

Gép és szerkezeti elemek Tengelyek - Tengelykötések

Borbás Lajos

Prof. Emeritus

- Csoportosítás
- Méretezés statikus terhelésre
- Kritikus fordulatszám
- Tengelykötések felosztása, kialakítása

- Meghatározás
- Csoportosítás a tengely és a gépváz relatív mozgása szerint
- Csoportosítás a tengely alakja szerint
- Csoportosítás a jellemző igénybevétel szerint
- Hajlított tengely méretezése statikus terhelésre
- Csavart tengely méretezése statikus terhelésre
- Hajlított és csavart tengely méretezése statikus terhelésre
- Alakváltozások ellenőrzése
- Kritikus fordulatszám ellenőrzése

Meghatározás

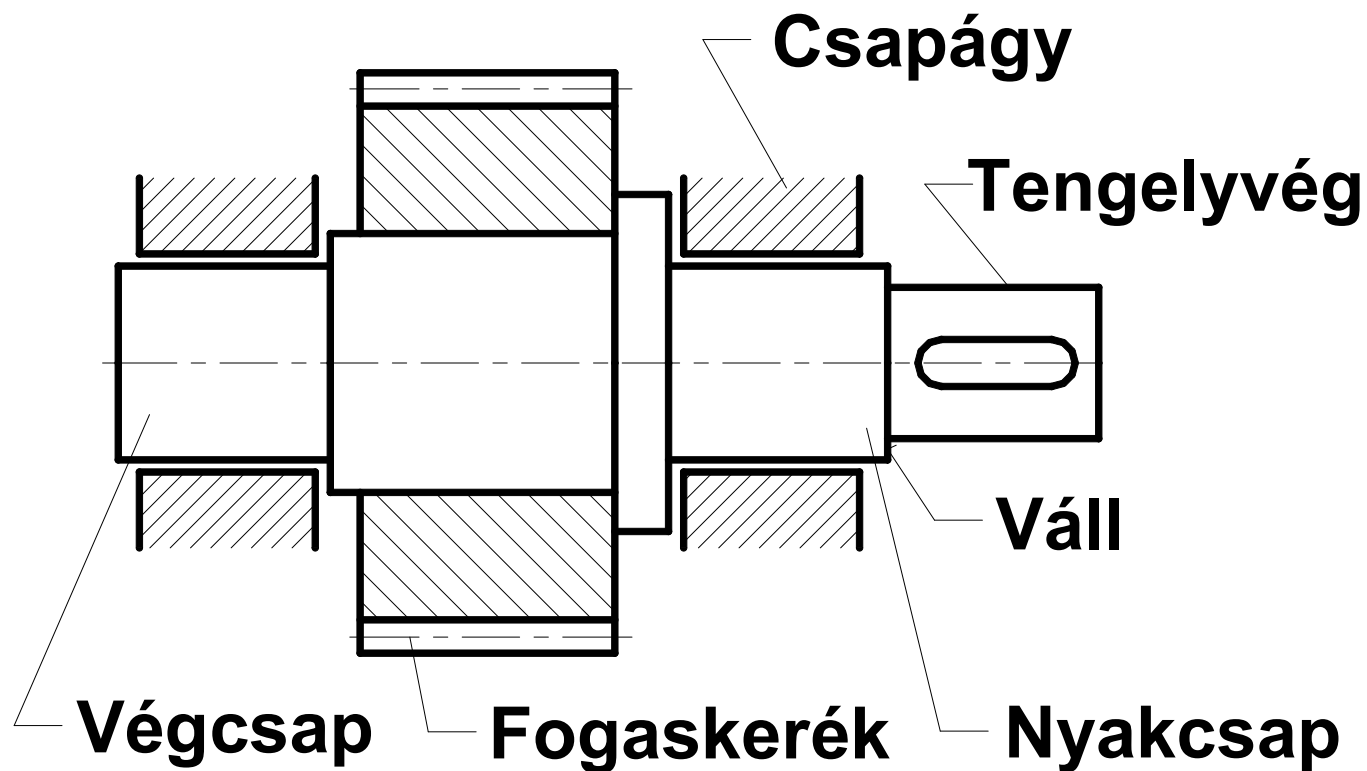
- Gépalkatrészek forgását vagy elfordulását biztosító alkatrészek:
 - Meghatározzák az alkatrészek relatív helyzetét úgy, hogy elfordulás lehetséges.
 - Terheket közvetítenek az alkatrészek között.
 - Jellemző a kör keresztmetszet.

Csoportosítás a relatív mozgása szerint

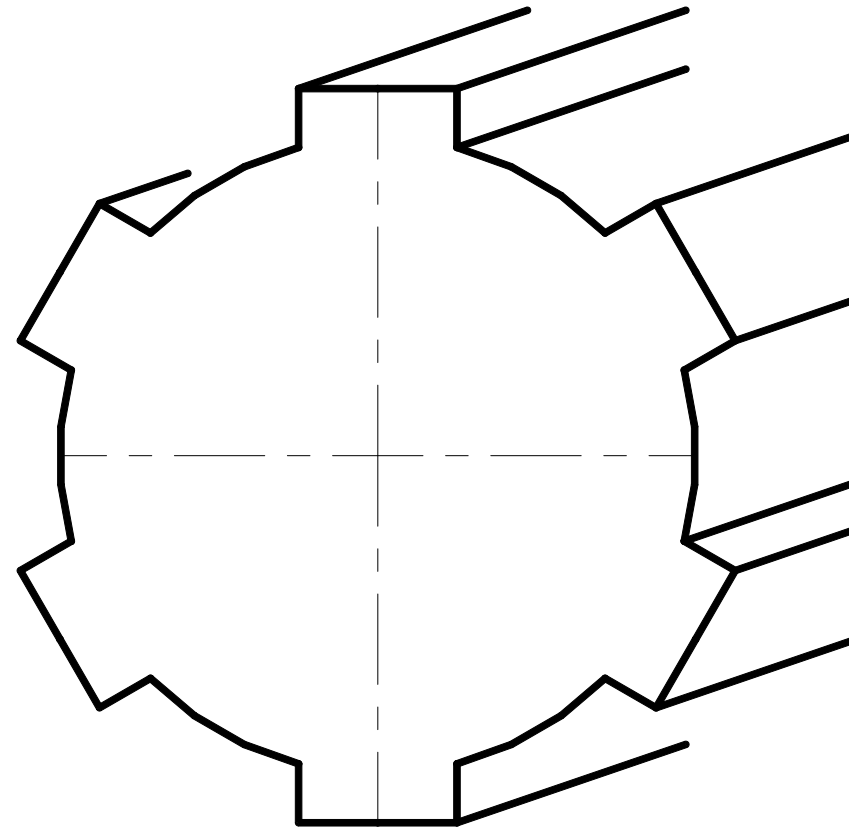
- Forgó tengely
 - A tengely elfordul a vázhoz képest.
 - Pl. hajtóműben.
- Álló tengely
 - A tengely áll a vázhoz képest

Csoportosítás a tengely alakja szerint

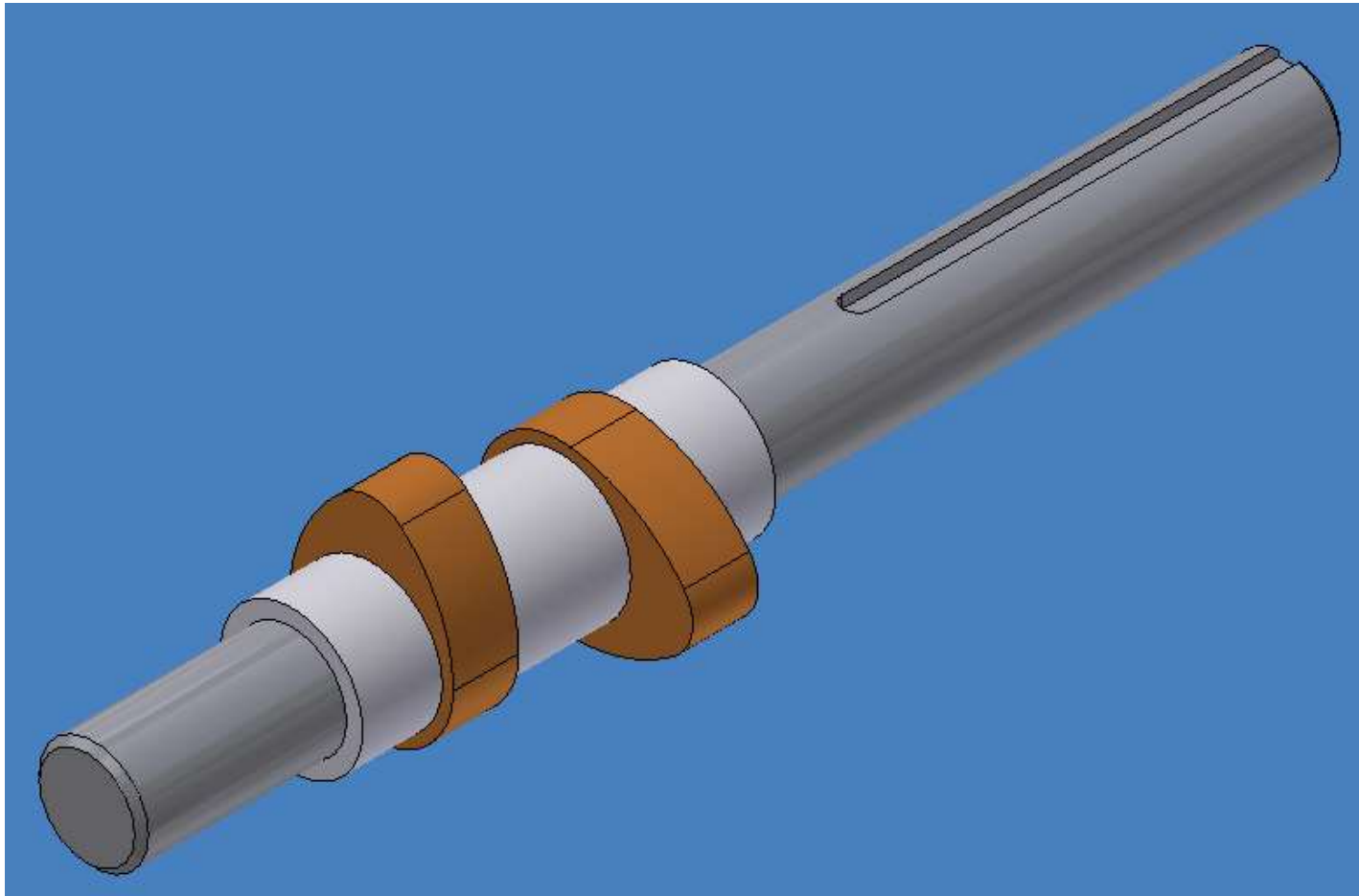
- Lépcsős (vállas)
 - Szakaszonként állandó keresztmetszet.
 - Leggyakoribb típus.



