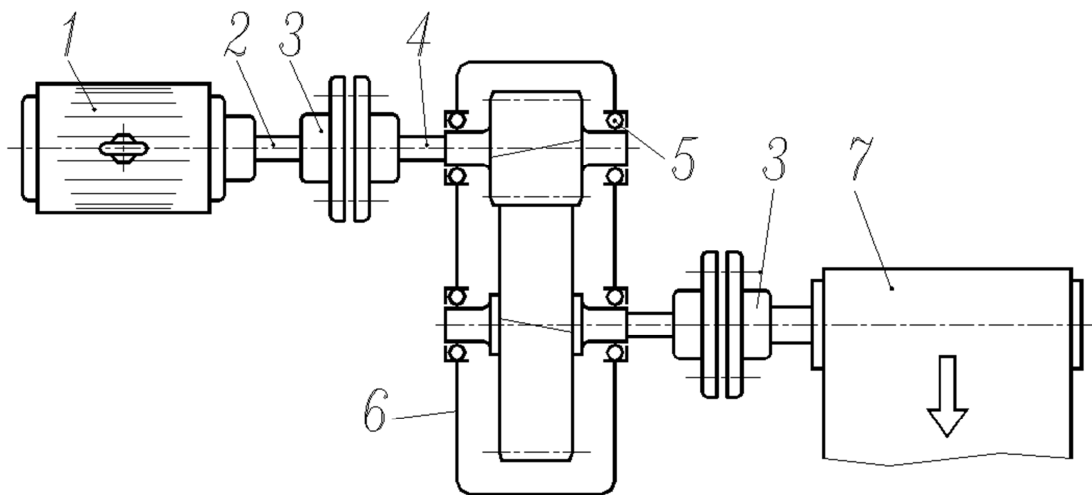


3.6 GREDNE VEZI IN SKLOPKE

UVOD IN RAZDELITEV

- Gredne vezi in sklopke so strojni elementi za trdno ali gibljivo, togo ali elastično zvezo dveh gredi ali drugih strojnih elementov za prenos vrtilnega gibanja.
- Z njimi povežemo konca gredi v celoto in prenesemo vrtilno gibanje z gonilne na gnano gred (s pogonskega na delovni stroj).

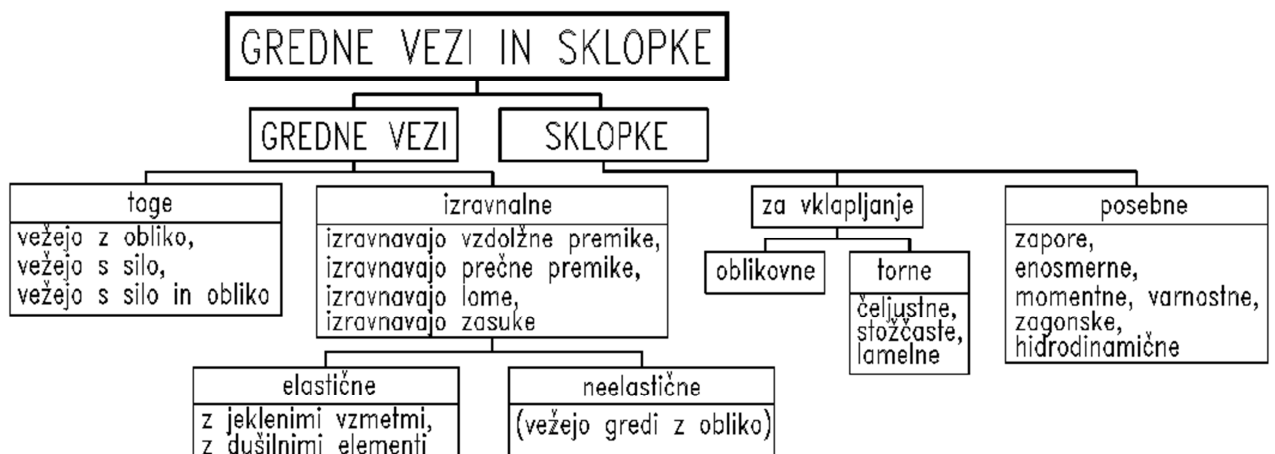


1 - pogonski stroj, 2 - gonilna gred, 3 - gredna vez, 4 - gnana gred, 5 - ležaji gnane gredi, 6 - reduktor, 7 - delovni stroj

Osnovna razlika med gredno vezjo in sklopko:

- **Gredna vez** veže gonilno in gnano gred tako, da ju med obratovanjem ne moremo ločiti.
- **Sklopka** poveže gonilno in gnano gred tako, da ju lahko med obratovanjem ločimo (vklopimo ali izklopimo gnano gred).

Razdelitev grednih vezi in sklopk



DOLOČITEV VELIKOSTI GREDNE VEZI ALI SKLOPKE

- Osnova za določitev mer gredne vezi ali sklopke je vrtilni moment T , oziroma moč P , ki se prenaša z gonilne na gnano gred pri vrtilni frekvenci n .
 - Pogonski stroj ima na začetku delovanja (pred zagonom) kotno hitrost $\omega = 0$.
 - Če sta gonilna in gnana gred toga povezani (gredna vez), se pri zagonu v trenutku poveča kotna hitrost od 0 do obratovalne ω_2 . Posledica so veliki sunki pri zagonu, ki so odvisni od vrste pogonskega stroja (elektromotor, motor z notranjim zgorevanjem itd.) in gradiv, iz katerih so sestavni deli gredne vezi.
 - Če sta gonilna in gnana gred povezani s torni sklopko, se kotna hitrost gnane gredi povečuje od mirovanja do obratovalne hitrosti postopno. Tak zagon pa spremlja močno drsenje dotikalnih površin in precejšnja obraba.
 - Gredna vez ali sklopka je med obratovanjem obremenjena s koristnim vrtilnim momentom T_{ko} in momentom pospeševanja T_p .
-
- Izračun skupnega vrtilnega momenta, ki se prenaša preko gredne vezi ali sklopke:

$$T_s = T_{ko} + T_p$$

- Ker je določitev momenta pospeševanja zelo zahtevna, lahko izračunamo skupni vrtilni moment z upoštevanjem obratovalnega koeficienta C , ki upošteva sunke ob zagonu (TAB 148):

$$T_s = C \cdot T_{ko}$$

- Z izračunanim skupnim vrtilnim momentom T lahko iz katalogov proizvajalcev določimo mere gredne vezi ali sklopke.

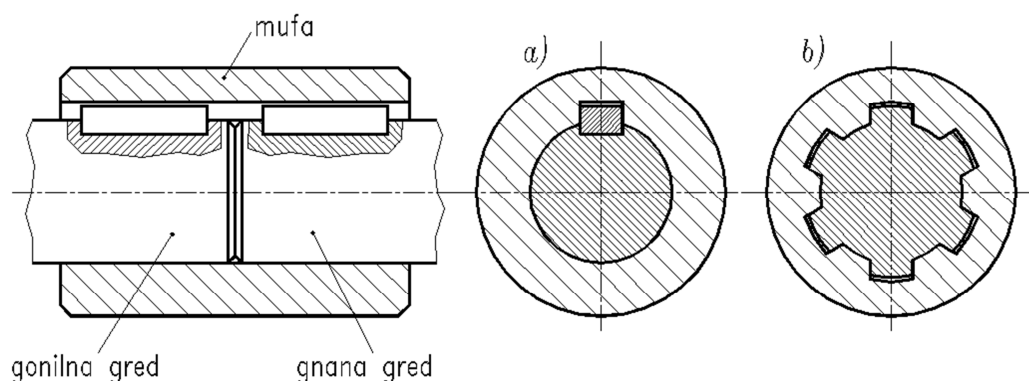
3.6.1 GREDNE VEZI

Toga gredne vezi

- Toge gredne vezi povežejo konca gredi v trdno in stalno, vendar razstavljivo zvezo.
- Vrtilni moment se prenaša z gonilne na gnano gred, kot bi se prenašal po eni sami gredi.
- Skupaj z obremenitvijo se prenašajo tudi sunki, tresljaji, udarci itd.
- Oblika togih grednih vezi je enostavna, zato njihova izdelava ni zahtevna in so poceni.
- Uporabljajo jih pri pogonih, pri katerih je mogoče zagotoviti soosnost povezanih delov (natančno izdelavo in montažo).
- Ker se njihovi deli ne obrabljajo in ne zahtevajo vzdrževanja, imajo zelo dolgo življenjsko dobo.
- Vrtilni moment lahko prenašajo v obe smeri vrtenja.
- Večina teh grednih vezi je standardiziranih in tipiziranih.

Obojčna (mufna) gredna vez

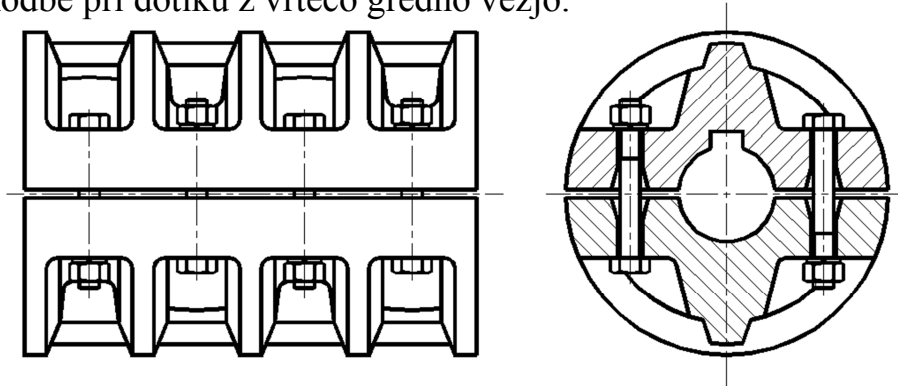
- Je najenostavnejša toga gredna vez.
- Gonilno in gnano gred veže z obliko.
- Obojka (mufa), ki ima mere v razmerju $D/d = 1,5$ do 2, je nameščena na koncu gredi s prehodnim ujemom $H7/k6$ ali $N7/h8$.
- Zveza gredi in mufe je s prečno zagozdo, moznikom, utorno gredjo ali zatičnim vijakom.
- Mufa je lahko iz konstrukcijskega jekla, sive ali jeklene litine.
- Ta gredna vez je uporabna le za manjše obremenitve, ker sta gredi močno oslABLjeni.
- Zahteva natančno izdelavo in montažo.



Objemna gredna vez

- Sestavljena je iz dveh enakih valjastih polovic, ki sta v radialni smeri razstavljivi in speti z vijaki.

- Obremenitev se z gonilne na gnano gred prenaša predvsem s trenjem, ki nastane med gredema in spetima polovicama.
- Zaradi varnosti proti zavrtitvi sta uporabljena moznika. Za manjše obremenitve uporabljajo izvedbo brez moznikov, za srednje in večje obremenitve pa sta dodana moznika na gonilni in gnani gredi.
- Ko se gredna vez vrti, štrleči deli niso vidni. Zaradi varnosti je površina prekrita z zaščitno pločevino, tako da je gladka in ni nevarnosti za poškodbe pri dotiku z vrtečo gredno vezjo.



- Izračun največje tangencialne (obodna) sile, ki se še lahko prenaša preko objemne gredne vezi:

$$F_{\text{tmaks}} = \frac{2T_s}{d} \leq \pi \cdot \mu_0 \cdot F'$$

- Izračun spenjalne sile F' :

$$F' = p \cdot d \cdot L = \frac{2T_s}{\pi \cdot d \cdot \mu_0}$$

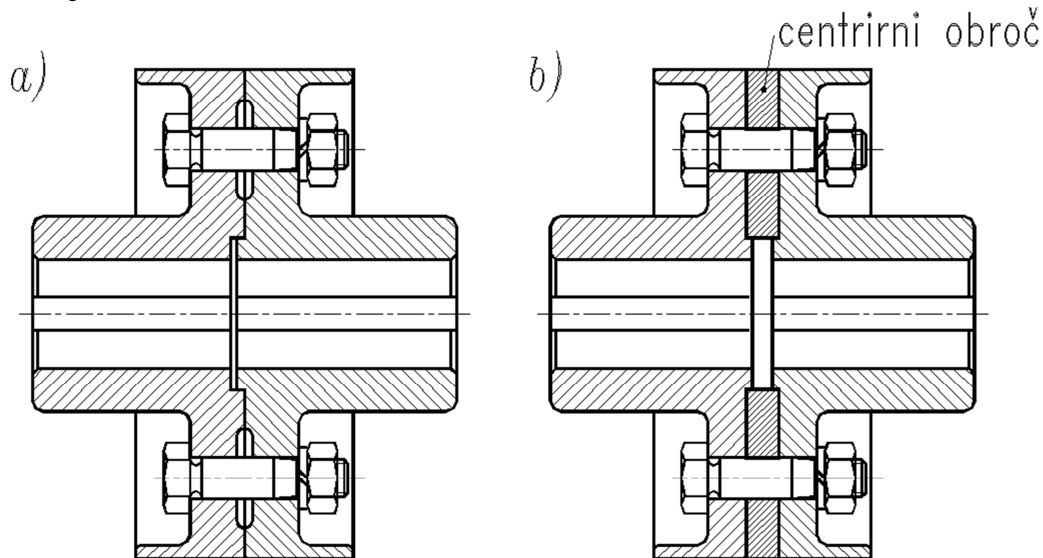
- Vsak vijak je obremenjen s silo:

$$F_{\text{1v}} = \frac{4T_s}{\pi \cdot d \cdot \mu_0 \cdot z}$$

- p [MPa] - površinski tlak med gredjo in gredno vezjo,
- d [mm] - premer gredi,
- L [mm] - dolžina gredne vezi,
- μ_0 - torni količnik v mirovanju ($\mu_0 \cong 0,2$),
- z - število spojnih vijakov.

