

Gépelemek mechatronikai mérnököknek

Vári Gergő (MQHJ0H)

2025. október 2.

Karimás csőkötés tervezése



1. ábra: Összeállított modell

1. Házi feladat

Név: Vári Gergő.....

Neptun kód: MQHJ0H.....

Gyakorlatvezető: Szabó Gyula.....

1. A feladat bevezetése

A megadott adatokkal tervezzon egy csővéget vakkarimával lezáró csavarkötést és szilárdságilag ellenőrizze az elemeket.

2. A feladat értékelése

Az elérhető maximális pontszám 15 pont.

3. Adatok

A belső üzemi nyomás, p_i :15..... bar.

A cső névleges átmérője, DN :80..... mm.

A vezeték folyadékot szállít.

4. A feladat részletezése

- Vázolja fel méretarányosan a konstrukció előtervét!
- Számítsa ki a vakkarima minimálisan szükséges vastagságát, majd válasszon szabványos méretű lemezvastagságot!
- Válasszon megfelelő méretű lapos tömítést és számítsa ki a minimálisan szükséges tömítő erőt!
- Számítsa ki az üzemi nyomásból a csavarra jutó terhelést!
- Egy reális biztonsági tényező felvételével határozza meg a csavar előfeszítését és számítsa ki a szükséges meghúzási nyomatékot!
- Határozza meg a csavarban ébredő egyenértékű feszültséget és válassza ki a csavar megfelelő anyagát!
- Készítse el a kötés összeállítási rajzát! Jelölje rajta a főbb méreteket!

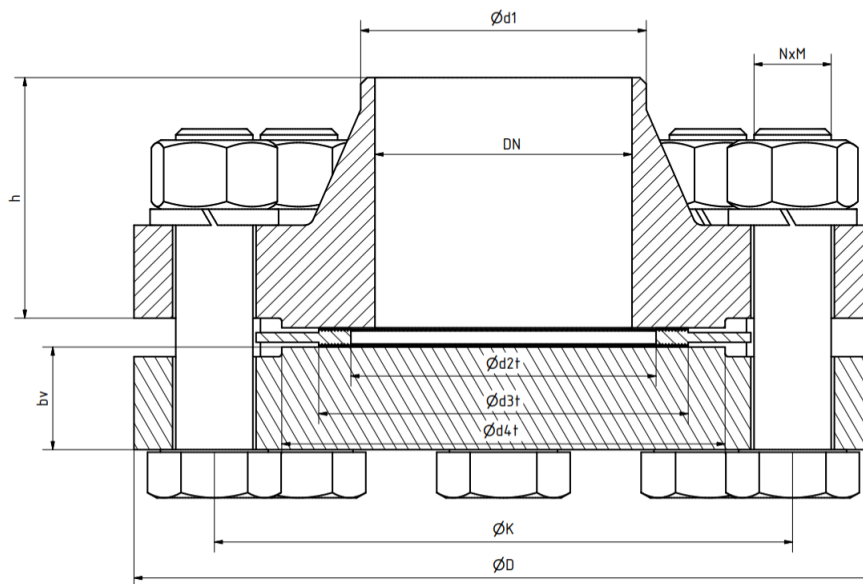
Beadási határidő: a hallgatói tájékoztatóban leírtaknak megfelelően

A feladat beadásával kijelentem, hogy ezt a feladatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint idéztem, vagy azonos tartalommal, de átfogalmazva más tartalomtól átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával jelöltem. Ennek megszegése a TVSZ 135§ értelmében kerül szankcionálásra!

Tartalomjegyzék

1	Konstrukció előterve	1
2	Vakkarima vastagsága és karima szabványok	2
2.1	Szabvány -és anyagválasztás	2
2.2	Előtervek	2
2.3	Minimális vastagság	4
3	Tömítés kiválasztása	5
3.1	Minimális tömítőerő	5
3.2	Szabvány -és anyagválasztás	6
3.3	Előterv	6
4	Csavarra jutó terhelés	7
5	Csavar előfeszítése és meghúzási nyomatéka	7
5.1	Csavar szabvány	7
5.2	Meghúzási nyomaték	8
6	Csavar anyagválasztás	9
6.1	Redukált feszültség	9
6.2	Méretezés	9
7	Összeállítási rajz	

1 Konstrukció előterve



2. ábra: Konstrukció előtervének rajza

A csavaranyák alá rugós alátét¹ lett helyezve annak érdekében hogy ne csavarodjanak le. A karima és a vakkarima egy tömítést fog közre.