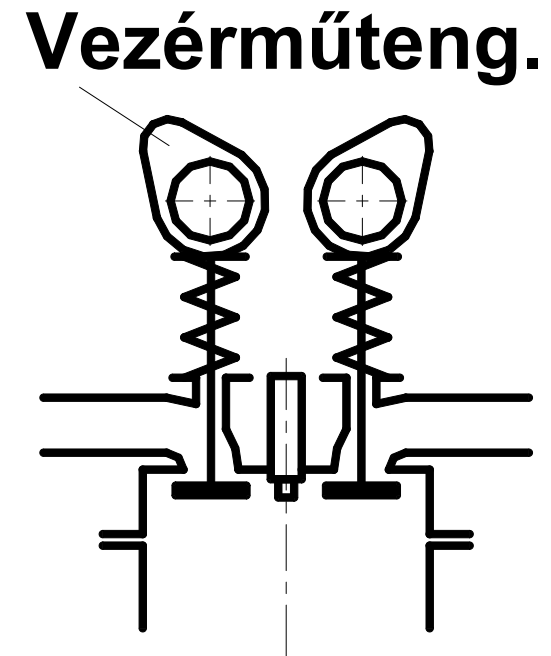
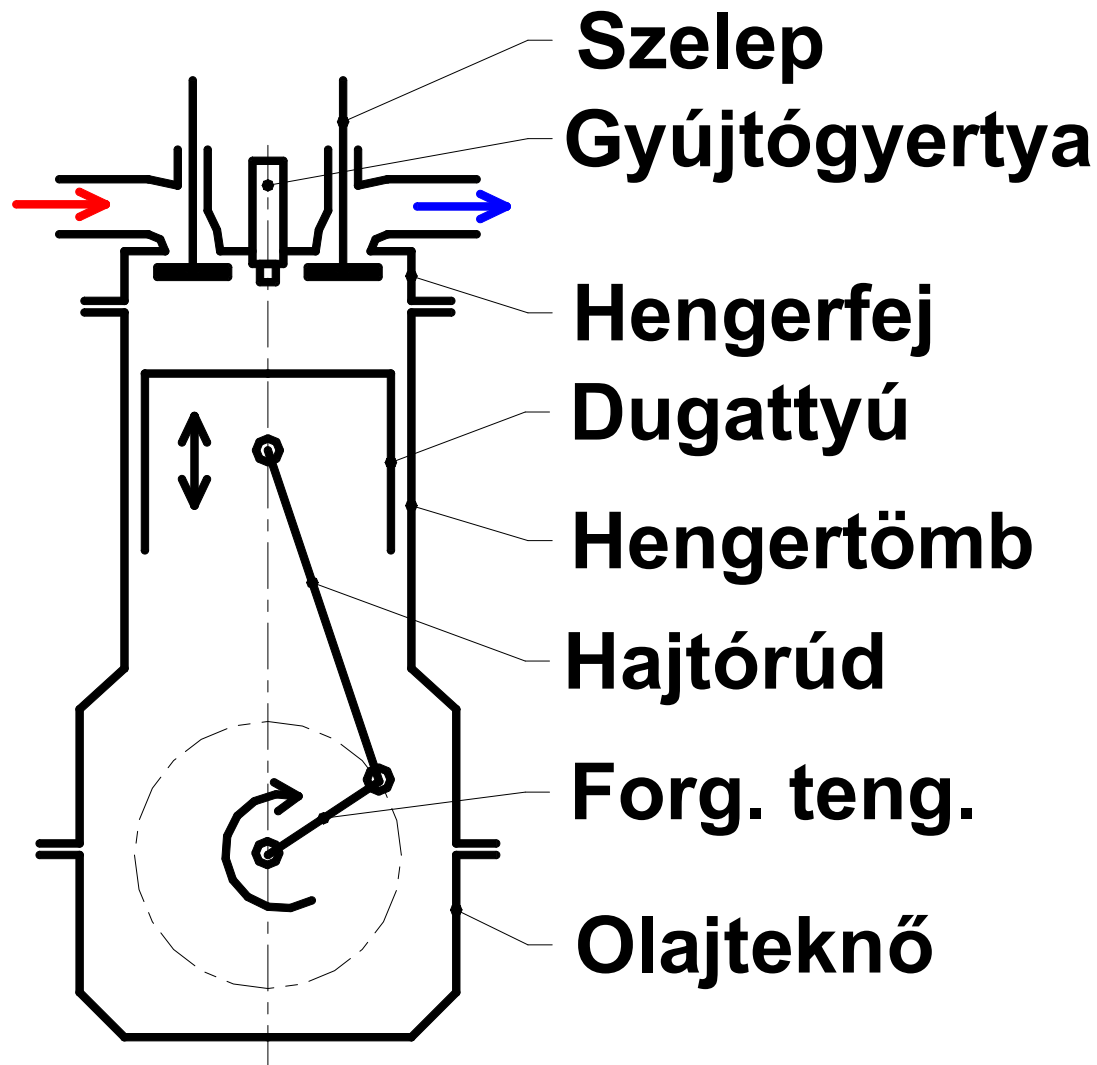
- Bordás tengely , fogazott tengely, poligon tengely
 - Nagy nyomaték vihető át.

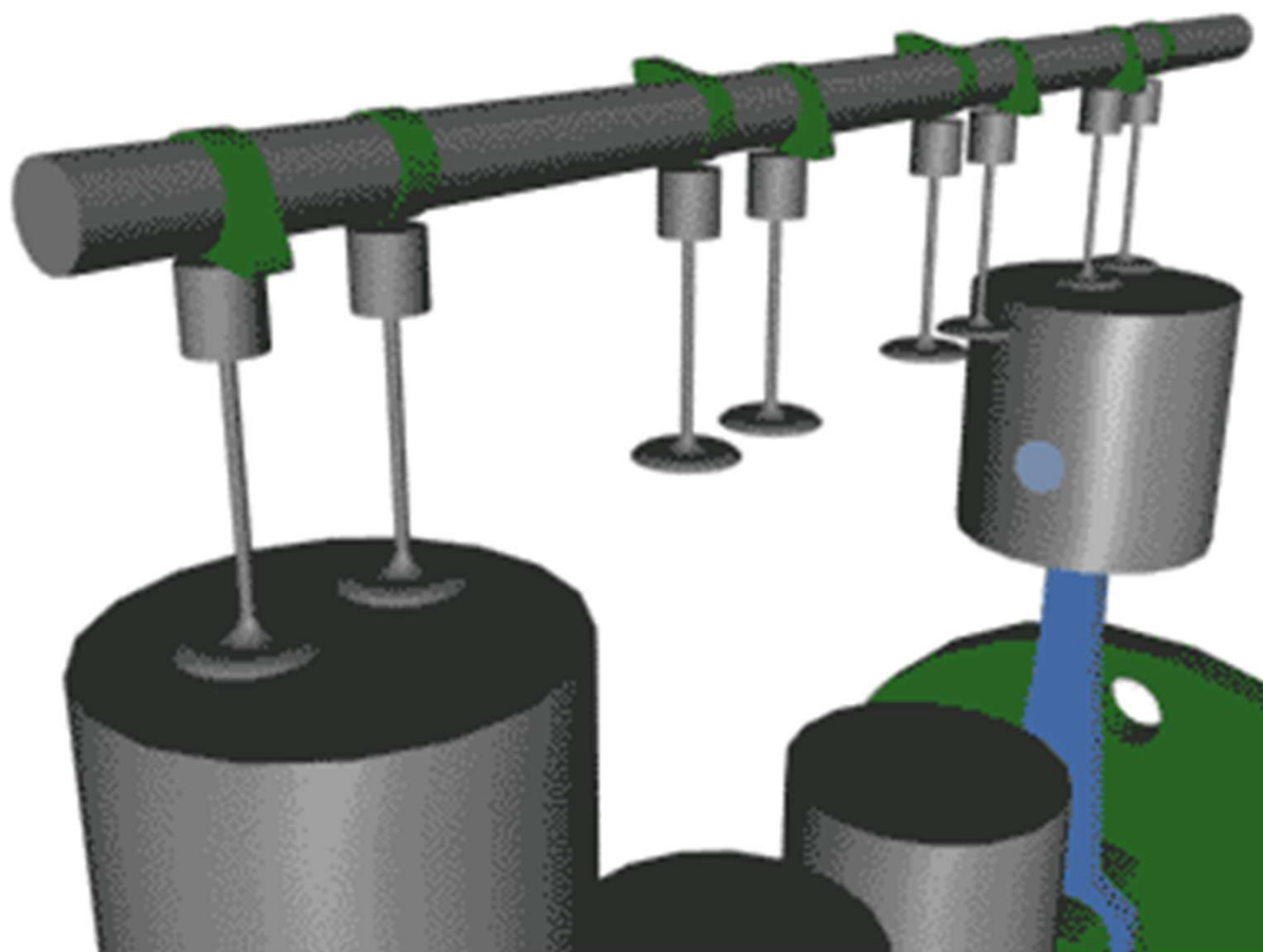


- Bütykös (vezérmű) tengely
 - A bütykökkel (emelőkkal) más alkatrészek mozgathatók.
 - Gépkocsi vezérműtengely

