

Gépelemek mechatronikai mérnököknek

Vári Gergő (MQHJ0H)

2025. október 8.

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!

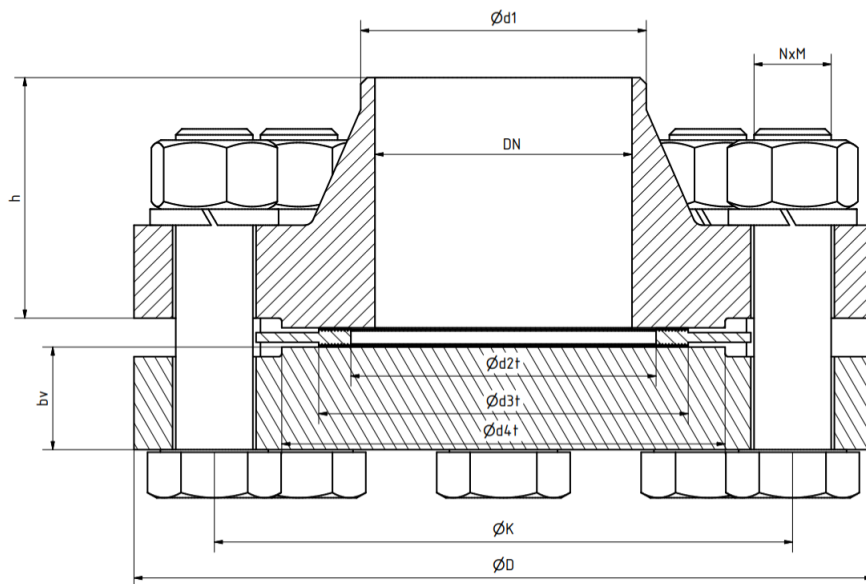
Beadási határidő: a hallgatói tájékoztatóban leírtaknak megfelelően

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	Igénybevétel	2
2.2	Szabvány -és anyagválasztás	3
2.3	Előtervek	3
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 csavarok biztosítására rugós alátétet¹ alkalmaztam. A karima és a vakkarima egy tömítést fog közre.

¹DIN 127 - A24 szabvány alapján.

2 Vakkarima vastagsága és karima szabványok

2.1 Igénybevétel²

Az igénybevétel egy d_t átmérőjű körön átadódó egyenletesen eloszló terhelés és feltehető hogy a törés egy egyenes vonal mentén lesz: a kiszámolt σ alapján lehet majd anyagot választani.

A vakkarima félkör felületére ható erőt a félkörfelület súlypontjában összpontosítva vehetjük fel (y_k, y_d) . A csavarok k lyukkörén egyenletesen megoszló erő pedig a k átmérőjének megfelelő félkörív súlypontjában összpontosítható. A felvett törési keresztmetszetre ez a két erő ad nyomatékot.

$$d_t = d_{2t} = 115 \text{ [mm]} \quad (1)$$

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

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

$$(4)$$

$$b_{\min} = \frac{d_t}{2} \sqrt{\frac{3p_{\text{ü}}}{\sigma_{\text{hajl}}}} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right) = 7.046\,830\,82 \text{ [mm]} \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{d_t^2}{4} \frac{3p_{\text{ü}}}{b_{\min}^2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{K}\right) = 8.341 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

$$(7)$$

- d_t : tömítés középátmérője [mm]
- d_1 : cső csatlakozás külső mérete [mm]
- s : falvastagság [mm]
- d_4 : tömítő felület külső átmérője [mm]
- k : csavar lyukköre [mm]
- y_k, y_d : súlypont távolsága a vakkarima kör középpontjától [mm]
- b_{\min} : karima minimális vastagsága [mm]
- $p_{\text{ü}}$: belső üzemi nyomás [mm]
- σ : hajlító feszültség minimális karima vastagsággal [MPa]

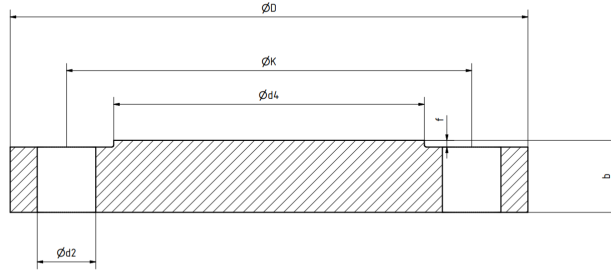
²A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (5. oldal)

