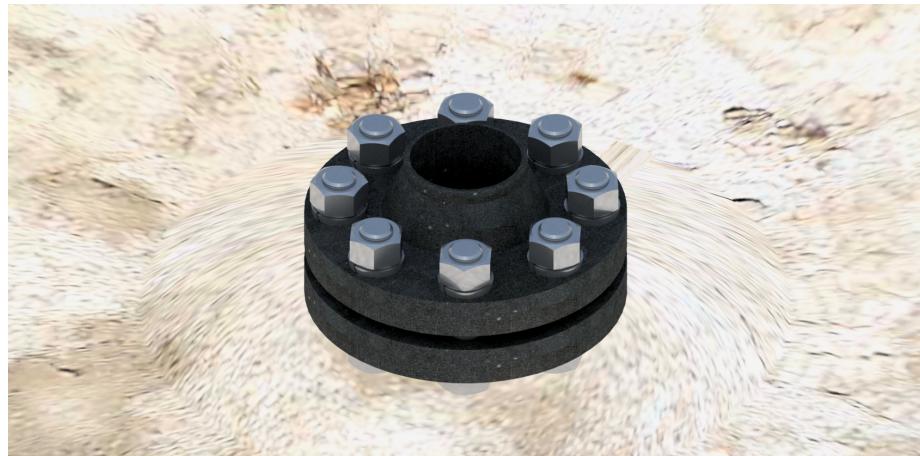


Gépelemek mechatronikai mérnököknek

Vári Gergő (MQHJ0H)

2025. november 7.

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 tervezzen egy csővęget 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_u :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 vakkarma 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 nyomatéket!
- 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*

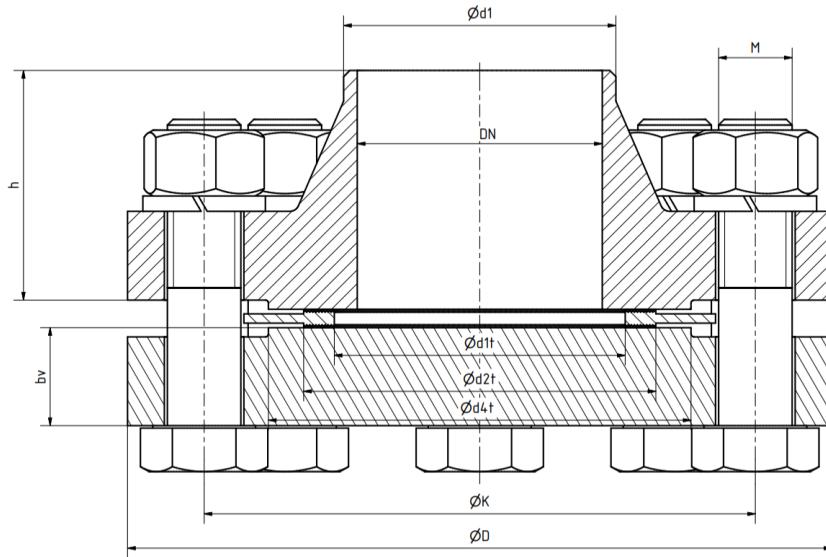
A feladat beadásával kijelentem, hogy ezt a feladatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. minden olyan részt, amelyet szó szerint idéztem, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más tartalomból átvettettem, egyértelműen, a forrás megadásával jelöltetem. 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 Előtervezés	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

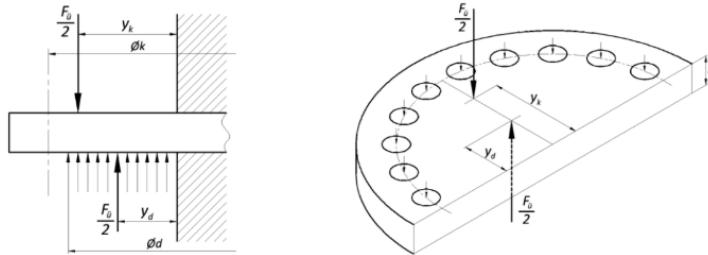
Az igénybevétel egy d_t átmérőjű³ körön átadódó egyenletesen eloszló terhelés és feltehető hogy a törés egy egyenes vonal mentén lesz: a kiszámolt σ alapján lehet majd anyagot választani.