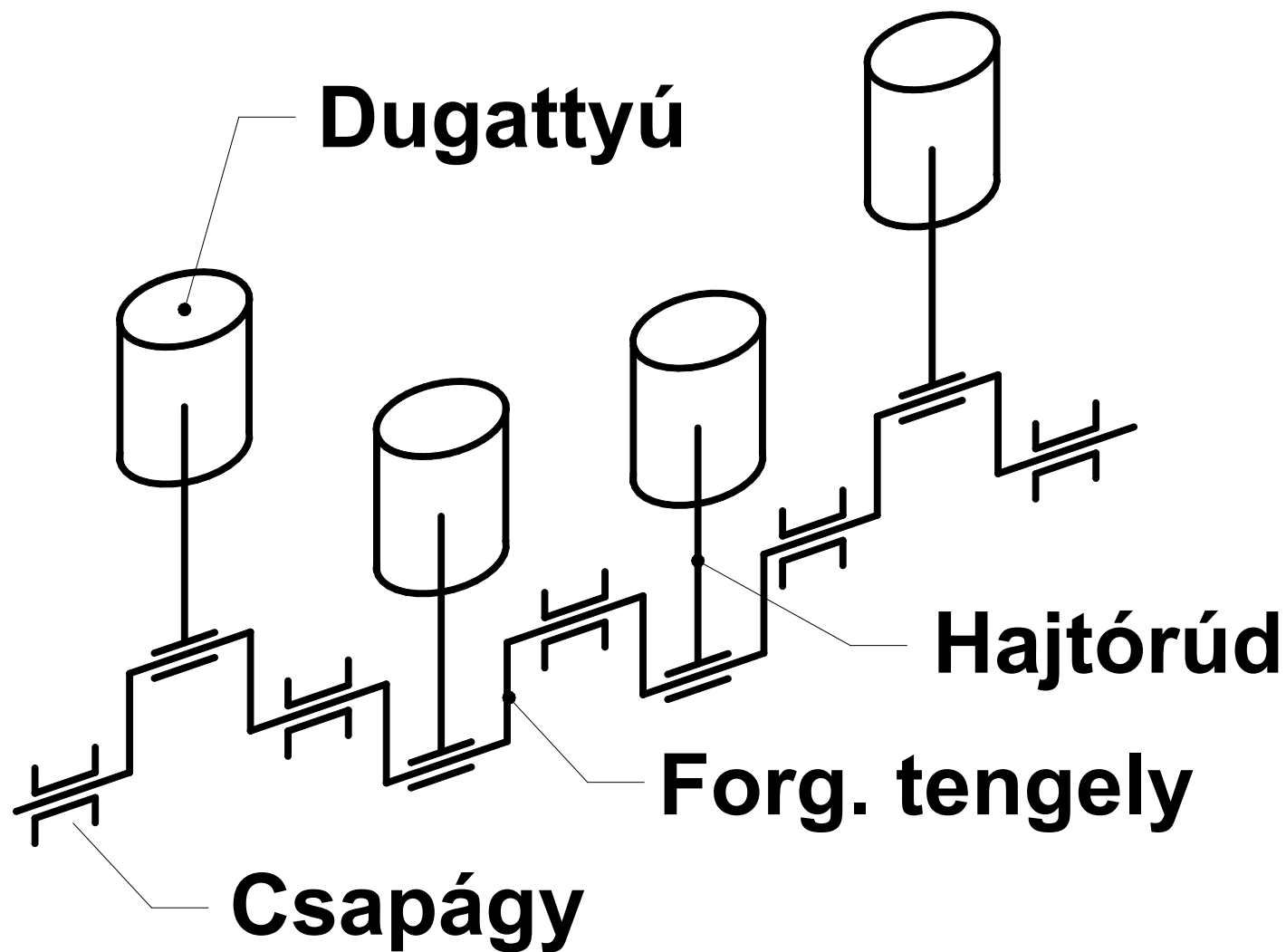


Elhelyezkedése egy belsőégésű motorban

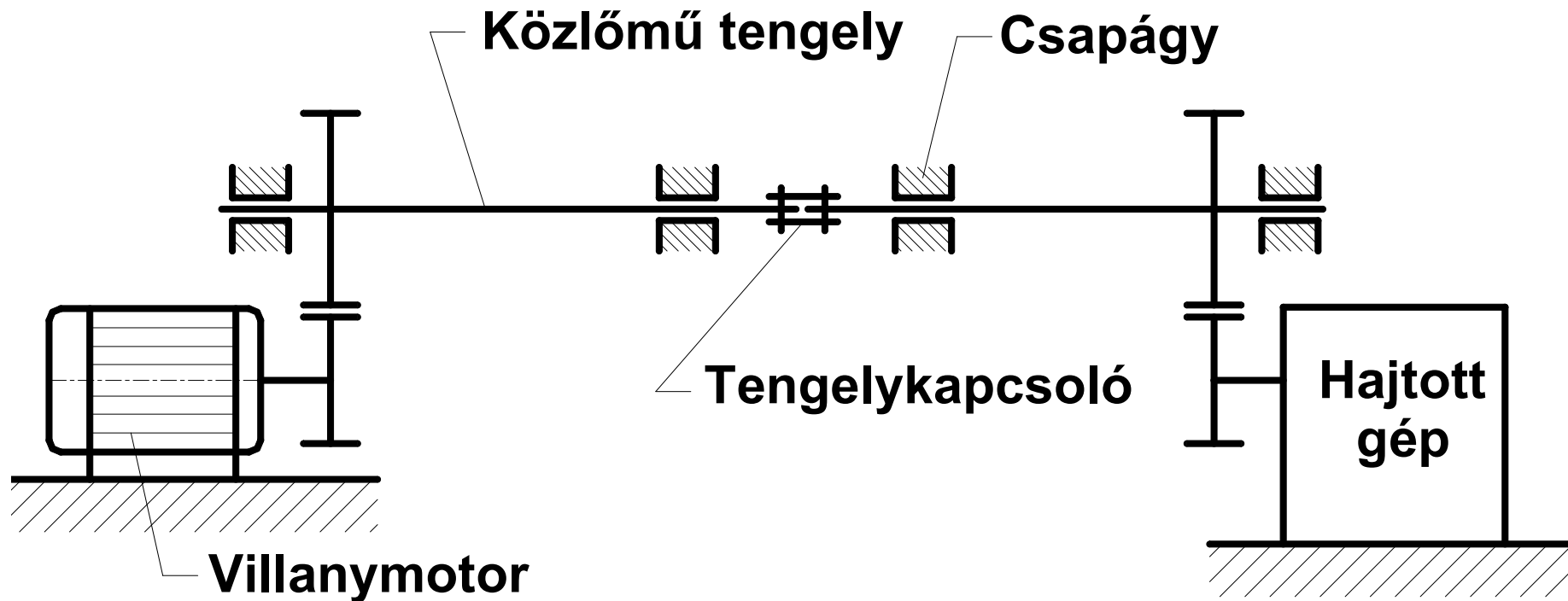




Forgattyús tengely négyhengeres motorban

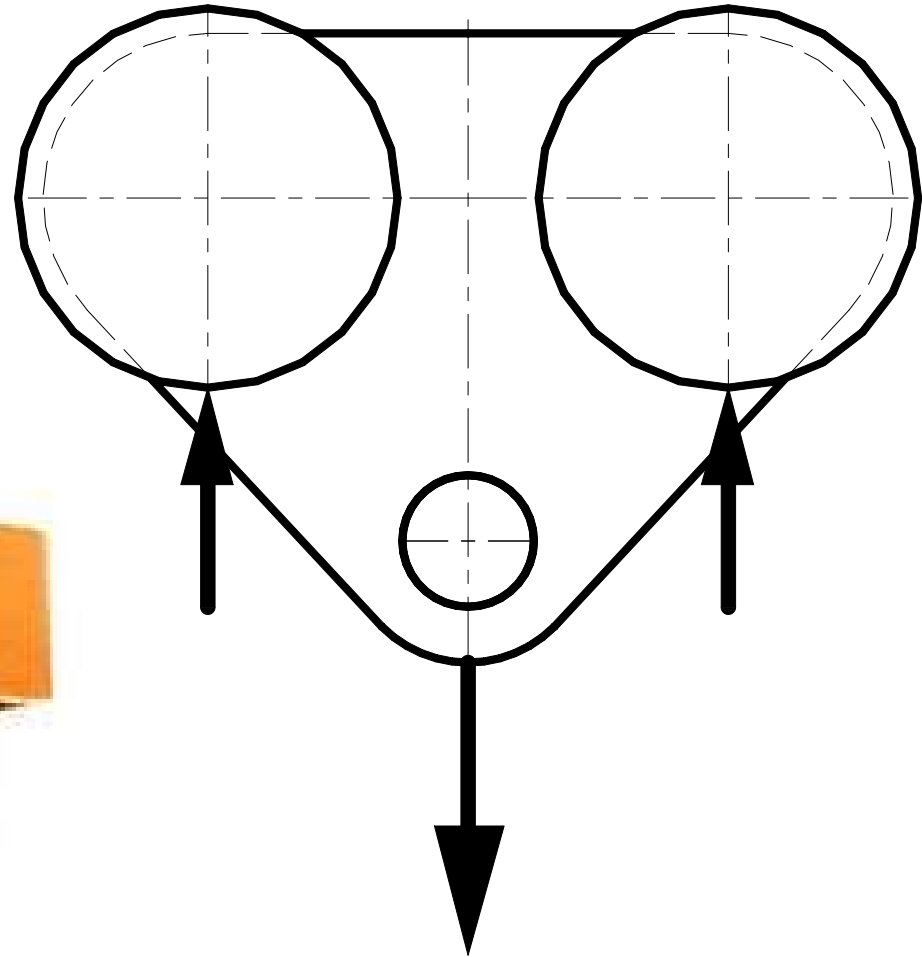


- Közlőmű tengely
 - A hajtó és a hajtott gép távol van egymástól.
 - Viszonylag hosszú, gyakorlatilag állandó keresztmetszetű.

