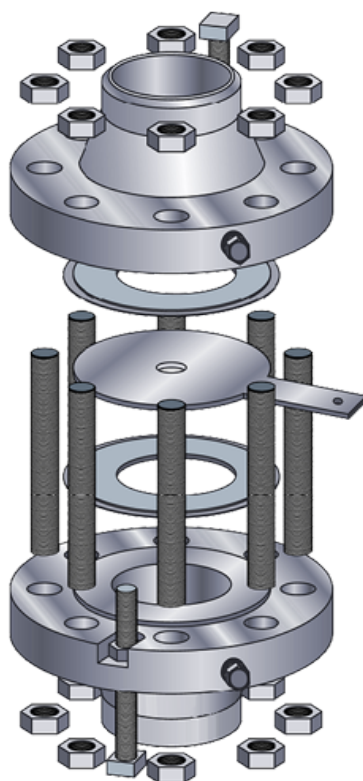




Karimás csőkötés tervezése

Gépelemek mechatronikai mérnököknek

1. Házi feladat



KINDLIK DÁNIEL

AHU27Z

2025. október 28.

1. Házi feladat

Név: **Kindlik Dániel**
Neptun kód: **AHU27Z**
Gyakorlatvezető: **Dr. Gróbb Péter**

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 : ³⁵..... bar.
A cső névleges átmérője, DN : ³²..... mm.

A vezeték folyadékot szállít.

4. A feladat részletezése

- Vácsolja 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 tartalomból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával jelöltem. Ennek megszegése a TVSZ 135§ értelmében kerül szankcionálásra!

Tartalomjegyzék

1. Előtervek	3
1.1. Karima szabvány választása	3
1.2. Vakkarima szabvány választása	4
1.3. Tömítés előterve	4
1.4. Konstrukció előterve	5
2. Vakkarima minimális vastagságának számítása, megfelelő lemezvastagság választása	6
3. Megfelelő lapos tömítés választása, minimális tömítési erő számítása	7
4. Csavarra jutó terhelés számítása	8
5. Csavar előfeszítésének és szükséges meghúzási nyomaték számítása	9
6. Csavar anyagának kiválasztása, benne ébredő egyenfeszültség kiválasztása	11
7. Konstrukció összeállítási rajza	12

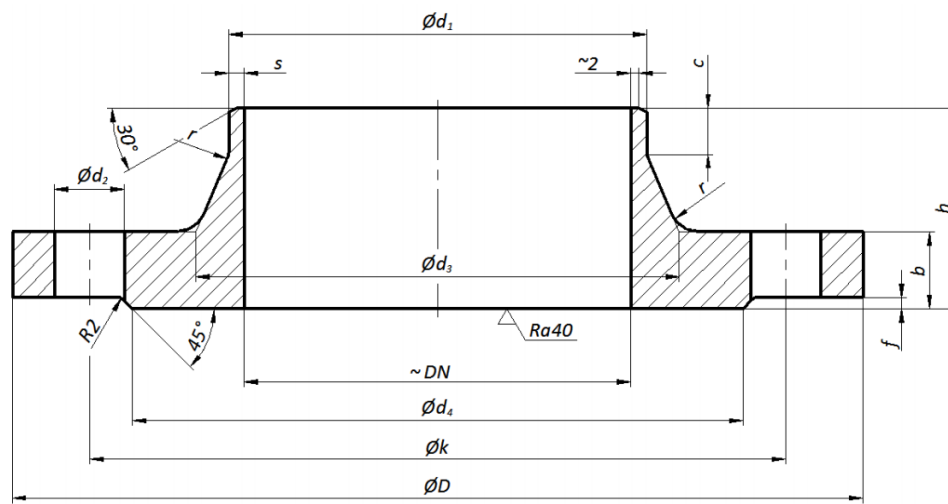
Bevezetés

A feladat a megadott adatokkal egy csővéget vakkarimával lezáró csavarkötés tervezése és az elemek szilárdságilag ellenőrzése.

1. Előtervek

1.1. Karima szabvány választása

A megadott adatok alapján ($p_{\bar{u}} = 35[\text{bar}]$ $D_N = 32[\text{mm}]$) ISO EN 1092-1 PN40¹ szabványt lett kiválasztva.