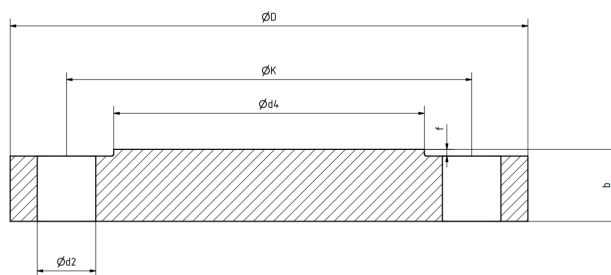
¹DIN 127 - A24 szabvány alapján.

2 Vakkarima vastagsága és karima szabványok

2.1 Szabvány -és anyagválasztás

A 15 [bar] üzemi nyomás miatt a EN 1092-1 Type 11 - WNRF PN100 szabványt lett használva a karimához. A vakkarimához ugyanezen okból a DIN 2527/E PN100 szabvány lett választva. Munkaléces² felületek kelljenek, hogy ne az egész sík felületet kelljen megmunkálni a tömítésnek. Anyagnak S235³ acél megfelel. ($\sigma_{hajl} = 290$ [MPa])

2.2 Előtervek⁴



3. ábra: Vakkarima előtervének rajza

$$D = 230 \text{ [mm]}$$

$$f = 3 \text{ [mm]}$$

$$d_4 = 138 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 26 \text{ [mm]}$$

$$K = 180 \text{ [mm]}$$

$$b = 32 \text{ [mm]}$$

D : vakkarima külső átmérő [mm]

f : kiugrás [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérő [mm]

d_2 : csavar lyukkör [mm]

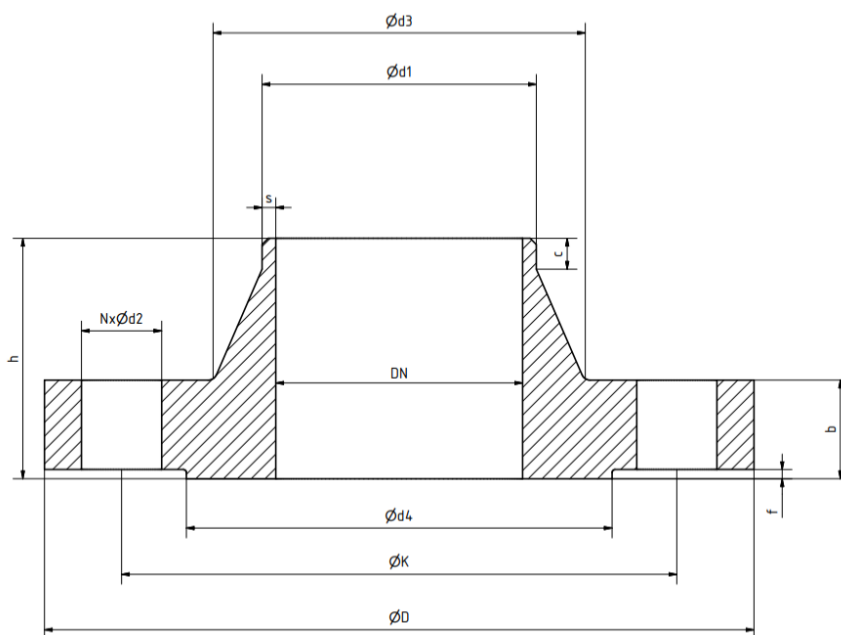
K : csavarok középátmérő [mm]

b : vakkarima magassága [mm]

²A feladathoz mellékelt segédletből ötletet merítve. (6. oldal)

³Mellékelt Anyagok táblázatból választva.

⁴Előtervek a EN 1092-1 Type 11 - WNRF PN100 és a DIN 2527/E PN100 szabványok alapján.



