

TARTÁLYOK SÍK ZÁRÓFELÜLETÉNEK GAZDASÁGOS MÉRETEZÉSE

ECONOMICAL DESIGN OF FLAT ENDS IN PRESSURE VESSELS

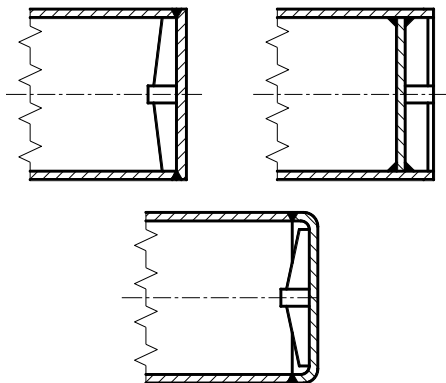
Orbán Ferenc, PhD, professzor emeritus, PTE-MIK Gépészmérnöki Tanszék, Fenyvesi Sándor, tanársegéd, PTE-MIK Gépészmérnöki Tanszék, Vasvári Gyula Ferenc, tanársegéd, PTE-MIK Gépészmérnöki Tanszék

1. ABSTRACT

In standard applications commonly used pressure vessels are closed by ellipsoidal or hemispherical ends. In certain cases, we use flat ends, because of space limitations or to ease the manufacturing process. The use of flat ends without stiffeners is not economical, because the plate thickness is large. The circular plates can be attached with radial ribs (stiffeners). The cross-section of radial beams is rectangular (flat) or has a halved I-section. In this paper we will show a simple calculation to determine the number and dimension of stiffeners.

2. BEVEZETÉS

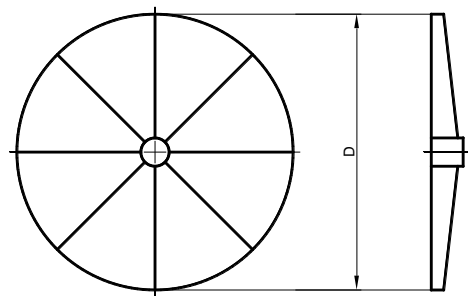
A tartályok zárófelületek általában domborított edényfenekeket használnak ritkábban sík felületűeket. Bizonyos esetekben például helyszűke vagy egyszerűbb gyártás miatt lehet sík lemezt alkalmazni. Ha síklemezt alkalmazunk úgy nagy falvastagságok adódnak, de ha bordázattal látjuk el a síklemezt úgy a lemezvastagság csökkenthető. A bordázat kerülhet a tartály belsejébe, vagy a síklemez külső oldalára.



1. ábra Bordázott síklemez kialakítások

3. BORDÁZOTT SÍKLEMEZ

A síklemezt radiális bordákkal merevítjük 2. ábra.



2. ábra Radiális bordázat

A bordákat nem hegesztjük a köpenyhez, így a legnagyobb igénybevétel a lemez közepén adódik a bordákban. Úgy tekintjük, hogy a lemez szélei csuklós megfogásúak, ami nem teljesen igaz, ugyanis kisebb-nagyobb nyomaték terheli a lemez szélét, amit most elhanyagolunk.

4. A SZÁMÍTÁS MENETE

A sík zárófelület vastagságának meghatározása. A szélein felfekvő körcikk alakú lemezben keletkező nyomaték, ha egyenletesen megoszló terhelés terheli [1].

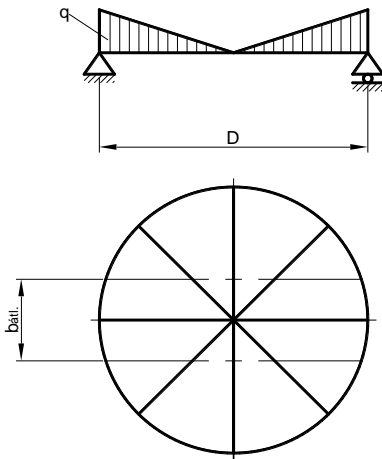
$$M_t = \beta_1 \cdot p \cdot R^2 \quad (1)$$

ahol,

β_1 – hajlítónyomaték tényező

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_t}{t^2} \leq f_{y1} \quad (2)$$

Borda méret meghatározása 3. ábra.