Kolutna gredna vez

- Je najbolj razširjena toga gredna vez.
- Primerna je za prenašanje majhnih in večjih obremenitev ter za sunkovito obratovanje.
- Sestavljena je iz dveh kolutov, ki sta na konca gredi nasajena s tesnim ujemanjem, moznikom ali utorno.



a) z ujemanjem na robovih,

b) s centrirnim obročem

- Koluta sta lahko enaka ali različna.
- Za hitrosti do 10 m/s sta izdelana iz sive litine, za večje hitrosti pa sta jeklena (kovana ali stružena iz celega).
- Centričnost gredne vezi zagotovimo z ujemanjem na robovih ali s centrirnim obročem.
- Ker se vrtilni moment prenaša le preko vijakov, uporabljamo za vezavo kolutov prilagodne vijake. Lahko pa uporabimo tudi šestrobe matične vijake, vendar moramo strižno obremenitev prenašati s strižno pušo.
- Izračun sile, s katero je obremenjen vsak vijak:

$$F_{lv} \geq \frac{2T_s}{D_v \cdot z \cdot \mu_0}$$

- Kontrola vijakov:

$$\tau_s = \frac{F_{lv}}{A} \leq \tau_{sdop}$$

$$\tau_s = \frac{F_{lv}}{A} \leq \tau_{sdop}$$

- Izračun premera vijaka:

$$D_1 = \sqrt{\frac{8T_s}{D_v \cdot \pi \cdot \tau_{sdop} \cdot z}}$$

$$\tau_{sdop} = \frac{R_{p0,2}}{\nu}$$

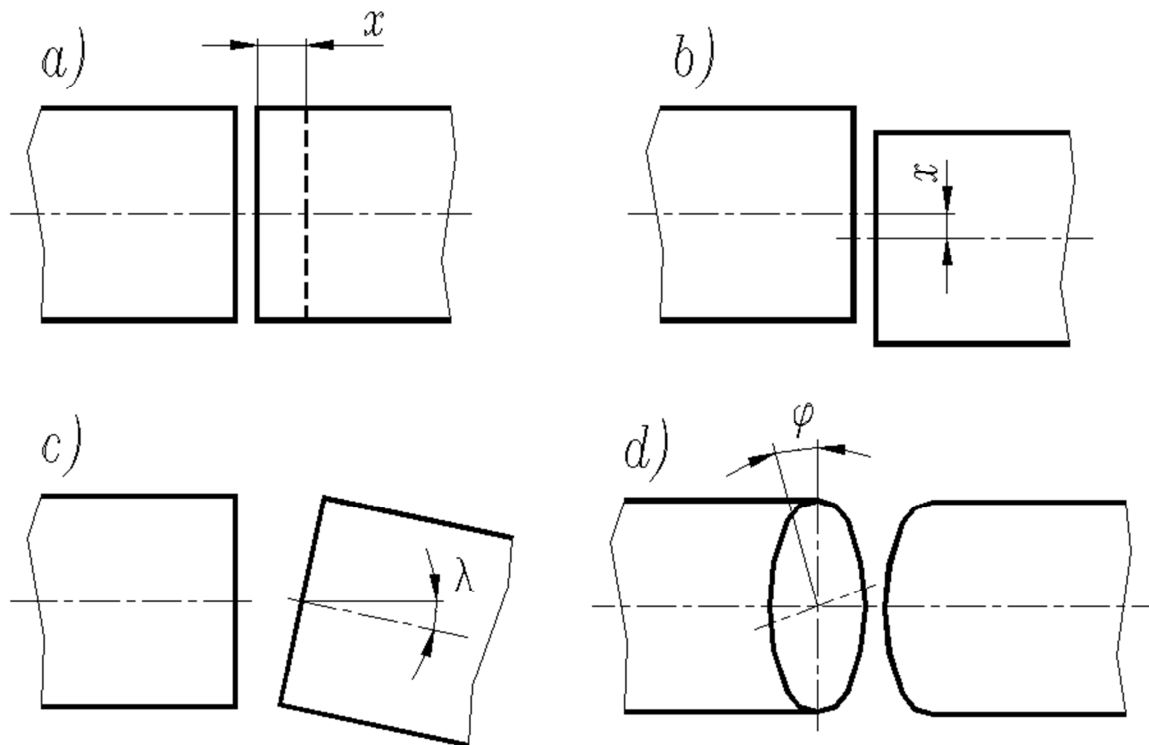
- Izračun površinskega tlaka med vijaki in kolutom:

$$p = \frac{F_{lv}}{A_p} = \frac{F_{lv}}{D_1 \cdot s}$$

- T_s [Nm] skupni vrtilni moment
- τ_s [MPa] strižna napetost v vijaku,
- τ_{sdop} [MPa] dopustna strižna napetost gradiva vijaka,
- $R_{p0,2}$ [MPa] meja tečenja gradiva vijaka,
- A [mm²] prerez vijaka,
- A_p [mm²] naležna površina vijaka in koluta,
- D_v [mm] premer, na katerem so vijaki,
- D_1 [mm] premer stebla vijaka,
- s [mm] dolžina naleganja vijaka na kolut,
- μ_0 torni količnik v mirovanju ($\mu_0 = 0,2$),
- ν varnostni količnik ($\nu = 2,5$),
- z število spojnih vijakov.

Izravnalne gredne vezi

- Uporabljamo jih, če se izravnavajo nenatančnosti položaja gredi, nastale pri montaži delov, ki jih veže gredna vez.
- Nenatančnosti položaja gredi:

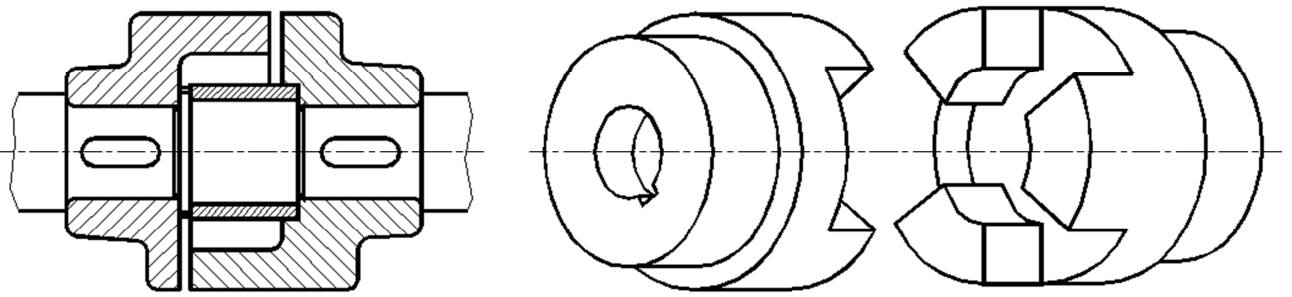


- a) razmik v vzdolžni smeri,
 b) premik v prečni smeri,
 c) lom osi pod kotom,
 d) premik v smeri zasuka

- Obremenitve se pri teh grednih vezeh prenašajo preko posebno oblikovanih delov, ki dopuščajo izravnavo ene ali več nenatančnosti.
- Če so ti deli togi, govorimo o **neelastičnih**, če so elastični, pa o **elastičnih izravnalnih grednih vezeh**.

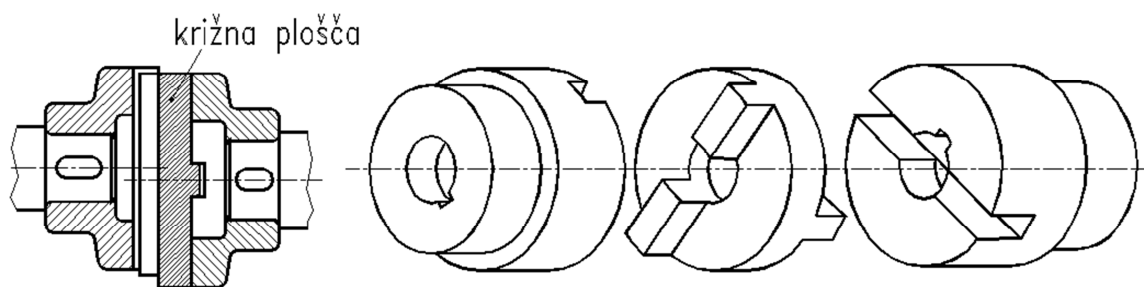
Neelastične izravnalne gredne vezi

- Te gredne vezi uporabljamo za prenos obremenitev z manjšimi sunki in povsod tam, kjer ni zahtevana velika natančnost in mirnost pri obratovanju.
- Parkljasta gredna vez je izvedena z dvema parkljema za premere, manjše od 200 mm, in s tremi parklji za večje premere.
- *Pri obratovanju izravnavo vzdolžne razmike gredi, ki nastanejo zaradi elastičnih deformacij konstrukcije, temperaturnih raztezkov gredi, napak pri montaži itd.*
- Parkljasta koluta sta za manjše hitrosti ulita iz sive litine, za večje hitrosti pa sta jeklena.



Gredna vez s križno ploščo (Oldhamova gredna vez)

- Dovoljuje vzdolžne razmike in prečne premike gredi.
- Uporablja se za prenos srednje velikih obremenitev pri majhnih vrtilnih frekvencah.
- Sestavljena je iz dveh enakih kolutov, ki imata vsak po en utor, in križne plošče s pravokotnima letvama.
- Letvi se ujemata z utoroma na kolutih in omogočata premike gredi s kolutoma v vzdolžni in prečni smeri.
- Obremenitev se prenaša preko križne plošče.



Zobata gredna vez

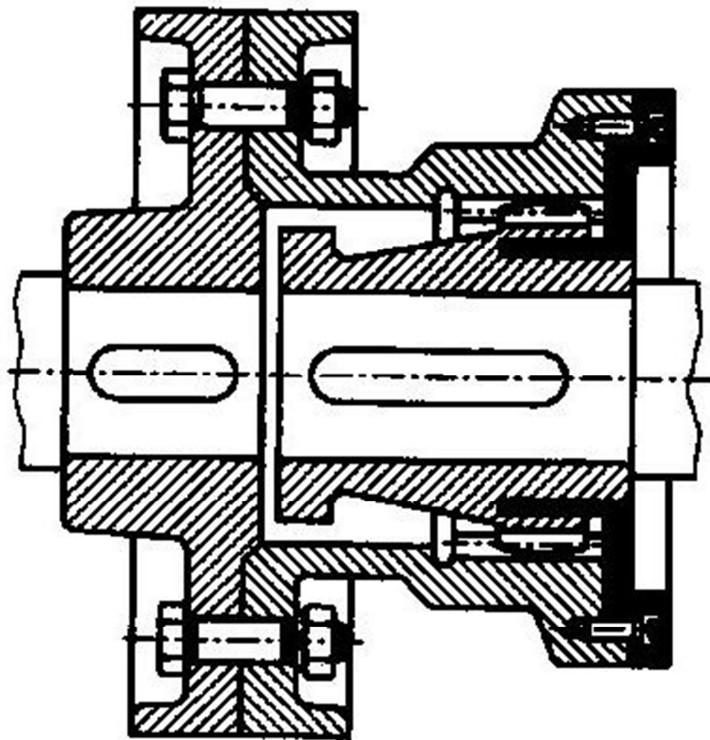
- Je zaradi natančne izdelave primerna za prenašanje večjih vrtilnih momentov pri manjših in srednje velikih hitrostih.
- V praksi uporabljajo **enojno** in **dvojno (parno) zobato gredno vez**.

Enojna zobata gredna vez

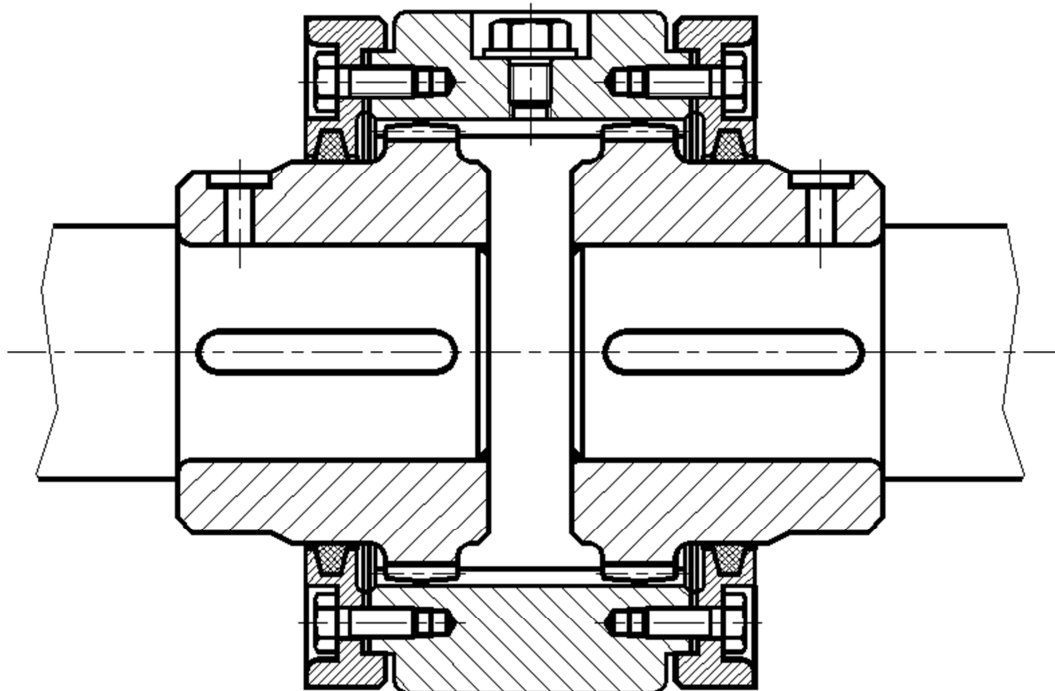
- Dopušča manjše vzdolžne razmike gredi in lome osi.
- Dovoljeni kot loma $\alpha = 1$ do 2° , vzdolžni razmik gredi pa 3 do 4 mm.
- Ker so zobje toplotno obdelani in brušeni, ozobljena koluta pa obratujeta v olju, je življenjska doba te gredne vezi zelo dolga.

Dvojna zobata gredna vez

- Sestavljena je iz dveh enakih kolutov z zunanji evolventnimi zobmi in dvodelne mufe z notranjim ozobjem in enakim številom zob.
- Mufa je povezana z vijaki, ki omogočajo prenos vrtilnega gibanja z gonilne na gnano gred preko ozobljenih kolutov.
- Ker so zobje ločni, omogočajo enake lome osi, kot pri enojni gredni vezi.