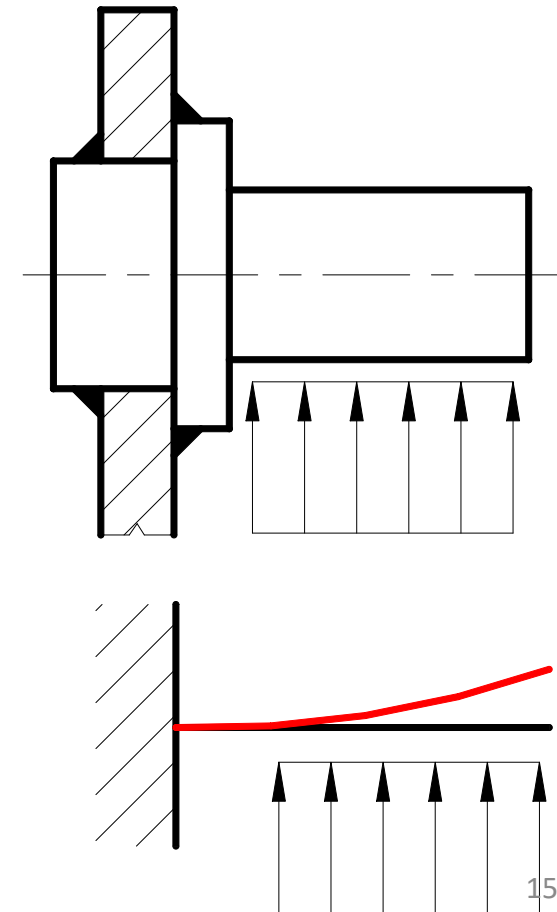
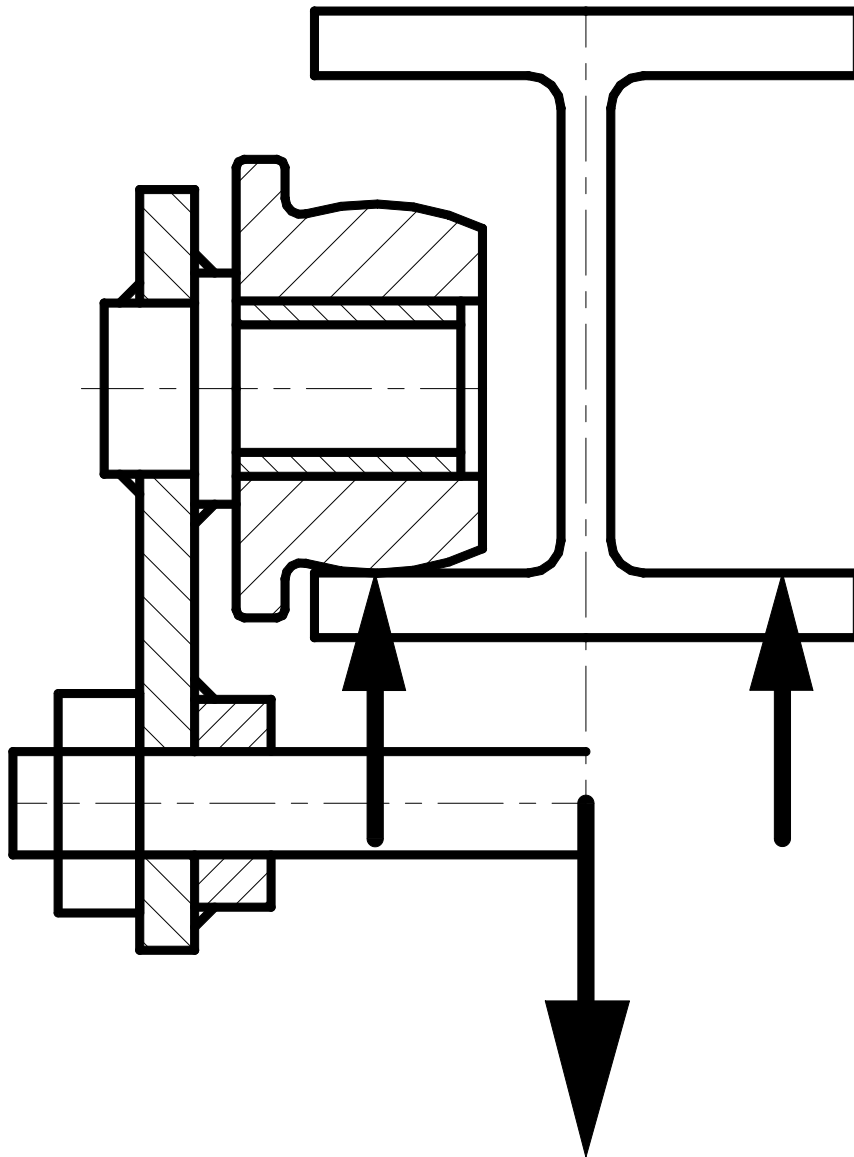


Csoportosítás jellemző igénybevétel szerint

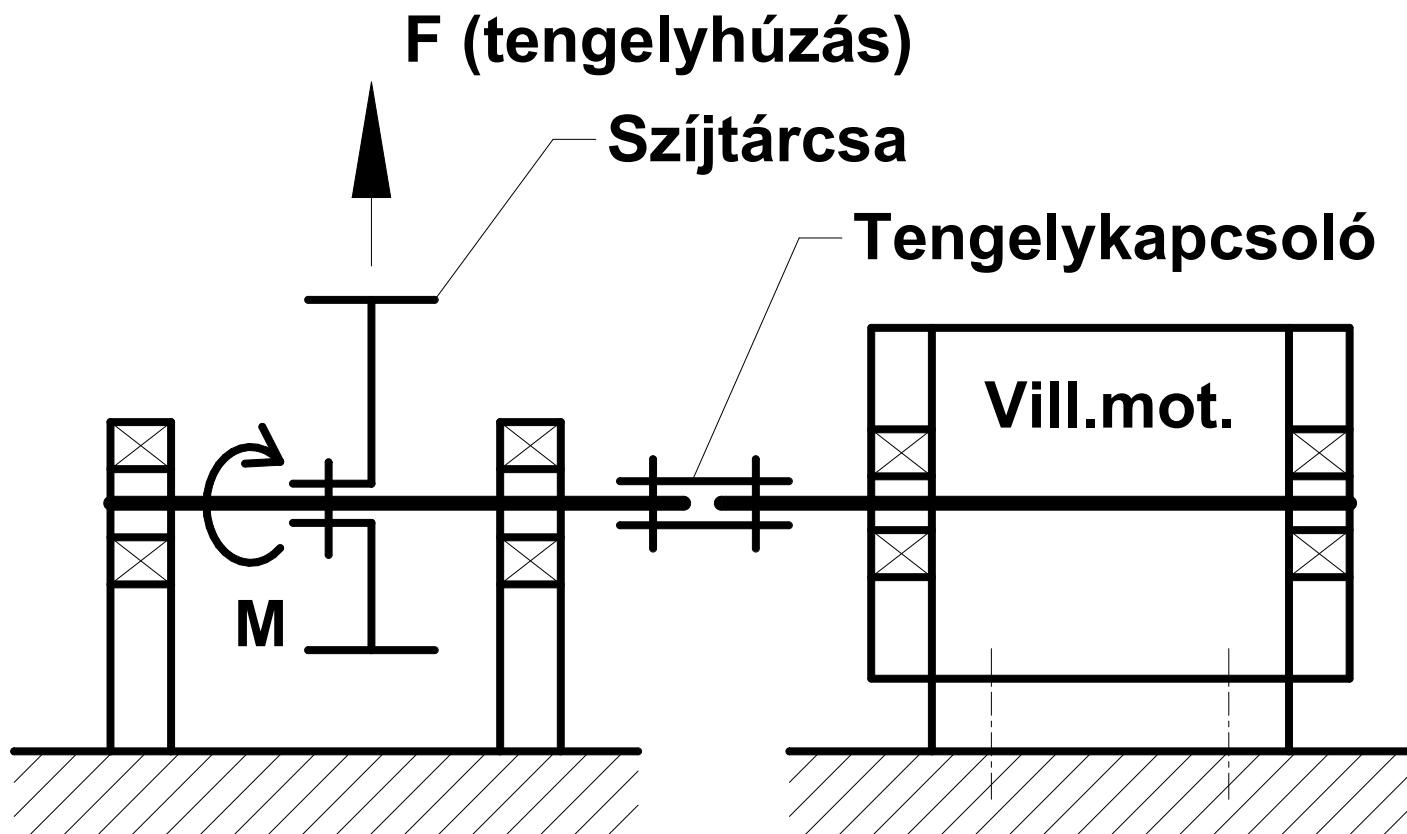
- Hajlított tengelyek
- Csavart tengelyek
- Hajlított és csavart tengelyek



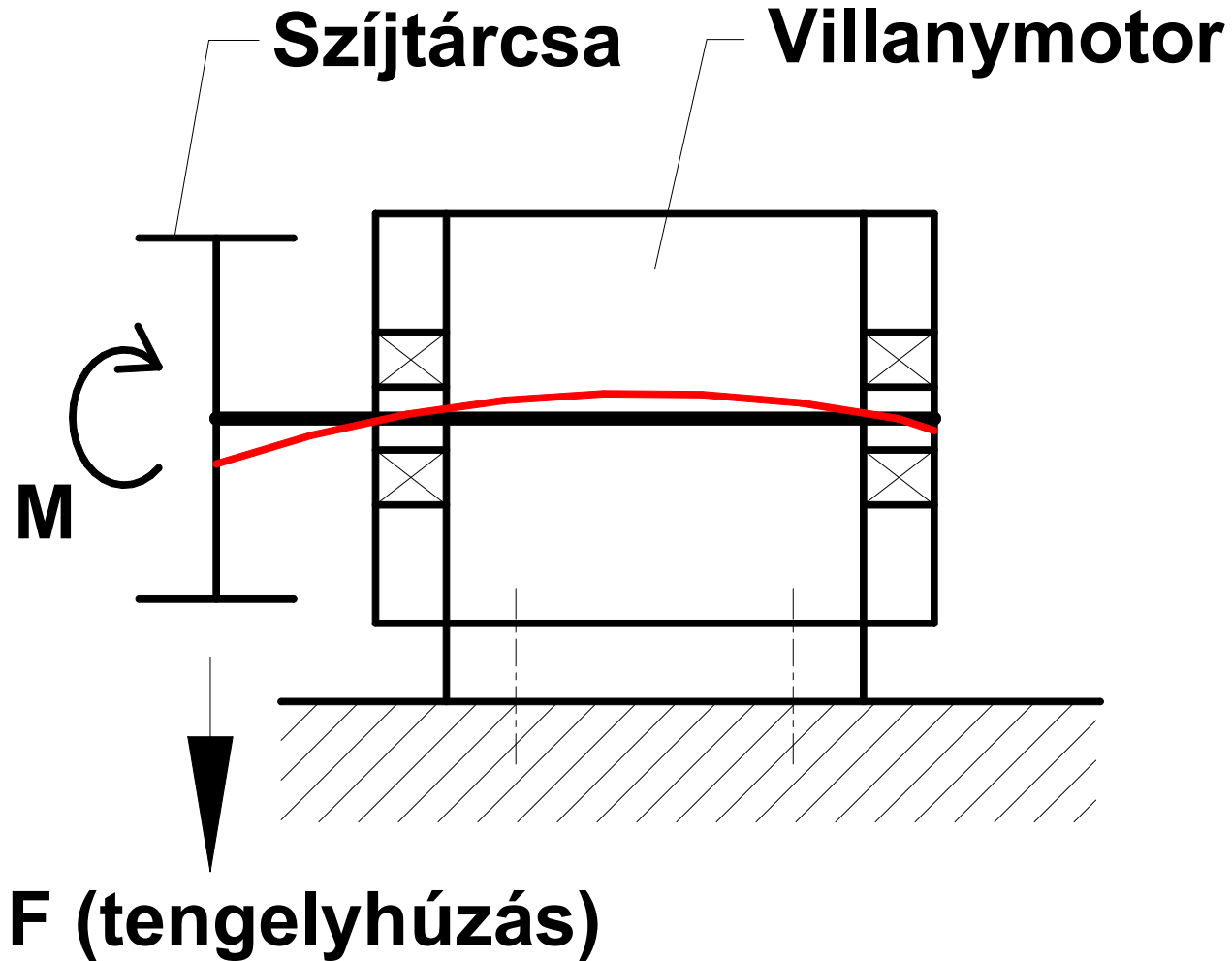
- A futómacska keréktengelye hajlított, álló tengely