4. ábra: Karima előtervének rajza

$$D = 230 \text{ [mm]}$$

$$f = 3 \text{ [mm]}$$

$$d_4 = 138 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 26 \text{ [mm]}$$

$$s = 4.45 \text{ [mm]}$$

$$N = 8 \text{ [db]}$$

$$K = 180 \text{ [mm]}$$

$$b = 32 \text{ [mm]}$$

$$d_3 = 120 \text{ [mm]}$$

$$d_1 = 88.9 \text{ [mm]}$$

$$M = M24$$

$$h = 78 \text{ [mm]}$$

D : karima külső átmérő [mm]

f : kiugrás [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérő [mm]

d_2 : csavar lyukkör [mm]

s : falvastagság [mm]

N : csavarok [db]

K : csavarok középtátrő [mm]

b : csavarok alap

és tömítési sík távolság [mm]

d_3 : kúp alsó átmérője [mm]

d_1 : cső csatlakozás külső [mm]

M : csavar [mm]

h : karima magasság [mm]

2.3 Minimális vastagság⁵

A terhelés egy d_t átmérőjű körön átadódó egyenletesen eloszlódó és feltehető hogy a törés egy egyenletes vonal mentén lesz. A vakkarimára ható erő a súlypontba lett felvéve (y_k, y_d) .

$$d_t = \frac{(d_1 - 2s) + d_4}{2} = 109 \text{ [mm]} \quad (1)$$

$$y_k = \frac{k}{\pi} \quad (2)$$

$$y_d = \frac{2}{3} \frac{d_t}{\pi} \quad (3)$$

$$(4)$$

$$b_{\min} = \frac{d_t}{2} \sqrt{\frac{3p_{\ddot{u}}}{\sigma_{\text{hajl}}} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right)} = 5.243 \text{ [mm]} \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{d_t^2}{4} \frac{3p_{\ddot{u}}}{b_{\min}^2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right) = 7.783 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{hajl}}}{\sigma} = 37.26 [-] \quad (7)$$

d_t : tömítés középátmérő [mm]

d_1 : cső csatlakozás külső [mm]

s : falvastagság [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérő [mm]

k : csavar lyukkör [mm]

y_k, y_d : súlypont távolsága a vakkarima kör középpontjától [mm]

b_{\min} : karima minimális vastagsága [mm]

$p_{\ddot{u}}$: belső üzemi nyomás [MPa]

σ_{hajl} : maximális hajlító feszültség [MPa]

σ : hajlító feszültség minimális karima vastagsággal [MPa]

n : biztonsági tényező [-]

⁵A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (5. oldal)

3 Tömítés kiválasztása

3.1 Minimális tömítőerő⁶

A belső nyomás miatti csőerő hat ellen az üzemi nyomásnak. A gyűrűfelületi csőerő nyom ellen a gyűrű alsó felülete alá benyomódó folyadéknak. A minimális tömítő erő szükséges ahhoz hogy a tömítetség kialakuljon. Ezek összege adja a csavarra ható üzemi erőt.

$$z = \frac{d_{2t} - d_{1t}}{2} = 10 \text{ [db]} \quad (8)$$

$$b_t^* = 9 + 0.2z = 11 \text{ [mm]} \quad (9)$$

$$F_{\text{cső}} = \frac{DN^2 \pi}{4} p_{\text{ü}} = 7519.822 \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_{\text{p}} = \frac{(d_t^2 - DN^2) \pi}{4} p_{\text{ü}} = 6457.151 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$F_{\text{töm}} = n_t p_{\text{ü}} \pi d_t b_t^* = 7345.2 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_{\text{csavar üzemi}} = F_{\text{cső}} + F_{\text{p}} + F_{\text{töm}} = 21\,342.174 \text{ [N]} \quad (13)$$

$$n_{\text{bizt}t} = 1.4 \text{ [-]} \quad (14)$$

$$F_{\text{csavar szerelési}} = n_{\text{bizt}t} F_{\text{csavar üzemi}} = 29\,879.044 \text{ [N]} \quad (15)$$

z : fogak száma [db]

b_t^* : tömítés hatásos szélessége⁷ [mm]

$F_{\text{cső}}$: belső nyomásból származó csőerő [N]

F_{p} : belső nyomásból származó gyűrűfelületi erő [N]

$F_{\text{töm}}$: minimális tömítő erő [N]

$F_{\text{csavar üzemi}}$: csavarokra ható üzemi erő [N]

$n_{\text{bizt}t}$: csavarokra ható szerelési erőhöz választott biztonsági tényező [-]

