

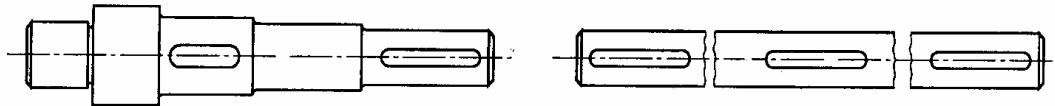


## Segédlet az egyenes tengelyek méretezéséhez

A tengelyek szerkezeti anyaga leggyakrabban acél (szénacél, ötvözött acél) vagy öntöttvas (pl. görbített forgattyús tengely vagy csőtengely). A járatos gépipari anyagok szilárdsági jellemzőit a segédlet végén található 6. táblázatban foglaltuk össze.

A tengelyek tervezése több lépésben történik:

1. Vázlat készítés, hosszirányú méretek közelítő meghatározása.



2. A tengely terhelésének meghatározása és az igénybevételi ábrák (statikai diagramok) elkészítése
3. Tengelyátmérők szakaszonkénti számítása vagy becslése
4. Tengely végleges kialakítása (hornyok, vállak, stb.)
5. Tengely ellenőrzése kifáradásra, rugalmas alakváltozásra, kritikus fordulatszámra.
6. Az alkatrészrajz végleges elkészítése.

### 1. Tengelyek terhelése és igénybevétele

A tengelyek terhelései a rájuk szerelt forgó alkatrészekről származnak. Lehetnek erők, erópárok (nyomatékok), a forgórészek súlya és a kiegyensúlyozatlanságból eredő tehetetlenségi erők. A terhelő (aktív) erők térbeli erőrendszert képeznek és a forgórészek és tengely érintkezési felületén („agy”) hatnak a tengelyre. A számítás egyszerűsítése végett ezeket koncentrált erőknek tekintjük, amelyek hatáspontja az agy, illetve a csapágy közepén helyezkedik el. A forgórészek súlyát általában csak akkor vesszük figyelembe, ha nagyságuk eléri a tengelyt terhelő erő 10%-át.

Az aktív erőktől származó terhelés a támaszokon (csapágyakon) keresztül adódik át a gépágnak, illetve alapzatnak.

Az igénybevételi ábrák felrajzolásánál a tengelyt kéttámaszú tartónak tekintjük. A térbeli erőket három egymásra merőleges összetevőre bontjuk. A hajlítónyomatékokat először két egymásra merőleges síkban határozzuk meg, majd ezekből kiszámoljuk az eredő nyomatékot. Ezt illusztrálja a 1. és a 2. ábrákon látható példa.

A hajlítónyomaték eredője:

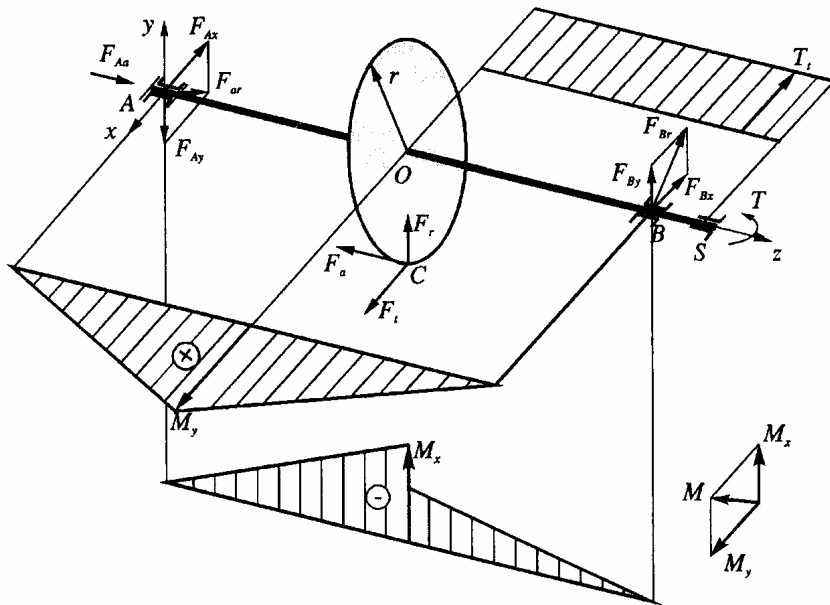
$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

A megfelelő tranzverzális erők eredői:

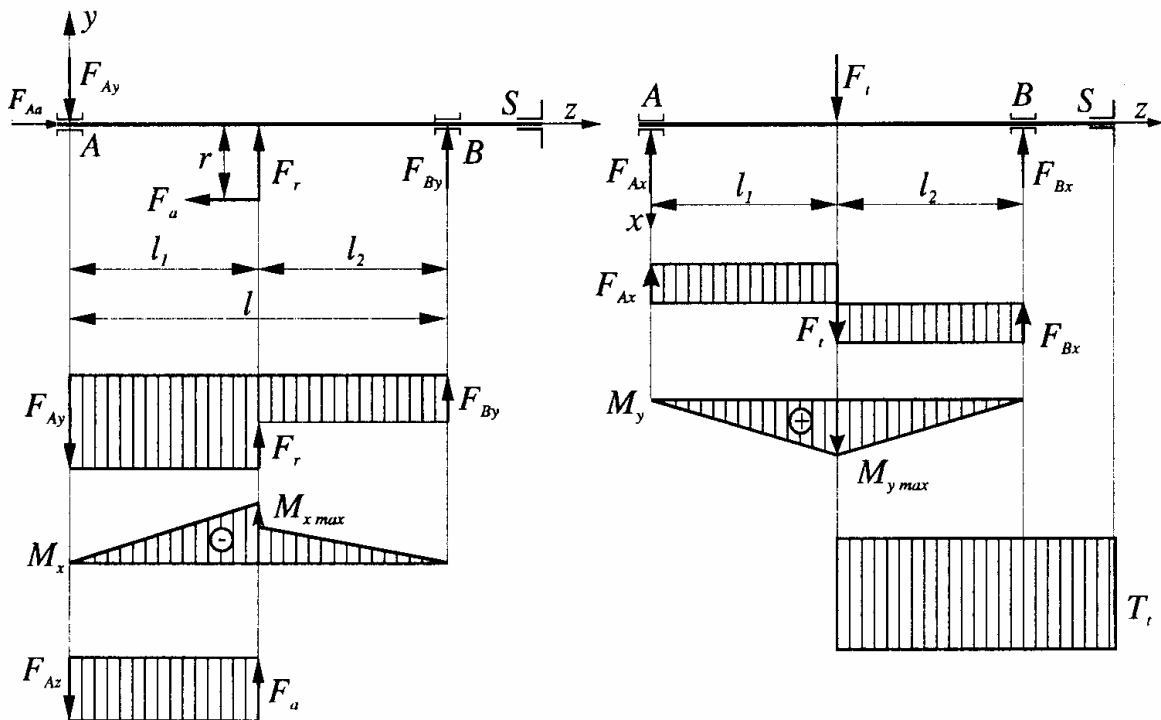
$$F_r = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

A csavarónyomaték a teljesítményből és a tengely fordulatszámából, ill. szögsebességéből

$$\text{számítható: } T = \frac{P}{\omega}$$



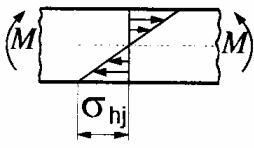
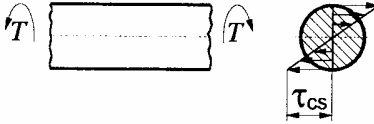
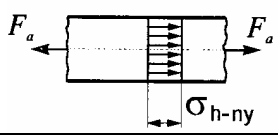
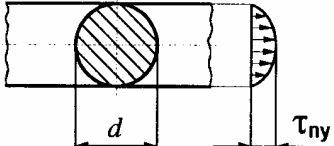
1. ábra. Tengely terhelése és az igénybevételi ábrák axonometrikus ábrázolása.



2. ábra. Tengely terhelése és az igénybevételi ábrák síkbeli modelljei.

A legtöbb forgó tengely összetett igénybevételű (1. táblázat).