Enojna zobata gredna vez



Dvojna zobata gredna vez

Zglobna ali kardanska gredna vez

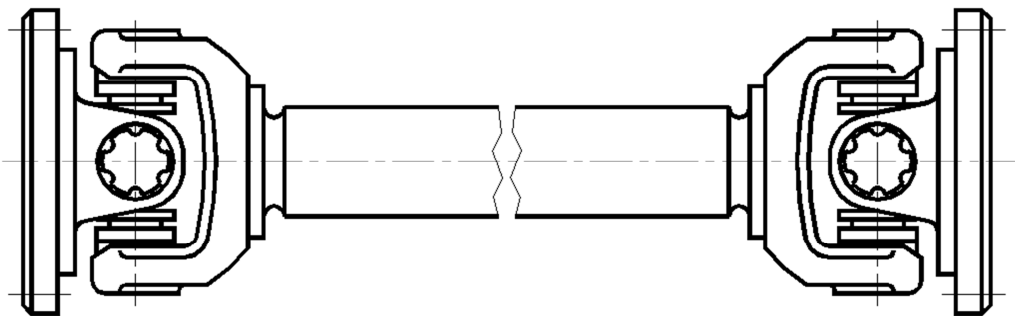
- Je toga gredna vez, ki omogoča prenos vrtilnega gibanja med dvema gredema, ki imata lomljeni geometrijski osi.
- Kot loma je za normalno obratovanje $\alpha = 15^\circ$, pri večjem lomnem kotu pa postane kroženje neenakomerno.

- Pri manj zahtevnih pogonih (kmetijski, gradbeni stroji ipd.) je dovoljen kot loma celo do 45°.
- Zaradi velikih lomnih kotov je nihanje vrtilne frekvence gnane gredi omejeno od n_{2min} do n_{2maks} .
- Izračun največje in najmanjše vrtilne frekvence gnane gredi:

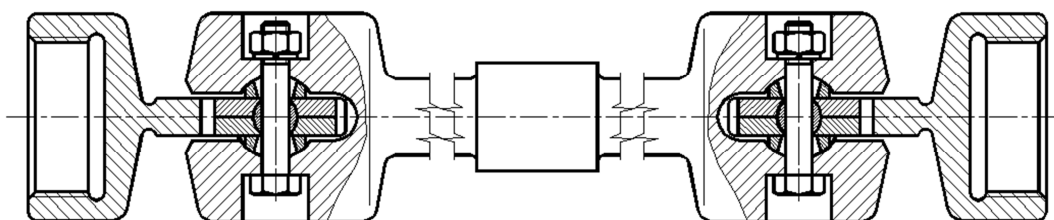
$$n_{2min} = n_1 \cdot \cos \lambda$$

$$n_{2maks} = \frac{n_1}{\cos \lambda}$$

- Kardanske gredne vezi se uporabljajo za premere gredi do 200 mm.
- Največkrat so izvedene z vmesno gredjo, ki omogoči, da sta gonilna in gnana gred v vodoravni legi.
- V praksi se uporablja več konstrukcijskih izvedb kardanskih grednih vezi.
- Največkrat se uporablja gredna vez s križem.

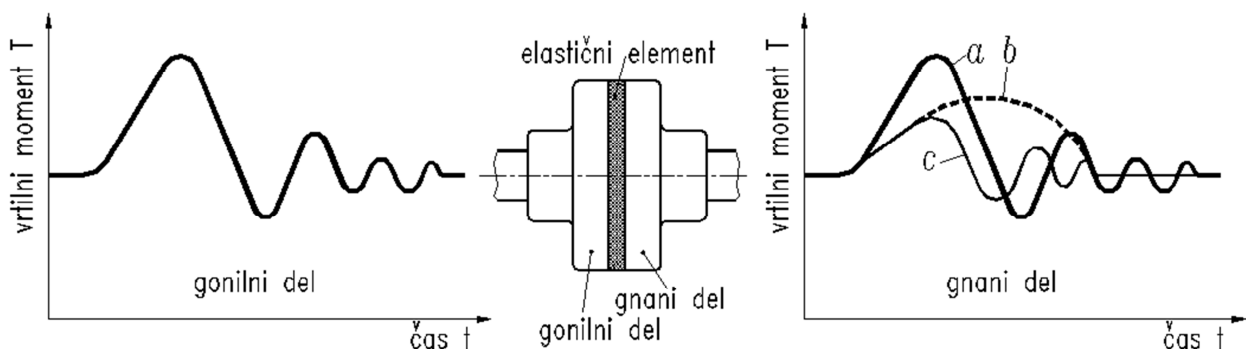


- Za manjše obremenitve pa je primerna tudi gredna vez s kroglo.



Elastične izravnalne gredne vezi

- Elastične izravnalne gredne vezi morajo poleg izravnavanja nenatančnosti lege gredi, ki so nastale pri montaži, še zmanjšati ali blažiti sunkove.
 - Sunki so posledica neenakomernega zagona in so odvisni od vrste pogonskega in delovnega stroja.
 - Elastična gredna vez ima v delih, ki povezujejo gonilno in gnano gred, vgrajene elastične elemente, ki se pri povečanju obremenitve (sunku) deformirajo in pri tem začasno sprejmejo določeno energijo.
 - Elastični elementi, ki ne dušijo sunkov, so jeklene vzmeti.
 - V gredno vez so vgrajene tako, da so zaradi povečanja vrtilnega momenta obremenjene na upogib ali torzijo.
 - Naloga vzmeti je, da preobremenitev (sunek), ki nastane na gonilni gredi, v daljšem času vrnejo gnani gredi.
 - Elastični dušilni elementi so iz gume, usnja ali umetnih mas.
 - Največkrat so obremenjeni s tlačno, strižno ali upogibno obremenitvijo.
 - Lahko so valjaste ali prizmatične oblike, izdelani pa so lahko iz enega kosa ali sestavljeni iz več delov.
-
- **Blažitev sunkov** vpliva na zmanjšanje sunkovitega delovanja (preobremenitev) in podaljšanje trajanja obremenitve.
 - **Dušenje** sunkov vpliva na zmanjšanje udarca in podaljšano trajanje obremenitve, vendar krajše kot pri blaženju.
 - Načini delovanja elastičnih izravnalnih gredne vezi:



- a) karakteristika toge gredne vezi,
- b) karakteristika gredne vezi z blaženjem sunkov (akumulacijski učinek),
- c) karakteristika gredne vezi z dušenjem (zmanjšuje in duši sunke)

- Izračun skupnega vrtilnega momenta, ki se lahko prenaša preko elastične izravnalne gredne vezi:

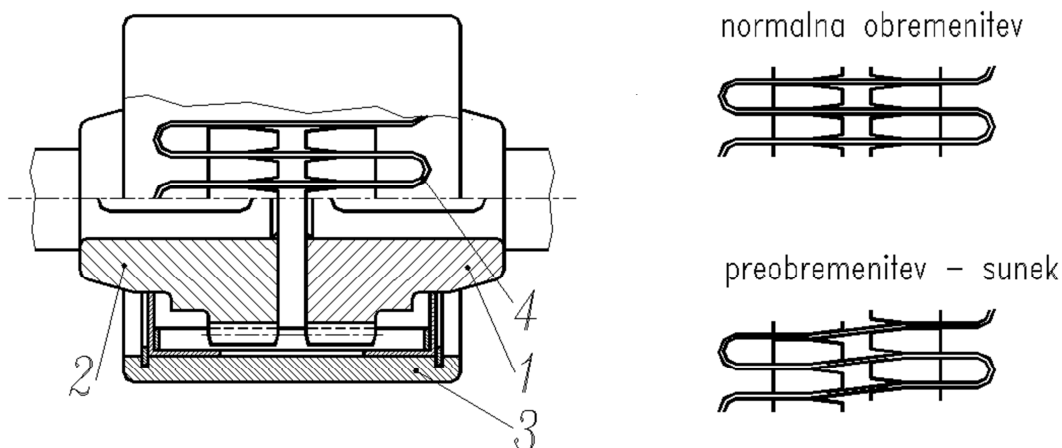
$$T_s = (C_1 + C_2) \cdot T_{ko}$$

- T_{ko} [Nm] koristni vrtilni moment,
- C_1 koeficient sunkov na pogonskem stroju (TAB 149),
- C_2 koeficient sunkov na delovnem stroju (TAB 149).

Elastične izravnalne gredne vezi z vzmetmi

Gredna vez s tračno vzmetjo (Bibby)

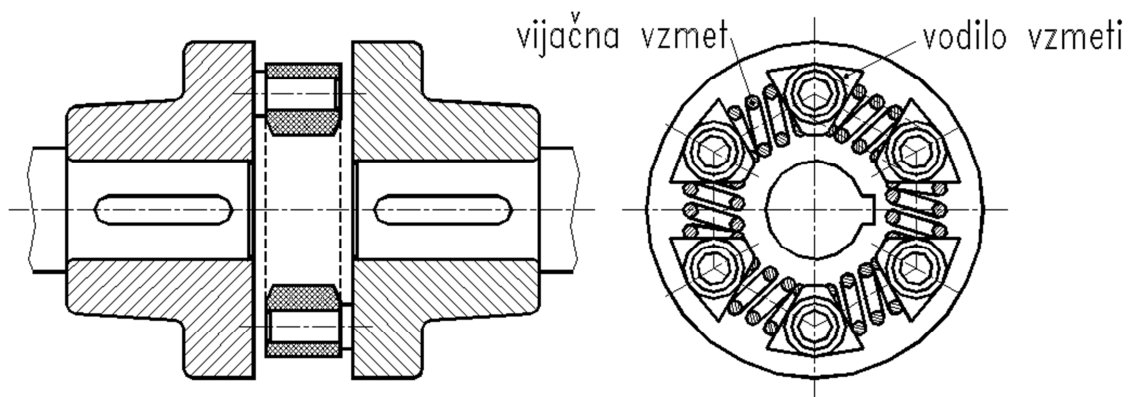
- Sestavljena je iz dveh enakih polovic (1,2), ki imata na obodu aksialne žlebe ločno razširjene na koncih, jeklene tračne vzmeti (4), ki je vložena v žlebove in ki prenaša obremenitev z gonilne na gnano gred, ter ohišja (3).
- Vzmet ima progresivno karakteristiko.
- Izdelujejo jo za prenos vrtilnih momentov od 20 do 100 000 Nm.
- Dovoljuje lome geometrijskih osi gredi do $1,3^\circ$, zasuke do $1,2^\circ$, vzdolžne razmike od 4 do 20 mm in prečne premike gredi od 0,5 do 3 mm.
- Gredna vez ima minimalno dušenje.
- Obraba ozobljenih delov je minimalna, ker je prostor pod pokrovom napolnjen z mastjo.



Gredna vez s torzijsko vijačno vzmetjo (Cardeflex)

- Vgrajene ima torzijske vijačne vzmeti, ki omogočajo izravnavanje zasuka gonilne proti gnani gredi.
- Preko njih se prenaša vrtilno gibanje.
- Vzmeti so prednapete, zasuk pa je omejen z naleganjem vodil.

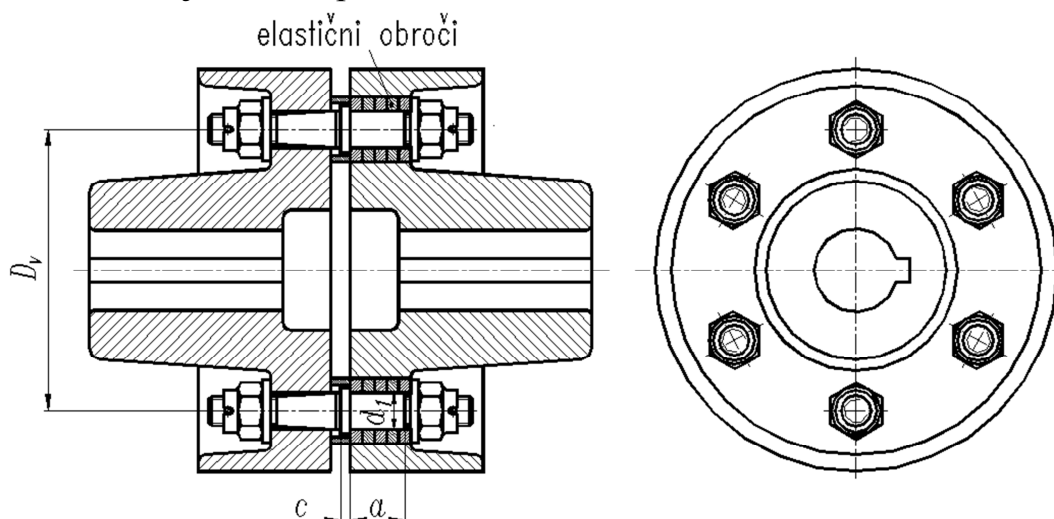
- Največji vrtilni moment, ki ga lahko prenaša opisana gredna vez, je 18 000 Nm, če ima zunanji premer 700 mm.
- S to gredno vezjo lahko izravnavamo zasuke gredi do 5° , lome geometrijskih osi gredi do 2° in prečne premike gredi do 1 % zunanjega premera.



Elastične izravnalne gredne vezi z dušilnimi elementi

Elastična kolutna gredna vez

- Se največkrat uporablja.
- Sestavljena je iz dveh kolutov, ki sta med seboj povezana z vijaki ali čepi.
- Koluta sta za manjše hitrosti do 25 m/s izdelana iz sive litine, za večje pa sta jeklena.
- Za pritrditev kolutov na gonilno in gnano gred se uporabljajo elementi za vezavo gredi in pest (mozniki, zagozde, utorne gredi itd.).
- Sunke dušijo elastični obroči iz gume, usnja ali umetnih mas, ki so navlečeni na vijake ali čepe.



- Število čepov se določi na osnovi velikosti gredne vezi in je navadno 4 do 8.