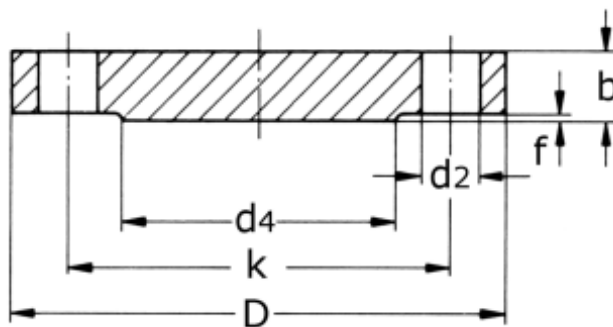
1.1. ábra. Karima előterve

Név	Jelölés	Érték
Karima külső átmérője	D	140 mm
Karima magassága	h	42 mm
Falvastagság	s	2.6 mm
Kiugrás mérete	f	2 mm
Kúp feletti rész magassága	c	6 mm
Lekerekítések nagysága	r	6 mm
Cső csatlakozás külső mérete	d_1	43.5 mm
Csavar lyukkör átmérője	d_2	18 mm
Kúp alsó átmérője	d_3	56 mm
Tömítő felület külső átmérője	d_4	78 mm
Csavarok száma	N	4 db
Csavarok mérete	M	M16
Csavarok közép átmérője	K	100 mm
Csavarok alapja és tömítési sík távolsága	b	18 mm

¹<https://globalsupplyline.com.au/wp-content/uploads/2014/10/Flange-Dim-EN1092-1-BS4504.pdf>

1.2. Vakkarima szabvány választása

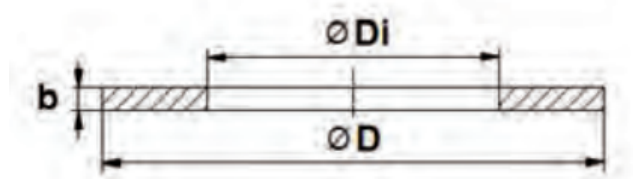
A megadott adatok alapján ($p_{\bar{u}} = 35[\text{bar}]$ $D_N = 32[\text{mm}]$) DIN EN 1092-1² PN40 szabványt lett kiválasztva.



1.2. ábra. Vakkarima előterve

Név	Jelölés	Érték
Vakkarima külső átmérője	D	140 mm
Vakkarima magassága	b	18 mm
Kiugrás mérete	f	2 mm
Csavar lyukkör átmérője	d_2	18 mm
Tömítő felület külső átmérője	d_4	78 mm
Csavarok száma	N	4 db
Csavarok mérete	M	M16
Csavarok közép átmérője	K	100 mm

1.3. Tömítés előterve



1.3. ábra. Tömítés előterve

Név	Jelölés	Érték
Tömítés külső átmérője	D	78 mm
Tömítés belső átmérője	D_i	32 mm
Tömítés vastagsága	b	3 mm

²<https://www.heco.de/en/stainless-steel/flanges/blind-flanges/din-en/more-sealing-surfaces/with-raised-face/pn-40.html>

1.4. Konstrukció előterve

xx

2. Vakkarima minimális vastagságának számítása, megfelelő lemezvastagság választása

A vakkarima minimális vastagságának kiszámításához használhatjuk az alábbi egyenletet:

$$b_{\min} = \sqrt{\frac{3 \cdot p_{\bar{u}}}{\sigma_{\text{hajl}}} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot d_t}{3 \cdot k}\right) \cdot \frac{d_t}{2}} \quad (2)$$

Név	Jelölés	M.egys.
Az üzemi nyomás	$p_{\bar{u}}$	[MPa]
A karima anyagára megengedhető maximális hajlító feszültség	σ_{hajl}	[MPa]
A csavarok lyukkör átmérője	k	[mm]
A tömítés középátmérője	d_t	[mm]

$p_{\bar{u}}$ -t át kell váltanunk MPa-ba: $p_{\bar{u}} = 35[\text{bar}] = 3.5[\text{MPa}]$

σ_{hajl} megadásához ki kell választatnunk a karima anyagát, ennek az S235 acélt választottam. R_{eH} adott³ és n biztonsági tényezőnek 2-t választottam:

$$\sigma_{\text{hajl}} = \frac{R_{eH}}{n} = \frac{190}{2} = 145[\text{MPa}] \quad (2.1)$$

d_t kiszámolható az első feladatban megadott értékekkel:

$$d_t = \frac{(d_1 - 2 \cdot s) + d_4}{2} = \frac{(43.5 - 2 \cdot 2.6) + 78}{2} = 58.15[\text{mm}] \quad (2.2)$$

Már mindent ismerünk b_{\min} kiszámolásához:

$$b_{\min} = \sqrt{\frac{3 \cdot 3.5}{145} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 58.15}{3 \cdot 100}\right) \cdot \frac{58.15}{2}} = 6.122[\text{mm}] \quad (2)$$

Így láthatjuk, hogy a szabványban szereplő vastagság megfelelő.