1. táblázat. Tengelyek igénybevétele

Igénybevétel	Feszültség	Feszültségeloszlás	A feszültség időbeni változása
Hajlítás	$\sigma_{hj} = \frac{M}{K}$		Forgó tengelyeknél mindig lengő.
Csavarás	$\tau_{cs} = \frac{T}{K_p}$		Legtöbb esetben lüktető, de kivételesen lengő is előfordulhat.
Húzás vagy nyomás	$\sigma_{h-ny} = \frac{F_a}{A}$		Lüktető, ritkán lengő.
Nyírás	$\tau_{ny} = \frac{F_T}{A}$		Lüktető, ritkán lengő.

A nyírófeszültség, valamint a húzó- vagy nyomófeszültség rendszerint elhanyagolható a hajlító- és csavarófeszültséghez viszonyítva.

## 2. A tengelyszakaszok átmérőinek előzetes számítása

A hajlításból és csavarásból eredő összetett feszültséget redukált feszültséggel helyettesítve, fölírható:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{hj}^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{\tau_{D(0)}} \cdot \tau_{cs}\right)^2} \leq \sigma_{meg}$$

A redukált feszültség kifejezhető a redukált nyomatékkal is:

$$\sigma_{red} = \frac{M_{red}}{K} \leq \sigma_{meg}$$

ahol a redukált nyomaték:  $M_{red} = \sqrt{M_{hj}^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{2 \cdot \tau_{D(0)}} \cdot T_{cs}\right)^2}$ .

A keresztmetszeti tényező kör keresztmetszetre:  $K = \frac{d^3 \cdot \pi}{32} \approx 0,1 \cdot d^3$

Ezt behelyettesítve, egy-egy tengelyszakasz átmérője kiszámítható:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{red}}{\sigma_{meg}}}$$

A megengedett feszültség:  $\sigma_{meg} = \frac{\sigma_{D(-1)}}{s}$

Ahol:

$\sigma_{D(-1)}$  a tengely anyagának próbapálcán mért kifaradási határa hajlításra, lengő terhelésnél (6. táblázat).

$\tau_{D(0)}$  a tengely anyagának próbapalcán mért kifáradási határa csavarásra, lüktető terhelésnél (6. táblázat).

$s=3\dots 5$  biztonsági tényező (a viszonylag nagy értékkel a feszültséggyűjtő hatást vesszük figyelembe).

A tiszta csavaró igénybevételnek kitett tengelyek, illetve tengelyszakaszok átmérői:

$$d = 3 \sqrt[3]{\frac{5 \cdot T}{\tau_{meg}}}$$

A megengedett csavaró feszültség:  $\tau_{meg} = \frac{\tau_D}{s}$

### Példa

A 3. ábrán látható kétfokozatú fogaskerékes hajtómű kimenő tengelye  $T = 200$  Nm forgató nyomatékot ad le és egyidejűleg egy  $F = 1700$  N függőleges, radiális irányú terhelést visel el. A hosszmeretek a tengely vázlatán vannak megadva (4. ábra). Ismertek még a következő adatok:

a tengely fordulatszáma  $n = 230 \text{ min}^{-1}$

üzemtényező  $C_A = 1,0$

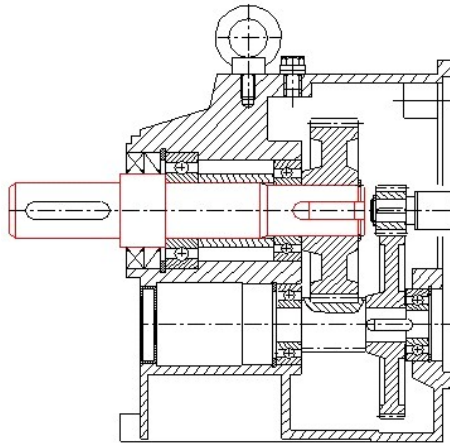
a  $z_4$  egyenes fogazatú fogaskerék osztókör átmérő:  $d_4 = 150$  mm

a fogazat profilszöge  $\alpha = 20^\circ$

a tengely anyaga: E 335, ( $\sigma_{D(-1)} = 330$ ,  $\tau_{D(0)} = 210$ ,  $R_m = 650$  [N/mm<sup>2</sup> ])

Méretezésnél alkalmazandó biztonsági tényező:  $s = 4$

Meg kell határozni a szükséges tengelyátmérőket a csapágyak helyén.



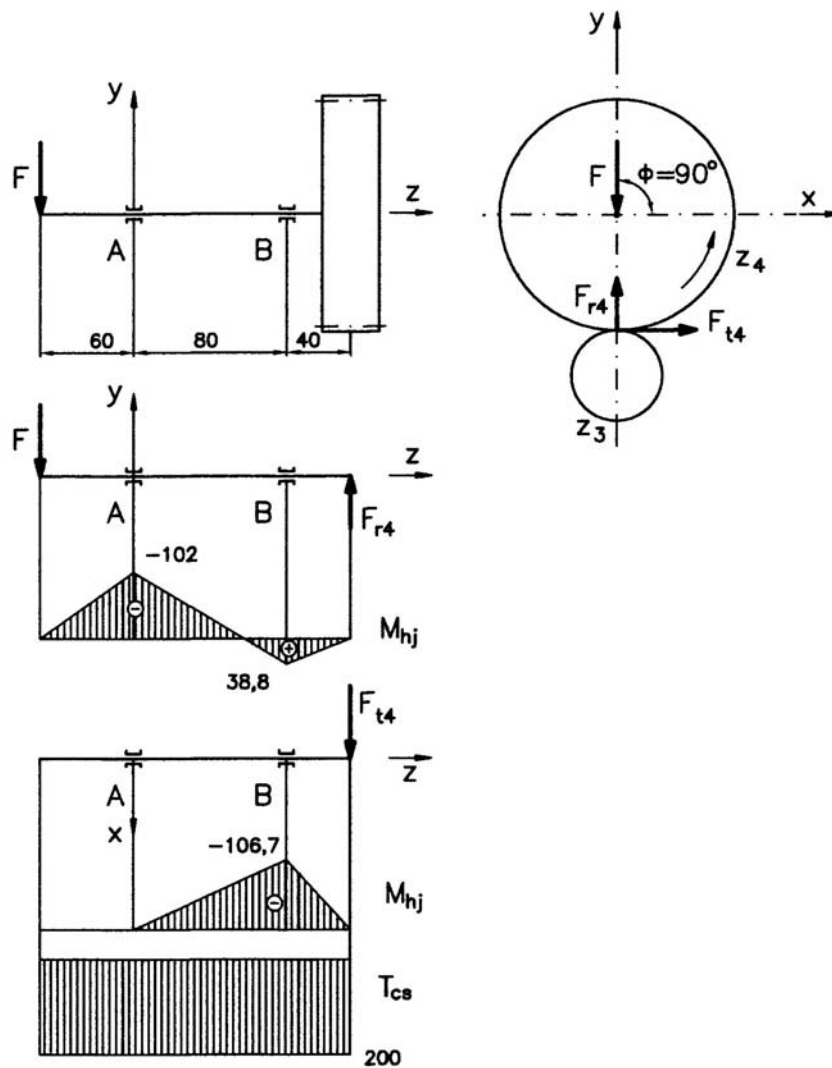
3. ábra. Kétfokozatú hajtómű

### Kidolgozás

#### 7. A fogaskeréken jelentkező erőhatások

$$F_{t4} = \frac{T}{r_4} = \frac{2T}{d_4} = \frac{2 \cdot 200}{0,150} = 2667 \text{ N}$$

$$F_{r4} = F_{t4} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2667 \cdot \operatorname{tg} 20 = 971 \text{ N}$$



4. ábra. A tengely vázlatja és az igénybevételi ábrák

**b) A támaszokban jelentkező erők**

- Az y-z síkban jelentkező támaszerők

$$\sum M_A = -F \cdot 60 - F_{r4} \cdot 120 - F_{By} \cdot 80 = 0$$

$$F_{By} = \frac{-F \cdot 60 - F_{r4} \cdot 120}{80} = \frac{-1700 \cdot 60 - 971 \cdot 120}{80} = -2731 \text{ N } (\downarrow)$$

$$F_{Ay} = F - F_{r4} - F_{By} = 1700 - 971 + 2731 = 3460 \text{ N } (\uparrow)$$