- Izračun sile, ki obremenjuje posamezni vijak oz. čep:

$$F_1 = \frac{2T_s}{D_v \cdot z}$$

- Kontrola upogibnega momenta:

$$M_f = F_1 \cdot \left(c + \frac{a}{2} \right)$$

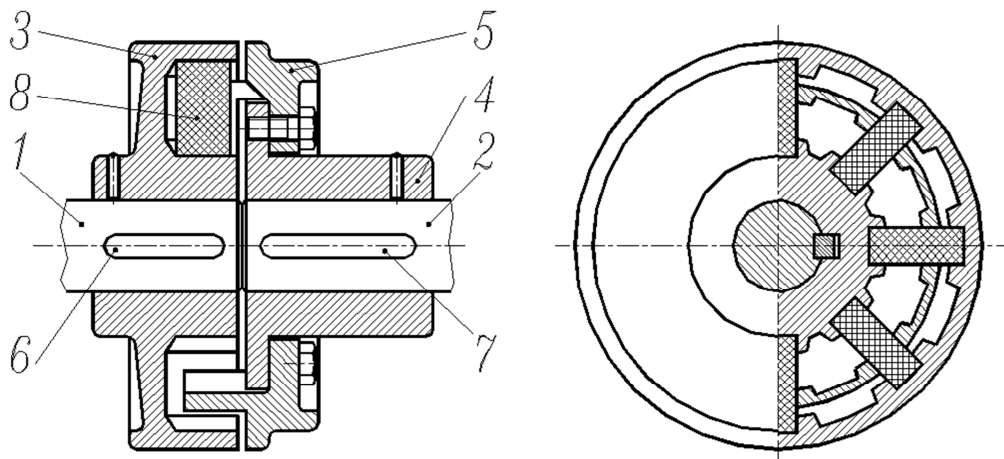
- Kontrola površinski tlak med vijaki oz. čepi in elastičnimi obroči:

$$p = \frac{F_1}{d_1 \cdot a} \leq p_{dop}$$

- T_s [Nm] vrtilni moment, ki se prenaša preko gredne vezi,
- M_f [Nm] upogibni moment,
- P_{dop} [MPa] dopustni površinski tlak med vijakom oz. čepom in elastičnimi obroči,
- D_v [mm] premer, na katerem so vijaki oz. čepi,
- c [mm] dolžina vijaka oz. čepa do gnanega koluta,
- a [mm] dolžina naleganja vijaka oz. čepa in elastičnih obročev,
- d_1 [mm] premer vijaka oz. čepa,
- z število vijakov oz. čepov.

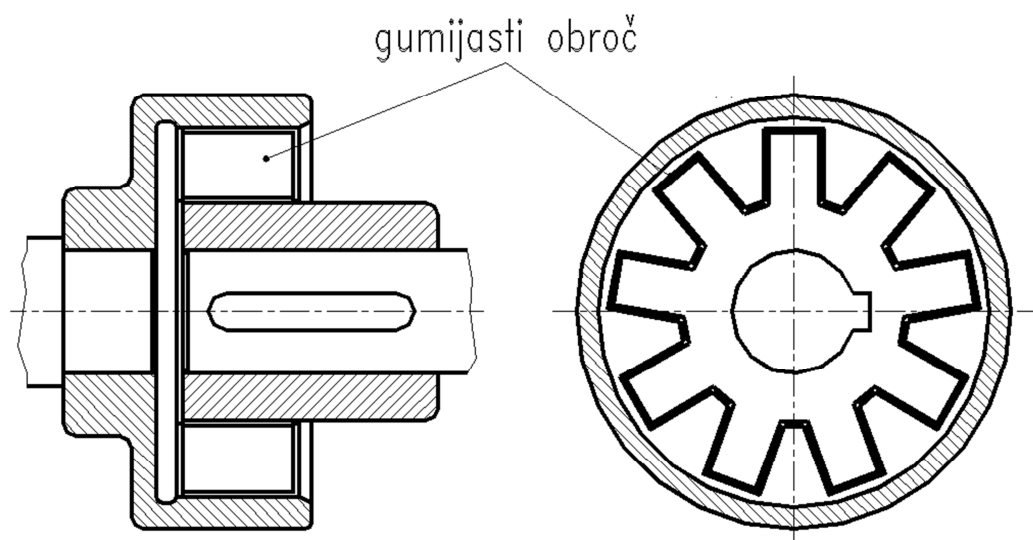
Elastična parkljasta gredna vez

- Izravnava vse nenatančnosti leg, ki so navedene pri neelastični parkljasti gredni vezi, in blaži ter duši sunke in udarce, ki se pojavijo pri zagonu ali med obratovanjem.
- V praksi se veliko uporablja izvedba Eupex, pri tej izvedbi se vrtilno gibanje prenaša z gonilne gredi 1 na gnano gred 2 preko pesta na gonilni gredi 3 s parklji 5 in pesta na gnani gredi 4. Med parklji obeh pest so vstavljeni elastični vložki 8, ki blažijo in dušijo sunke.



- Gredna vez je primerna za obojestransko vrtenje in prenos velikih vrtilnih momentov z znatnimi sunki.
- Elastični vložki oz. paketi so iz gume ali usnja.

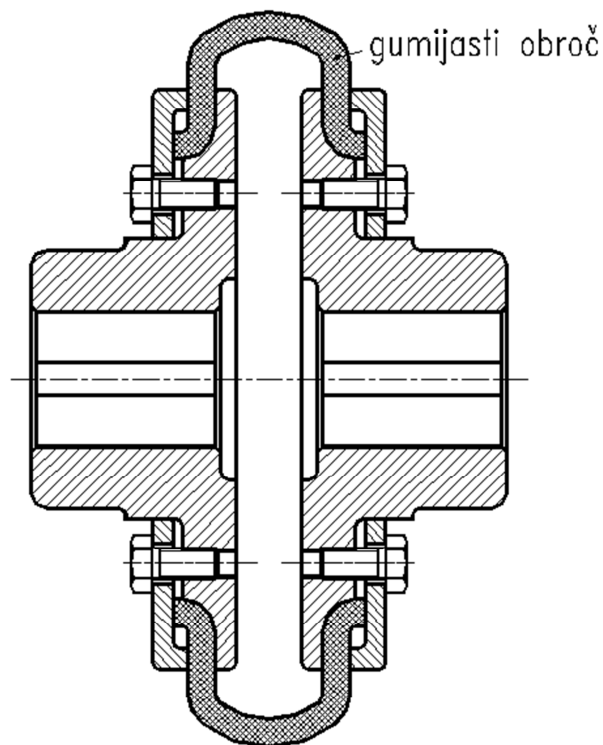
Elastična parkljasta izravnalna gredna vez za lažja cestna vozila:



- Ta gredna vez ima elastični dušilni obroč iz enega dela.
- To je gumijasti obroč, ki je vložen med parklji gonilnega in gnanega pesta in pri prenosu vrtilnega gibanja blaži in duši sunke.
- Uporaba - pri zadnjem kolesu kolesa z motorjem (moped).

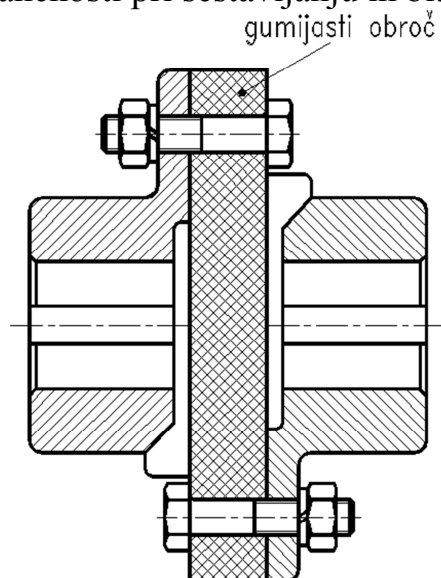
Elastična izravnalna gredna vez Periflex

- Je najbolj univerzalna elastična gredna vez.
- Vrtilno gibanje prenaša z gonilne na gnano gred preko elastičnega obroča, ki omogoča premike gredi v vzdolžni in prečni smeri, zasuke do 30° in lome geometrijskih osi gredi do 4° .
- S to gredno vezjo lahko prenašamo vrtilne momente do 34 kNm,
- Največji zunanji premer je do 700 mm.



Elastična izravnalna gredna vez Hardy

- Je v bistvu elastični kardanski zglob in se uporablja pri lažjih cestnih vozilih (osebni avtomobili).
- Vrtilno gibanje se elastično prenaša preko gumijastih obročev, ki izravnavajo nenatančnosti pri sestavljanju in blažijo ter dušijo sunke in udarce.



Izbira in kontrola elastičnih grednih vezi

- Da bi lahko iz katalogov proizvajalcev elastičnih grednih vezi izbirali ustrezno gredno vez, moramo izračunati nekatere veličine.
- Izračun dopustnega vrtilnega momenta, ki se lahko prenaša preko gredne vezi:

$$T_s \geq T_{ko} \cdot S_\vartheta = \frac{P_{ko}}{\omega} \cdot S_\vartheta$$

- Izračun največjega vrtilnega momenta, ki se lahko prenaša preko gredne vezi:

$$T_{smaks} \geq T_{ko} \cdot S_s \cdot S_z \cdot S_\vartheta$$

- T_{ko} [Nm] koristni vrtilni moment,
- P_{ko} [kW] koristna moč,
- S_g koeficient temperature (za jeklene vzmeti $S_g = 1$),
- S_s koeficient sunkov (TAB 156),
- S_z koeficient časovne obremenitve (TAB 156),
- ω [s⁻¹] kotna hitrost.
- Izračun kritične vrtilne frekvence elastične gredne vezi:

$$n_k = \frac{f_e}{i}$$

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{R_{tdin} \cdot \frac{J}{J_1 J_2}}$$

- f_e [min⁻¹] lastna frekvenca povezanega sistema (gredi in gredna vez),
- J [kgm²] masni vztrajnostni moment sistema,
- J_1 [kgm²] masni vztrajnostni moment gonilne strani sistema,
- J_2 [kgm²] masni vztrajnostni moment gnane strani sistema,
- R_{tdin} [Nm/rad] dinamična togost elastičnega elementa,
- i vrstno število (število obremenitev no vrtljaj).

- Izračun največjega vrtilnega momenta, ki se lahko prenaša preko elastične gredne vezi, če upoštevamo kritično vrtilno frekvenco povezanega sistema:

$$T_{\text{smaks}} \geq M \cdot T_w \cdot \nu_k \cdot S_z \cdot S_\theta$$

$$\nu_k \approx \frac{2\pi}{\psi}$$

- Izračun največjega vrtilnega momenta, ki se lahko prenaša preko elastične gredne vezi, če upoštevamo kritično vrtilno frekvenco povezanega sistema in če se spreminja smer vrtenja:

$$T_{\text{smaks}} \geq M \cdot T_w \cdot \nu \cdot S_\theta \cdot S_f$$

$$\nu \approx \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{n^2}{n_k^2}\right)^2}}$$

- M faktor mas $M = J2/J$, če je T_w na gonilni gredi, in $M = J1/J$, če je T_w na gnani gredi
- T_w [Nm] amplitudni moment pogonskega vrtilnega stroja (TAB 157),
- ν_k koeficient resonančne vrtilne frekvence,
- ν zmanjšani koeficient resonančne vrtilne frekvence,
- ψ relativna dušilnost (TAB 157),
- S_f faktor frekvence (TAB 156).

3.6.2 SKLOPKE

- Sklopke omogočajo poleg prenosa vrtilnega momenta z gonilne na gnano gred med obratovanjem tudi vključevanje ali ustavljanje gnane gredi pri vrteči se gonilni gredi.
- Med obratovanjem ni treba ustavljati pogonskega motorja in ga ponovno zaganjati.
- Omogočajo lahko vrtenje samo v eno smer (enosmerne sklopke),
- Varovanje elementov pred preobremenitvijo (varnostne sklopke),
- Omogočajo postopen zagon pri velikih močeh (zagonske sklopke) itd.

Sklopke za vklapljanje

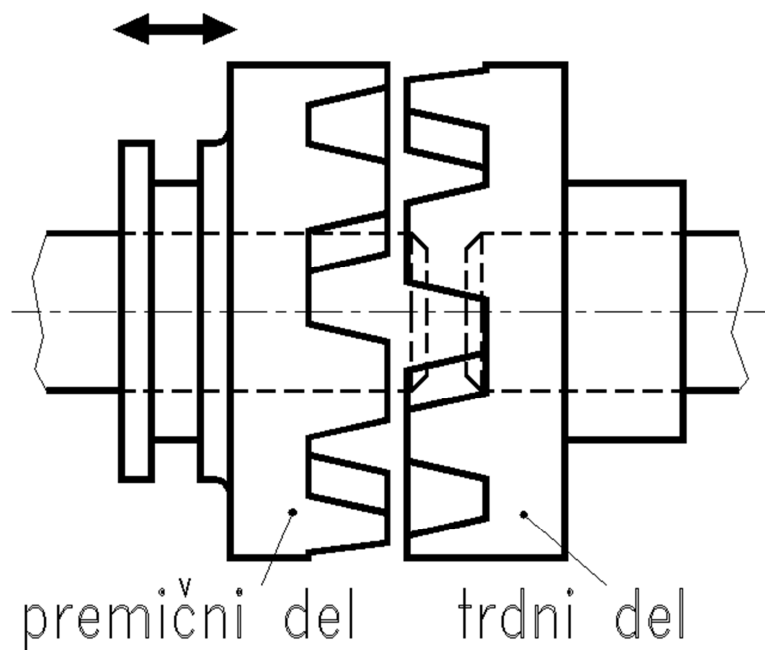
- Omogočajo hiter vklop ali prekinitev zveze med gonilno in gnano gredjo.
- Razdeljeni so v dve skupini:
 - vklapljanje z obliko (oblikovne sklopke),
 - vklapljanje s silo - trenjem (torne sklopke).

Oblikovne sklopke za vklapljanje

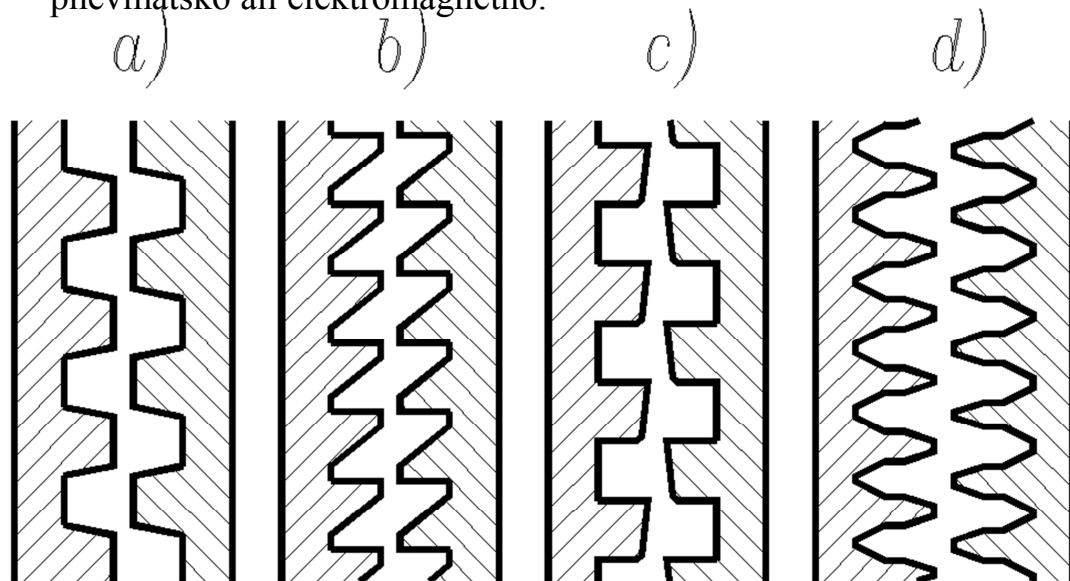
- Omogočajo vklapljanje pri mirovanju gonilne in gnane gredi (zaustavitev pogona).
- Med obratovanjem neobremenjeno sklopko vklopimo samo tedaj, ko imata gonilna in gnana gred enako vrtilno frekvenco.

