, tấm thành.
  - Cột đỡ.
  - Dầm bunke.
  - Hệ giằng dọc.

STEEL STRUCTURE

Hình 4.33. **Bunke thành phẳng**

STEEL STRUCTURE

2. *Tính toán.*

- Tải trọng.
  - Tĩnh tải: trọng lượng bản thân kết cấu 0,01 ~ 0,012 kN/m^2 mặt bằng.
  - Tải trọng gió.
  - Hoạt tải trên sàn không lớn hơn 4 kN/m^2.
  - Áp lực vật liệu:
    - Áp lực thẳng đứng tiêu chuẩn $q^c = \gamma_v h$.
    - Áp lực ngang tiêu chuẩn $p^c = k\gamma_v h$.

    γ_v - Trọng lượng riêng vật liệu hạt.

    k - Tỷ số áp lực ngang và đứng.

    $$k = tg^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$$

    φ - Góc nội ma sát vật liệu. = 20 ~ 50 độ.

    h - Độ cao điểm khảo sát.

STEEL STRUCTURE

- Hệ số độ tin cậy của tải trọng.
  - Tĩnh tải $\gamma_1 = 1,1$.
  - Tải trọng gió $\gamma_3 = 1,2$.
  - Áp lực vật liệu $\gamma_2 = 1,3$.
- Hệ số điều kiện làm việc.
  - $\gamma_c = 0,8$ Kết cấu thép bản của thành và dầm bunke.
  - $\gamma_c = 1,0$ Kết cấu khác.
- Tính toán thân lăng trụ.
  - Phần thân tính như bản chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều của vật liệu hạt (lấy theo giá trị trung bình của từng ô bản), làm việc chịu uốn, liên kết khớp với các sườn. Mô men uốn ở giữa ô bản của dải rộng đơn vị là:

$$M = M_d - Nf$$

M_d - Mô men uốn giữa nhịp của dầm đơn giản tương ứng.

N - Lực kéo trong ô bản.

$$N = \sqrt[3]{\frac{Et}{1-\mu^2} \times \frac{(\gamma_2 p^c)^2 l^2}{24}}$$

l - Khoảng cách giữa các sườn cứng.

μ - Hệ số poisson.

E - Mô đun đàn hồi của thép.

t - Chiều dày của bản.

f - Độ võng giữa nhịp bản.

$$f = \frac{4\gamma_2 p^c l^2}{\pi^3 (N + N_E)}$$

Với: $N_E = \frac{\pi^2 E t^3}{12(1-\mu^2)l^2}$

- Phần phễu phía dưới: Tính như phần thân, thay áp lực ngang tiêu chuẩn p^c bởi:

$$p_\alpha^c = (\cos^2\alpha + k\sin^2\alpha)q^c$$

- Kiểm tra bền thép bản thành bunke:

$$\sigma = \frac{N}{t} \pm \frac{M_{max}}{W} = \frac{N}{t} \pm \frac{6M_{max}}{t^2} \le f\gamma_c$$

M_{max} - Mô men lớn nhất trong các ô bản ở cùng một bộ phận (hộp trên hoặc phễu).

- Đối với những phần thân của phễu cần kể đến tác dụng đồng thời của lực kéo dọc theo phương đứng N_y:

$$\sigma = \frac{N}{t} + \frac{N_y}{t} \pm \frac{6M_{max}}{t^2} \le f\gamma_c$$

$$N_y = \frac{\gamma_2 \gamma_v V_y}{2(a_y + b_y)}$$

V_y - Thể tích khối vật liệu.

$$V_y = \frac{h_y}{6}\left[a_0 b_0 + (a_0 + a_y)(b_0 + b_y) + a_y b_y\right] + a_y b_y (H - h_y)$$

a_y, b_y - Kích thước mặt bằng phễu ở độ cao y.

H - Chiều cao toàn bộ bunke.

a_0, b_0 - Kích thước miệng dưới phễu.

h_y - Chiều cao phần phễu từ mút dưới của phễu đến tiết diện khảo sát.