- Az x-z síkban jelentkező támaszerők

$$\sum M_A = F_{t4} \cdot 120 - F_{Bx} \cdot 80 = 0$$

$$F_{Bx} = \frac{F_{t4} \cdot 120}{80} = \frac{2667 \cdot 120}{80} = 4000,5 \text{ N } (\uparrow)$$

$$F_{Ax} = F_{t4} - F_{Bx} = 2667 - 4000,5 = -1333,5 \text{ N } (\downarrow)$$

- A csapágyakat terhelő erők

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{1333,5^2 + 3460^2} = 3708 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{4000,5^2 + 2731^2} = 4843,8 \text{ N}$$

**c) Az igénybevételi ábrák (4. ábra)**

- A hajlító nyomaték az y-z síkban

$$M_{yA} = -F \cdot 0,060 = 1700 \cdot 0,060 = -102 \text{ Nm}$$

$$M_{yB} = F_{r4} \cdot 0,040 = 971 \cdot 0,04 = 38,8 \text{ Nm}$$

- A hajlító nyomaték az x-z síkban

$$M_{xA} = 0 \text{ Nm}$$

$$M_{xB} = -F_{t4} \cdot 0,040 = -2667 \cdot 0,04 = -106,7 \text{ Nm}$$

- Az eredő hajlító nyomaték

$$M_A = \sqrt{M_{xA}^2 + M_{yA}^2} = \sqrt{0^2 + 102^2} = 102 \text{ Nm}$$

$$M_B = \sqrt{M_{xB}^2 + M_{yB}^2} = \sqrt{106,7^2 + 38,8^2} = 113,5 \text{ Nm}$$

- A redukált nyomaték:  $M_{red} = \sqrt{M_{hj}^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{2 \cdot \tau_{D(0)}} \cdot T_{cs}\right)^2}$

$$M_{redA} = \sqrt{M_A^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{2 \cdot \tau_{D(0)}} \cdot T_{cs}\right)^2} = \sqrt{102^2 + \left(\frac{330}{2 \cdot 210} \cdot 200\right)^2} = 187 \text{ Nm}$$

$$M_{redB} = \sqrt{M_B^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)}}{2 \cdot \tau_{D(0)}} \cdot T_{cs}\right)^2} = \sqrt{113,5^2 + \left(\frac{330}{2 \cdot 210} \cdot 316,6\right)^2} = 193,8 \text{ Nm}$$

$$(\sigma_{D(-1)} = 330, \tau_{D(0)} = 210, R_m = 650 \text{ [N/mm}^2 \text{ ]})$$

**d) A tengelyátmérők**

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{redA}}{\sigma_{meg}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 187 \cdot 1000}{82,5}} = 28,3 \text{ mm}$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{redB}}{\sigma_{meg}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 193,8 \cdot 1000}{82,5}} = 28,64 \text{ mm}$$

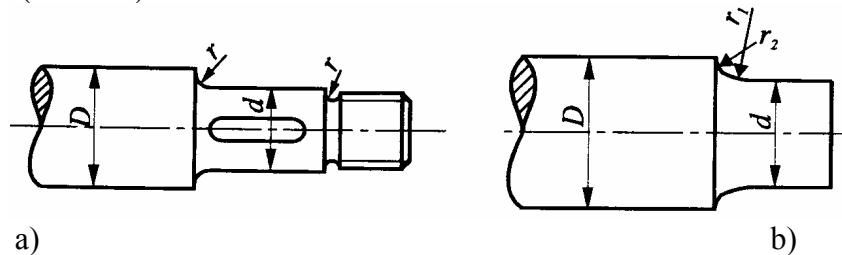
A megengedett feszültség:  $\sigma_{meg} = \frac{\sigma_{D(-1)}}{s} = \frac{330}{4} = 82,5 \text{ N/mm}^2$

### 3. A tengelyek kialakítása

A tengelyszakaszok átmérőinek meghatározása után kerül sor a tengely megszerkesztésére, minek után pontos értékeket kapunk az előzőleg csak megbecsült hosszméretekre, pontosítjuk a különböző átmérőjű szakaszok átmeneti formáit, a tengelyre szerelendő alkatrészek rögzítési módját (hornyok, furatok, bemetszések stb.). A tengelykeresztmetszet hirtelen változása minden esetben feszültséggyűjtő (növelő) hatást idéz elő.

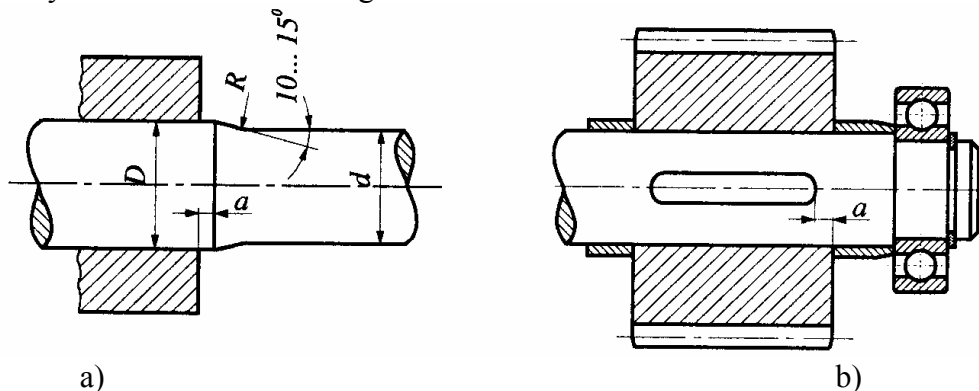
A fentiek értelmében a tengelyek kialakításánál ügyelni kell a következő irányelvek betartására:

- Kerülni kell a többszörös feszültséggyűjtő hatást a tengely azonos részén (pl. tengelyváll és reteszhorony)
- Lehetőség szerint törekedni kell, hogy a tengelyre szerelendő alkatrészek méretei és a támaszok (csapágyak) közötti távolság minél kisebb legyen.
- Lépcsős tengelyek esetében az átmérők viszonya  $D/d \approx 1,25 \dots 1,3$  körül legyen és az átmenet lekerekítési sugara  $r \approx d/20 \dots d/16$  legyen (5a. ábra).
- Ha a lépcsőnek ill. tengelyvállnak nincs axiális terhelése, akkor az átmenetet két sugárral alakítsuk ki ( $r_1 \approx d/20$ ;  $r_2 \approx d/5$ ), így jelentősen csökkenthető a feszültséggyűjtő hatás (5b. ábra).



5. ábra. Lépcsős tengelyek átmenetei.

- A köszörült felületeknél az átmenetet korongkifutó-horonnyal kell ellátni. Legtöbbször csak a hengeres felületet kell köszörülni és ilyenkor a DIN 509 szerinti E alakú átmenetet alkalmazzuk. Amikor a vállat is köszörülni kell, akkor DIN 509 szerinti F alakot használjuk (2. táblázat).
- A váll nélküli átmérőváltozást kúpos és lekerekített átmenettel ( $R=d/5$ ) alakítsuk ki, így a feszültséggyűjtő hatás jelentősen csökkenthető (6a. ábra).
- Tengelyirányú rögzítéshez csak a tengelyvégeken használjunk biztosító gyűrűt, mert a horony feszültséggyűjtő hatás forrása (6b. ábra).
- A reteszhorony mindig rövidebb legyen az agynál (6b. ábra). Ezáltal a távtartó perselyek szerelése nem okoz gondot méreteltérés esetén sem.



6. ábra. Lépcsős tengelyek átmenetei.

2. táblázat. Átmenetek DIN509 szerint

**E alak: tengelyváll nincs köszörülve**

**F alak: a tengelyváll is köszörült**

z – köszörülési ráhagyás  
d<sub>1</sub> – készméret

A méretek mm –ben

d <sub>1</sub>	Normál igénybevétel						Megnövelt lengő igénybevétel			
	≤1,6	>1,6 ≤3	>3 ≤10	>10 ≤18	>18 ≤80	>80	>18 ≤50	>50 ≤80	>80 ≤125	>125
R <sub>1</sub>	0,1	0,2	0,4	0,6		1	1,6	2,5	4	
t <sub>1</sub>	0,1		0,2		0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5
f <sub>1</sub>	0,5	1	2		2,5	4	2,5	4	5	7
g ≈	0,8	0,9	1,1	1,4	2,1	3,2	1,8	3,1	4,8	6,4
t <sub>2</sub>	0,1				0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	

A hornyokat a rajzon elég bejelölni. Például egy E alakú kifutóhorony amelynek a lekerekítési sugara R<sub>1</sub>=0,4 mm és a mélysége t<sub>1</sub>=0,2 mm, jele a következő: **Horony DIN 509 – E 0,4x0,2**

#### 4. Tengelyek szilárdsági ellenőrzése

A forgó tengely tipikus fárasztó igénybevételt szenved, ezért a biztonsági tényezőt (s<sub>D</sub>) kifáradásra kell meghatározni a veszélyes keresztmetszetekben. A tengely részletes geometriai jellemzőinek ismeretében pontosan kiszámíthatók az egyes veszélyes keresztmetszetekben ébredő feszültségek. Ezt kell összehasonlítani a tengely kifáradási határértékével.

