



---

# SPOJNICE

Konstruktivna rešenja





## Uvod

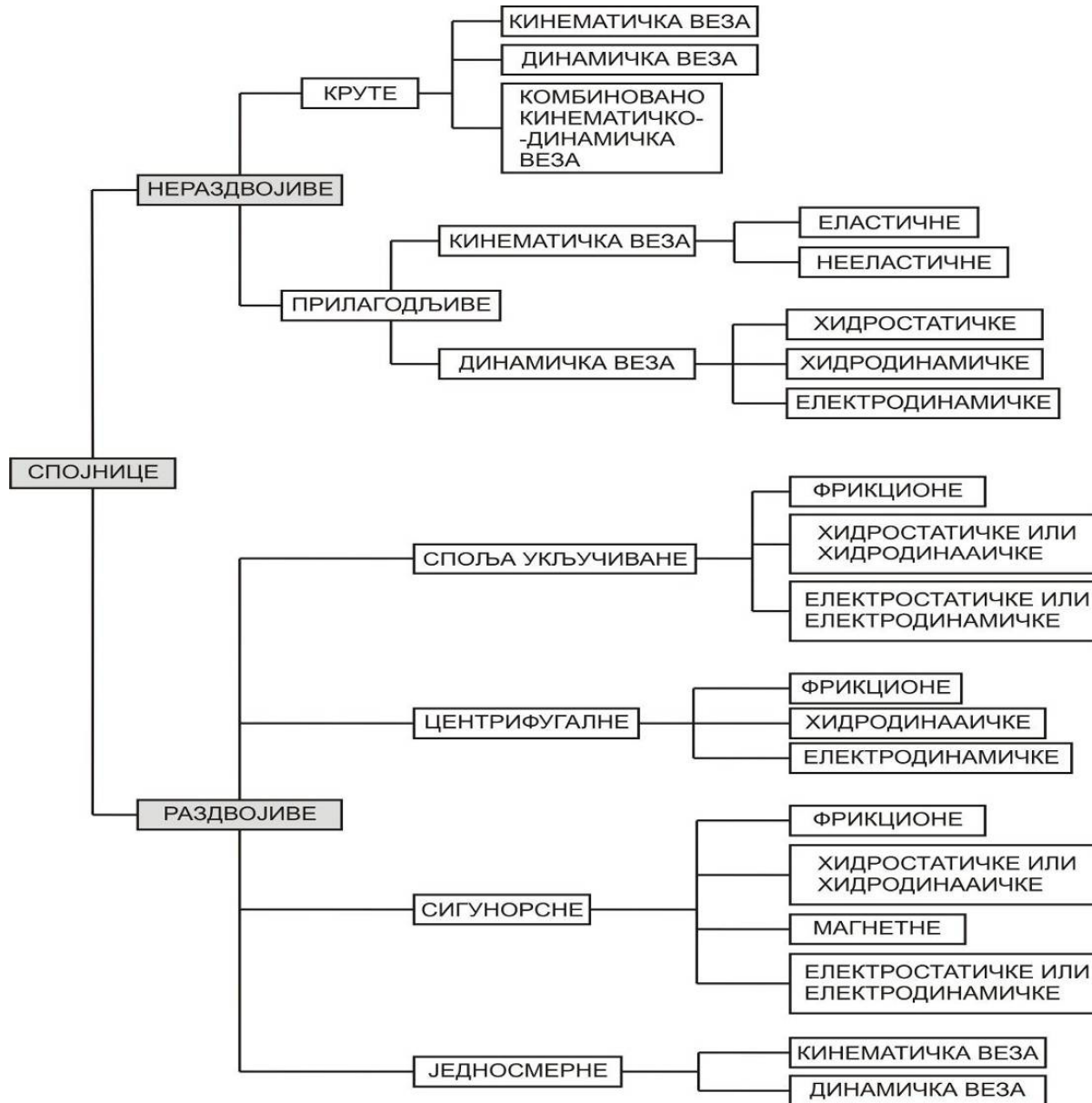
---

- ***Spojnice su mašinski elementi čija je osnovna funkcija prenošenje rotacionog kretanja i obrtnog momenta sa jednog vratila na drugo.***
- Najčešći slučaj je spajanje vratila pogonske mašine sa vratilom radne mašine, ali se takođe mogu spajati transmisiona vratila, i vratila sa obrtnim delovima kao što su zupčanici, lančanici, kaišnici, itd. Sa tačke gledišta izrade, montaže kao i same funkcije delova spojnice imaju i ulogu razdvajanja delova.
- Pored ove osnovne funkcije, spojnice imaju i niz drugih dodatnih funkcija kao što su:
  - *prenošenje obrtnog momenta između vratila sa radijalnim, aksijalnim i ugaonim odstupanjima njihovih osa u odnosu na tačan položaj;*
  - *prigušenje torzionih oscilacija i udarnih opterećenja u toku rada;*
  - *daljinsko ili automatsko upravljanje prenosa obrtnog momenta;*
  - *osiguranje sistema od preopterećenja ili prenos obrtnog momenta samo u jednom smeru.*