- Độ võng của bản phải thỏa mãn điều kiện:

$$\Delta \le [\Delta] = \frac{1}{50} l$$

STEEL STRUCTURE

- Tính toán sườn.

$$q_a = \frac{\gamma_2 p_\alpha^c (h_i + h_{i+1})}{2\sin\alpha}$$

$$N_a = q_b \frac{l_b}{2}$$

- Sườn ở các mặt nối khớp:

$$M_a = \frac{q_a l_a^2}{8}$$

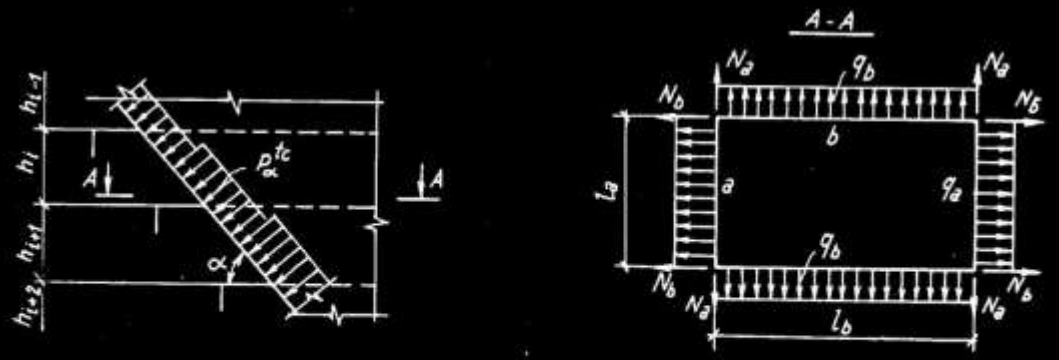
- Sườn ở các mặt nối ngàm:

$$M_n = \frac{q_a l_a^3 + q_b l_b^3}{12(l_a + l_b)}$$

- Kiểm tra bền:

$$\sigma = \frac{N}{A_s} + \frac{M}{W_s} \le f\gamma_c$$

STEEL STRUCTURE



Hình 4.34. Sơ đồ tính sườn cứng của phễu

Khi tính cho sườn theo cạnh *a* :

γ_c = 1,0 Hệ số điều kiện làm việc.

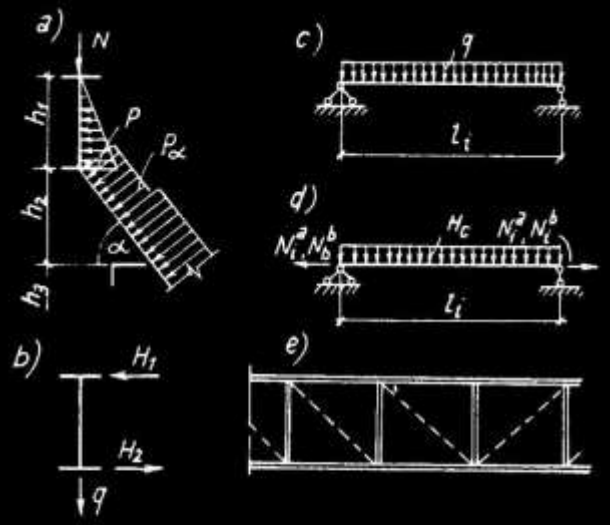
A_s, W_s - Diện tích và mô men kháng uốn của sườn tính toán (sườn và phần bản có bề rộng 30t).

- Độ võng của sườn khi liên kết ngàm:

$$\Delta = \frac{1}{384}\frac{q_a^c l_a^4}{EI_s} \le [\Delta] = \frac{1}{250} l_a$$

- Tính dầm bunke.
  - Sơ đồ tính là dầm đơn giản.
  - Tải trọng đứng và ngang gây ra bởi: Trọng lượng bản thân kết cấu, áp lực vật liệu và hoạt tải sàn.
  - Tải đứng q gây uốn cho tiết diện chữ I.
  - Tải ngang H_1, H_2 (do p) chỉ gây uốn cho cánh.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.35. **Sơ đồ tính dầm bunke**