2.2 Szabvány -és anyagválasztás

A 15 [bar] üzemi nyomás miatt a EN 1092-1 Type 11 - WNRF PN100 szabványt használtam a karimához. A vakkarimához ugyanezen okból a DIN 2527/E PN100 szabványt választottam. Munkaléces³ felületek kelljenek, hogy ne az egész sík felületet kelljen megmunkálni a tömítésnek. Anyagnak S235⁴ acél megfelel. ($\sigma_{hajl} = 172$ [MPa])

$$n = \frac{\sigma_{hajl}}{\sigma} = 20.621 [-] \quad (8) \quad \sigma_{hajl}: \text{anyag hajlító feszültsége [MPa]} \\ n: \text{biztonsági tényező [-]}$$

2.3 Előtervek⁵



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 átmérője [mm]

f : kiugrás [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérője [mm]

d_2 : csavar lyukköre [mm]

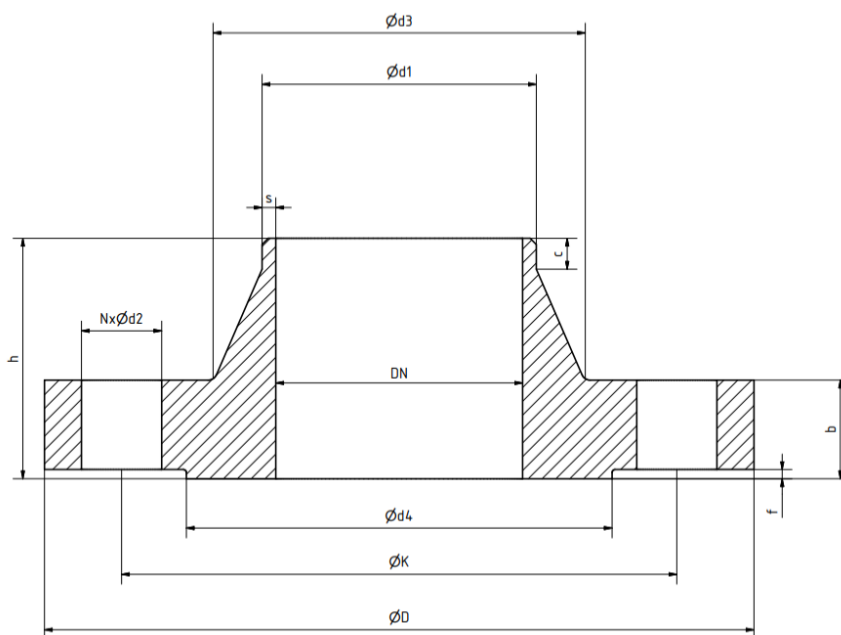
K : csavarok középatmérőlje [mm]

b : vakkarima magassága [mm]

³A feladathoz mellékelt segédletből ötletet merítve. (6. oldal)

⁴Mellékelt segédletből választva. (5. oldal, 1. táblázat)

⁵Előtervek 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 átmérője [mm]

f : kiugrás [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérője [mm]

d_2 : csavar lyukköre [mm]

s : falvastagság [mm]

N : csavarok [db]

K : csavarok középatmérője [mm]

b : csavarok alap
és tömítési sík távolsága [mm]

d_3 : kúp alsó átmérője [mm]

d_1 : cső csatlakozás külső mérete [mm]

M : csavarmenet

szabványos mérete [mm]

h : karima magassága [mm]

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.

$$z = \frac{d_{2t} - d_{1t}}{2} = 10 \text{ [db]} \quad (9)$$

$$b_t^* = 9 + 0.2z = 11 \text{ [mm]} \quad (10)$$

$$F_{cső} = \frac{DN^2 \pi}{4} p_{\ddot{u}} = 7539.822 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$F_p = \frac{(d_t^2 - DN^2) \pi}{4} p_{\ddot{u}} = 8040.514 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_{töm} = n_t p_{\ddot{u}} \pi d_t b_t^* = 7749.524 \text{ [N]} \quad (13)$$

$$F_{csavar \text{ üzemi}} = F_{cső} + F_p + F_{töm} = 23\,329.859\,74 \text{ [N]} \quad (14)$$

$$n_{bizt_t} = 1.4 \text{ [-]} \quad (15)$$

$$F_{csavar \text{ szerelési}} = n_{bizt_t} F_{csavar \text{ üzemi}} = 32\,661.803\,64 \text{ [N]} \quad (16)$$

z : fogak száma [db]

b_t^* : tömítés hatásos szélessége⁷ [mm]

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

F_p : belső nyomásból származó gyűrűfelületi erő [N]

$F_{töm}$: minimális tömítő erő [N]

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

n_{bizt_t} : csavarokra ható szerelési erőhöz választott biztonsági tényező [-]