Čelna zobata sklopka za vklapljanje

- Je ena najenostavnejših izvedb. Izdeluje se v togi ali elastični izvedbi.
- Njeno delovanje je podobno delovanju parkljaste gredne vezi, le da je kolut na gnani gredi pomičen.
- Število zob sklopke je navadno od 3 do 60, odvisno je od velikosti obremenitve.

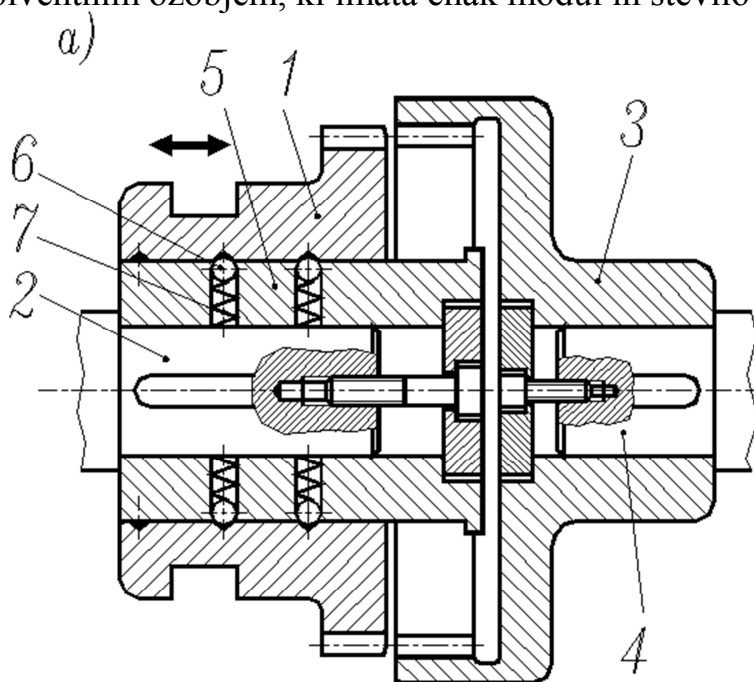


- Zobje so kaljeni in so lahko različnih oblik.
- Trapezni profil zoba (a) je primeren za obe, žagasti profil (b) pa samo za eno smer vrtenja. Trdnostno je žagasti profil ugodnejši od trapeznega.
- Tudi pravokotni profil (c) je primeren za vrtenje v obe smeri, vendar je vklapljanje sklopke s takšnim profilom zob težje.
- Zelo enostavno je vklapljanje sklopke s trikotnim profilom zob (d), vendar je izdelava tega profila zahtevnejša in dražja.
- Čelne zobate sklopke lahko vklapljamo mehanično, hidravlično, pnevmatsko ali elektromagnetno.



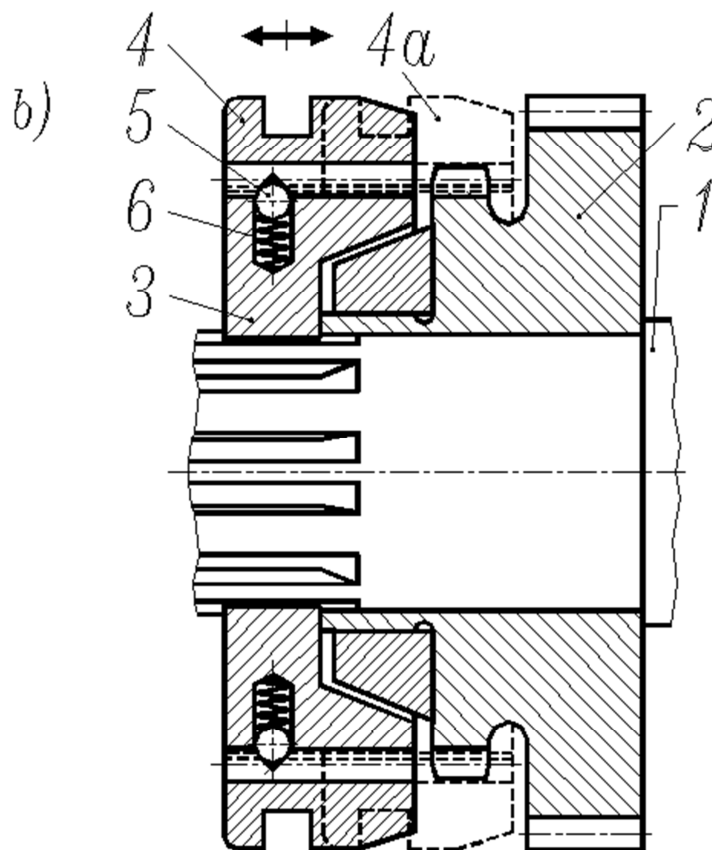
Zobniška sklopka za vklapljanje

- Prenaša vrtilno gibanje z gonilne na gnano gred preko valjastih zobnikov z evolventnim ozobjem, ki imata enak modul in število zob.



- 1- vzdolžni pomični zobnik z zunanjim ozobjem,
- 2 - gnana gred
- 3 - vzdolžni nepomični zobnik z notranjim ozobjem,
- 4 - gonilna gred,
- 5 - pesto
- 6 - kroglici,
- 7 - vzmeti

- Vklapljanje zobniške sklopke je v mirovanju ali med obratovanjem.
- Za vklapljanje med obratovanjem je treba med gonilni in gnani del sklopke vgraditi sinhronsko napravo.



Torna sklopka za vklapljanje

- Uporabljamo jih kadar je treba sklopko vklapljati in izklapljati v obremenjenem stanju in se gredi vrtita z različnima vrtilnima frekvencama.
- Za dosego zadostnega trenja mora med deli, ki prenašajo vrtilno gibanje, delovati dovolj velika pritisna sila F , ki jo dosežemo mehansko (z vzvodom, vzmetjo itd.), hidravlično, pnevmatsko ali elektromagnetno.
- Dotikalne torne ploskve so lahko gladke kovinske površine ali pa so obložene z gradivi, ki imajo velik torni količnik (torni materiali).

- Obrabo tornih površin zmanjšamo, če tečejo dotikalne površine v olju.
- V praksi razlikujemo suhe in mazane torne sklopke.
- Preračun sile trenja in momenta trenja

$$F_t = F_n \cdot \mu$$

$$T_t = F_t \cdot \frac{D_{sr}}{2} = F_n \cdot \mu \cdot \frac{D_{sr}}{2} \geq T_s$$

- Izračun srednjega premera za gladke površine, ki tečejo v olju (kaljeno jeklo / kaljeno jeklo):

$$D_{sr} = \frac{2}{3} \cdot \frac{D_e^3 - D_i^3}{D_e^2 - D_i^2}$$

- Izračun srednjega premera za torne površine, ki so obložene z mehkejšimi tornimi materiali:

$$D_{sr} = \frac{1}{2} \cdot (D_e + D_i)$$

- Kontrola površinskega tlaka med tornimi ploskvami:

$$p = \frac{F_n}{A_p} = \frac{4F_n}{\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2)} \leq p_{dop}$$

- Izračun momenta trenja pri več lamelnih sklopkah:

Notranje in zunanje lamele so razporejene izmenično. Na vseh stičnih površinah lamel mora delovati enaka pritisna sila F_n .

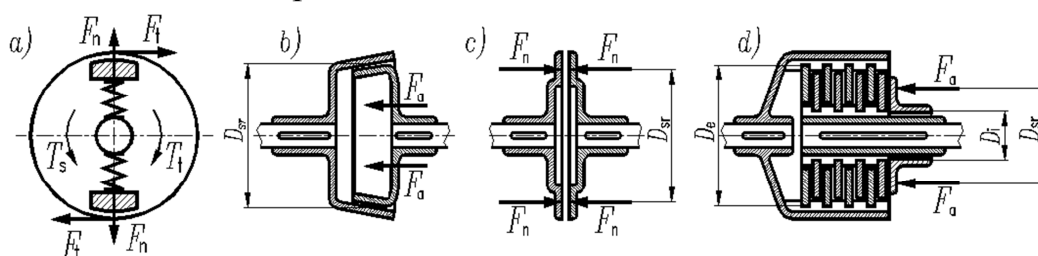
$$T_t = z \cdot F_n \cdot \mu \cdot \frac{D_{sr}}{2} \geq T_s$$

- Kontrola segrevanja tornih površin:

$$pv \leq (pv)_{dop}$$

- F_n [N] pritisna sila, ki deluje pravokotno no podlago (normalna sila),
- T_s [Nm] skupni vrtilni moment, ki se prenaša preko sklopke,
- p_{dop} [MPa] dopustni površinski tlak gradiva tornih površin (TAB 158),
- p_v [W/mm²] toplota zaradi trenja,
- $(p_v)_{dop}$ [W/mm²] dopustna toplota zaradi trenja, v povprečju je $(p_v)_{dop} = 1$ do 3 W/mm²,
- D_e [mm] zunanji premer torne površine,
- D_i [mm] notranji premer torne površine,
- A_p [mm²] dotikalna površina tornih ploskev,
- μ torni kolicnik tornih površin,
- z število dotikalnih tornih površin.

- Sheme tornih sklopk

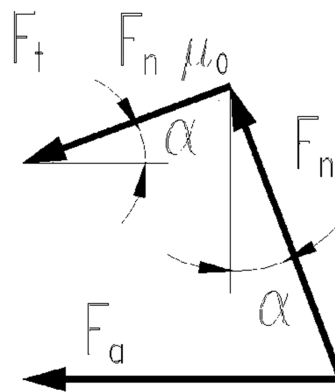
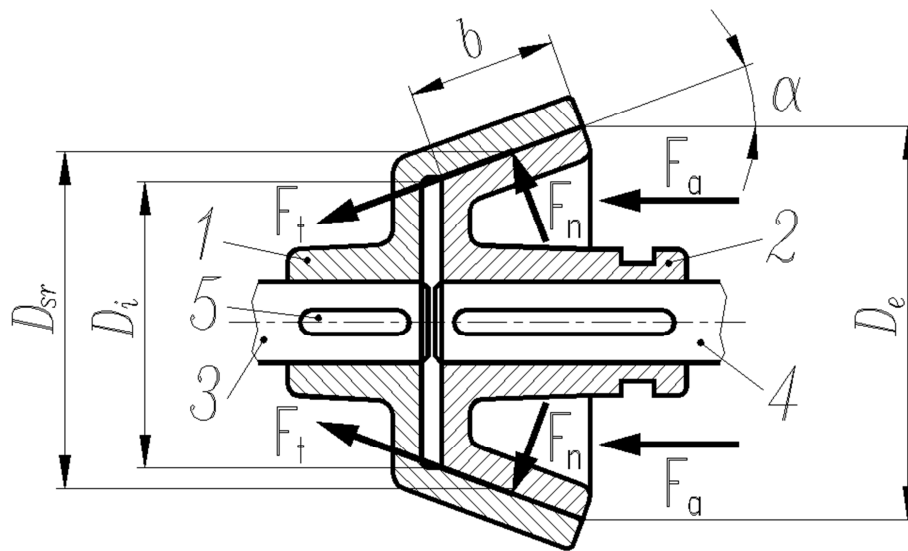


a) čeljustna, b) stožčasta, c) kolutna, d) lamelna

- V praksi so največ v rabi stožčaste, kolutne in lamelne torne sklopke.

Enojna stožčasta torna sklopka

- Dovolj veliko pritisno silo F_n , ki je osnova za trenje - prenos vrtilnega gibanja dosežemo že pri relativno majhni vklopni sili F .
- Pri oblikovanju sklopke je treba paziti, da kot stožca ni premajhen, ker sklopka lahko postane samozaporna in potrebujemo za izklapljanje znatno silo. V praksi se izkustveno izbira kot $\alpha = 15^\circ$ do 25° .
- Pri vklopljeni sklopki deluje aksialna sila stalno, zato so ležaji in vklopni mehanizem trajno obremenjeni in imajo krajšo življenjsko dobo.



- Izračun velikosti pritisne sile pri vklopljeni sklopki:

$$F_n = \frac{F_a}{2 \sin \alpha}$$

- Izračun momenta trenja:

$$T_t = 2F_n \cdot \mu_0 \cdot \frac{D_{sr}}{2} = \frac{F_a \cdot D_{sr}}{2 \sin \alpha} \cdot \mu_0$$

Moment trenja T_t mora biti večji od skupnega vrtilnega momenta, ki se prenaša preko sklopke T_s

- Izračun potrebne vklopne sile:

(+) - vklop

$$F_a = \frac{2T_s}{\mu_0 \cdot D_{sr}} (\sin \alpha \pm \mu_0 \cdot \cos \alpha)$$

(-) - izklop

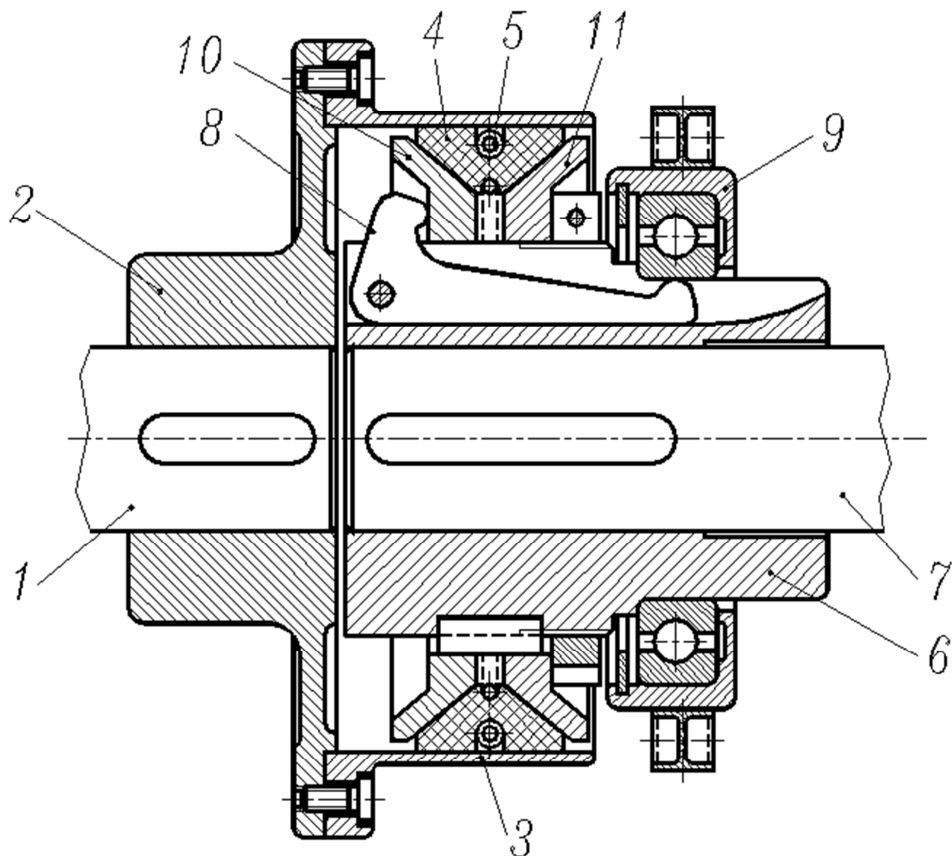
- Kontrola površinskega tlaka na tornih površinah:

$$p = \frac{F_a}{A_p} = \frac{F_a}{b \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot \sin \alpha} = \frac{2T_t}{b \cdot D_{sr}^2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha} \leq p_{dop}$$

- p_{dop} [MPa] dopustni površinski tlak gradiva tornih površin (TAB 158),
- D_s [mm] srednji premer torne površine,
- A_p [mm²] dotikalna površina tornih ploskev,
- b [mm] širina dotikalne površine sklopke,
- α [°] polovični kot stožca,
- μ_0 količnik trenja med tornima površinama (v mirovanju).