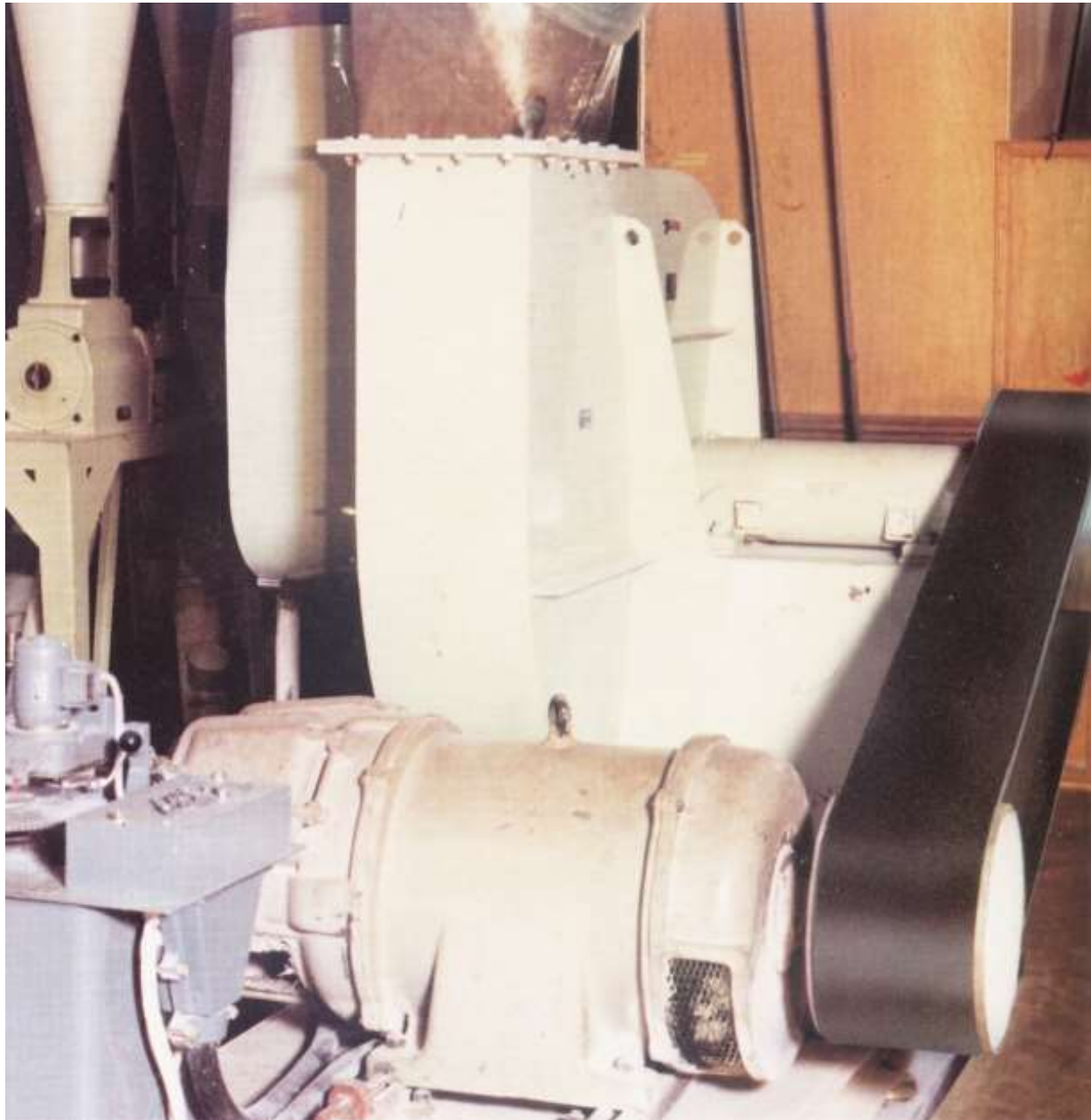


- Ha a szíjtárcsa tengelykapcsolóval csatlakozik a motorhoz, akkor:
 - A villanymotor tengelye csavart.
 - A szíjtárcsa tengelye csavart és hajlított.



- A villanymotor tengelye csavart és hajlított, ha a szíjtárcsa közvetlenül csatlakozik a motor

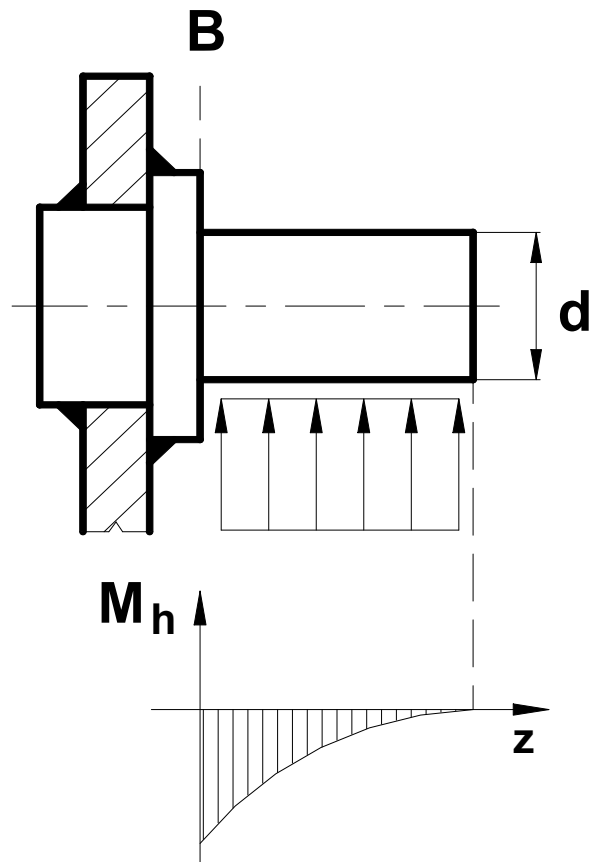




Hajlított tengely méretezése statikus terhelésre

- Adott a tengely hossza, terhelése, anyagminősége.
- Meghatározzuk a tengelyátmérőket, úgy, hogy a feszültség ne lépje túl a megengedett értéket, azaz

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{meg}}$$



$$\sigma_{\max} = \frac{M_h}{K} = \frac{M_h}{\left(\frac{d^3 \cdot \pi}{32} \right)} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_h}{\pi \cdot \sigma_{\text{meg}}}}$$

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{R_{eH}}{n} \quad n = 2,5 \dots 3,5$$

Csavart tengely méretezése statikus terhelésre

- Adott a tengely hossza, terhelése, anyagminősége.
- Meghatározzuk a tengelyátmérőket, úgy, hogy a feszültség ne lépje túl a megengedett értéket, azaz

$$\tau_{\max} \leq \tau_{\text{meg}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\text{cs}}}{K_p} = \frac{M_{\text{cs}}}{\left(\frac{d^3 \cdot \pi}{16} \right)} \leq \tau_{\text{meg}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\text{cs}}}{\pi \cdot \tau_{\text{meg}}}}$$

$$\tau_{\text{meg}} = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{\sqrt{3}}$$

Hajlított és csavart tengely méretezése statikus terhelésre

- Adott a tengely hossza, terhelése, anyagminősége.
- Tengelyátmérő meghatározásának feltétele: $\sigma_{\text{red}} \leq \sigma_{\text{meg}}$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{\text{hj}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{cs}}^2} = \sqrt{\left(\frac{M_h}{K}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_{\text{cs}}}{2 \cdot K}\right)^2} = \blacksquare$$