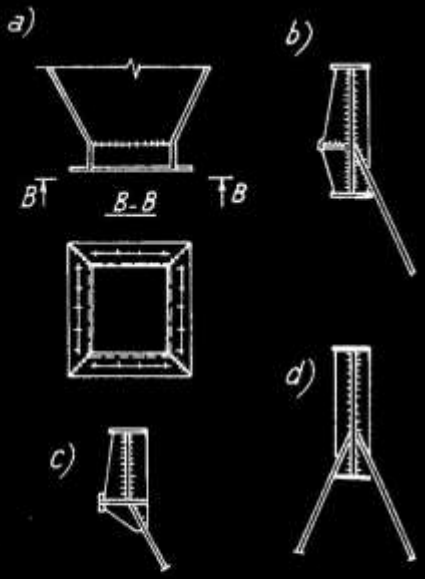
a) tải trọng tác dụng ;

b) vị trí đặt tải trọng ngang và đứng ;

c) sơ đồ tính dầm khi chịu tải đứng ;

d) sơ đồ tính cánh dầm khi chịu tải ngang ;

e) phương án sơ đồ tính bản bụng của dầm.



Hình 4.36. **Chi tiết nối một số bộ phận của bunke**

a) lỗ thoát vật liệu ; b,c,d) các cách nối phễu với dầm bunke.

STEEL STRUCTURE

- Dầm chịu lực dọc N_a (N_b), tính giống sườn của phễu.
- Ứng suất kiểm tra là tổng ứng suất do q, H và N gây ra.
- Các sườn cứng của dầm bunke bố trí giống dầm thường, tính chịu nén do lực cắt V của dầm và uốn do tải trọng ngang p của vật liệu.
- Khi bố trí sườn tối đa mà bản bụng dầm vẫn không đảm bảo ổn định cục bộ thì tiết diện của bản bụng sẽ bị loại khỏi tiết diện tính toán của dầm. Dầm sẽ làm việc theo sơ đồ dàn. Thanh đứng của dàn là sườn ngang, thanh xiên (chịu kéo) là bản bụng. Diện tích tính toán của cánh được cộng thêm dải bụng rộng:

$$b = 15t_b\sqrt{\frac{f}{210}}$$

STEEL STRUCTURE

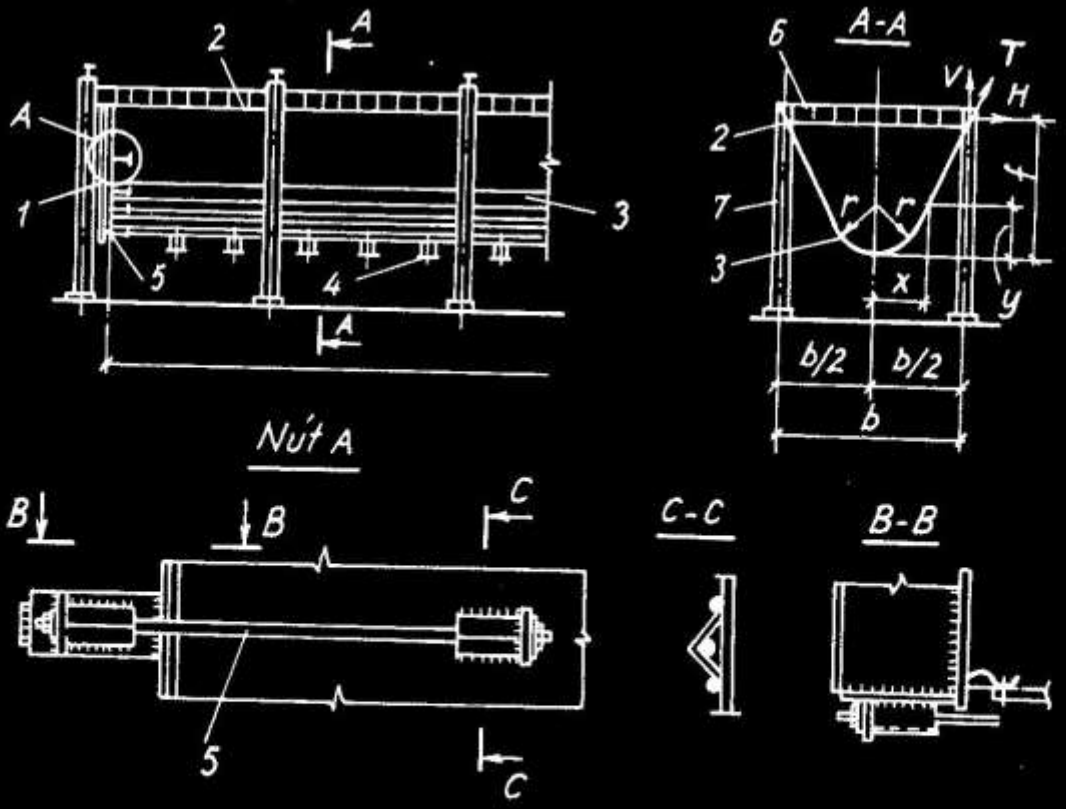
III. Bunke mảnh (bunke treo).