Dvojna stožčasta torna sklopka

- Pri tej sklopki se izognemo stalni obremenitvi mehanizma za vklapljanje in ležajev.



- 1- gonilna gred
- 2- pesto
- 3- boben
- 4- torni obroč
- 5- obročna vzmet
- 6- pesto
- 7- gnana greda
- 8- kavljasti vzvodi
- 9- vzdolžno pomični obroč za vklapljanje
- 10- obroč
- 11- obroč

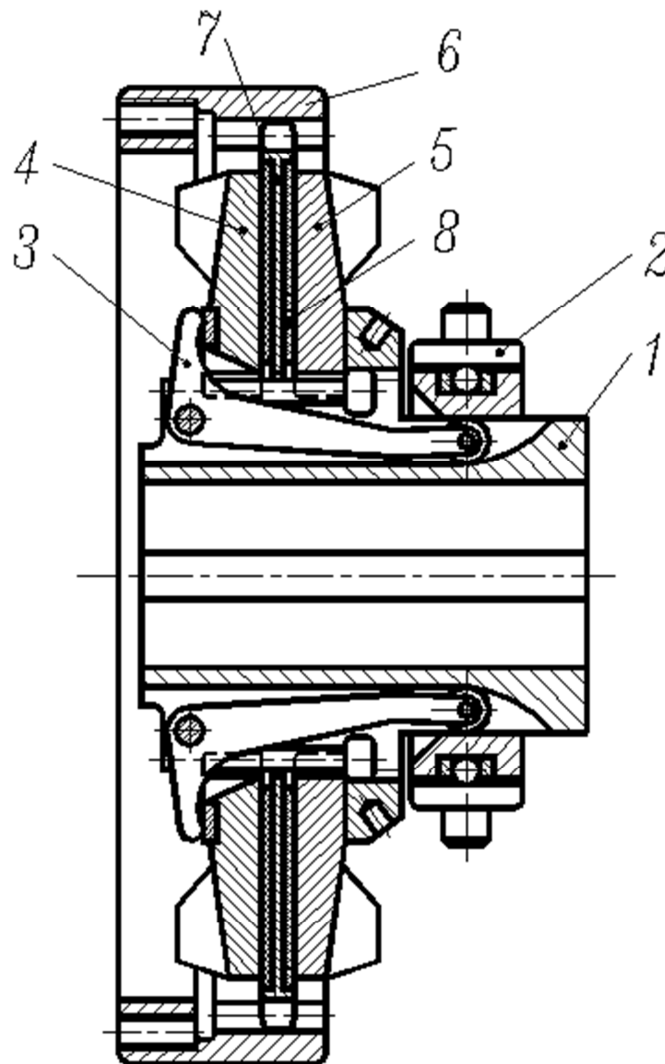
- Prikazana je konstrukcijska izvedba dvojne stožčaste torne sklopke Conax.

Ploščate torne sklopke

- Vrtilni moment prenašajo z gonilne na gnano gred preko ene ali več lamel.
- Glede na število lamel jih delimo na:
 - enolamelne torne sklopke, ki imajo torne površine običajno suhe in so primerne za prenos manjših vrtilnih momentov,
 - večlamelne torne sklopke, ki imajo največkrat mazane torne površine (tečejo v olju) in so primerne za prenos večjih vrtilnih momentov.

Enolamelna torna sklopka

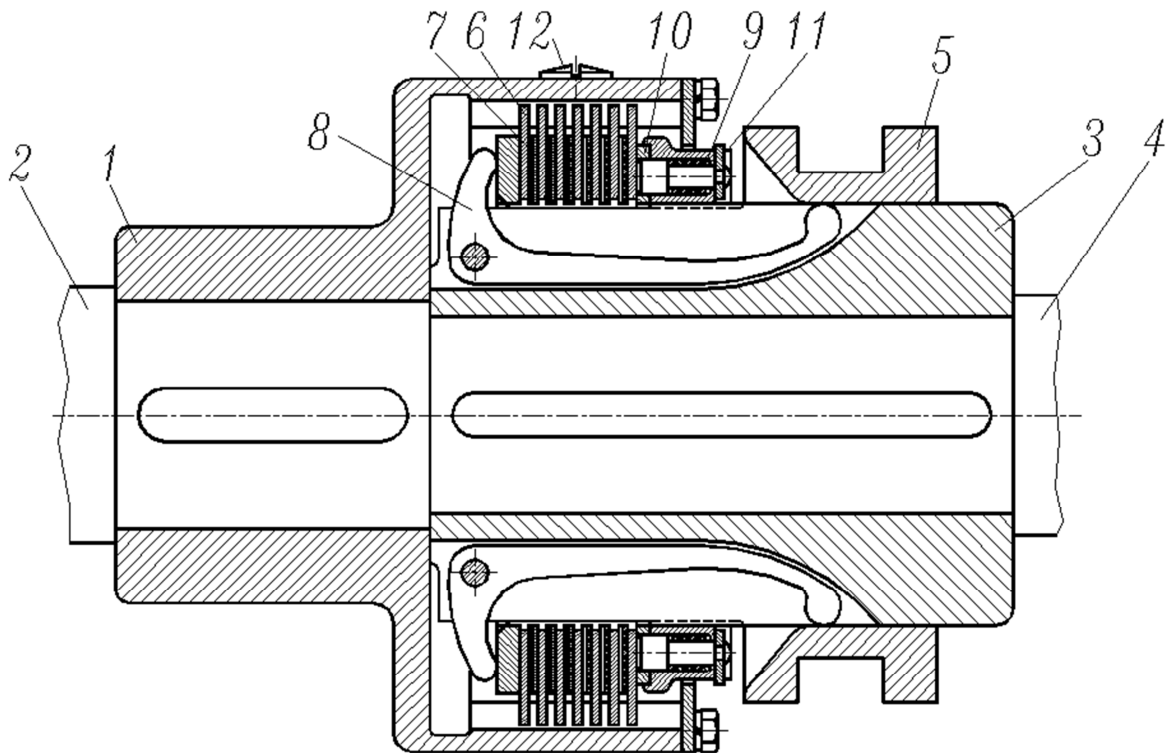
- Je najenostavnejša praktično uporabna ploščata sklopka.
- Največkrat jo uporabljamo pri lažjih cestnih vozilih (osebni avtomobili in motorna kolesa).



- 1 – pesto
- 2 - obroč za vklapljanje
- 3 - kljunasti vzvodi
- 4 - potisna plošča
- 5 - potisna plošča
- 6 - pesto
- 7 - lamela
- 8 - torni oblogi

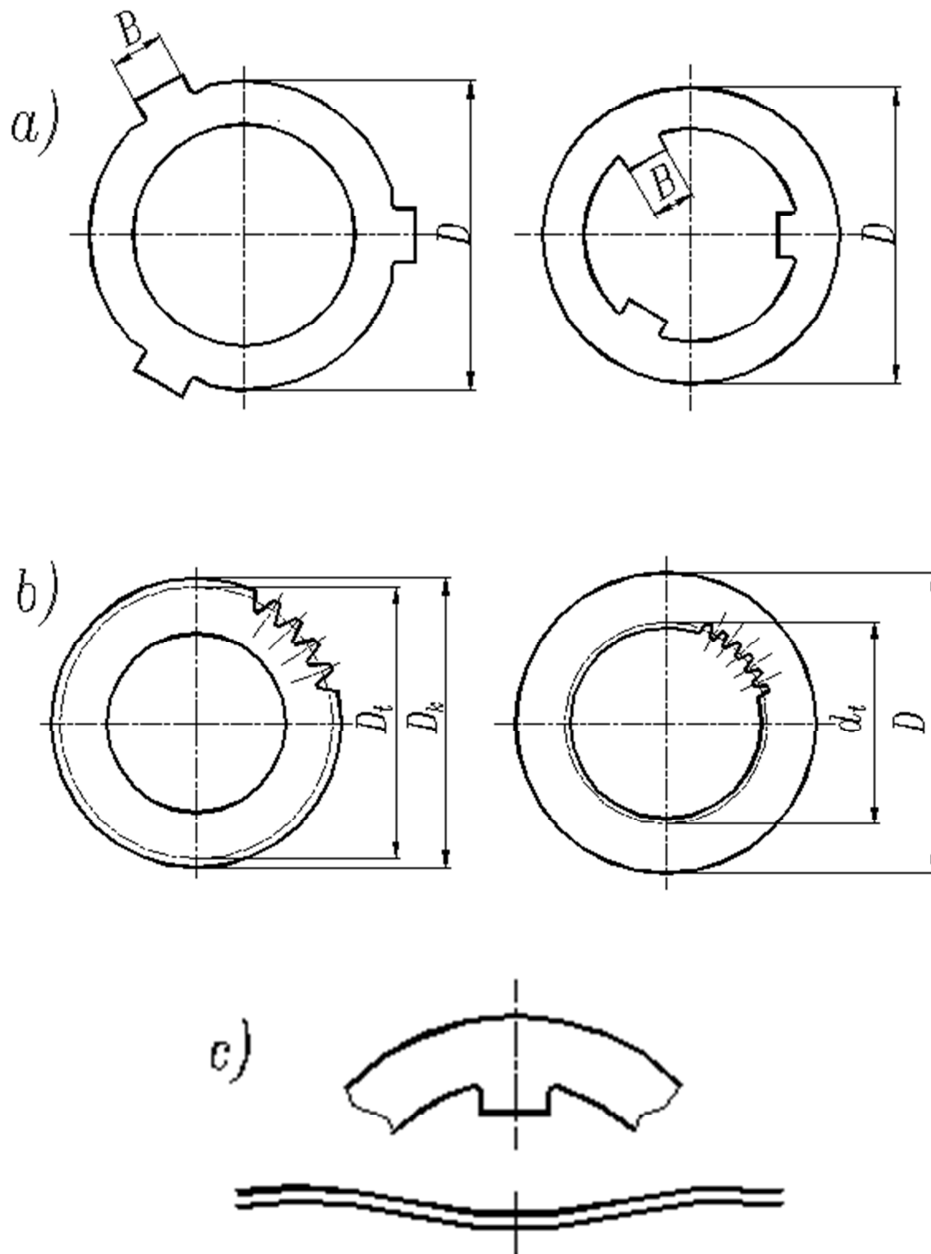
Večlamelna torņa sklopka

- Je primerna za prenašanje velikih vrtilnih momentov.
- Uporabljamo jo za prenose vrtilnih momentov pri težjih vozilih in gradbenih strojih (buldožerji, bagri itd.).
- Življenjska doba sklopke je dolga, ker tečejo lamele v olju.



- 1 - boben
- 2 – gonilna gred
- 3 - pesto
- 4 – gnana gred
- 5 – obroč za vklapljanje
- 6 – zunanje lamele (obložene s tornimi materiali)
- 7 – notranje lamele (valovite – vz. jeklo)
- 8 – kavljasti vzvodi
- 9 - vzmet
- 10 - obroč
- 11 - obroč
- 12 – vijak za olje

- Vklapljanje večlamelnih sklopk je lahko mehansko, hidravlično, pnevmatsko ali elektromagnetno.
- Oblika lamel je odvisna od velikosti sklopke, le-ta pa od velikosti obremenitve, ki se prenaša preko sklopke.