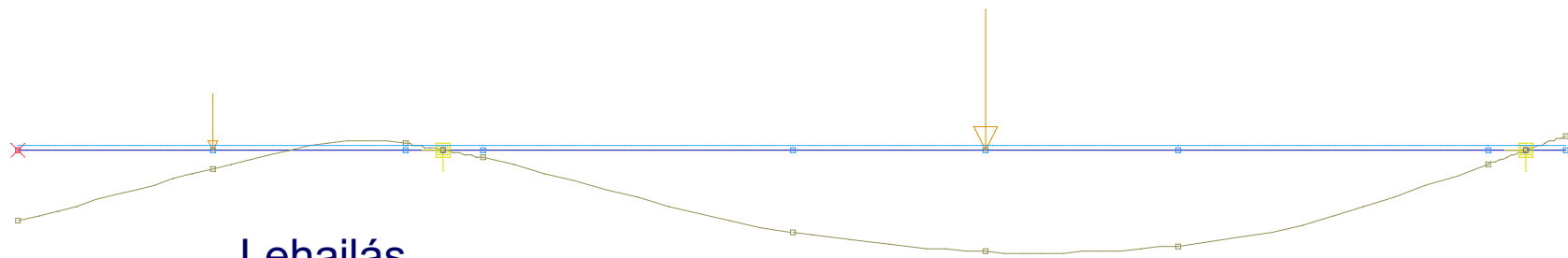
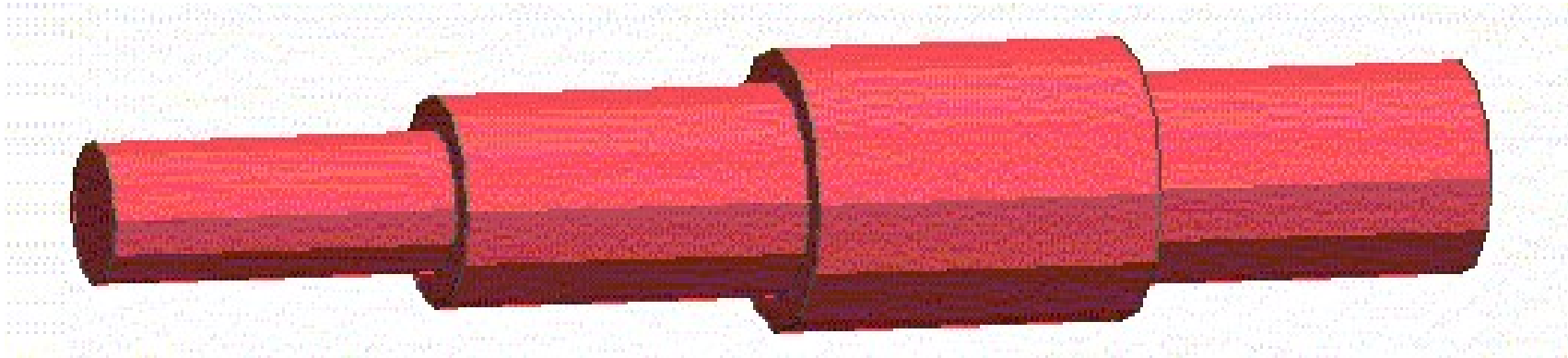
$$\blacksquare = \frac{1}{K} \cdot \sqrt{M_h^2 + \frac{3}{4} \cdot M_{\text{cs}}^2} = \frac{32}{d^3 \cdot \pi} \cdot \sqrt{M_h^2 + \frac{3}{4} \cdot M_{\text{cs}}^2} \leq \sigma_{\text{meg}}$$

$$\boxed{d^3 \geq \frac{32}{\pi \cdot \sigma_{\text{meg}}} \cdot \sqrt{M_h^2 + \frac{3}{4} \cdot M_{\text{cs}}^2}}$$

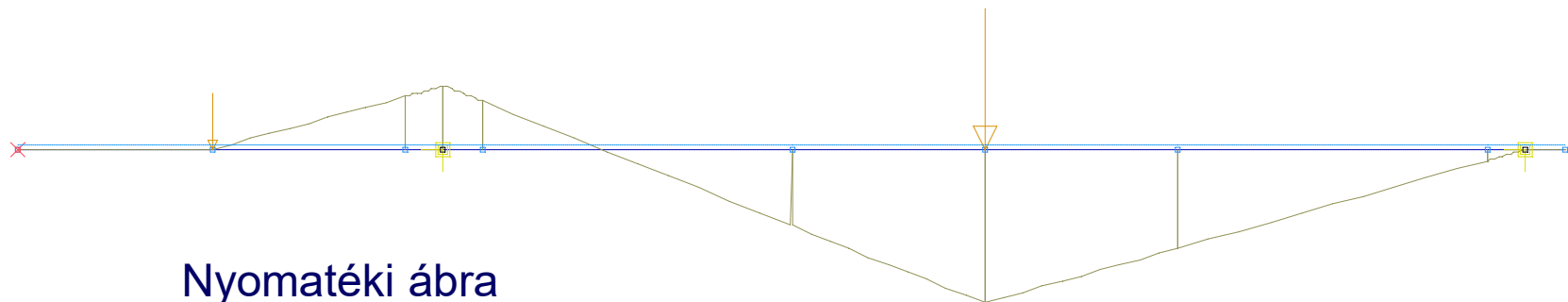
$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{R_{\text{eH}}}{n} \quad n = 2,5 \dots 3,5$$

Alakváltozások ellenőrzése

- Lehajlás korlátozása ($L/3000$).
- Szögelfordulás korlátozása.

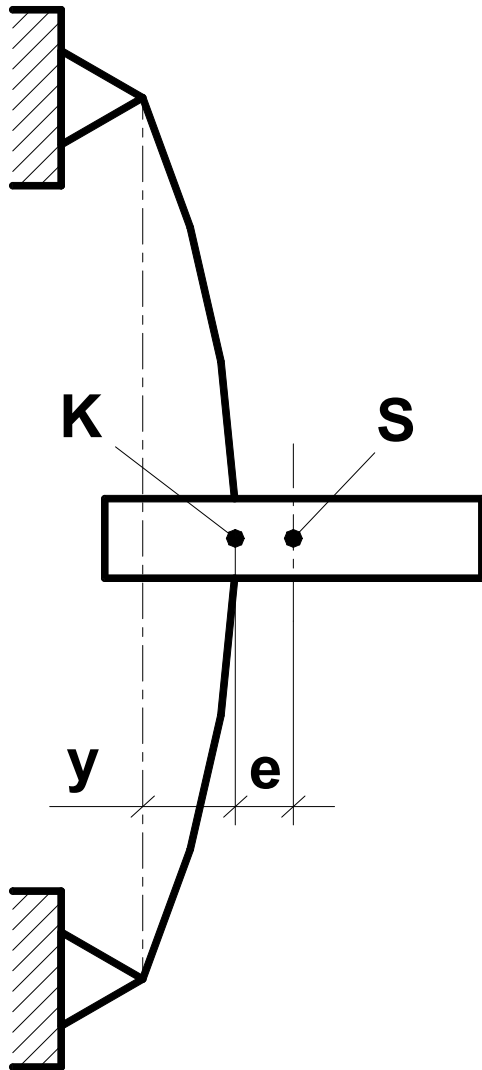


Lehajlás



Nyomatéki ábra

Kritikus fordulatszám ellenőrzése



- Forgó tengelyeknél van olyan fordulatszám, aminél a deformáció nagyon megnő. Ezt nevezzük kritikus fordulatszámnak.
- Egyszerű esetet vizsgálunk
 - A tengely közepén egy tárcsa (pl. fogaskerék) van a tengelyhez rögzítve.
 - A tárcsa súlypontja „e” külpontossággal helyezkedik el a tengely középvonalához képest.
 - A tengely súlyát elhanyagoljuk.

Centrifugális erő: $F_{cf} = m \cdot (y + e) \cdot \omega^2$

A tengely K pontja y értékkel eltolódik a centrifugális erő hatására: $y = c \cdot F_{cf}$

c : rugóállandó. $s=1/c$: rugómerevség.

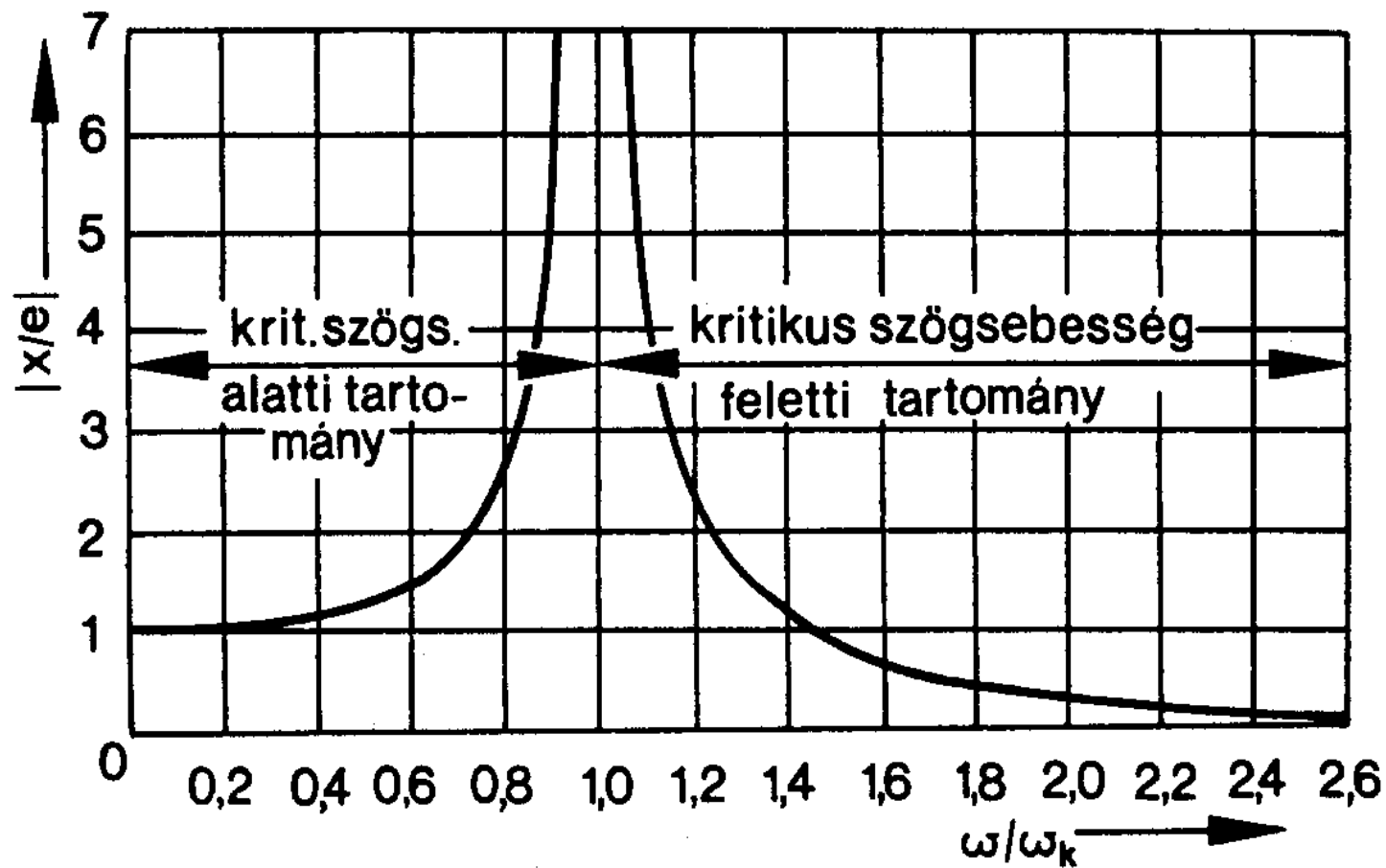
A két egyenletből a K pont eltolódása:
$$y = \frac{e \cdot m \cdot \omega^2}{\frac{1}{c} - m \cdot \omega^2}$$

Ahol a nevező nulla ott y végtelen. Ebből adódik a kritikus szögsebesség és fordulatszám.

$$\omega_{kr} = \frac{1}{\sqrt{m \cdot c}} \quad \text{vagy} \quad \omega_{kr} = \sqrt{\frac{s}{m}}$$

- A kritikus szögsebességet $\pm 10...20\%$ –al célszerű elkerülni.