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 nyomatéket.

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

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

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



3. ábra: y_k, y_d és az igénybevétel kapcsolata

$$b_{\min} = \frac{d_t}{2} \sqrt{\frac{3p_{\text{ü}}}{\sigma_{\text{hajl}}} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right)} = \frac{115}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 1.5}{172} \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{115}{180}\right)} = 7.047 \text{ [mm]} \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{d_t^2}{4} \frac{3p_{\text{ü}}}{b_{\min}^2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{K}\right) = \frac{115^2}{4} \cdot \frac{3 \cdot 1.5}{7.047^2} \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{115}{180}\right) = 8.341 \text{ [MPa]} \quad (5)$$

d_t : tömítés középmérője [mm]

d_1 : cső csatlakozás külső mérete [mm]

s : falvastagság [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérője [mm]

k : csavar lyukköré [mm]

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

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

$p_{\text{ü}}$: belső üzemi nyomás [MPa]

σ : hajlító feszültség minimális karima vastagsággal [MPa]

²A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások és ábrák. (5. oldal, 5-6. ábra)

³Lásd 3.3 fejezet.

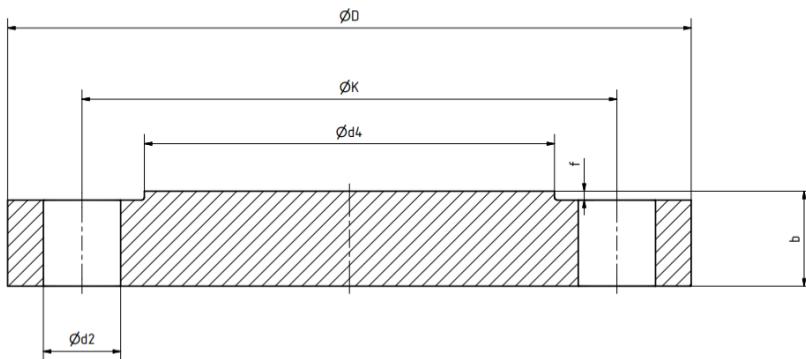
2.2 Szabvány -és anyagválasztás

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. Munkaléces⁴ felületek kellenek, hogy ne az egész sík felületet kelljen megmunkálni a tömítésnek. Anyagnak S235⁵ acél megfelel. ($\sigma_{\text{hajl}} = 172 \text{ [MPa]}$)

$$n = \frac{\sigma_{\text{hajl}}}{\sigma} = \frac{172}{8.341} = 20.621 [-] \quad (6) \quad \begin{aligned} \sigma_{\text{hajl}}: & \text{anyag} \\ \text{hajlító feszültsége:} & [\text{MPa}] \\ n: & \text{biztonsági tényező} [-] \end{aligned}$$

Tehát az anyag 20.621 [-] biztonsági tényezővel felel meg a várt terhelésnek.