# Podela





## **Primena**

---

### **Konstrukcija spojnice zavisi od više faktora, i to:**

- od relativnog položaja i kretanja vratila u toku rada, što zahteva krutu ili prilagodljivu konstrukciju spojnice
- od potrebe da se nagle promene obrtnog momenta priguše, što zahteva krutu ili elastičnu konstrukciju
- od potrebi da se spojnica u toku rada isključuje ili uključuje, što zahteva uključno-isključne spojnice
- od ograničenja veličine momenta koji spojnica sme preneti
- od ograničenja broja obrtaja ispod kojeg spojnica ne sme prenositi okretanje, što zahteva sigurnosno izvođenje
- od zahteva da se okretanje sme prenositi samo u jednom smeru okretanja, što zahteva jednosmernu konstrukciju spojnice





## Primena

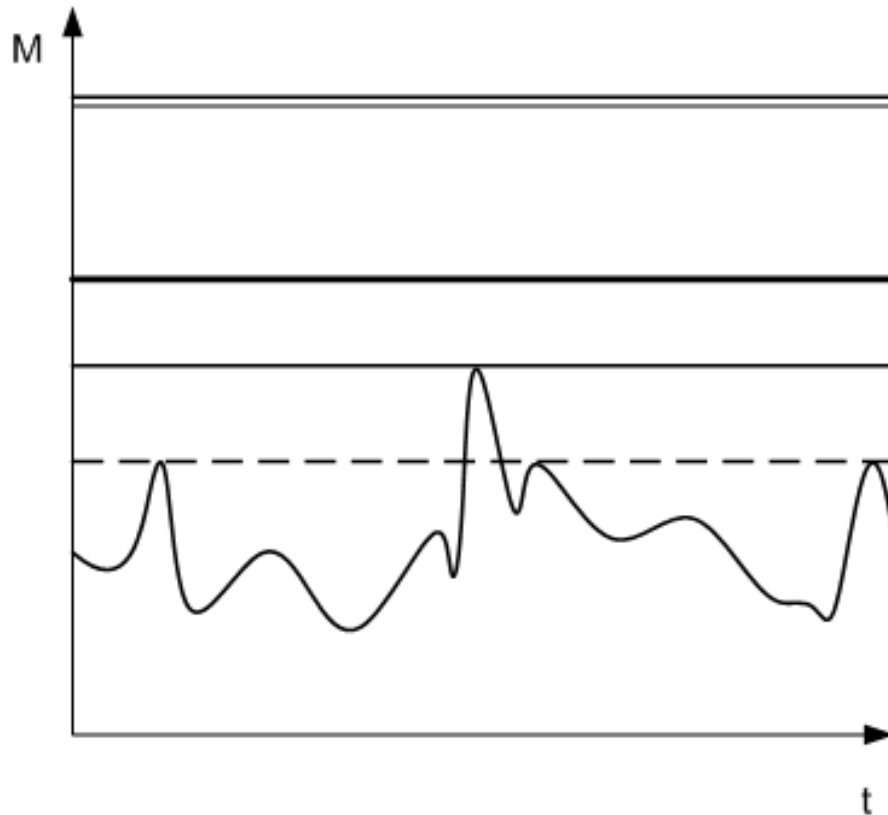
---

- Krute spojnice primjenjuju se kad su vratila strogo koaksijalna i kad nema udarnih opterećenja. Između krutih spojnica u preciznoj mehanici daje se prednost spojnicama s čaurom jer su one vrlo jednostavne.
- Prilagodljive spojnice izrađuju se u mnogobrojnim varijantama. Jednostavnošću se odlikuju Oldhamova spojnica i elastična spojnica.
- Uključno-isključne su spojnice pretežno frikционе. Ukapčanje kandžastih i frikcionih spojnica može biti mehaničko, hidrauličko, pneumatsko ili elektromagnetno.
- Frikcione spojnice služe i kao sigurnosne spojnice. Za vreme preopterećenja na frikcionim pločama dolazi do proklizavanja.
- Centrifugalne frikcione spojnice omogućavaju postepeno opterećivanje pogonskih motora.