3. ábra Borda és lemez terhelése

A megoszló terhelés:

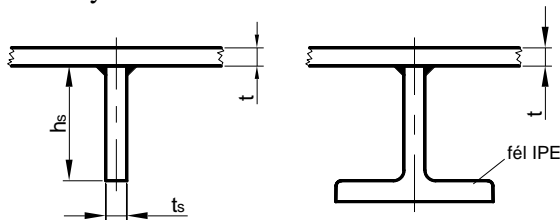
$$q = \frac{D \cdot \pi}{n} \cdot p \quad (3)$$

A nyomaték:

$$M_{MAX} = \frac{q \cdot D^2}{24} \quad (4)$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{W_2} \leq f_{y1} \quad (5)$$

A bordák lehetnek lapos bordák és T szelvényűek 4. ábra.



4. ábra Borda keresztmetszetek

A tartályok külső átmérője: D. A számításokat D=2000 mm és D=3000 mm értékekkel végeztük. A köpeny falvastagsága 6 mm, illetve a nagyobb átmérő esetén 8 mm. A terhelés p=2 bar túlnyomás. A bordák száma n= 6, 8, 10, 12 és 15. Anyagminőség S235 .

A hajlítónyomaték a körcikk alakú lemezben

$$M_t = \beta_1 \cdot p \cdot R^2 \quad (6)$$

$$M_t = 0,0183 \cdot 0,2 \cdot 994^2 = 3616 \text{ N} \quad (7)$$

A szükséges lemezvastagság:

$$t \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M_t}{f_{yi}}} \quad (8)$$

$$t \geq \sqrt{\frac{6 \cdot 3616}{213,6}} \cong 10,07 \quad (9)$$

Válasszuk t= 10 mm és további vizsgálatokban ellenőrizzük.

$$\sigma_{MAX} = \frac{M}{W_z} \leq f_{y1} \quad (10)$$

$$M = q \cdot \frac{D^2}{24} \quad (11)$$

$$M = 157 \cdot \frac{1988^2}{24} = 25853,6 \text{ N} \quad (12)$$

Lapos borda esetén:

$$A = b_{\text{átl.}} \cdot t + h_s \cdot t_s \quad (13)$$

$$A = 390 \cdot 10 + 180 \cdot 12 = 6060 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

$$e = \frac{A_f \cdot \frac{t}{2} + h_s \cdot t_s \cdot (t + \frac{h_s}{2})}{A} \quad (15)$$

$$e = \frac{3900 \cdot 5 + 2160 \cdot 100}{6060} = 38,86 \text{ mm} \quad (16)$$

$$I_y = \frac{b_{\text{átl.}} \cdot t^3}{3} + \frac{t_s \cdot h_s^3}{3} - A(e - t)^2 \quad (17)$$

$$I_y = \frac{39 \cdot 1^3}{3} + \frac{1,2 \cdot 18^3}{3} - 60,6 \cdot 2,886^2 \quad (18)$$

$$I_y = 1841 \text{ cm}^4 \quad (19)$$

$$W_y = \frac{1841}{15,1} = 121,9 \text{ cm}^3 \quad (20)$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{25853,6}{121,9} = 212 \text{ N/mm}^2 \quad (21)$$

Minden esetben meghatároztuk a bordázott síklemez térfogatát és gyártási költségét [2].

A költségfüggvény:

$$K = k_m \cdot \rho \cdot V + k_f \cdot \sum T_i \quad (22)$$

ahol,

k_m, k_f – az anyag és gyártási költségtényező

ρ – anyagsűrűség

V - térfogat

T_i – gyártási idők.