³Anyagok.pdf

3. Megfelelő lapos tömítés választása, minimális tömítési erő számítása

A minimális tömítő erő az az erő, amely a tömítőanyag összenyomásával biztosítja az üzemi nyomásnál a szivárgásmentességet. Ennek nagysága több dologtól függ. Meghatározásához az alábbi egyenletet tudjuk felhasználni:

$$F_{T\ddot{u}} = n_t \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \pi \cdot d_t \cdot b_t^* \quad (3)$$

Név	Jelölés	M.egys.
Az üzemi nyomás	$p_{\ddot{u}}$	[MPa]
A tömítés anyagát figyelembe vevő biztonsági tényező	n_t	[MPa]
A tömítés középátmérője	d_t	[mm]
A tömítés hatásos szélessége	b_t^*	[mm]

A feladat megoldásához ki kell választanunk egy tömítést, ami SBR lágytömítés⁴ lett, mivel ez 40 bar nyomásig használható, így PN40-es karimákhoz jó.

Emiatt n_t értéke segédlet alapján: $n_t = 1.5$

b_t^* kiszámolható az első feladatban megadott értékekkel:

$$b_t^* = 0.5 \cdot b_t = 0.5 \cdot \frac{78 - 32}{2} = 11.5[\text{mm}] \quad (3.1)$$

Már mindent ismerünk $F_{T\ddot{u}}$ kiszámolásához (d_t -t már meghatároztuk (2.2)):

$$F_{T\ddot{u}} = 1.5 \cdot 3.5 \cdot \pi \cdot 58.15 \cdot 11.5 = 11030[\text{N}] \quad (3.2)$$

⁴<https://www.tomitesgyar.hu/karima-tomites-dn-32-sbr-muszaki-gumi-tomites-32x78x30mm.html>

4. Csavarra jutó terhelés számítása

A csavarerővel biztosíthatjuk a tömítés előfeszítését és ellen tudunk tartani az használat közben fellépő erőknek. Meghatározásához az alábbi egyenletet tudjuk felhasználni:

$$F_{\text{csavar szerelési}} = 1.2 \cdot F_{\text{csavar üzemi}} = 1.2 \cdot (F_{cs} + F_p + F_{Tü}) \quad (4)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A belső nyomásból származó csőerő	F_{cs}	[N]
A belső nyomásból származó gyűrűfelületi erő	F_p	[N]
Az üzemi tömítő erő	$F_{Tü}$	[N]

F_{cs} meghatározása:

$$F_{cs} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_{ü} = \frac{(d_1 - 2 \cdot s)^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_{ü} = \frac{(43.5 - 2 \cdot 2.6)^2 \cdot \pi}{4} \cdot 3.5 = 4032[\text{N}] \quad (4.1)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A cső belső átmérője	d	[mm]
Az üzemi nyomás	$p_{ü}$	[MPa]

F_p meghatározása:

$$F_p = \frac{(d_t^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \cdot p_{ü} = \frac{(58.15^2 - 38.3^2) \cdot \pi}{4} \cdot 3.5 = 5263[\text{N}] \quad (4.2)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A tömítés középátmérője	d_t	[mm]
A cső belső átmérője	d	[mm]
Az üzemi nyomás	$p_{ü}$	[MPa]

Mostmár vissza tudunk helyettesíteni:

$$F_{\text{csavar üzemi}} = 4032 + 5263 + 11030 = 20325[\text{N}] \quad (4.3)$$

$$F_{\text{csavar szerelési}} = 1.2 \cdot 20325 = 24390[\text{N}] \quad (4)$$

5. Csavar előfeszítésének és szükséges meghúzási nyomaték számítása

Először a feladat megoldásához ki kell választatnunk pár hiányzó alkatrészt. A csavar a karima miatt M16-os MSZ EN ISO 4018⁵ szabványú tövigmenetes hatlapfejű csavar. Ehhez egy M16-os MSZ EN ISO 4032⁶ szabványú csavaranyát választottam. Mindkét alkatrész menete MSZ 205 ISO⁷ menet.