1. Cấu tạo.

- Là vỏ trụ hở được treo lên hai dầm dọc chịu lực. Các dầm tựa lên cột.
- Hai đầu bunke là các tấm cứng thẳng đứng. Tấm cứng liên kết với vỏ treo bằng hệ thanh căng.
- Khe hở giữa tấm cứng và vỏ có tấm lót.
- Hoàn toàn không có sườn cứng (làm việc như kết cấu treo).
- Thể tích chứa lớn (đến 10000 tấn quặng).
- Phương trình hình dạng bunke:

$$y = 2f\left[3\left(\frac{x}{b}\right)^2 - 2\left(\frac{x}{b}\right)^3\right]$$

STEEL STRUCTURE



Hình 4.37. **Bunke mảnh (dạng parabôn)**

1- tường dầu (tấm cứng) ; 2- dầm dọc ; 3- vỏ treo ; 4- lỗ tháo vật liệu ; 5- thanh căng ;6 - dầm chống ngang ; 7- cột.

hoặc:

$$y = 4f\left(\frac{x}{b}\right)^2$$

- Diện tích ngang và thể tích bunke.

$$A = \frac{5}{8}fb$$

$$V = \frac{5}{8}fbL$$

L - Chiều dài bunke.

- Quan hệ tối ưu giữa nhịp b và chiều cao vỏ f:

$$\frac{b}{f} = 1{,}4$$

2. *Tính toán.*

- Dùng lý thuyết dây mềm, chỉ chịu kéo. Tính với một dải có chiều dài một đơn vị.

$$V = \frac{5}{16}\gamma_2\gamma_v fb$$

$$H = \frac{5}{48}\gamma_2\gamma_v b^2$$

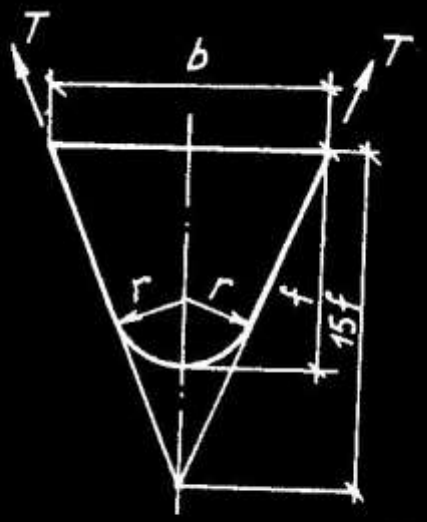
$$T = \sqrt{V^2 + H^2}$$

- Chiều dày vỏ:

$$t \geq \frac{T}{f\gamma_c} \quad \text{hoặc} \quad t \geq \frac{T}{f_{wt}\gamma_c}$$

- Dầm dọc thường có chiều cao 3 ~ 4m, vì vậy bản bụng khá mảnh, phải kiểm tra ổn định tại gối theo lực cắt.

STEEL STRUCTURE



Hình 4.38. **Sơ đồ bunke**

- Tại nơi treo vỏ, dầm được tăng cường bởi các sườn dọc. Lực kéo ngang được tiếp nhận bởi các sườn đứng, hàn ở mặt ngoài bản bụng.
- Các sườn được tính toán chịu uốn, tiết diện tính toán gồm tiết diện sườn cộng thêm với dải bản bụng rộng $30t_w$.