2.3 Előtervezek⁶



4. ábra: Vakkarima előtervének rajza

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

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

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

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

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

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

$$D: \text{vakkarima külső átmérője} \text{ [mm]}$$

$$f: \text{kiugrás} \text{ [mm]}$$

$$d_4: \text{tömítő felület külső átmérője} \text{ [mm]}$$

$$d_2: \text{csavar lyukköré} \text{ [mm]}$$

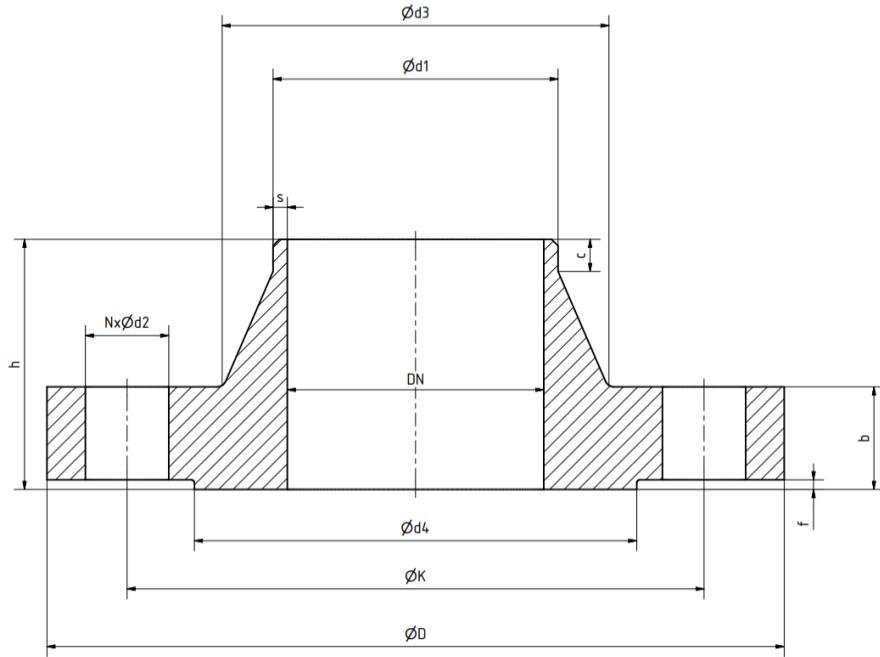
$$K: \text{csavarok középátmérője} \text{ [mm]}$$

$$b: \text{vakkarima magassága} \text{ [mm]}$$

⁴A feladathoz mellékelt segédletből ötletet merítve. (6. oldal)

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

⁶Előtervezek a EN 1092-1 Type 11 - WNRF PN100 és a DIN 2527/E PN100 szabványok alapján.



5. ábra: Karima előtervének rajza

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$d_{cs} = M24$$

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

D : karima külső átmérője [mm]

f : kiugrás [mm]

d_4 : tömítő felület külső átmérője [mm]

d_2 : csavar lyukköré [mm]

s : falvastagság [mm]

N : csavarok [db]

K : csavarok középmérője [mm]

b : csavarok alap

és tömítési sík távolsága [mm]

d_3 : kúp alsó átmérője [mm]

d_1 : cső csatlakozás külső mérete [mm]

d_{cs} : csavarmenet

szabványos mérete [mm]

h : karima magassága [mm]

3 Tömítés kiválasztása

3.1 Minimális tömítőerő⁷

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

$$z = \frac{d_{2t} - d_{1t}}{2} = \frac{115 - 95}{2} = 10 \text{ [mm]} \quad (7)$$

$$b_t^* = 9 + 0.2z = 9 + 0.2 \cdot 10 = 11 \text{ [mm]} \quad (8)$$

$$n_t = 1.3 [-] \quad (9)$$

$$F_{\text{cső}} = \frac{\text{DN}^2 \cdot \pi}{4} p_{\text{ü}} = \frac{230^2 \cdot \pi}{4} \cdot 15 = 7539.822 \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_p = \frac{(d_t^2 - \text{DN}^2) \pi}{4} p_{\text{ü}} = \frac{(115^2 - 230^2) \pi}{4} \cdot 15 = 8040.514 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$F_{\text{töm}} = n_t \cdot p_{\text{ü}} \cdot \pi \cdot d_t \cdot b_t^* = 1.3 \cdot 15 \cdot \pi \cdot 115 \cdot 11 = 7749.524 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} F_{\text{csavar üzemi}} &= F_{\text{cső}} + F_p + F_{\text{töm}} \\ &= 7539.822 + 8040.514 + 7749.524 = 23329.86 \text{ [N]} \end{aligned} \quad (13)$$