$F_{\text{csavar szerelési}}$: csavaroknál alkalmazott szerelési erő [N]

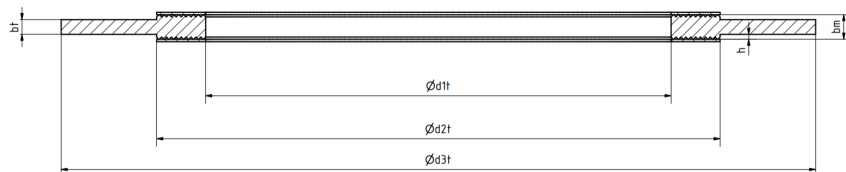
⁶A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (7. oldal)

⁷Képlete a feladathoz mellékelt segédletből. (8. oldal, 3. táblázat)

3.2 Szabvány -és anyagválasztás

A DIN EN 1514-6 B29A PN100 szabvány lett választva és ez a tömítés nagy nyomásokat is kibír. 1.4541 fémből és egy PTFE borításból készül ahol a fém fésűk deformálják a műanyagot az előfeszítés hatására ezzel előidézve a tömítőerőt.

3.3 Előterv⁸



5. ábra: Tömítés előtervének rajza

$$d_{1t} = 95 \text{ [mm]}$$

$$d_{2t} = 115 \text{ [mm]}$$

$$d_{3t} = 154 \text{ [mm]}$$

$$b_t = 3 \text{ [mm]}$$

$$b_m = 5 \text{ [mm]}$$

$$h_{\min}^{\max} = \begin{matrix} 0.3 \text{ [mm]} \\ 0.5 \text{ [mm]} \end{matrix}$$

d_{1t} : tömítés belső átmérő [mm]

d_{2t} : tömítés felfekvő felület külső átmérő [mm]

d_{3t} : távtartó gyűrű külső átmérő [mm]

b_t : távtartó gyűrű vastagság [mm]

b_m : fém mag magasság [mm]

h_{\min}^{\max} : szerelés utáni/előtti távolsága

PTFE lemezeknek a vasmag tetejétől [mm]

⁸Előterv a DIN EN 1514-6 B29A PN100 szabvány alapján.

4 Csavarra jutó terhelés⁹

A csavar terhelésének kiszámításához a legnagyobb fellépő erő szükséges.

$$F_v = \frac{F_{\text{csavar szerelési}}}{n} = 3734.88 \text{ [N]} \quad (16)$$

F_v : csavar terhelése [N]

$F_{\text{csavar szerelési}}$: csavaroknál alkalmazott szerelési erő [N]

n : csavarok száma [db]

5 Csavar előfeszítése és meghúzási nyomatéka

5.1 Csavar szabvány¹⁰

$$p = 3 \text{ [mm]}$$

$$d_{3cs} = 20.319 \text{ [mm]}$$

$$d_{2cs} = 22.051 \text{ [mm]}$$

$$d_w = 33.6 \text{ [mm]}$$

$$b = 54 \text{ [mm]}$$

$$l = 100 \text{ [mm]}$$

$$\beta = 60 [^\circ]$$

$$\mu_{\min}^{\max} = \frac{0.1}{0.14} [-]$$

p : menet emelkedés [mm]

d_{3cs} : orsó magátmérő [mm]

d_{2cs} : csavar középátmérő [mm]

β : menetprofil szöge [°]

μ_{\min}^{\max} : súrlódási tényező¹¹ [-]

⁹A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (9. oldal)

¹⁰ISO 4014 szabvány alapján kapott értékek.

¹¹MSZ EN 24014 szabvány alapján kapott értékek.

5.2 Meghúzási nyomaték¹²

α menetemelkedési szög számítható eddigi adatainkból. A látszólagos súrlódási félkúpszög (ρ') pedig az ismert súrlódási tényezőkből. A csavar meghúzásához szükséges nyomaték ($M_{\text{meghúzási}}$) a csavar mentén (M_{csavar}) -és az anya homlokfelületén (M_{anya}) ébredő súrlódás összege.