A meghúzási nyomaték meghatározásához az alábbi egyenletet tudjuk használni:

$$M_{megh} = M_{csavar} + M_{anya} \quad (5)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A csavar menetén ébredő súrlódási nyomaték	M_{csavar}	[Nmm]
Az anya homloklapján fellépő súrlódásból eredő nyomaték	M_{anya}	[Nmm]

M_{csavar} meghatározásához az alábbi képletet tudjuk felhasználni:

$$M_{csavar} = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') \quad (5.1)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A menetszárbán ébredő előfeszítő erő	F_v	[N]
A menet középmérete	d_2	[mm]
A menetemelkedés szöge	α	[°]
A látszólagos súrlódási félkúpszög	ρ'	[°]

F_v -t meg tudjuk adni, ha a csavarerőt elosztjuk a csavarok számával:

$$F_v = \frac{F_{csavar \text{ szerelési}}}{N} = \frac{24390}{4} = 6098[\text{N}] \quad (5.1.1)$$

Menetemelkedés szögét az alábbi módon tudjuk megadni:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{P}{d_2 \cdot \pi}\right) = \arctan\left(\frac{2}{14.701 \cdot \pi}\right) = 2.48[^\circ] \quad (5.1.2)$$

Név	Jelölés	M.egys.
Menetemelkedés	P	[mm]
A menet középmérete	d_2	[mm]

Látszólagos félkúpszög szélsőértékeit az alábbi módon tudjuk meghatározni a súrlódási tényező ismeretében⁸:

$$\rho'_{min} = \arctan\left(\frac{\mu_{min}}{\cos(0.5 \cdot \beta)}\right) = \arctan\left(\frac{0.1}{\cos(0.5 \cdot 60)}\right) = 6.587[^\circ] \quad (5.1.3)$$

$$\rho'_{max} = \arctan\left(\frac{\mu_{max}}{\cos(0.5 \cdot \beta)}\right) = \arctan\left(\frac{0.14}{\cos(0.5 \cdot 60)}\right) = 9.183[^\circ] \quad (5.1.4)$$

Név	Jelölés	M.egys.
Menetes csatlakozásnál súrlódási tényező	μ	—
A menet profilszöge (Metrikus meneteknél 60°)	β	[°]

⁵<https://www.k-mechanic.hu/kmchnc17/wp-content/uploads/2021/04/Csavarok.pdf>

⁶http://glink.hu/hallgatoi_segedletek/files/2467bab9d79c9c1c6f7eb43a99cf961c.pdf 90. oldal

⁷http://glink.hu/hallgatoi_segedletek/files/2467bab9d79c9c1c6f7eb43a99cf961c.pdf 99. oldal

⁸https://www.k-mechanic.hu/kmchnc17/wp-content/uploads/2021/04/Csavarok_meghuzasinyomateka.pdf

Így meg tudjuk adni M_{csavar} szélsőértékeit:

$$M_{csavar_{min}} = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho'_{min}) = 6098 \cdot \frac{14.701}{2} \cdot \tan(2.48 + 6.587) = 7153[\text{MPa}] \quad (5.1)$$

$$M_{csavar_{max}} = F_v \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho'_{max}) = 6098 \cdot \frac{14.701}{2} \cdot \tan(2.48 + 9.183) = 9252[\text{MPa}] \quad (5.1)$$

M_{anya} meghatározásához az alábbi egyenletet tudjuk felhasználni:

$$M_{anya} = F_v \cdot \frac{d_a}{2} \cdot \mu_a \quad (5.2)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A menetszárban ébredő előfeszítő erő	F_v	[N]
Az anya felfekvő felületének közepes átmérője	d_a	[mm]
Az anya alatti súrlódási tényező a felfekvő felületnél	μ_a	—

d_a -t az alábbi képlettel ki tudjuk számolni:

$$d_a = \frac{d + s}{2} = \frac{16 + 24}{2} = 20[\text{mm}] \quad (5.2.1)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A csavaranya névleges középátmérője	d	[N]
A csavaranya laptávolsága	s	[mm]