## Primena



*Mm* - moment kada dolazi do loma nekog dela spojnice

*Ms* - moment koji garantuje proizvođač da može spojnica da prenese

*Mmax* - maksimalni moment koji se prenosi preko spojnice

*Mn* - nominalni moment motora

*Mo* - stvarni moment koji se prenosi preko spojnice

$$M_{\max} = M_0 C_A = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot C_A = \frac{P}{\omega} C_A$$

**$C_A = 1 \div 5$**  – faktor radnih uslova





## ***Nerazdvojive spojnice***

---

### **Neelastične spojnice**

Kako se prenošenje momenta okretanja neelastičnih spojnica obavlja bez prigušivanja i potpuno kruto, njihova upotreba ograničena je na slučajeve u kojima nema promena tog momenta ili su promene toliko male da se mogu zanemariti. Osim spojnica koje pri tome ne omogućavaju pomake vratila (krute spojnice), u ovaj skup ubrajaju se i one koje, iako su neelastične, mogu kompenzovati bilo uzdužne dilatacije (dilatacijske), bilo poprečne i ugaone pomake (pokretljive), odnosno i jedne i druge (ugaonopokretljive i uzdužnopokretljive, pokretljivodilatacijske).

#### **Neelastične spojnice - Krute spojnice**

- Iz potpune krutosti ovih spojnica sledi zahtev da središnjice s njima spojenih vratila budu koaksijalne. Te spojnice mogu delovati ili naponom ili svojim oblikom. U prvom slučaju one prenose momente okretanja između dve svoje polovine obično trenjem, a u drugom obično vijcima. Klinovi koji se pri tome upotrebljavaju služe samo za osiguranje spojnice od klizanja po vratilu. Najpoznatije krute spojnice su:

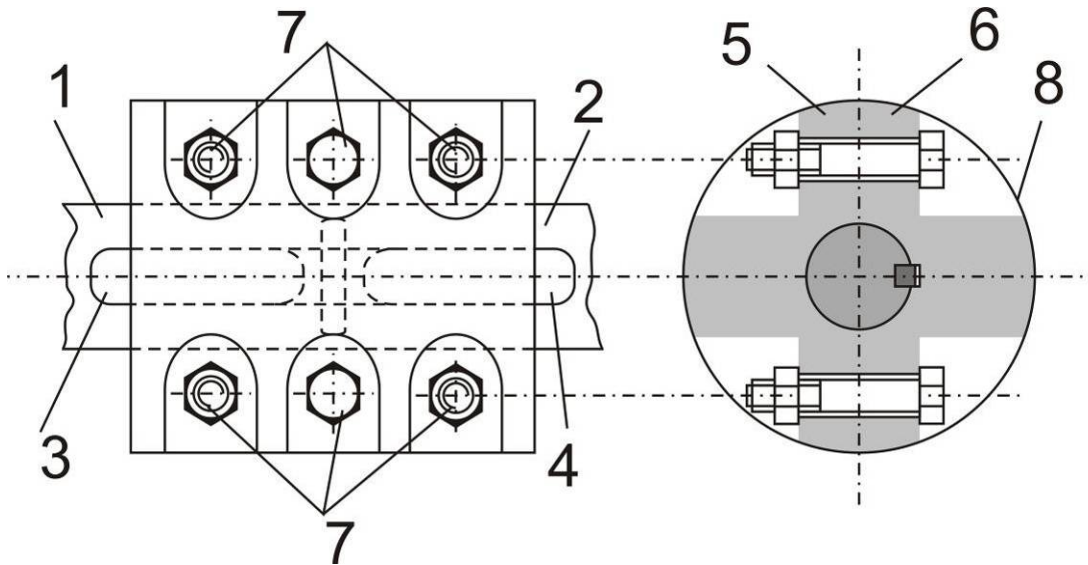
- školjkasta – spojnica sa naglavkom,
- spojnica sa obodima – prirubna spojnica,
- kolutna,
- spojnica Sellers i
- spojnica Hirth.





## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice - Krute spojnice – Školjkasta spojnica



- 1, 2 Vratila,  
3, 4 klinovi,  
5, 6 delovi spojnice,  
7 vijci s maticama,  
8 zaštitno kućište

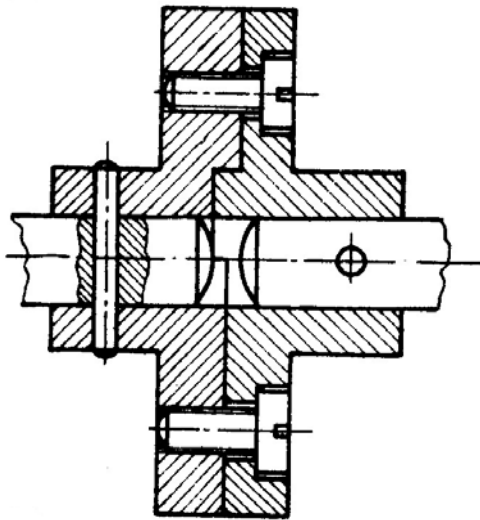
- **Školjkasta spojnica** sastoji se od dve međusobno (sa 4 do 8 vijaka) stegnutih polovina. Glave i matice vijaka postavljaju se naizmenično radi smanjenja dužine spojnice.
- Vijci su tako upleteni da ne prelaze rotacijsku konturu spojnice. Zbog sigurnosti pri radu, spojnica se oblaže limenom oblogom.
- Spojnica prenosi ugaoni moment trenjem (oblikom), a klin služi samo kao osiguranje.
- Dvodelno izvođenje omogućava montažu i demontažu bez pomeranja vratila.





## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice - Krute spojnice – Prirubna spojnica



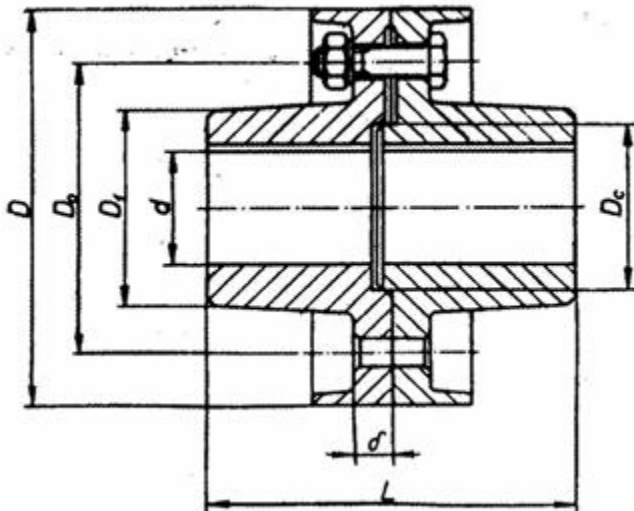
#### Veza podešenim zavrtnjima

- Poprečna sila po jednom zavrtnju

$$F_{ol} = \frac{2 \cdot M_o}{\frac{z}{2} \cdot D_o}$$

Provera napona smicanja,  $\tau_{ds} = 50 \text{ MPa}$

Provera površinskog pritiska,  $p_d = 35 \text{ MPa}$



#### Veza nepodešenim zavrtnjima

-Sila koja isteže jedan zavrtnj

$$F_1 = \frac{2 \cdot M_o}{z \cdot \mu \cdot D_R}$$

Srednji prečnik trenja

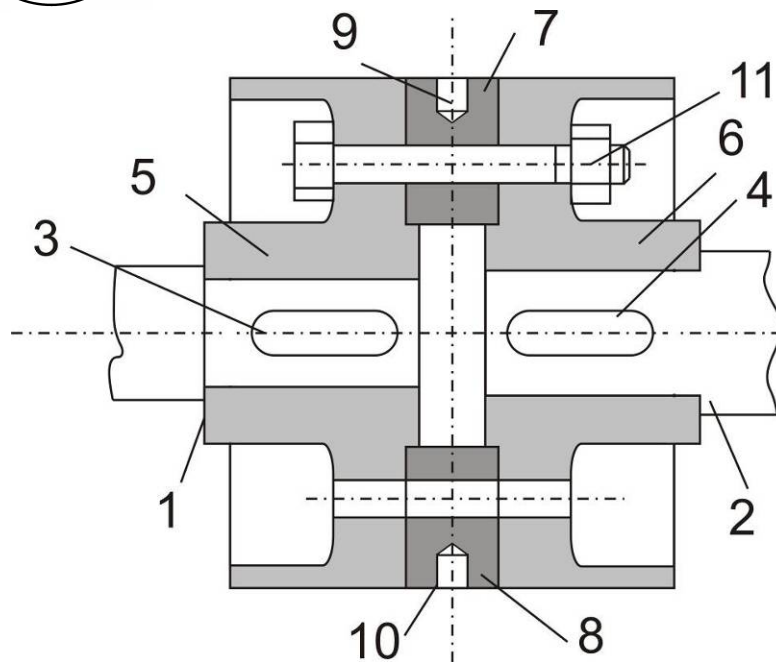
$$D_R = \frac{2 \cdot (D^3 - D_c^3)}{3 \cdot (D^2 - D_c^2)}$$