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

$$F_{\text{csavar szerelési}} = n_{\text{biztt}} \cdot F_{\text{csavar üzemi}} = 1.4 \cdot 23329.86 = 32661.804 \text{ [N]} \quad (15)$$

z : fogak száma [db]

b_t^* : tömítés hatásos szélessége⁸ [mm]

$F_{\text{cső}}$: belső nyomásból származó csőrő [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_t : választott biztonsági tényező [-]

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

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

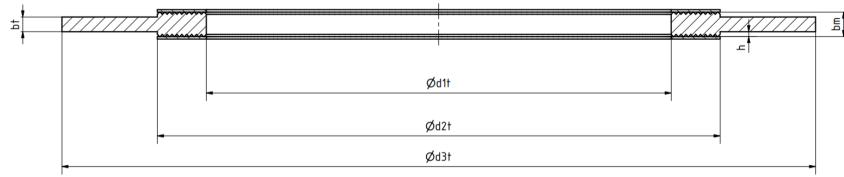
⁷A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (7. oldal)

⁸Képlete 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 fésük deformálják a műanyagot az előfeszítés hatására ezzel előidézve a tömítőerőt.

3.3 Előterv⁹



6. 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 külcső 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]

⁹Előterv a DIN EN 1514-6 B29A PN100 szabvány alapján.

4 Csavarra jutó terhelés¹⁰

A csavar terhelésének kiszámításához a legnagyobb fellépő erő szükséges.

$$F_v = \frac{F_{\text{csavar szerelési}}}{n} = \frac{32661.804}{8} = 4082.725 \text{ [N]} \quad (16)$$

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 szabvány¹¹

$$\begin{aligned} p &= 3 \text{ [mm]} \\ d_{3\text{cs}} &= 20.319 \text{ [mm]} \\ d_{2\text{cs}} &= 22.051 \text{ [mm]} \\ d_w &= 33.6 \text{ [mm]} \\ b &= 54 \text{ [mm]} \\ l &= 100 \text{ [mm]} \\ \beta &= 60 \text{ [°]} \end{aligned}$$

$$\mu_{\max} = \frac{0.1}{0.14} \quad (17)$$

$$\mu = \frac{\mu_{\min} + \mu_{\max}}{2} = \frac{0.1 + 0.14}{2} = 0.12 \quad (18)$$

p : menet emelkedése [mm]

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

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

β : menetprofil szöge [°]

μ_{\max}/μ : súrlódási tényező^{12,13} [-]

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

¹¹ISO 4014 szabvány alapján kapott értékek.

¹²MSZ EN 24014 szabvány alapján kapott értékek.

¹³A súrlódási tényező átlagolható elég nagy biztonsági tényező mellett.

5.2 Meghúzási nyomaték¹⁴

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.

$$\alpha = \arctan \frac{p}{d_{2\text{cs}}\pi} = \arctan \frac{3}{22.051 \cdot \pi} = 2.479 [^\circ] \quad (19)$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\beta}{2}} = \frac{.12}{\cos \frac{60 [^\circ]}{2}} = 0.139 [\text{rad}] \quad (20)$$

$$\rho' = \arctan \mu' = \arctan 0.139 [\text{rad}] = 7.889 [^\circ] \quad (21)$$

$$d_a = \frac{d_w + d_{\text{cs}}}{2} = \frac{33.6 + 24}{2} = 28.8 [\text{mm}] \quad (22)$$

$$\begin{aligned} M_{\text{csavar}} &= F_v \frac{d_{2\text{cs}}}{2} \tan(\alpha + \rho') \\ &= 4082.725 \cdot \frac{22.051}{2} \tan(2.479 [^\circ] + 7.889 [^\circ]) \\ &= 8236.115 [\text{Nmm}] \end{aligned} \quad (23)$$

$$M_{\text{anya}} = F_v \frac{d_a}{2} \mu' = 4082.725 \cdot \frac{28.8}{2} \cdot 0.139 = 7054.95 [\text{Nmm}] \quad (24)$$

$$\begin{aligned} M_{\text{meghúzási}} &= M_{\text{csavar}} + M_{\text{anya}} \\ &= 8236.115 + 7054.95 = 15291.064 [\text{Nmm}] \end{aligned} \quad (25)$$