Így meg tudjuk adni M_{anya} szélsőértékeit acél-acél súrlódási tényező ismeretében⁹

$$M_{anya_{min}} = F_v \cdot \frac{d_a}{2} \cdot \mu_{a_{min}} = 6098 \cdot \frac{20}{2} \cdot 0.08 = 4878[\text{MPa}] \quad (5.2)$$

$$M_{anya_{max}} = F_v \cdot \frac{d_a}{2} \cdot \mu_{a_{max}} = 6098 \cdot \frac{20}{2} \cdot 0.25 = 15245[\text{MPa}] \quad (5.2)$$

Végül vissza tudunk helyettesíteni M_{megh} képletébe, hogy meghatározzuk szélsőértékeit:

$$M_{megh_{min}} = M_{csavar_{min}} + M_{anya_{min}} = 7153 + 4878 = 12031[\text{MPa}] \quad (5)$$

$$M_{megh_{max}} = M_{csavar_{max}} + M_{anya_{max}} = 9252 + 15245 = 24497[\text{MPa}] \quad (5)$$

⁹https://hu.wikipedia.org/wiki/Súrlódás_-_Súrlódási_kúp_fejezet

6. Csavar anyagának kiválasztása, benne ébredő egyenfeszültség kiválasztása

A csavarok igénybevételének jellege húzás és csavarás, emiatt a feszültséget az alábbi egyenlettel tudjuk meghatározni:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (6)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A húzásból származó maximális feszültség	σ	[MPa]
A csavarásból származó maximális feszültség	τ	[MPa]

σ az alábbi képlettel meghatározható:

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} \quad (6.1)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A menetszárban ébredő előfeszítő erő	F_v	[N]
A csavarszár egyenértékű keresztmetszete	A_e	[mm ²]

A_e meghatározása:

$$A_e = \frac{d_e^2 \cdot \pi}{4} = \frac{\left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2 \cdot \pi}{4} = \frac{\left(\frac{14.701 + 13.546}{2}\right)^2 \cdot \pi}{4} = 157[\text{mm}^2] \quad (6.1.1)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A menet középátmérője	d_2	[mm]
A menet belső átmérője	d_3	[mm ²]

Így már vissza tudunk helyettesíteni σ meghatározásához (F_v -t már meghatároztuk (5.1.1)):

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} = \frac{6098}{157} = 39[\text{MPa}] \quad (6.1)$$

τ az alábbi képlettel meghatározható:

$$\tau = \frac{M_{csavar}}{K_p} \quad (6.2)$$

Név	Jelölés	M.egys.
A csavar menetén ébredő súrlódási nyomaték	M_{csavar}	[MPa]
A csavarszár poláris keresztmetszeti tényezője	K_p	[mm ³]

K_p meghatározása:

$$K_p = \frac{d_e^3 \cdot \pi}{16} = \frac{\left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^3 \cdot \pi}{16} = \frac{\left(\frac{14.701 + 13.546}{2}\right)^3 \cdot \pi}{16} = 553.17[\text{mm}^3] \quad (6.2.1)$$

Így már vissza tudunk helyettesíteni τ meghatározásához ($M_{csavar_{max}}$ -t már meghatároztuk (5.1)):

$$\tau = \frac{M_{csavar_{max}}}{K_p} = \frac{9252}{553.17} = 17[\text{MPa}] \quad (6.2)$$

Így már meg tudjuk határozni σ_{red} -t:

$$\sigma_{red} = \sqrt{39^2 + 3 \cdot 17^2} = 49[\text{MPa}] \quad (6)$$

A feszültség ismeretében ki tudunk választani egy szilárdsági osztályt, aminek a 3.6-ost választottam. Ez alapján meg tudjuk határozni a folyáshatárt: $R_{eH} = 10 \cdot 3 \cdot 6 = 180[\text{MPa}]$.

Így el tudjuk végezni az ellenőrzést, aminél $n = 2$ biztonsági tényezőt használunk:

$$\sigma_{meg} = \frac{R_{eH}}{n} = \frac{180}{2} = 90[\text{MPa}]$$

$$\tau_{meg} = \frac{\sigma_{meg}}{\sqrt{3}} = \frac{90}{\sqrt{3}} = 52[\text{MPa}]$$

Láthatjuk, hogy egyik értékünk sem haladja meg a megengedettet, így a szilárdsági osztályunk megfelelő.

7. Konstrukció összeállítási rajza