Célszerű az alábbi alakban írni:

$$\frac{K}{k_m} = \rho \cdot V + \frac{k_f}{k_m} \cdot (T_1 + T_2 + T_3) \quad (23)$$

Az előkészítés, összeállítási és fűzési idő:

$$T_1 = C_1 \cdot \Theta \cdot \sqrt{\kappa \cdot \rho \cdot V} \quad (24)$$

ahol:

C_1 – az összeszerelés tényezője
 Θ – bonyolultsági tényező
 κ – az összehegesztendő elemek száma

A hegesztési idő

$$T_2 + T_3 = 1,3 \cdot \sum C_{2i} \cdot a_{wi}^n \cdot L_{wi} \quad (25)$$

ahol,

C_{2i} és n – az alkalmazott hegesztés-technológiától és varratalaktól függő tényező

a_{wi}^n – a varratméretek

L_{wi} – a varrathosszak

1. táblázat Bordaméretek Ø2000 esetén

n	t	$h_s \cdot t_s$	V dm ³
6	12	210x12	52,8
8	10	180x12	48,68
10	(9)10	180x10	49,4
12	8	185x8	44,93

2. táblázat Bordaméretek Ø3000 esetén

n	t	Fél IPE	V dm ³
8	16	360	200,3
10	14	330	192,8
12	12	300	181,6
15	10	300	191,7

3. táblázat Költségek \$-ban különböző bordaszámoknál Ø2000 esetén

n	T ₁	T ₂ +T ₃	K _f /K _m =1	K _f /K _m =2
6	122	56	542,5	770,5
8	126	74,7	550	718
10	142	93,9	582	778,8
12	145	63	560,7	768

4. táblázat Költségek \$-ban különböző bordaszámoknál Ø3000 esetén

n	T ₁	T ₂ +T ₃	K _f /K _m =1	K _f /K _m =2
8	263	112	1947	2322
10	280	140	1933	2353
12	292	168	1885	2345
15	329	210	2043	2583

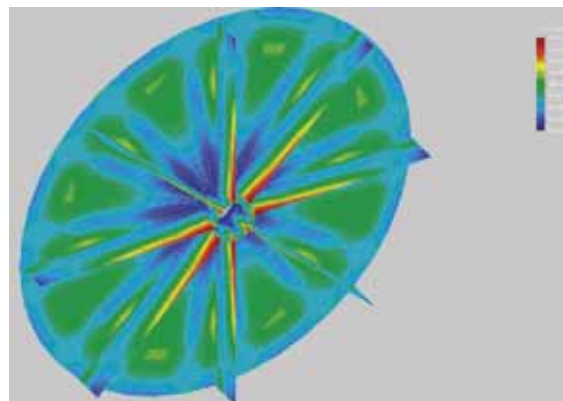
Ha térfogat minimumra törekszünk, úgy a több borda kisebb térfogatot ad. Ha a költségeket tekintjük, úgy az n=12 bordaszám ad kisebb költséget.

5. VÉGESELEM MODELL

A végeelemes vizsgálatnál az volt a célunk, hogy a modell helyességét igazoljuk.

Adatok D=2000 mm; n=8; h=180 mm; t=12 mm; t=10 mm. A sík zárófelületekbe keletkező max. feszültség: 216 MPa, a bordában a keletkező max. feszültség: 212 MPa.

Cosmos alapján zárófelületben a maximális feszültség: 148 MPa bordában 211,7 MPa.



5. ábra Cosmos analízis

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk egy könnyen használható számítási modellt mutat be a bordázott sík zárófelületek számítására. A végeelemes vizsgálatok azt mutatták, hogy a körlemez csuklós feltételezése esetén túl nagy lemezvastagság adódik. Célszerűbb a [3] könyvben megadott képlettel számolni. Itt a bordák közé beírható legnagyobb kör átmérőjét definiálja és így

$$t = K_2 \cdot D' \cdot \sqrt{\frac{p}{f_m}} = 8,7 \text{ mm} \quad (26)$$

a legközelebbi szabványos falvastagság 10 mm. Ha költségeket tekintjük úgy minden esetben érdemes vizsgálni az optimális bordaszámot.

7. IRODALOM

- [1] Thimosenko S., Woinowsky-Krieger S.: Theory of plates and shells, New York, 1959.
- [2] Farkas J., Jármay K.: Fémszerkezetek innovatív tervezése, Miskolc, 2015.
- [3] Szántay B.: Vegyipari készülékek szerkesztése, Budapest, 1963.