- a) zunanja in notranja lamela sklopke manjših premerov,
- b) zunanja in notranja lamela sklopke večjih premerov,
- c) valovita lamela

Sklopke za prosti tek

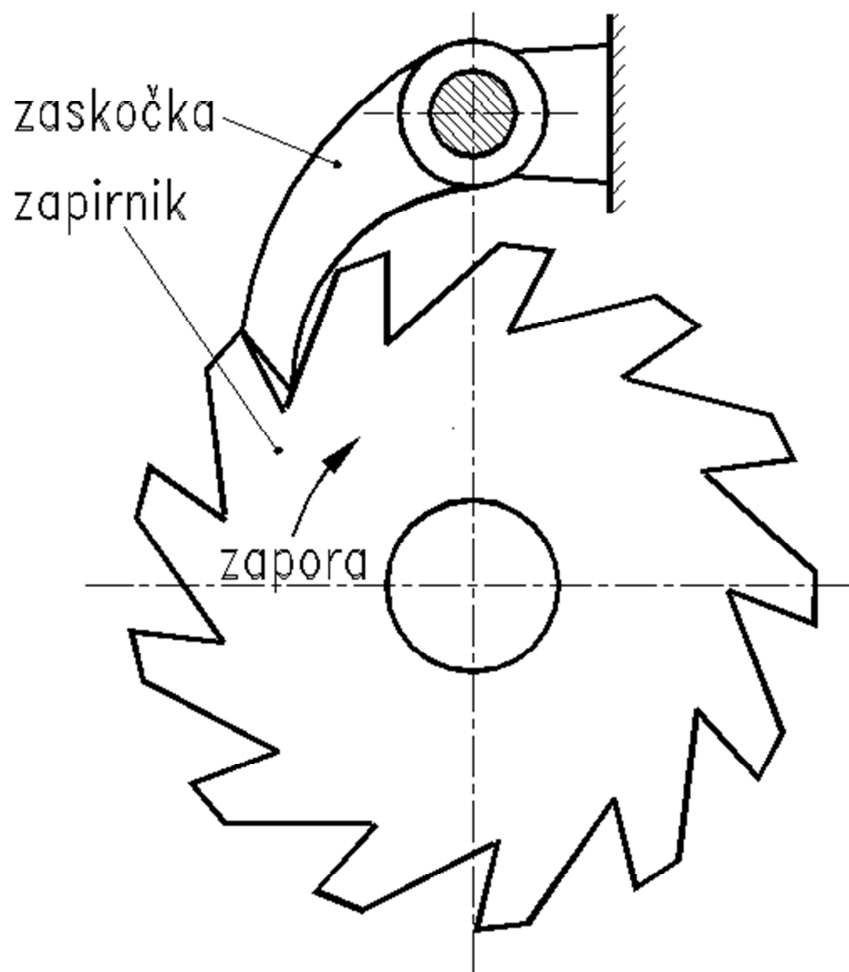
- To so samodejne sklopke, ki prenašajo obremenitev oziroma vrtenje samo v eno smer.
- Pri vrtenju v nasprotno smer delujejo kot zapora gibanja.
- Glede na to, ali gnani del sklopke miruje ali se vrti, razlikujemo:
 - zapore, pri katerih gnani del sklopke miruje,
 - enosmerne sklopke, pri katerih se gnani del sklopke lahko vrti.

Zapore

- Uporabljamo jih takrat, kadar dopuščamo vrtenje le v eni smeri, v nasprotni smeri pa mora zapora preprečiti vrtenje.
- Uporabljamo jih pri ročnih dvigalkah za majhne višine, transportnih napravah itd.
- Po načinu prenašanja vrtilnega gibanja delimo zapore na:
 - zobate zapore, prenašajo gibanje z obliko,
 - torne zapore, prenašajo gibanje s trenjem.

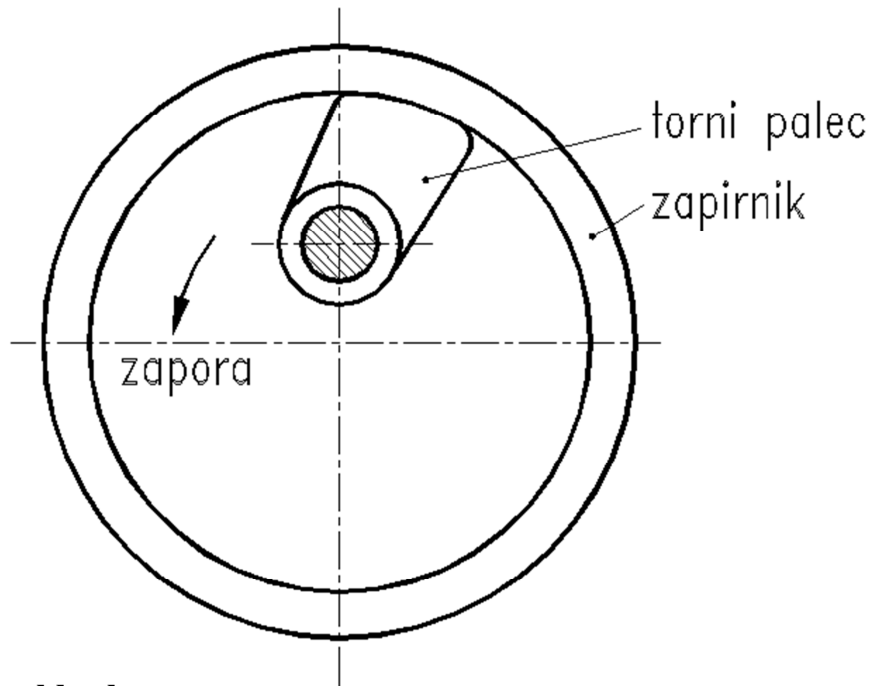
Zobata zapora

- Sestavljena je iz zapirnika in zaskočke.
- Zapirnik ima lahko zunanje ali notranje zobe.
- Pri vrtenju zapirnika v nasprotni smeri vrtenja kazalca na uri zaskočka prosto udarja po zobeh zapirnika.
- Pri vrtenju zapirnika v nasprotni smeri pade zaskočka med zobe zapirnika in vrtenje ustavi.



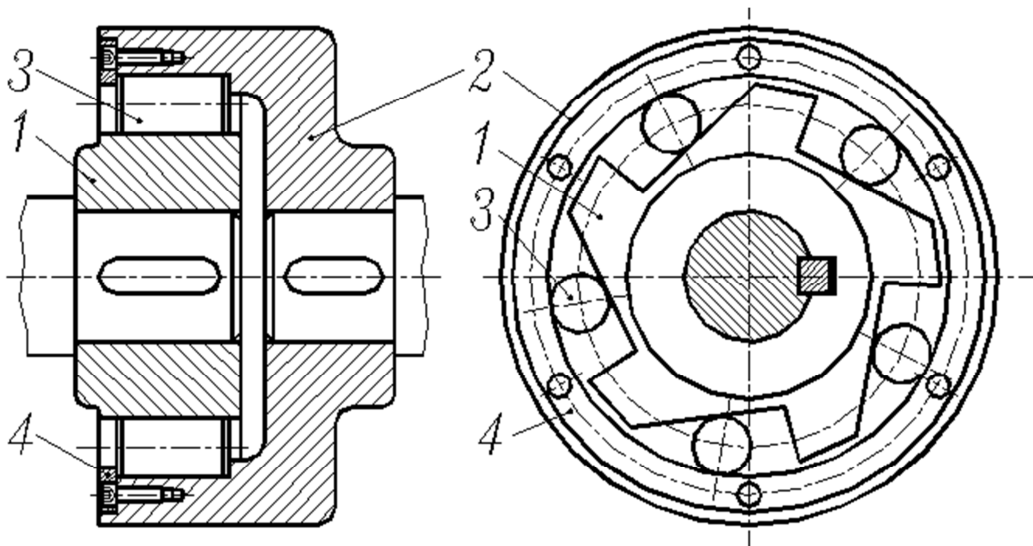
Torna zapora

- Sestavljena je iz gladkega zapirnika in tornega palca.
- Zapora se izdeluje z zunanjim ali notranjim dotikom.
- Trenje lahko povečamo, če izdelamo zapirnik z žlebom.
- V tem primeru se pojavi na tornem palcu učinek klina in za zaustavitev vrtenja potrebujemo manjšo pritisno silo.
- Zaradi težje in dražje izdelave se ta izvedba manj uporablja.



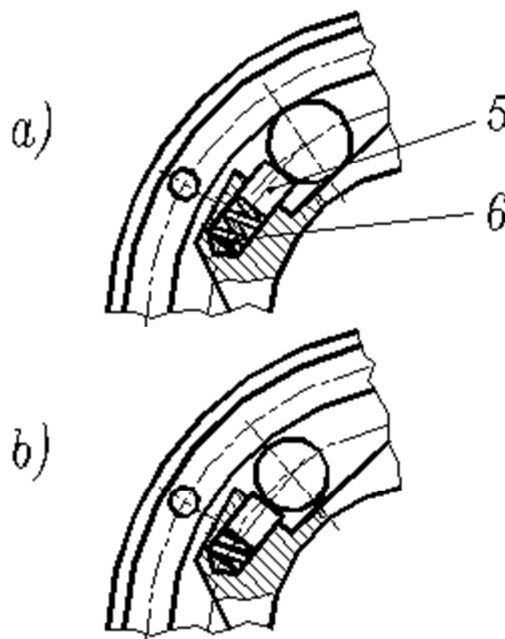
Enosmerne sklopke

- Enosmerne sklopke prenašajo vrtilni moment samo v eni smeri vrtenja.
- Moment se prenaša samo, če je vrtilna frekvenca gnanega dela sklopke n_2 manjša ali enaka vrtilni frekvenci gonilnega dela sklopke n_1 .
- Ko postane $n_2 > n_1$ se le-ta prosto vrtil in ne prenaša vrtilnega momenta z gonilnega dela sklopke.



- 1 - gnani notranji obroč,
- 2 - gonilni obroč,
- 3 - valjčki,
- 4 - varovalni obroč,
- 5 - podporni somiki,
- 6 - vzmeti.

- A) prenos vrtilnega momenta
(vrtenje v soumni smeri),
- b) prosti tek
(vrtenje v protiurni smeri).



Momentne sklopke

- Te sklopke so izvedene tako, da se samodejno vklopijo ali izklopijo v odvisnosti od velikosti vrtilnega momenta ali vrtilne frekvence.
- Razdeljene so v dve skupini:
 - Varnostne sklopke, ki se izklaplajo v odvisnosti od vrtilnega momenta,

- Zagonske sklopke, ki se vklapljajo v odvisnosti od vrtilne frekvence.

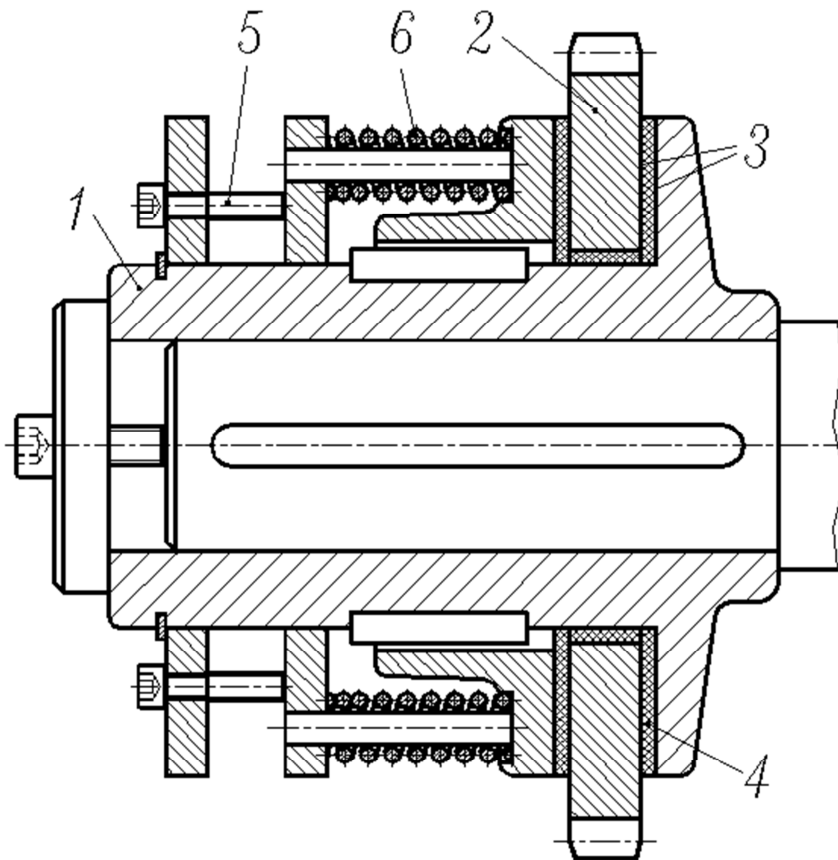
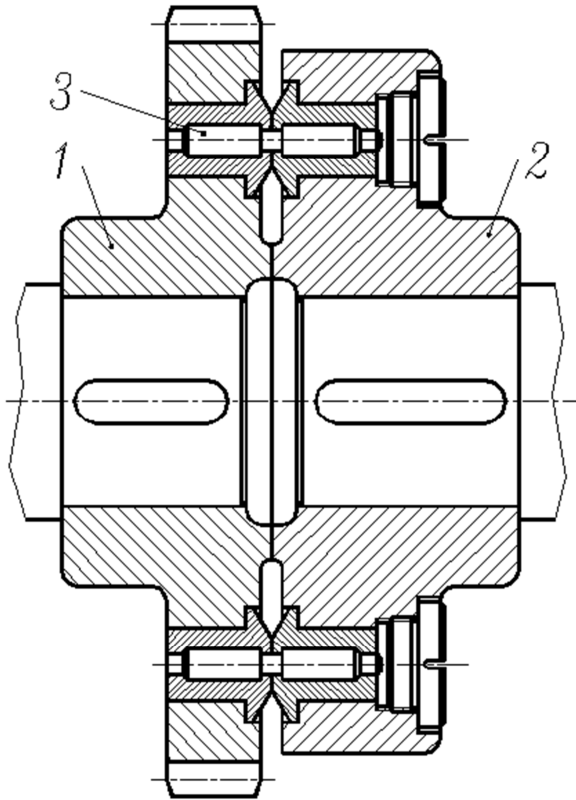
Varnostne sklopke

- Varujejo strojne dele pred trenutnimi preobremenitvami, ki nastanejo pri zagonu ali med obratovanjem.
- Izdelane so tako, da se prekine zveza med gonilnim in gnanim delom sklopke v trenutku, ko dejanski vrtilni moment prekorači v sklopki nastavljeno velikost.
- Prekinitev lahko dosežemo s trajno prekinitvijo (poružitvijo) povezanih delov, z izmikanjem veznih delov ali z drsenjem.

- Glede na način prenašanja vrtilnega momenta in regulacijo obremenitve jih delimo na:
 - oblikovne varnostne sklopke, ki prenašajo vrtilni moment z obliko in ne omogočajo regulacije vrtilnega momenta, pri katerem se sklopka izklopi,
 - torne varnostne sklopke, ki prenašajo vrtilni moment s silo trenja in omogočajo regulacijo vrtilnega momenta, pri katerem se sklopka izklopi.

Varnostna sklopka s strižnimi čepi

- Je najstarejša in najpreprostejša.
- Uporablja se pri obdelovalnih strojih.
- Pri preobremenitvi se prestriže čep 3 in se prekine prenos vrtilnega gibanja z gonilnega 1 na gnani del 2 sklopke.
- Po prekinitvi je treba strižni čep zamenjati, zato mora biti na lahko dostopnem mestu.
- Pri menjavi strižnih čepov moramo stroj ustaviti, kar pomeni izpad proizvodnje.