IV. Xilô.

1. Tính thân trên.

- Thân xilô hình trụ, được tính theo nội lực kéo vòng và lực nén thẳng đứng. Lực kéo vòng:

$$N_v = \gamma_2 p^c \frac{D}{2\gamma_c}$$

γ_c = 0,8 Hệ số điều kiện làm việc.

γ_2 = 1,3 Hệ số độ tin cậy của tải trọng.

STEEL STRUCTURE

D - Đường kính xilô.

p^c - Áp lực ngang của vật liệu.

$$p^c = \frac{z\gamma_v r}{f_{ms}}$$

γ_v , f_{ms} - Trọng lượng riêng và hệ số ma sát của vật liệu hạt.

r - Bán kính thủy lực. r = A / u.

A, u - Diện tích và chu vi tiết diện ngang xilô.

z – Hệ số.

$$z = 1 - e^{\frac{-kf_{ms}y}{r}}$$

y - Khoảng cách từ mặt thoáng vật liệu đến điểm khảo sát.

k - Tỷ số giữa áp lực ngang và đứng.

- Đối với phần dưới của thân, ở khoảng 2/3 chiều cao xilô, lực vòng N_x được nhân với hệ số m = 2 để kể đến các tác động phụ khi tháo tải, làm lạnh vỏ xilô, do tác dụng của khí nén khi tháo tải, do vật liệu trong xilô sập đổ ...
- Lực nén thẳng đứng trong thân xilô do lực ma sát của vật liệu hạt gây ra:

$$N_{y1} = \gamma_2 r\left(\gamma_v y - q^c\right)$$

q^c - Áp lực thẳng đứng của vật liệu:

$$q^c = \frac{z\gamma_v r}{f_{ms} k}$$

Lực nén N_y còn phải kể đến trọng lượng bản thân kết cấu, các trang thiết bị trên mái và tải trọng gió.

2. *Tính phễu hình nón.*

- Phễu hình nón chịu tác dụng của lực kéo vòng theo phương ngang và lực kéo theo phương đường sinh.

  - Lực kéo vòng:

$$N_v = \frac{m\gamma_2 p_\alpha^c D_p}{2\gamma_c \sin\alpha}$$

$$p_\alpha^c = \left(\cos^2\alpha + k\sin^2\alpha\right)q^c$$

α - Góc nghiêng của phễu với phương ngang.

D_p - Đường kính phễu tại điểm khảo sát.

  - Lực kéo theo phương đường sinh:

$$N_0 = \frac{m\gamma_2}{\gamma_c} \times \frac{q^c D_p}{4\sin\alpha} + \frac{nP_p}{\pi D_p \sin\alpha}$$

P_p - Trọng lượng phễu và vật liệu ở dưới tiết diện khảo sát.

m - Hệ số kinh nghiệm.

• m = 1 với vật liệu hạt và sản phẩm thức ăn gia súc.

• m = 1,25 với vật liệu dạng bột, cám.

• m = 2 với vật liệu khác.

3. Kiểm tra ổn định của xilô.

❖ Thân xi lô được kiểm tra ổn định như đối với vỏ trụ, tải trọng gồm:

➢ Trọng lượng bản thân kết cấu, trang thiết bị.

➢ Tải trọng trên mái.

➢ Tải trọng gió (khi không có vật liệu hạt bên trong).

- Ngoài ra phải kiểm tra ổn định thân trụ theo phương thẳng đứng do:
  - Lực nén N_y.
  - Các tải thẳng đứng khác.
- Ứng suất tới hạn được tăng lên do ảnh hưởng có lợi của áp lực ngang p^c. Giá trị tăng thêm bằng:
  - Khi $\frac{p^c}{E}\left(\frac{D}{2t}\right)^2 < 1{,}2$ thì $\Delta\sigma_{th1} = 0{,}19\frac{p^c D}{2t}$
  - Khi $\frac{p^c}{E}\left(\frac{D}{2t}\right)^2 \geq 1{,}2$ thì $\Delta\sigma_{th1} = 0{,}229E\frac{2t}{D}$