Arra a esetre, ha a tengely igénybevétele hajlítás (lengő) és csavarás (lűktető) a fáradásos töréssel szembeni biztonsági tényezők a következő képletekkel határozhatók meg:

- Hajlítás 
$$S_{Dhj} = \frac{\sigma_{D(-1)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3}{\beta_{khj} \cdot \sigma_{hj}}$$

- Csavarás 
$$S_{Dcs} = \frac{\tau_{D(0)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3}{\beta_{kes} \cdot \tau_{cs}}$$

- Az összegzett biztonsági tényező: 
$$S_D = \frac{S_{Dhj} \cdot S_{Dcs}}{\sqrt{S_{Dhj}^2 + S_{Dcs}^2}}$$
 melynek értéke

S<sub>D</sub>=1,5...2 kell, hogy legyen.

Ahol:

σ<sub>D(-1)</sub> a tengely anyagának próbapalcán mért kifáradási határa hajlításra, lengő terhelésnél (6. táblázat).

τ<sub>D(0)</sub> a tengely anyagának próbapalcán mért kifáradási határa csavarásra, lűktető terhelésnél (6. táblázat).

ξ<sub>1</sub> mérettényező (3. táblázat),



- $\xi_2$  felületi érdesség tényező ( 4. táblázat),  
 $\xi_3$  felületi rétegállapot tényező ( $\xi_3 > 1$  abban az esetben, ha valamilyen a felületi réteget javító kezelést alkalmaztunk,  $\xi_3 = 1$ , ha ilyen kezelés nem történt) ( 5. táblázat),  
 $\beta_{khj}$  gátlástényező hajlításra;  $\beta_{kcs}$  gátlástényező csavarásra

A gátlástényező meghatározása:

$$\beta_k = (\alpha_k - 1) \eta_k + 1$$

ahol:  $\alpha_k$  - a feszültségtorlódás alaktényezője. Kizárólag az alkatrész geometriai jellemzőitől függ, számszerű értékeit diagramokból vagy táblázatokból kell kiolvasni egy-egy jellemző alakváltozáshoz és igénybevételhez (8. ábra).

$\eta_k$  –érzékenységi tényező (anyagfajtától függő). Ennek értékeit az 7. ábrán található diagramról lehet leolvasni.

Esetenként  $\beta_k$  értékét közvetlenül is kiolvashatjuk, acél tengelyekre értelmezve (9, 10 ábrák).

3. táblázat. Mérettényező  $\xi_1$  értékei

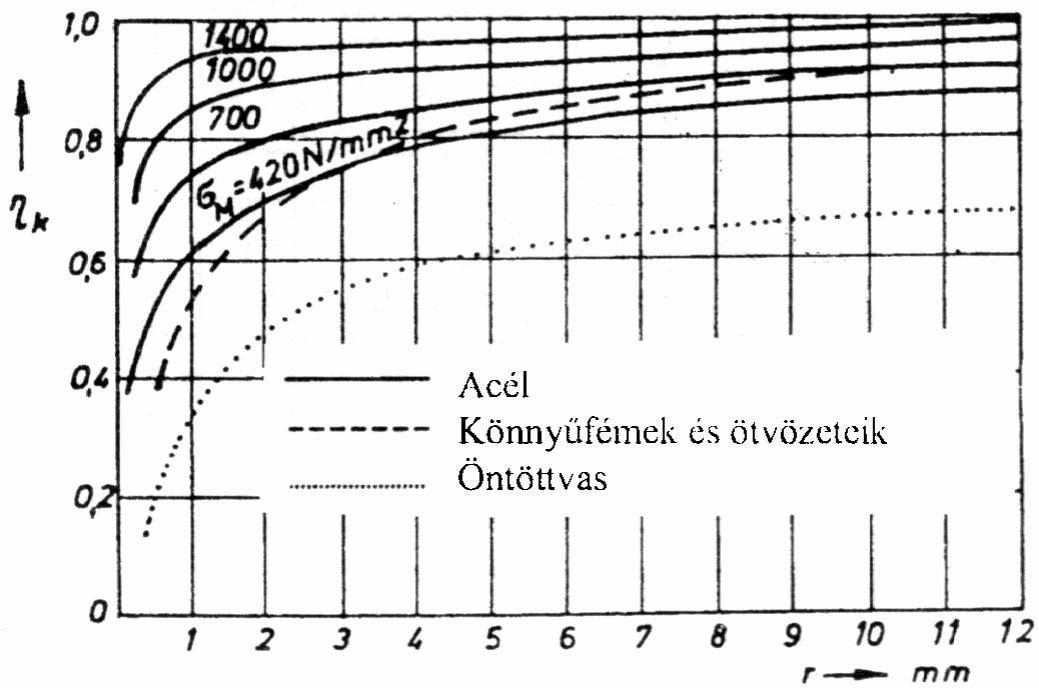
Feszültséggyűjtő hely legkisebb keresztmetszete	Hajlítás		Csavarás	Húzás
	Szénacél	Ötvözött acél		
10	1,00	1,00	1,00	1,00
20	0,91	0,83	0,89	1,00
30	0,88	0,77	0,81	1,00
40	0,84	0,73	0,78	0,90
50	0,81	0,70	0,76	0,82
60	0,78	0,68	0,74	0,82
70	0,75	0,66	0,73	0,77
80	0,73	0,64	0,72	0,77
100	0,70	0,62	0,70	0,77
120	0,68	0,60	0,68	0,75
150	0,60	0,54	0,60	0,75