A nagyítási tényező $[(y+e)/e]$ változása a szögsebesség arány függvényében



Tengelykötések

Alakzáró kötések

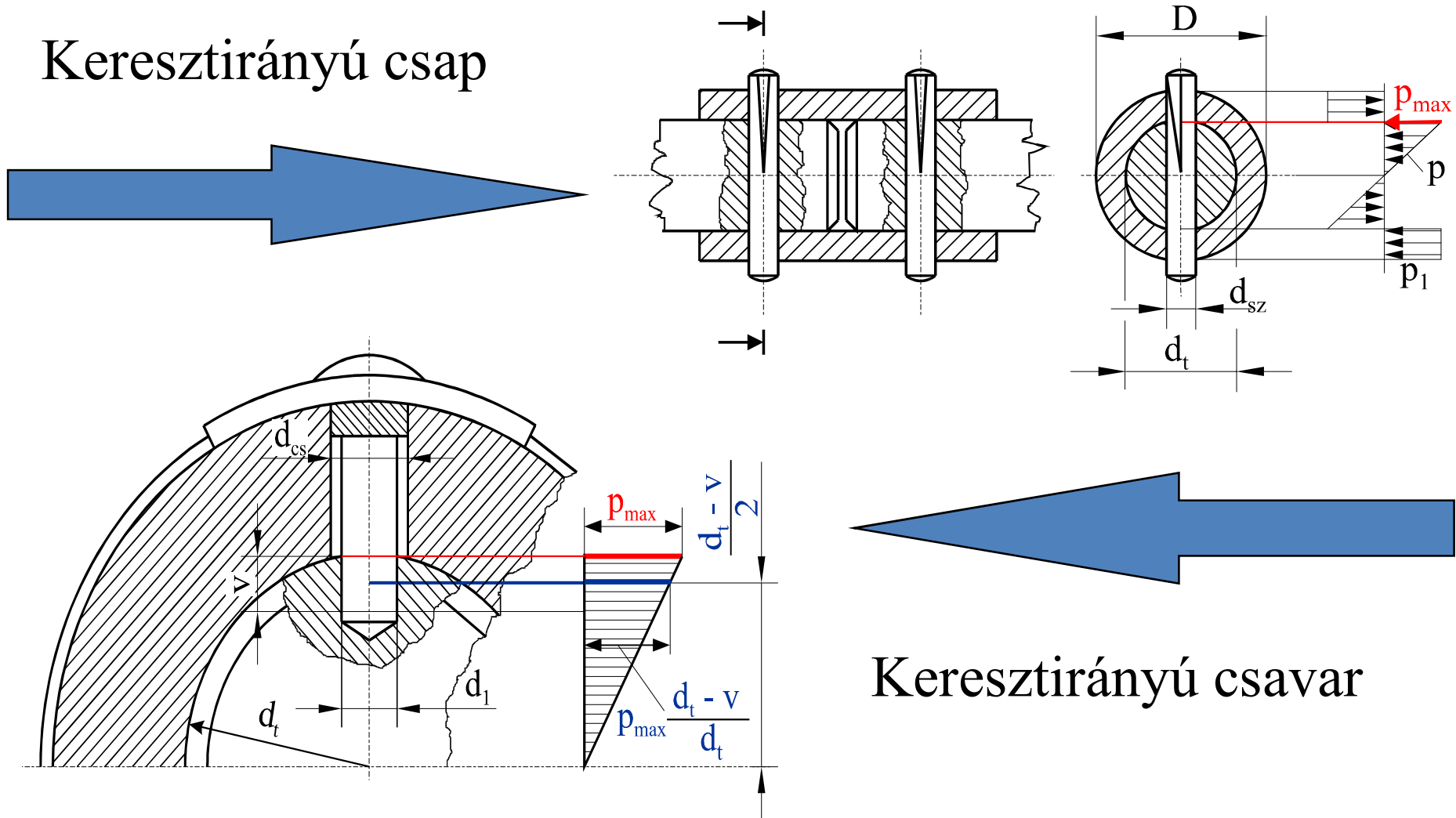
- Keresztirányú csap
- Tengelyirányú csap
- Retesz
- Bordástengely
- Poligon

Erőzáró kötések

- Ék
- Kúpos elempár
- Szorítókötés
- Szilárd illesztés

Alakzáró kötések I.

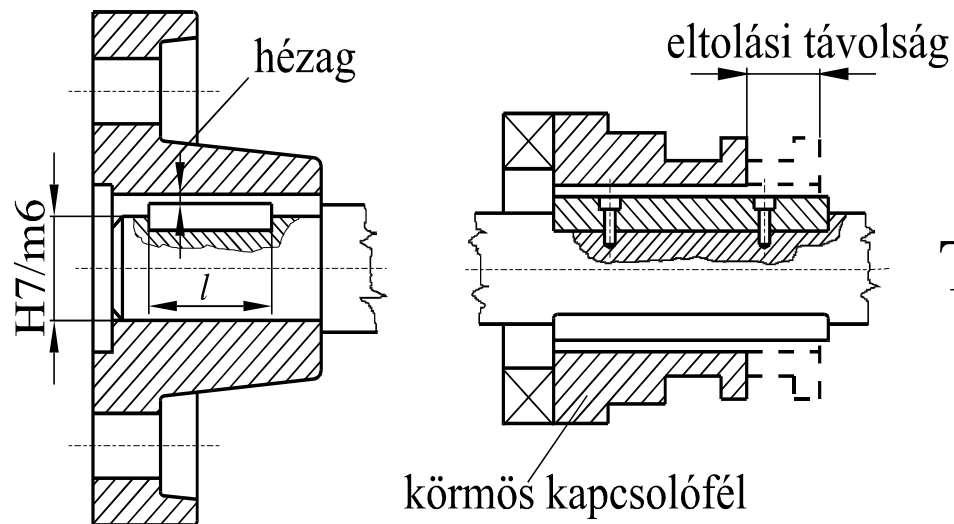
Keresztirányú csap



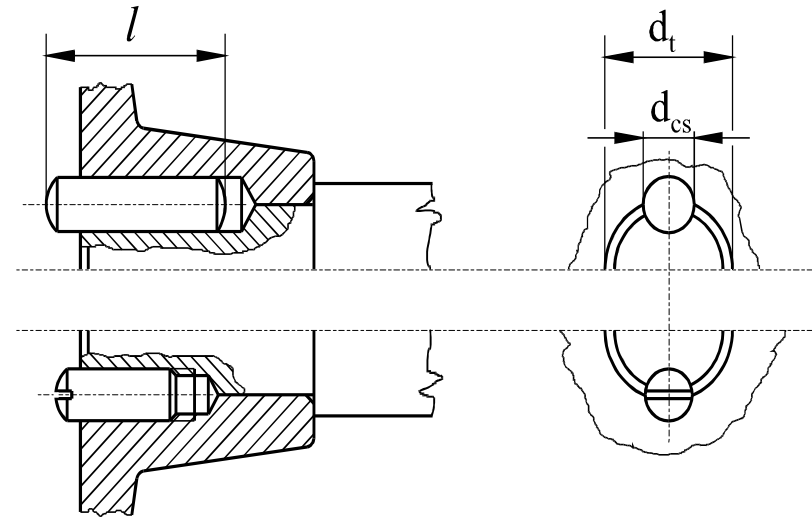
Keresztirányú csavar

Alakzáró kötések II.