Provera napona istezanja u jezgru zavrtnja,  $\sigma_{de} = 45 \text{ MPa}$



## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice - Krute spojnice – Kolutna spojnica



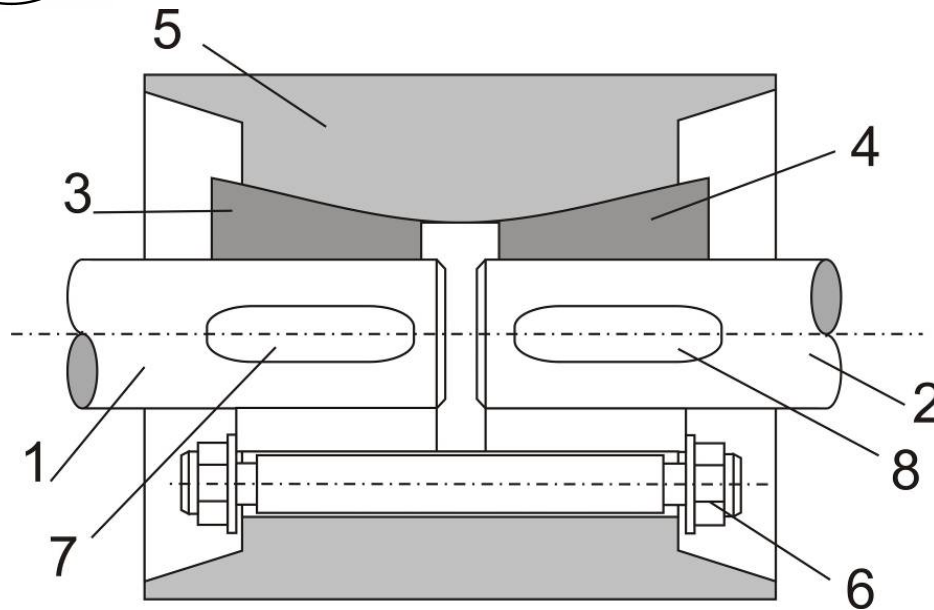
1,2 vratila,  
3, 4 klinovi,  
5, 6 delovi spojnice,  
7, 8 delovi uložka,  
9, 10 rupe sa navojem za izvlačenje uložka,  
11 stezni vijci

- **Kolutna spojnica** zapravo je doteranija vrsta prirubne spojnice (spojnice od jednostavnih prirubnica, koje su upresovane na vratila). Slično kao i kod prirubnih spojnica, dva glavna dela kolutne spojnice ugrađuju se na vratila presom ili toplim navlačenjem.
- Uložak među glavnim delovima ovih spojnica služi za centriranje. Uložak je dvodelan u slučajevima kad je potrebno montirati spoj bez aksijalnog pomeranja vratila ili kad je potrebno njegovo povremeno rastavljanje.
- Kod prenosa momenta okretanja konstantne veličine, sila trenja potrebna za spoj stvara se stezanjem spojnim vijcima.



## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice - Krute spojnice – Sellers spojnica



1,2 Vratila,  
3,4 prorezani prstenovi,  
5 spoljašnji oklop,  
6 vijci  
7,8 klinovi