4. táblázat. Felületi érdesség tényező  $\xi_2$  értékei

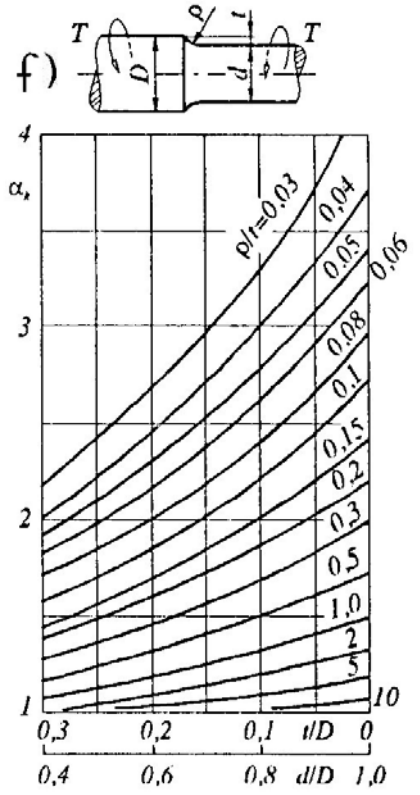
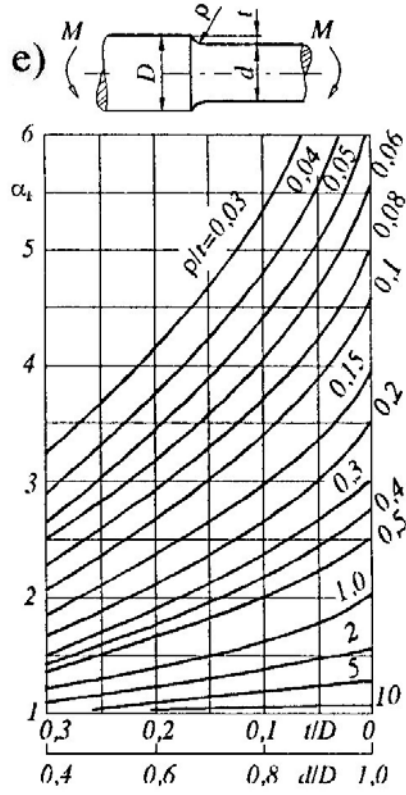
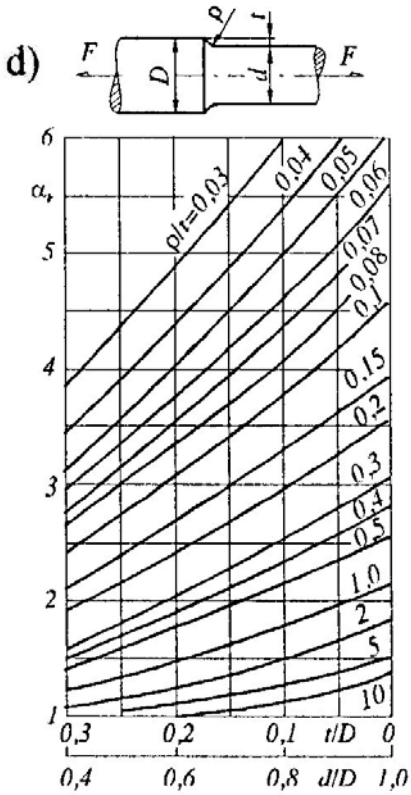
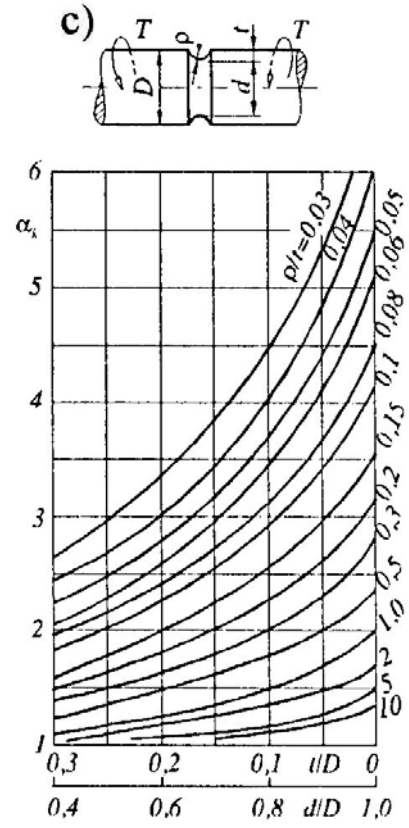
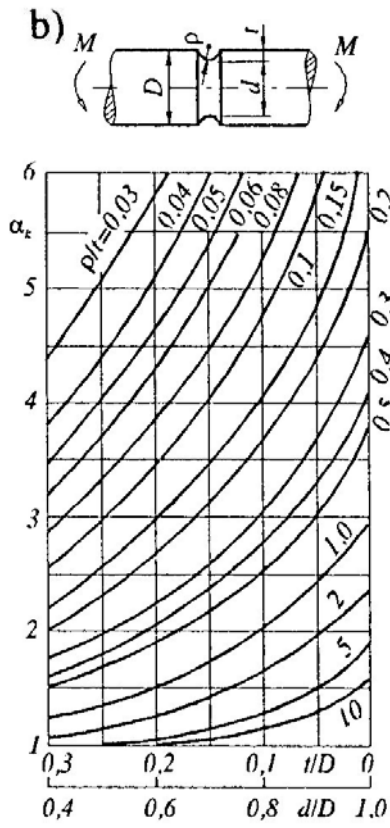
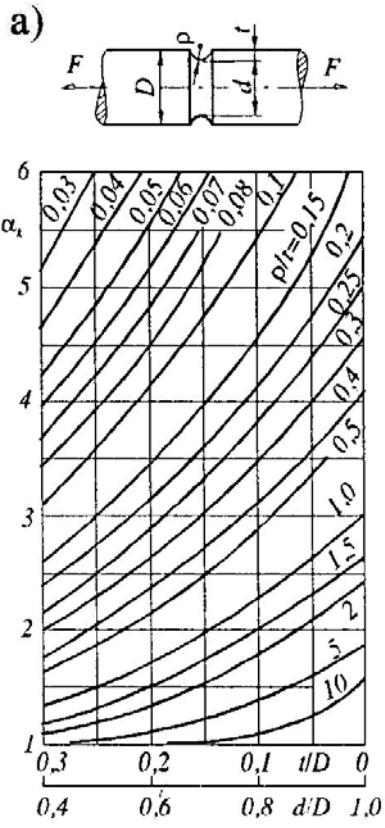
A felület megmunkálása	Szakítószilárdság $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )		
	400	800	1200
Csiszolt	1	1	1
Finom esztergálás	0,95-0,98	0,90-0,95	0,80-0,90
Durva esztergálás	0,84-0,90	0,80-0,90	0,70-0,80
Megmunkálatlan	0,75-0,85	0,55-0,75	0,40-0,60

5. táblázat. Felületi rétegállapot tényező  $\xi_3$  értékei

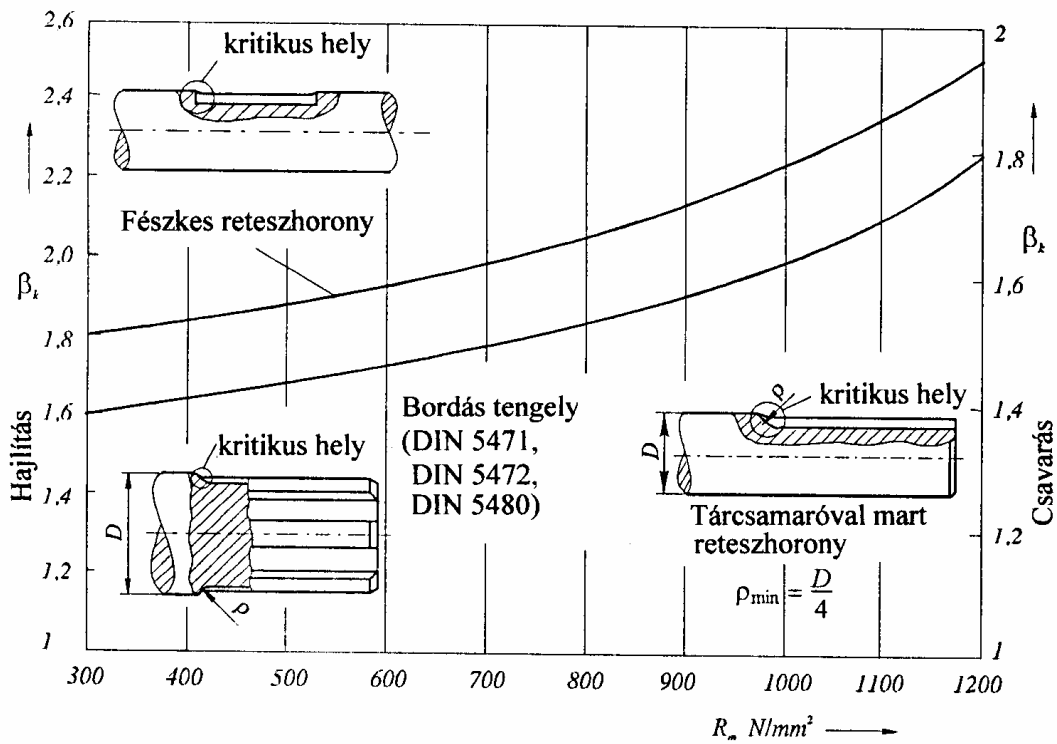
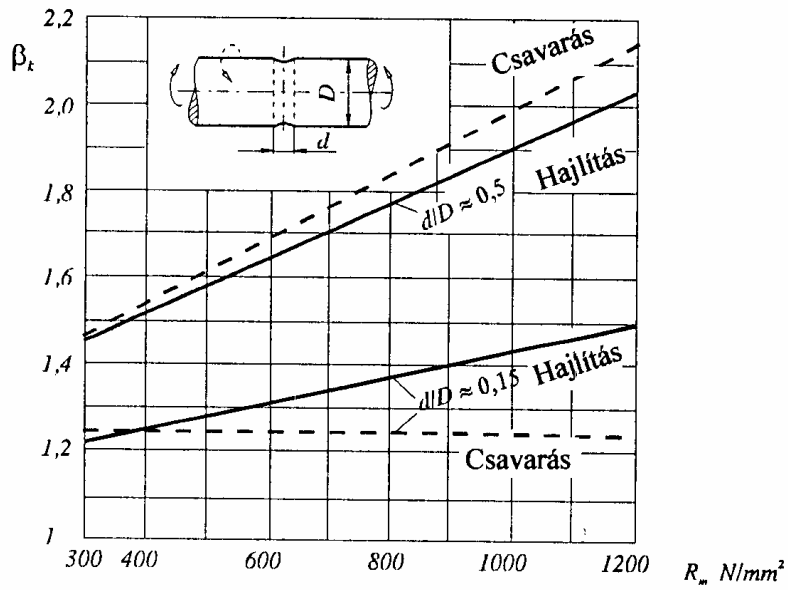
A felület megmunkálása	$R_m, \sigma_M$ N/mm <sup>2</sup>	Sima tengelyek	Lépcsős tengelyek	
			$\beta_k < 1,5$	$\beta_k > 1,5$
Cementálás és edzés	400-1200	1	1,5-1,66	-
Indukciós edzés	600-800 800-1000	1,5-1,7 1,3-1,5	1,6-1,7	2,4-2,8
Nitridálás	900-1200	1,1-1,25	1,5-1,7	1,1-2,1
Sörétezés	600-1400	1,1-1,25	1,5-1,6	1,7-2,1
Görgözés	-	1,2-1,3	1,5-1,6	1,8-2,0