α : menetemelkedés szöge [°]

μ_{\min}/μ_{\max} : súrlódási tényező [-]

β : menetprofil szöge [°]

d_a : anya felvekvő felület középmérője [mm]

d_{cs} : csavar szabványos mérete [mm]

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

M_{csavar} : menet súrlódási nyomatéka [Nmm]

F_v : csavar terhelése [N]

ρ' : látszólagos súrlódási félkúpszög [°]

M_{anya} : csavaranya felülete alatti súrlódási nyomaték [Nmm]

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

¹⁴A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (9-10. oldal)

6 Csavar anyagválasztás¹⁵

6.1 Redukált feszültség

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

$$A_e = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}}+d_{3\text{cs}}}{2}\right)^2 \pi}{4} = \frac{\left(\frac{22.051+20.319}{2}\right)^2 \pi}{4} = 352.49 [\text{mm}^2] \quad (26)$$

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} = \frac{4082.725}{352.49} = 11.583 [\text{MPa}] \quad (27)$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{d_{2\text{cs}}+d_{3\text{cs}}}{2}\right)^3 \pi}{16} = \frac{\left(\frac{22.051+20.319}{2}\right)^3 \pi}{16} = 1866.875 [\text{mm}^3] \quad (28)$$

$$M_{\text{csavar}} = M_{\text{anya}} = 7054.95 [\text{MPa}] \quad (29)$$

$$\tau = \frac{M_{\text{csavar}}}{K_p} = \frac{7054.95}{1866.875} = 3.779 [\text{MPa}] \quad (30)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{11.583^2 + 33.779^2} = 13.304 [\text{MPa}] \quad (31)$$

6.2 Méretezés¹⁶

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

$$R_{\text{eH}} = 180 [\text{MPa}] \quad (32)$$

$$n_{\text{biztcs}} = \frac{R_{\text{eH}}}{\sigma_{\text{red}}} = \frac{180}{13.304} = 13.529 [-] \quad (33)$$

A_e : csavarerőt vivő keresztmetszet terület [mm^2]

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

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

σ : húzó feszültség [MPa]

F_v : csavar terhelése [N]

K_p : csavar keresztmetszet poláris másodrendű nyomaték [mm^3]

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

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

τ : csavaró feszültség [MPa]