$$\alpha = \arctan \frac{p}{d_{2cs}\pi} = 2.48 [^\circ] \quad (17)$$

$$\mu'_{\min} = \frac{\mu_{\max}}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (18)$$

$$\rho'_{\min} = \arctan \mu'_{\min} = \frac{6.587 [^\circ]}{9.183 [^\circ]} \quad (19)$$

$$d_a = \frac{d_w + M}{2} = 28.8 [\text{mm}] \quad (20)$$

$$M_{\text{csavar}}^{\min} = F_v \frac{d_{2cs}}{2} \tan \left(\alpha + \rho'_{\min} \right) = \frac{6571.065 [\text{Nmm}]}{8499.683 [\text{Nmm}]} \quad (21)$$

$$M_{\text{anya}}^{\min} = F_v \frac{d_a}{2} \mu'_{\min} = \frac{5378.228 [\text{Nmm}]}{7529.52 [\text{Nmm}]} \quad (22)$$

$$(23)$$

$$M_{\text{meghúzási}}^{\min} = M_{\text{csavar}}^{\min} + M_{\text{anya}}^{\min} = \frac{11\,949.293 [\text{Nmm}]}{16\,029.202 [\text{Nmm}]} \quad (24)$$

α : menetemelkedés szöge $[^\circ]$

μ_{\min} : súrlódási tényező $[-]$

β : menetprofil szöge $[^\circ]$

d_a : anya felvekvő felület középtátmérő $[\text{mm}]$

M : csavar $[\text{mm}]$

d_{2cs} : menet középtátmérő $[\text{mm}]$

M_{csavar}^{\min} : menet súrlódása $[\text{Nmm}]$

F_v : csavar terhelése $[\text{N}]$

ρ'_{\min} : látszólagos súrlódási félkúpszög $[^\circ]$

M_{anya}^{\min} : csavaranya felülete alatti súrlódás $[\text{Nmm}]$

$M_{\text{meghúzási}}^{\min}$: meghúzási nyomaték $[\text{Nmm}]$

¹²A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (9-10. oldal)

6 Csavar anyagválasztás¹³

6.1 Redukált feszültség

A legnagyobb igénybevételre (σ_{red}) kell méretezni és ez a húzó (σ) illetve csavaró (τ) nyomaték összege.

$$A_e = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}} + d_{3\text{cs}}}{2}\right)^2 \pi}{4} = 352.49 [\text{mm}^2] \quad (25)$$

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} = 10.6 [\text{MPa}] \quad (26)$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}} + d_{3\text{cs}}}{2}\right)^3 \pi}{16} = 1866.88 [\text{mm}^3] \quad (27)$$

$$M_{\text{csavar}} = M_{\text{anya}_{\text{max}}} \quad (28)$$

$$\tau = \frac{M_{\text{csavar}}}{K_p} = 4.033 [\text{MPa}] \quad (29)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 12.691 [\text{MPa}] \quad (30)$$

6.2 Méretezés¹⁴

A kiszámolt feszültséggel már lehet szilárdsági osztályt választani és a 3.6-os megfelel az igényeknek (hiszen R_{eH} nagyobb az elvártnál).

$$R_{\text{eH}} = 180 [\text{MPa}] \quad (31)$$

$$n_{\text{bizt}_{\text{cs}}} = \frac{R_{\text{eH}}}{\sigma_{\text{red}}} = 14.183 [-] \quad (32)$$

A_e : csavarerőt vivő keresztmetszet terület $[\text{mm}^2]$

$d_{2\text{cs}}$: menet középméret $[\text{mm}]$

$d_{3\text{cs}}$: orsó magátméret $[\text{mm}]$

σ : húzó feszültség $[\text{MPa}]$

F_v : csavar terhelése $[\text{N}]$

K_p : csavar keresztmetszet poláris másodrendű nyomaték $[\text{mm}^3]$

M_{csavar} : csavar mentén súrlódásból származó csavaró nyomaték $[\text{Nmm}]$

$M_{\text{anya}_{\text{max}}}$: csavaranya felülete alatti maximum súrlódás $[\text{Nmm}]$

τ : csavaró feszültség $[\text{MPa}]$

σ_{red} : redukált feszültség $[\text{MPa}]$

R_{eH} : folyáshatár $[\text{MPa}]$

$n_{\text{bizt}_{\text{cs}}}$: csavar biztonsági tényező $[-]$

¹³A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (10-11. oldal)

¹⁴ISO 898-1 szabvány alapján kapott értékek.