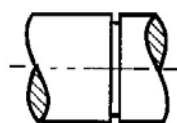
8. ábra Az érzékenységi tényező különböző anyagokra



8. ábra. A feszültségterelőzés alak tényezője beszúrásnál (a, b, c) és átmenetknél (d, e, f)



9. ábra. A gátlástényező ( $\beta_k$ ) meghatározása keresztfurat, reteszhorony és bordás tengely esetében



$$\beta_{khj} = \beta_{kes} = 2,5 \dots 3$$

10. ábra. A gátlástényező ( $\beta_k$ ) értéke élessarkú radiális beszúrásoknál.

6. táblázat. A járatos gépipari anyagok szilárdsági jellemzői

Neve	Jelzése (EN)	Szakfeszültség $\sigma_M, R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]			Folyáshatár, $R_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]			Kifáradási határ tüktető terhelésnél [N/mm <sup>2</sup> ]			Kifáradási határ lengő terhelésnél [N/mm <sup>2</sup> ]			Keménység HB
		d ≤ 16mm	16-40	40-100	d ≤ 16mm	16-40	40-100	Húzás $\sigma_{D(0)}$	Hajlítás $\sigma_{D(0)}$	Csavarás $\tau_{D(0)}$	Húzás $\sigma_{D(-1)}$	Hajlítás $\sigma_{D(-1)}$	Csavarás $\tau_{D(-1)}$	
Szerkezetes acél	S 235 JO		370-430		235	225	215	220-250	260-310	140-180	120-140	170-200	100-120	105-125
	S 275 JR		420-500		275	265	255	240-280	300-350	150-180	130-170	190-240	110-140	120-140
E 295			500-600		295	285	275	280-340	350-420	170-240	160-200	220-270	130-160	140-170
	E 335		600-700		335	325	315	320-380	400-480	200-230	200-240	280-330	160-190	170-195
E 360			700-850		360	355	345	350-430	430-540	220-270	220-280	300-380	170-220	195-240
Nemesített acél	1 C 22	550-700	500-630		340	290		280-330	380-470	200-240	160-190	220-270	130-160	156
	1 C 45	710-860	670-820		490	430	370	360-480	520-590	230-310	220-250	300-340	180-200	207
	34 Cr 4	900-1100	800-950		700	590	460	450-590	630-780	250-500	260-320	360-450	210-260	217-223
	42CrMo4	1100-1300	1000-1200		900	750	650	550-700	800-960	340-550	320-390	460-550	270-310	217-241
34CrNiMo6	1200-1400	1100-1300		1000	900	800	600-800	870-1050	370-550	360-430	500-600	290-350	235-241	
Betétben edzett acél	C 10	650-800	500-650		390	295		320-410	430-570	190-250	180-240	250-330	150-190	90-131
	C 15	750-900	600-800		440	335		370-460	500-630	220-280	210-280	300-370	180-220	103-146
16MnCr5		900-1200	800-1100		635	590	440	400-500	520-700	300-400	230-300	320-400	190-230	140-210
Acél öntvény	GS 38		380			190		180-230	220-290	110-150	110-130	150-190	90-110	110
	GS 45		450			230		220-280	270-350	130-180	120-150	180-220	100-130	130
	GS 52		520			260		250-320	310-400	160-200	140-170	200-240	110-140	150
	GS 60		600			300		280-360	350-450	180-230	150-180	220-260	130-150	174
Sűrű öntvény	GG 15		520-560			190-200		56-64	120-170	70	35-40	70-100	50	200
	GG 20		660-800			230-280		72-80	140-200	100	45-50	80-120	70	220
	GG 25		880-900			310-320		90-95	170-230	125	55-60	100-140	90	240
	GG 35		1000-1150			400		130	240-300	180	70-80	140-160	130	190-275
Bronz	CuSn12-C	280		160										
	CuAl10Fe1	600		280										
Sárgaréz	CuZn40	350		240										
	CuZn33Pb2-C	200		80										
Alumínium ötv.	G-AlSi12	150-200		70-100										
	G-AlSi10Mg	180-240		90-120										
Egyéb jellemzők		Rug. modulus, N/mm <sup>2</sup>			Sűrűség, kg/dm <sup>3</sup>			Hőátágulási té. K <sup>-1</sup>						
Acél (2,1...2,2) 10 <sup>5</sup>		7,85			12·10 <sup>-6</sup>									
Szurkeöntvény (0,8...1,2) 10 <sup>5</sup>		7,4			9·10 <sup>-6</sup>									
Bronz (1,1...1,2) 10 <sup>5</sup>		8,8			17·10 <sup>-6</sup>									
Al-ötvözetek (0,76...0,85) 10 <sup>5</sup>		2,6...3			23·10 <sup>-6</sup>									

## 5. Tengely-agy kötések kialakítása

A tengely-agy kötések feladata (1) a forgatónyomaték átvitele, (2) az axiális erők átvitele és (3) az agy tengelyirányú helyzet-meghatározása. A felsorolt feladatok megoldására többféle megoldás van, ezeket két csoportba osztjuk:

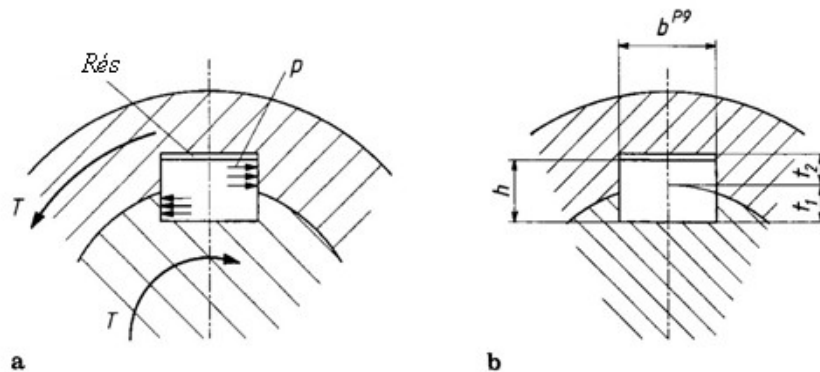
- erőzáró tengely-agy kötések
- alakzáró tengely-agy kötések

Az erőzáró tengely-agy kötések esetében az erő- és nyomatékátvitele súrlódási erő segítségével történik. Ide soroljuk a zrugorkötést, a kúpos felfekvésű kötést, a hasított- vagy osztott agy kialakításokat és az ékkötést.

Az alakzáró tengely-agy kötések esetében az erő- és nyomatékátvitele az illeszkedő elemek alakjával van biztosítva. Ide tartoznak a reteszkötések, a bordás kötések és a poligon kötések. A segédletben csak a reteszkötések kialakítása van részletesen bemutatva.