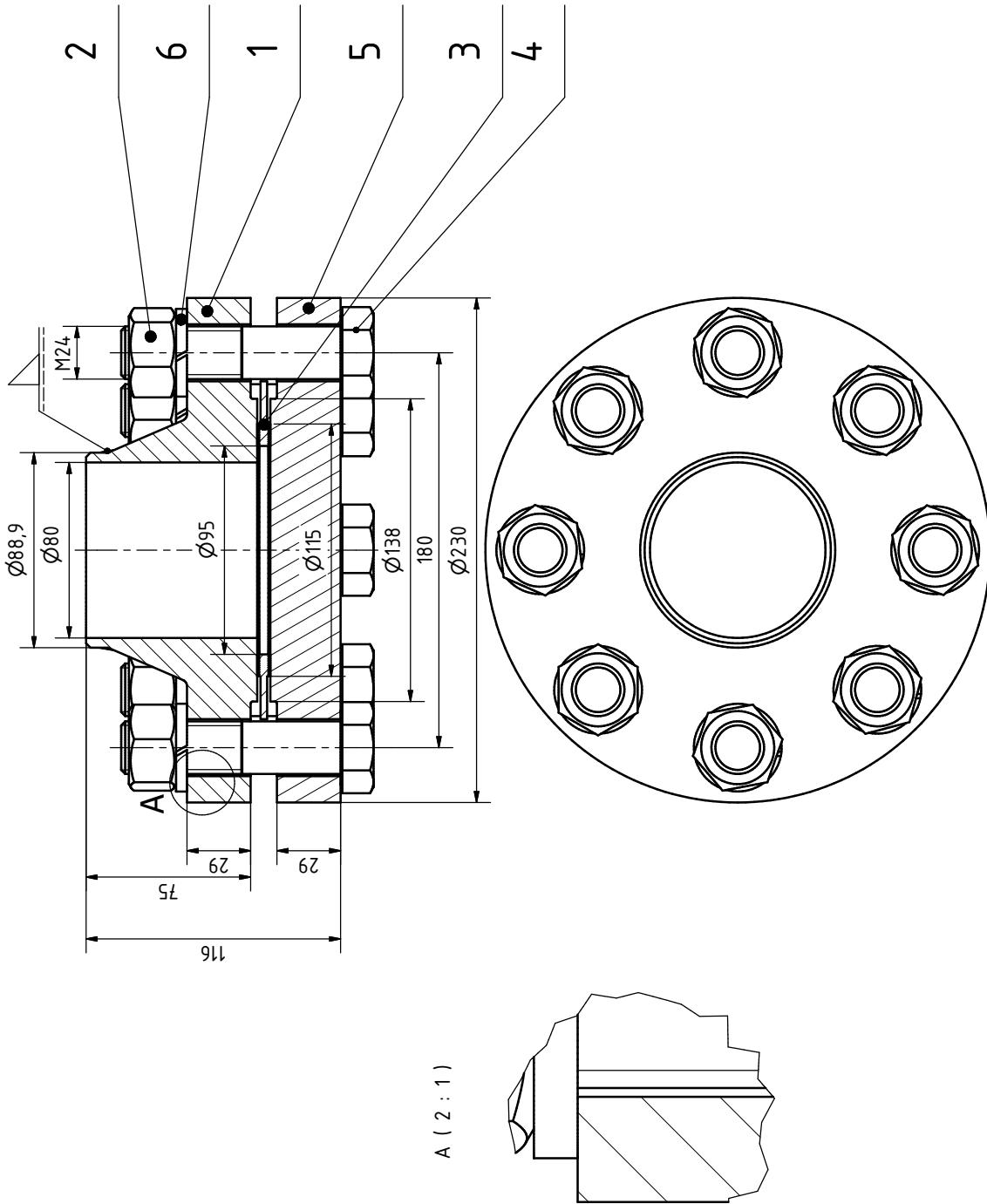
σ_{red} : redukált feszültség [MPa]

R_{eH} : folyáshatár [MPa]

N_{biztcs} : csavar biztonsági tényező [-]

¹⁵A feladathoz mellékelt segédletből származó számítások. (10-11. oldal)

¹⁶ISO 898-1 szabvány alapján kapott értékek.



6	8	Rugós alátét	Ø24 x 5	DIN 127 - A 24	S235	0,029 kg	Név: Vári Gergő	Gyártmány: BMGE-250	Méret- arány: 1:2
5	1	Vakkarima	Ø230x32	HF1-100-2	S235	8,844 kg	Dátum: 2025. 09. 30.	Megnevezés: Karimás csőkötés	Terméktervezés Tanszék
4	8	Hatlapfejű csavar	M24 x 100	ISO 4014 - M24 x 100	S235 3 6	0,478 kg	Ellenőrizte:	Anyag:	Rajzsám:
3	1	Tömítés	Ø154x6	HF1-100-3		0,326 kg			
2	8	Hatlapfejű anyacsavar	M24 x 21,5	ISO 4032 - M24	S235	0,127 kg			
1	1	Karima	Ø80x78	HF1-100-1	S235	8,691 kg			
Tsz	Db	Megnevezés	Méret	Rajzsám	Anyag	Tömeg			HF1-000-1