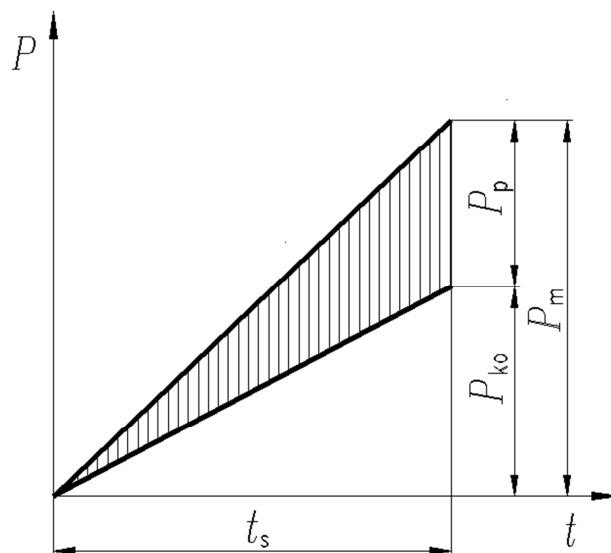


Lamelna varnostna sklopka z vzmetmi

- Prenaša vrtilni moment z gonilnega 1 na gnani del 2 sklopke s silo trenja.
- Ta se ustvari na tornih površinah 3, ki so največkrat iz gradiva z velikim tornim količnikom.
- Vrtilni moment, pri katerem sklopka zdrsne, nastavljamo s privijanjem vijakov 5, ki stisnejo vzmeti 6 in ustvarijo potrebno pritisno silo na torni plošči 4.

Zagonske sklopke

- Za zagon pogonskega motorja je ponavadi potreben večji vrtilni moment od imenskega pri obratovanju delovnega stroja.
- Za pogon delovnih strojev je še vedno najbolj razširjen asinhronski elektromotor, ki nima možnosti postopne regulacije vrtilnega momenta.
- Če bi asinhronske motorje dimenzionirali na potrebni vrtilni moment pri zagonu delovnega stroja, bi bili zaradi znatno nižje trajne obremenitve slabo izkoriščeni.
- Zato v takšnih primerih rajši uporabljamo motorje manjših moči, ki zadoščajo za obratovanje delovnih strojev, pri zagonu pa si pomagamo z zagonskimi sklopkami.
- Prikaz razdelitve moči pri zagonu in med obratovanjem delovnega stroja:



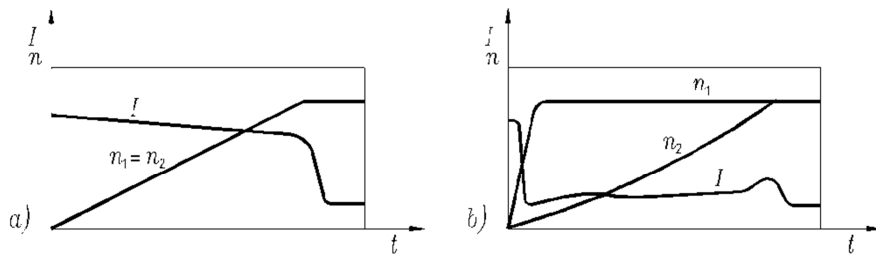
$$P_m = P_p + P_{ko}$$

P_m - moč elektromotorja

P_p - moč za pospeševanje (zagon)

P_{ko} - koristna moč (obratovanje)

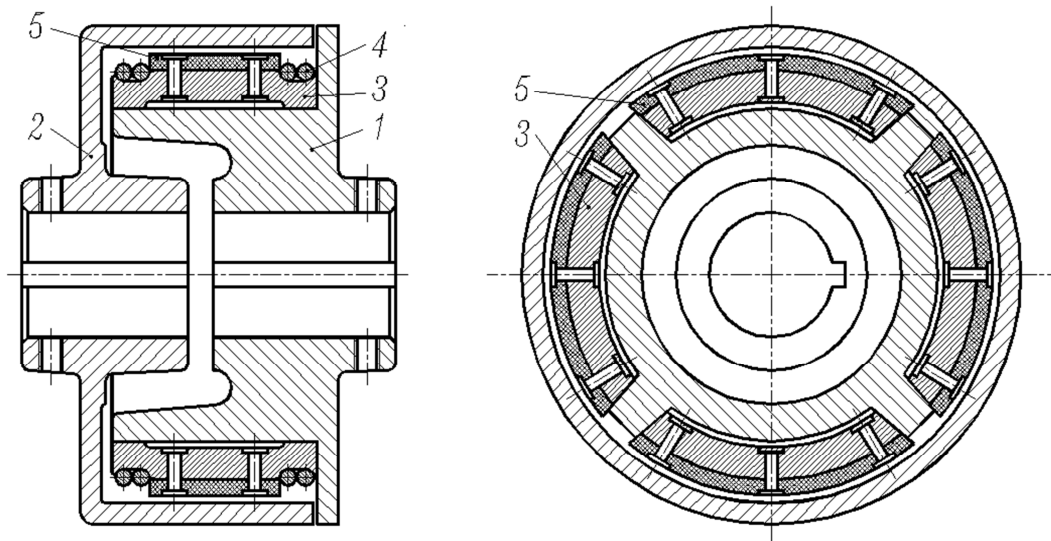
- Prikaz zagona delovnega stroja z asinhronskim motorjem



- a) s togo sklopko,
b) s centrifugalno sklopko

- Pri togi sklopki je električno omrežje močno obremenjeno, elektromotor pa predimenzioniran.
- Pri centrifugalni zagonski sklopki je električno omrežje manj obremenjeno, za zagon pa zadošča manjši elektromotor.

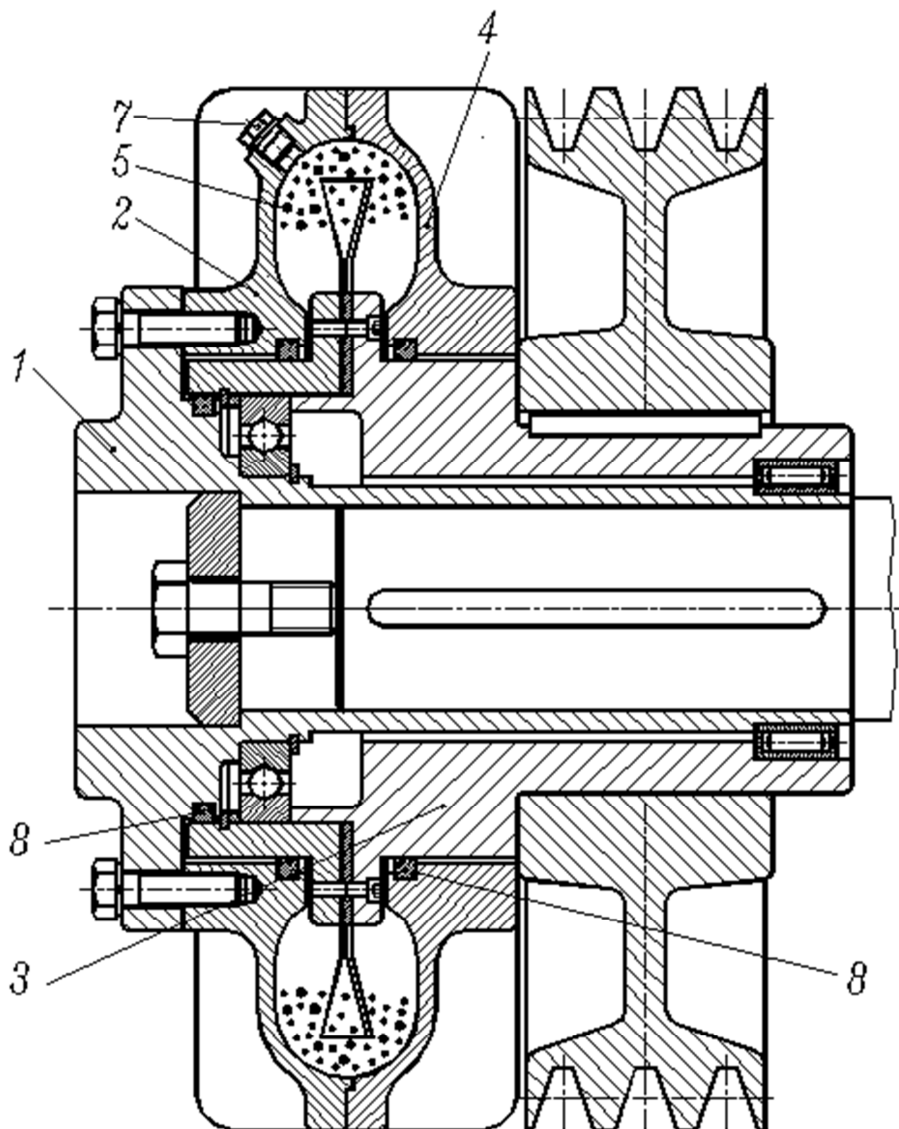
Zagonska centrifugalna čeljustna sklopka



- 1- gonilni del sklopke
2- gnani del sklopke
3- čeljusti
4- obročna vzmet
5- torna obloga

Zagonska sklopka z jeklenimi kroglicami

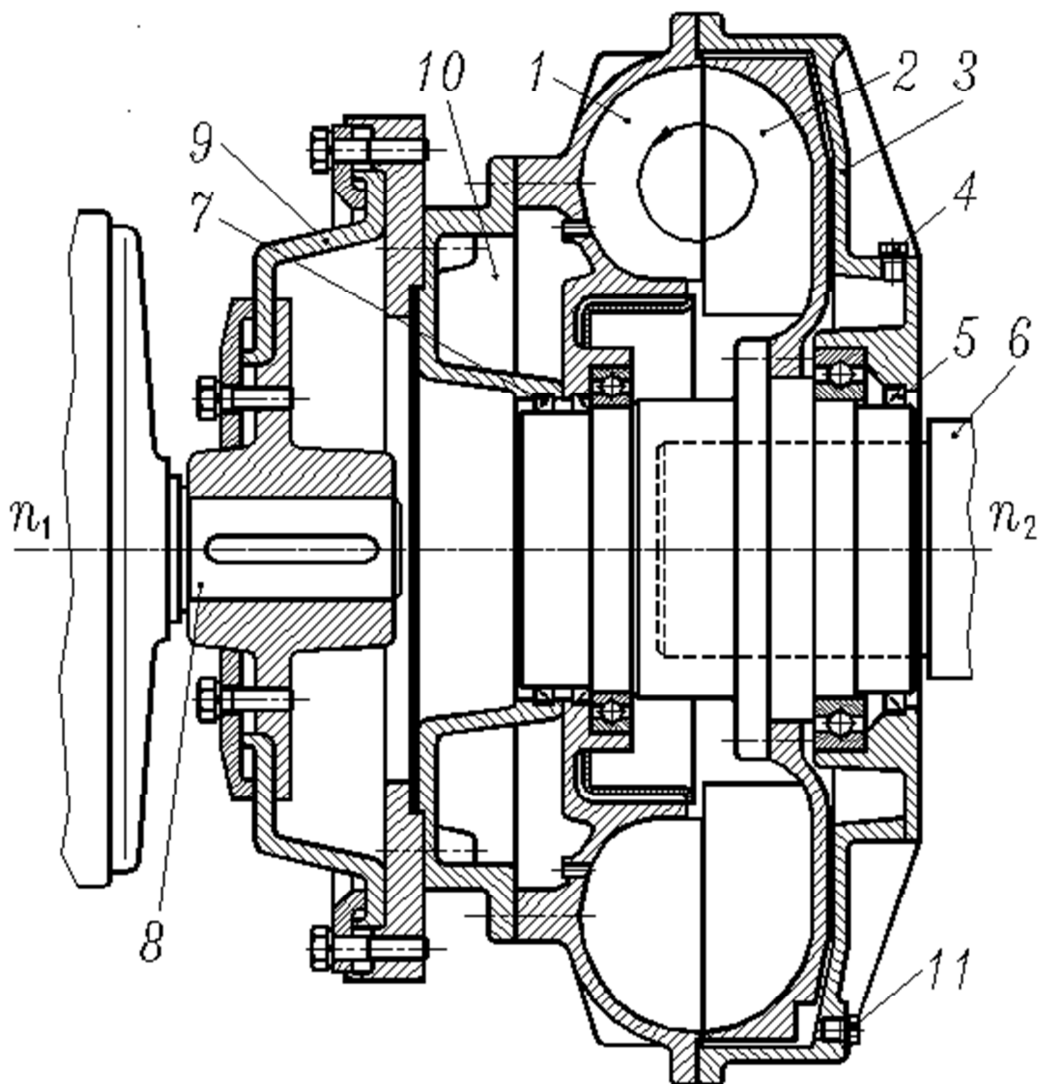
- Uporablja za prenos vrtilnega momenta jeklene kroglice.
- Vrtilni moment lahko reguliramo s količino kroglic in njihovo velikostjo.



- 1 - gonilni del sklopke
- 2 - boben
- 3 - pesto gnanega dela sklopke
- 4 - gnani del sklopke
- 5 - jeklene kroglice
- 6 - pločevinasti obroč
- 7 - vijak
- 8 - tesnila

Hidrodinamične sklopke

- Hidrodinamična ali turbosklopka se uporablja za prenos največjih vrtilnih momentov.
- Vrtilni moment se prenaša zaradi masnih sil tekočine, s katero je napolnjena sklopka.
- Pri tej sklopki je obraba sestavnih delov minimalna in zato je njena življenjska doba zelo dolga.
- Zaradi zahtevne izdelave je njena cena visoka, zato se uporablja le v primerih, ko so druge zagonske sklopke neprimerne.
- Velikost vrtilnega momenta, ki se prenaša preko sklopke, lahko reguliramo s količino olja - z različno polnitvijo sklopke dobimo pri isti sklopki različne vrtilne momente.
- V praksi uporabljajo nekrmljene in krmiljene hidrodinamične sklopke.
- Pri nekrmljenih je med obratovanjem vedno enaka količina tekočine, pri krmiljenih pa se količina olja med obratovanjem spreminja.



- 1 - črpalka,
- 2 - turbina,
- 3 - ohišje,
- 4 - vijak za polnjenje z oljem,
- 5 - tesnilo,
- 6 - gnana gred,
- 7 - tesnilo,
- 8 - gonilna gred,
- 9 - elastična gredna vez,
- 10 - komora za zadrževanje olja pri polnjenju,
- 11 - izpustni vijak