### 5.1 Reteszkötések

A reteszkötés működési elvét és a retesz valamint a reteshornok jellemző méreteit a 11. ábra mutatja. A reteszek alakja és méretei a DIN 6885 (MSZ 12868) szabvánnyal van meghatározva (12. ábra és 7. táblázat). A reteszek anyaga C45 nemesített acél.

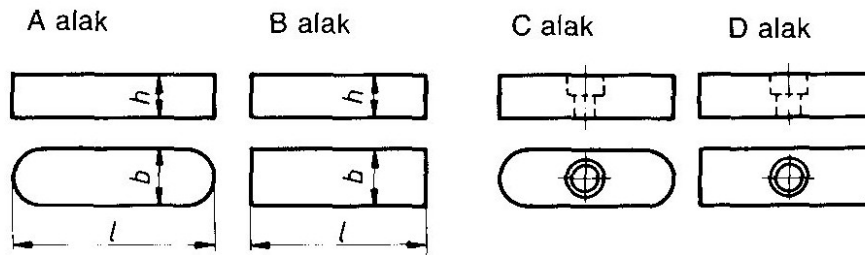


11. ábra. a) működési elv, b) jellemző méretek és tűrések

9. táblázat. Reteszek méretei DIN 6885 (MSZ 12 868)

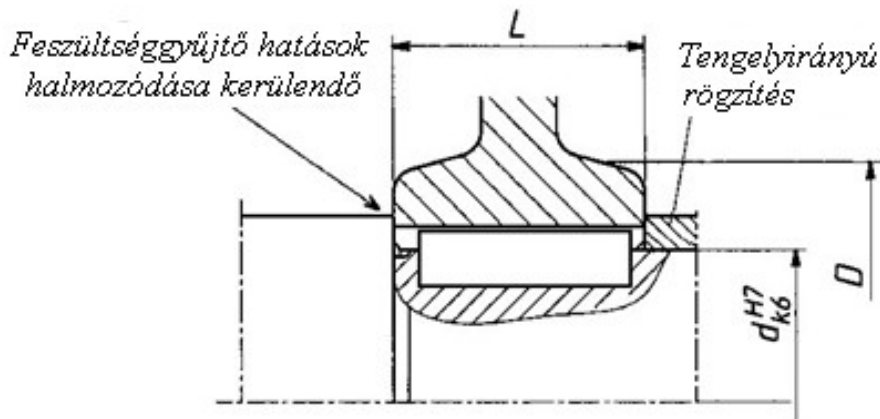
Tengelyátmérő	felett	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
	-ig	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150
Retesz-szélesség	<b>b</b>	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
Reteszmagasság	<b>h</b>	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20
Tengelyhorony mélysége	<b>t<sub>1</sub></b>	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11	12
Agyhorony mélysége	<b>t<sub>2</sub></b>	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4	8,4
Normál hosszak: <b>l</b> = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320 mm																	
A alakú b=12, h=8 mm, l=63 mm méretű és C45 anyagú retesz jelölése: <b>Retesz DIN 6885 A-12x8x63-C45</b>																	

A szabványos retesz szélességének tűrése h9



12. ábra. Reteszkialakítások

A tengely és az agy jellemző méreteit a 13. ábra mutatja.



13. ábra. A tengely és az agy jellemző méretei

**Az agyszélesség és a külső agyátmérő javasolt értékei**

	Az agyszélesség	A külső agyátmérő
Öntöttvas agyak	$L \approx (1,8 - 2) d$	$D \approx (1,8 - 2) d$
Acél és acélöntvény agyak	$L \approx (1,6 - 1,8) d$	$D \approx (1,6 - 1,8) d$

(Az agyszélesség minimális értéke helyszűke esetén  $L \approx d$ .)

A retesz hossza közelítse meg az agy szélességét, de annál mindig valamivel rövidebb legyen. Ezzel megakadályozzuk a feszültséggyűjtő hatások halmozódását a tengelyváll környékén.

**A tengely és az agy furatának javasolt mérettűrései**

Rögzített helyzetű agy esetén a javasolt illesztés H7/k6 vagy H7/m6

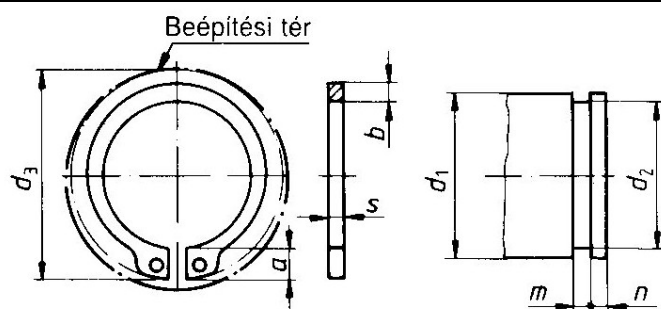
Eltolható (csúszó) agy esetén a javasolt illesztés H7/g6

**A horonyszélesség javasolt mérettűrései:**

	Szoros illesztés	Átmeneti	Csúszó
A tengelyben	P9	N9	H8
Az agyban	P9	J9	D10

## 6. Axiális irányú helyzetmeghatározás és rögzítés elemei

### Rugós biztosítógyűrű (Seeger-gyűrű) tengelyhez (DIN 471)



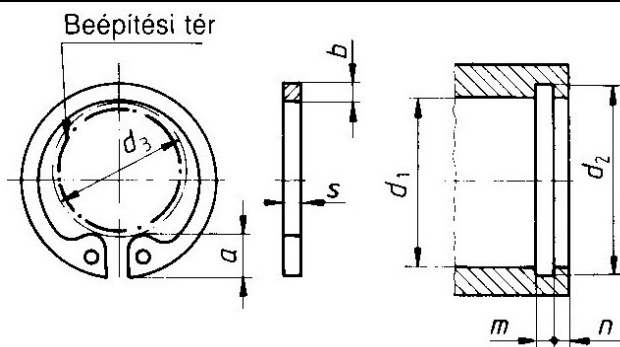
$d_1$ Tengely	$d_2$ h12	$d_3$	$a$ max	$b$	$m$ H13	$n$ min	$s$
10	9,6	17	3,3	1,8	1,1	0,6	1
12	11,5	19	3,3	1,8	1,1	0,8	1
14	13,4	21,4	3,5	2,1	1,1	0,9	1
15	14,3	22,6	3,6	2,2	1,1	1,1	1
16	15,2	23,8	3,7	2,2	1,1	1,2	1
18	17	26,8	3,9	2,4	1,3	1,5	1,2
20	19	28,4	4	2,6	1,3	1,5	1,2
22	21	30,8	4,2	2,8	1,3	1,5	1,2
24	22,9	33,2	4,4	3	1,3	1,7	1,2
25	23,9	34,2	4,4	3	1,3	1,7	1,2
28	26,6	37,9	4,7	3,2	1,6	2,1	1,5
30	28,6	40,5	5	3,5	1,6	2,1	1,5
32	30,3	43	5,2	3,6	1,6	2,6	1,5
35	33	46,8	5,6	3,9	1,6	3	1,5
38	36	50,2	5,8	4,2	1,85	3	1,75
40	37,5	52,6	4,4	4,4	1,85	3,8	1,75
42	39,5	56,7	6,5	4,5	1,85	3,8	1,75
45	42,5	59,1	6,7	4,7	1,85	3,8	1,75
48	45,5	62,5	6,9	5	1,85	3,8	1,75
50	47	64,5	6,9	5,1	2,15	4,5	2
52	49	66,7	7	5,2	2,15	4,5	2
55	52	70,2	7,2	5,4	2,15	4,5	2
58	55	73,6	7,3	5,6	2,15	4,5	2
60	57	75,6	7,4	5,8	2,15	4,5	2
65	62	81,4	7,8	6,3	2,65	4,5	2,5
70	67	87	8,1	6,6	2,65	4,5	2,5
75	72	92,7	8,4	7	2,65	4,5	2,5
80	76,5	98,1	8,6	7,4	2,65	5,3	2,5
85	81,5	103,3	8,7	7,8	3,15	5,3	3
90	86,5	108,5	8,8	8,2	3,15	5,3	3
95	91,5	114,8	9,4	8,6	3,15	5,3	3
100	96,5	120,2	9,6	9	3,15	5,3	3

Jelölési példa, ha tengelyátmérő  $d_1 = 45$  mm, és gyűrű vastagsága  $s = 1,75$  mm:

**Rögzítőgyűrű DIN 471-45x1,75**



### Rugós biztosítógyűrű furathoz (DIN 472)

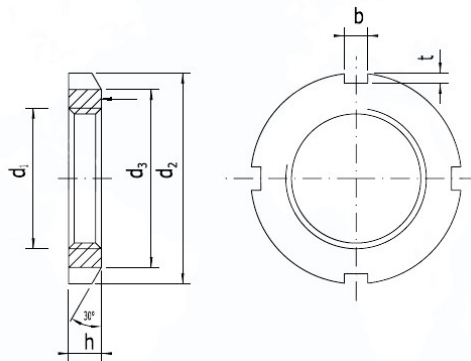


$d_1$ Furat	$d_2$ H12	$d_3$	$a$ max	$b$	$m$ H13	$n$ min	$s$
10	10,4	3,3	3,2	1,4	1,1	0,6	1
12	12,5	4,9	3,4	1,7	1,1	0,8	1
14	14,6	6,2	3,7	1,9	1,1	0,9	1
15	15,7	7,2	3,7	2	1,1	1,1	1
16	16,8	8	3,8	2	1,1	1,2	1
18	19	9,4	4,1	2,2	1,1	1,5	1
20	21	11,2	4,2	2,3	1,1	1,5	1
22	23	13,2	4,2	2,5	1,1	1,5	1
24	25,2	14,8	4,4	2,6	1,3	1,8	1,2
25	26,2	15,5	4,5	2,7	1,3	1,8	1,2
28	29,4	17,9	4,8	2,9	1,3	2,1	1,2
30	31,4	19,9	4,8	3	1,3	2,1	1,2
32	33,7	20,6	5,4	3,2	1,3	2,6	1,2
35	37	23,6	5,4	3,4	1,6	3	1,5
38	40	26,4	5,5	3,7	1,6	3	1,5
40	42,5	27,8	5,8	3,9	1,85	3,8	1,75
42	44,5	29,6	5,9	4,1	1,85	3,8	1,75
45	47,5	32	6,2	4,3	1,85	3,8	1,75
48	50,5	34,5	6,4	4,5	1,85	3,8	1,75
50	53	36,3	6,5	4,6	2,15	4,5	2
52	55	37,9	6,7	4,7	2,15	4,5	2
55	58	40,7	6,8	5	2,15	4,5	2
58	61	43,5	6,9	5,2	2,15	4,5	2
60	63	44,7	7,3	5,4	2,15	4,5	2
65	68	49	7,6	5,8	2,65	4,5	2,5
70	73	53,6	7,8	6,2	2,65	4,5	2,5
75	78	58,6	7,8	6,6	2,65	4,5	2,5
80	83,5	62,1	8,5	7	2,65	5,3	2,5
85	88,5	66,9	8,6	7,2	3,15	5,3	3
90	93,5	71,9	8,6	7,6	3,15	5,3	3
95	98,5	76,5	8,6	8,1	3,15	5,3	3
100	103,5	80,6	9	8,4	3,15	5,3	3

Jelölési példa, ha a furatátmérő  $d_1 = 50$  mm, és gyűrű vastagsága  $s = 2$  mm:

**Rögítógyűrű DIN 472-50x2**

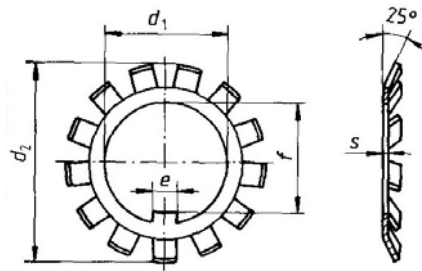
### Hornyos csapágyanya (DIN 981)



Megjelölés	$d_1$	$d_2$ h12	$d_3$ h13	$h$ h14	$b$	$t$
KM 0	M10x0,75	18	13,5	4	3	2
KM 1	M12x1,00	22	17	4	3	2
KM 2	M15x1,00	25	21	5	4	2
KM 3	M17x1,00	28	24	5	4	2
KM 4	M20x1,00	32	26	6	4	2
KM 5	M25x1,50	38	32	7	5	2
KM 6	M30x1,50	45	38	7	5	2
KM 7	M35x1,50	52	44	8	5	2
KM 8	M40x1,50	58	50	9	6	2,5
KM 9	M45x1,50	65	56	10	6	2,5
KM 10	M50x1,50	70	61	11	6	2,5
KM 11	M55x2,00	75	67	11	7	3
KM 12	M60x2,00	80	73	11	7	3
KM 13	M65x2,00	85	79	12	7	3
KM 14	M70x2,00	92	85	12	8	3,5
KM 15	M75x2,00	98	90	13	8	3,5
KM 16	M80x2,00	105	95	15	8	3,5
KM 17	M85x2,00	110	102	16	8	3,5
KM 18	M90x2,00	120	108	16	10	4
KM 19	M95x2,00	125	113	17	10	4
KM 20	M100x2,00	130	120	18	10	4
KM 21	M105x2,00	140	126	18	12	5
KM 22	M110x2,00	145	133	19	12	5
KM 23	M115x2,00	150	137	19	12	5
KM 24	M120x2,00	155	138	20	12	5
KM 25	M125x2,00	160	148	21	12	5
KM 26	M130x2,00	165	149	21	12	5
KM 27	M135x2,00	175	160	22	14	6
KM 28	M140x2,00	180	160	22	14	6
KM 29	M145x2,00	190	171	24	14	6
KM 30	M150x2,00	195	171	24	14	6

### Fogazott biztosítólemezek (DIN 5406)

DIN 981 szerinti csapágyanyákhoz

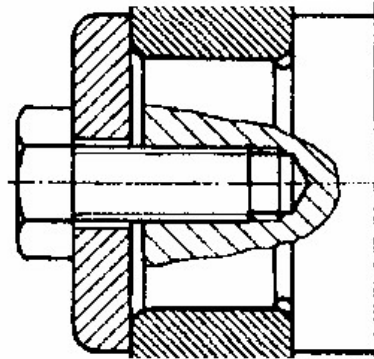


Megjelölés	$d_1$ c11	$d_2$	$e$ (max)	$f$ c11	$s$
MB 0	10	21	3	8,5	1
MB 1	12	25	3	10,5	1
MB 2	15	28	4	13,5	1
MB 3	17	32	4	13,5	1
MB 4	20	36	4	18,5	1
MB 5	25	42	5	23	1,25
MB 6	30	49	5	27,5	1,25
MB 7	35	57	6	32,5	1,25
MB 8	40	62	6	37,5	1,25
MB 9	45	69	6	42,5	1,25
MB 10	50	74	6	47,5	1,25
MB 11	55	81	8	52,5	1,5
MB 12	60	86	8	57,5	1,5
MB 13	65	92	8	62,5	1,5
MB 14	70	98	8	66,5	1,5
MB 15	75	104	8	71,5	1,75
MB 16	80	112	10	76,5	1,75
MB 17	85	119	10	81,5	1,75
MB 18	90	126	10	86,5	1,75
MB 19	95	133	10	91,5	1,75
MB 20	100	142	12	96,5	1,75
MB 21	105	145	12	100,5	1,75
MB 22	110	154	12	105,5	1,75
MB 23	115	159	12	110,5	2
MB 24	120	164	14	115,0	2
MB 25	125	170	14	120,0	2
MB 26	130	175	14	125,0	2
MB 27	135	185	14	130,0	2
MB 28	140	192	16	135,0	2
MB 29	145	202	16	140,0	2
MB 30	150	205	16	145,0	2

### Végtárcsák javasolt méretei (mm-ben)

d	D	H	Csavar	
			menet	z
30...35	d + 10	5	M10	1
40...50		6	M12	
55...60		6	M16	
65...80		8	M16	
85...90		8	M16	
95...100	d + 15	10	M20	2
105		10	M16	
110...120	d + 20	10	M16	
125...150		12	M20	
160...170		14	M20	
180...200		d + 30	14	

d – a tengelycsap átmérője,  
D – a végtárcsa külső átmérője,  
H – a végtárcsa vastagsága,  
z – a felerősítő csavarok száma.



### Tengely műhelyrajza

A tengely műhelyrajzának tartalmaznia kell minden adatot ami a gyártáshoz szükséges. Illusztrációként egy példa látható az alábbi ábrán.