$$M_{cs} = \frac{d_t}{2} \cdot p_{meg} (h - t_1) \cdot l \cdot z$$



Reteszkötés



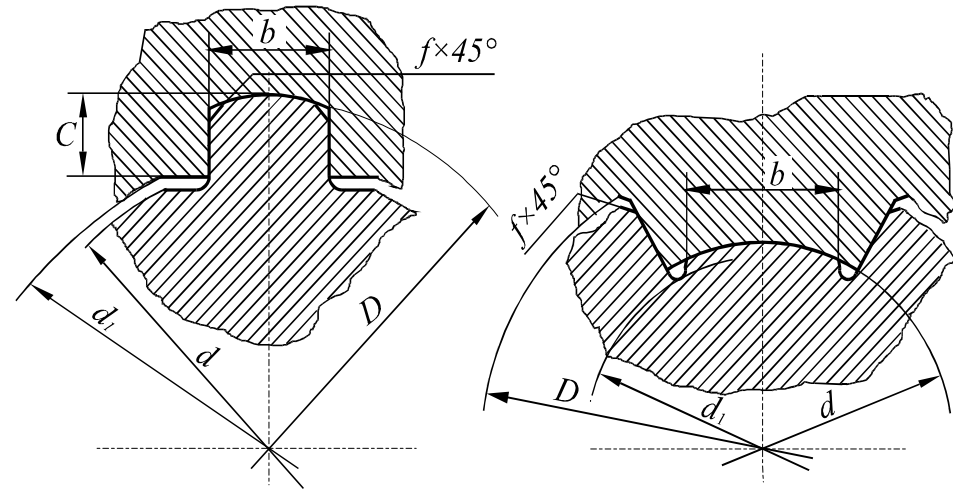
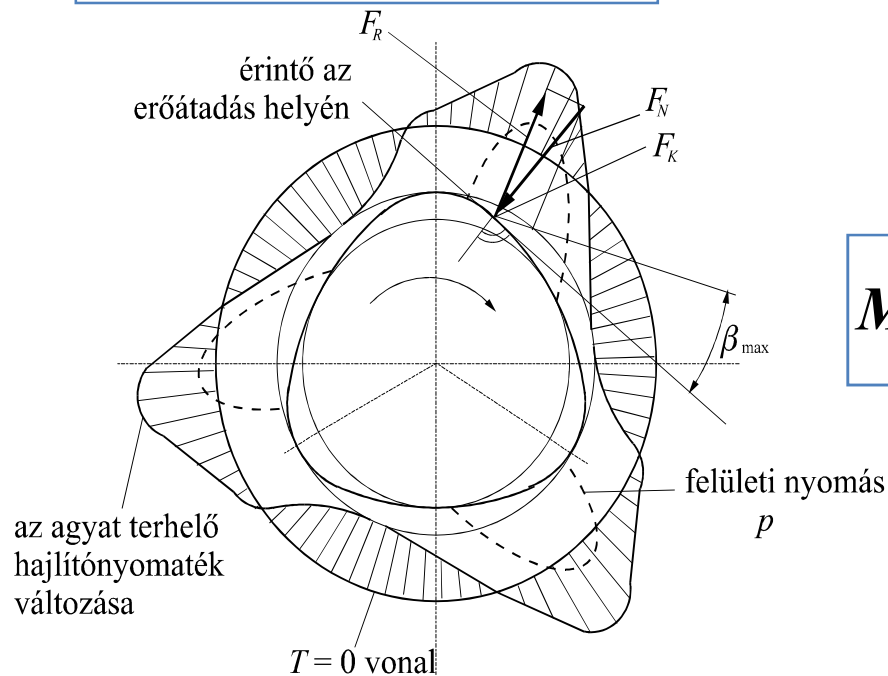
Tengelyirányú csap/csavar kötés

$$M_{cs} = \frac{d_t}{2} \cdot p_{meg} \cdot \frac{d_{sz}}{2} \cdot l$$

Alakzáró kötések III.

Poligon tengelykötés

$$M_{cs} \cong 3 \cdot e \cdot d \cdot l \cdot p_{meg}$$

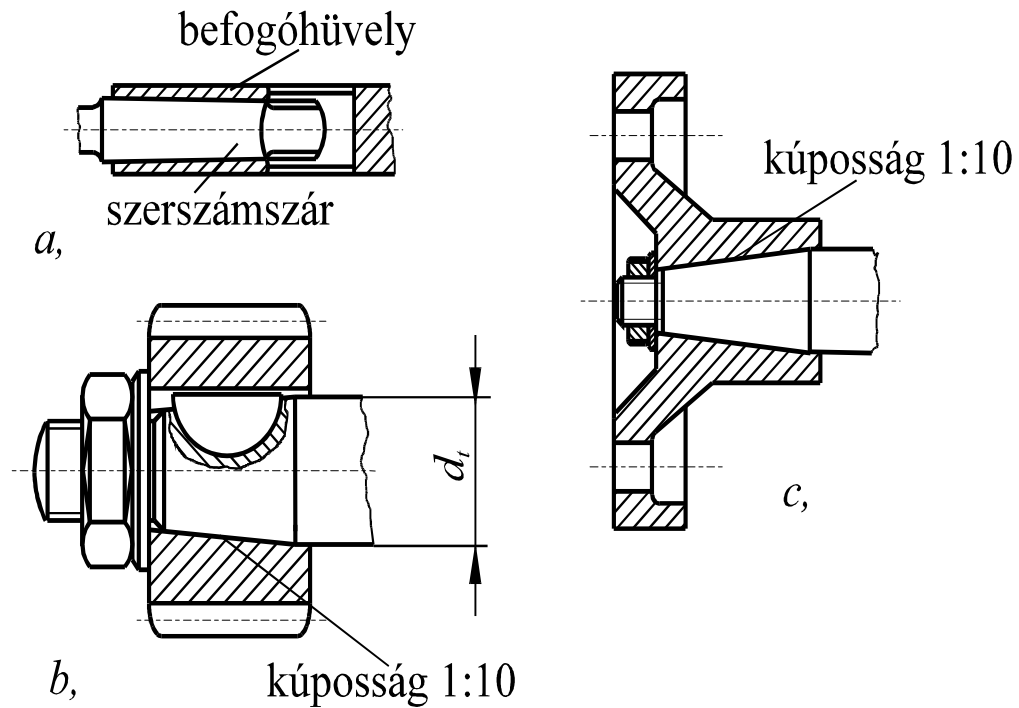


$$M_{cs} = \psi \cdot \frac{D + d}{4} \cdot \left(\frac{D - d}{2} - 2f \right) \cdot l \cdot z \cdot p_{meg}$$

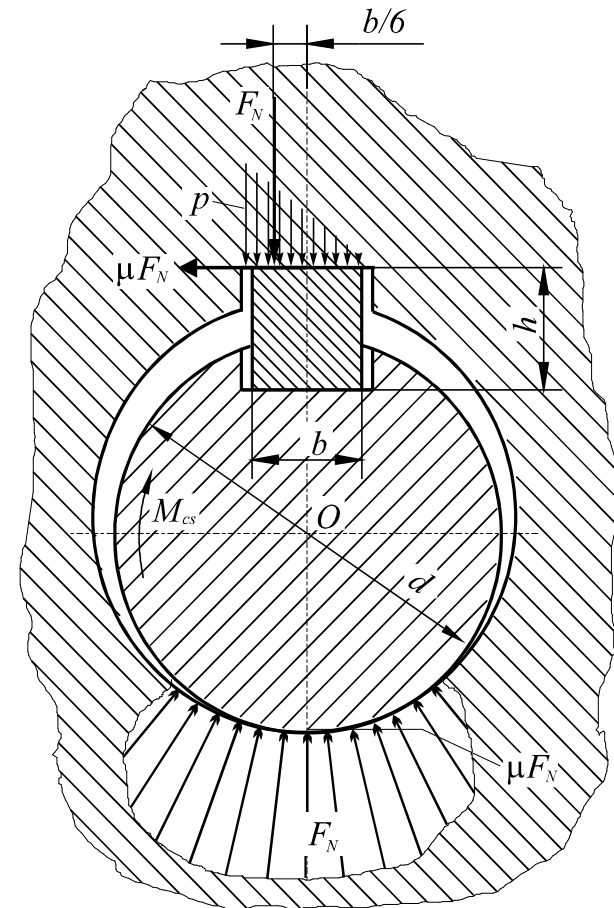
Bordás tengelykötés

Erőzáró kötések I.

Kúpos elempár



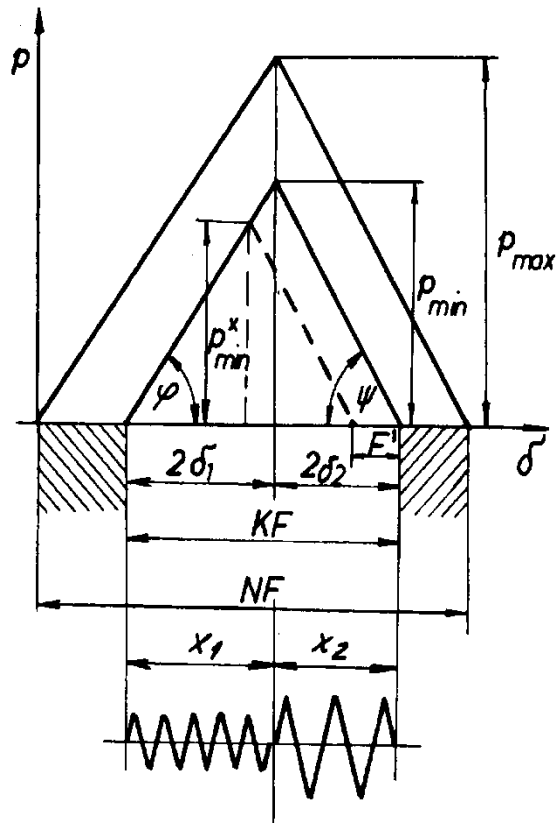
Ékkötés



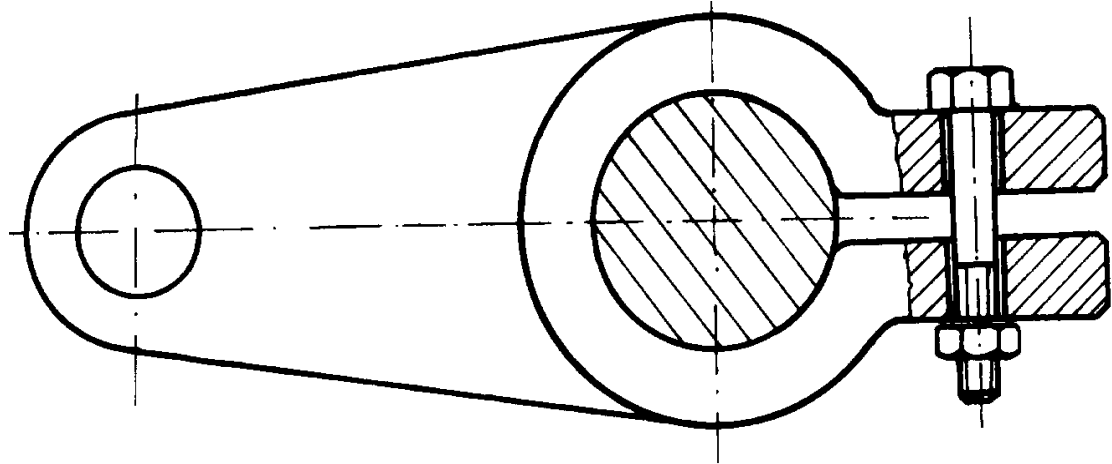
$$M_{cs} = b \cdot l \cdot \frac{p_{\max}}{2} \left[\left(d_t + \frac{h}{2} \right) \mu + \frac{b}{6} \right]_{31}$$

Erőzáró kötések II.

Szilárd illesztés



Szorító kötés



$$M_{\sigma} = \mu \cdot p \cdot r^2 \cdot 2\pi \cdot l$$

Tengelykötések összehasonlítása