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

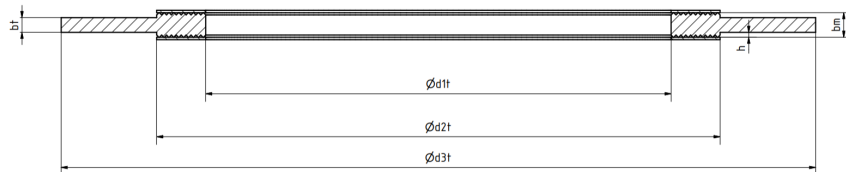
⁶A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (7. oldal)

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

3.2 Szabvány -és anyagválasztás

A DIN EN 1514-6 B29A PN100 szabványt választottam 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

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

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

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

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

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

$$h_{\min} = 0.3 \text{ [mm]}$$

$$h_{\max} = 0.5 \text{ [mm]}$$

d_{1t} : tömítés belső átmérője [mm]

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

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

b_t : távtartó gyűrű vastagsága [mm]

b_m : fém mag magassága [mm]

h_{\min} : szerelés utáni/előtti távolsága

h_{\max} : 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.

$$F_v = \frac{F_{\text{csavar szerelési}}}{n} = 4082.725\,455 \text{ [N]} \quad (17)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\mu_{\min} = 0.1 [-] \quad (18)$$

$$\mu_{\max} = 0.14 [-] \quad (19)$$

$$\mu = \frac{\mu_{\min} + \mu_{\max}}{2} = 0.12 [-]$$

p : menet emelkedése [mm]

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

$d_{2\text{cs}}$: csavar középátmérője [mm]

β : menetprofil szöge [°]

μ_{\min}/μ : súrlódási tényező^{11,12} [-]

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

¹⁰ ISO 4014 szabvány alapján kapott értékek.

¹¹ MSZ EN 24014 szabvány alapján kapott értékek.

¹² A súrlódási tényező átlagolható elég nagy biztonsági tényező mellett.

5.2 Meghúzási nyomaték¹³

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.

$$\alpha = \arctan \frac{p}{d_{2cs}\pi} = 2.479\,673\,258 [^\circ] \quad (20)$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (21)$$

$$\rho' = \arctan \mu' = 7.889 [^\circ] \quad (22)$$

$$d_a = \frac{d_w + M}{2} = 28.8 [\text{mm}] \quad (23)$$

$$M_{\text{csavar}} = F_v \frac{d_{2cs}}{2} \tan (\alpha + \rho') = 8236.114\,538 [\text{Nmm}] \quad (24)$$

$$M_{\text{anya}} = F_v \frac{d_a}{2} \mu' = 7054.949\,587 [\text{Nmm}] \quad (25)$$

$$(26)$$

$$M_{\text{meghúzási}} = M_{\text{csavar}} + M_{\text{anya}} = 15\,291.064\,12 [\text{Nmm}] \quad (27)$$

α : menetemelkedés szöge $[^\circ]$

μ_{\min}/μ : súrlódási tényező $[-]$

β : menetprofil szöge $[^\circ]$

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

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

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

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

F_v : csavar terhelése $[\text{N}]$

ρ' : látszólagos súrlódási félkúpszög $[^\circ]$

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

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

¹³A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (9-10. oldal)

6 Csavar anyagválasztás¹⁴

6.1 Redukált feszültség

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

$$A_e = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}} + d_{3\text{cs}}}{2}\right)^2 \pi}{4} = 352.49 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (28)$$

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} = 11.582\,527\,99 \text{ [MPa]} \quad (29)$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}} + d_{3\text{cs}}}{2}\right)^3 \pi}{16} = 1866.875\,237 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (30)$$

$$M_{\text{csavar}} = M_{\text{anya}_{\text{max}}} \quad (31)$$

$$\tau = \frac{M_{\text{csavar}}}{K_p} = 3.779\,015\,034 \text{ [MPa]} \quad (32)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 13.304\,052\,71 \text{ [MPa]} \quad (33)$$

6.2 Méretezés¹⁵

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

$$R_{\text{eH}} = 180 \text{ [MPa]} \quad (34)$$

$$n_{\text{biztcs}} = \frac{R_{\text{eh}}}{\sigma_{\text{red}}} = 13.529\,711\,88 \text{ [-]} \quad (35)$$

A_e : csavarerőt vivő keresztmetszet terület [mm²]

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

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

σ : húzó feszültség [MPa]

F_v : csavar terhelése [N]

K_p : csavar keresztmetszet poláris másodrendű nyomaték [mm³]

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

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

τ : csavaró feszültség [MPa]

σ_{red} : redukált feszültség [MPa]

R_{eH} : folyáshatár [MPa]

n_{biztcs} : csavar biztonsági tényező [-]

¹⁴A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (10-11. oldal)

¹⁵ISO 898-1 szabvány alapján kapott értékek.