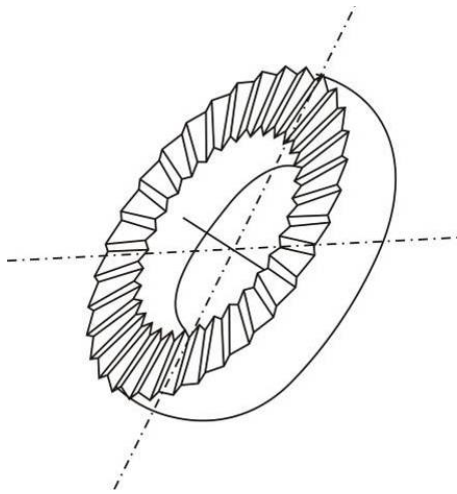
- **Spojnica Sellers** sastoji se od dva unutrašnja prorezana prstena navučena na krajeve vratila. Ti su prstenovi uvučeni u spoljašnji oklop koji sa unutrašnje strane ima dvostruku konusnu površinu istog koniciteta kao i prstenovi.
- Pomoću tri vijka s kvadratnim presekom glave uvlače se konusni prstenovi u konuse spoljašnjeg oklopa plašta, te se na taj način stvara pritisak na dostupnim površinama dovoljan za prenošenje okretnog momenta sa jednog vratila na drugo.
- Dva klina bez nagiba osiguravaju prenos.





## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice - Krute spojnice – Hirth spojnica



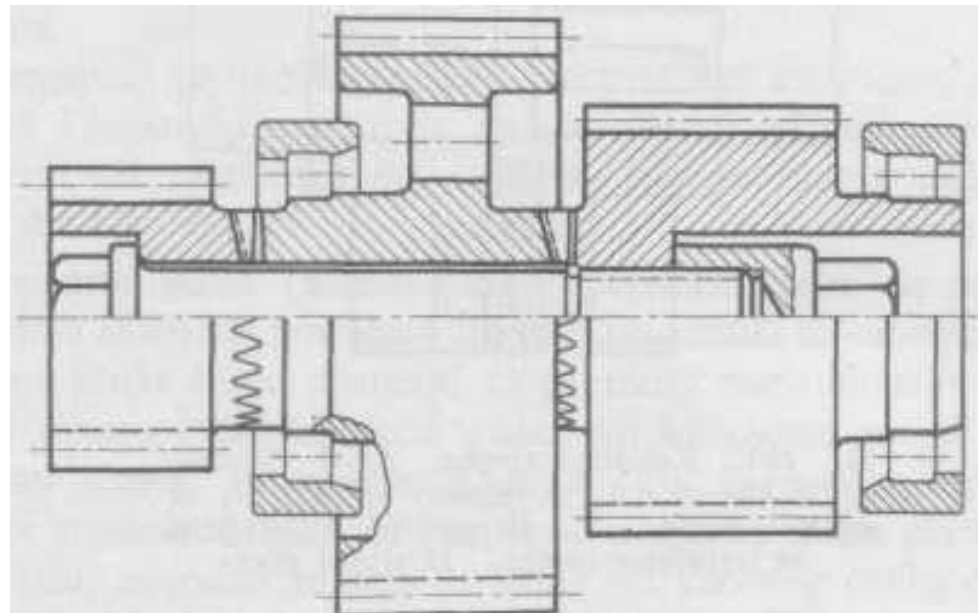
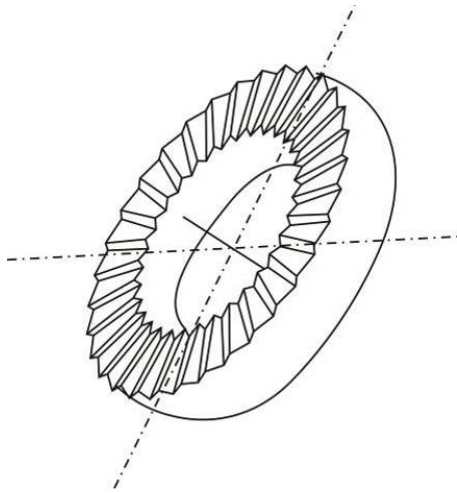
- **Spojnica Hirth** ima radijalno ozubljene čeone ploče na obe polovine.
- Kako je to ozubljenje relativno plitko, ono se može izvesti na čeonim delovima šupljih vratila, zupčanika i spaja se vijkom kroz središnji otvor spojnice. Takve spojnice prikladne su za spojeve u ograničenom prostoru, a istovremeno centriraju delove u spoju.
- Dalja prednost tih spojnica je u tome što pri spajanju s njima nisu potrebni klinovi pa, kako zbog toga u njima nema oslabljujućeg delovanja spoja, mogu prenositi udarna i promenljiva opterećenja





## Nerazdvojive spojnice

Neelastične spojnice - Krute spojnice – Hirth spojnica





## ***Nerazdvojive spojnice***

---

### **Neelastične spojnice – Dilatacione spojnice**

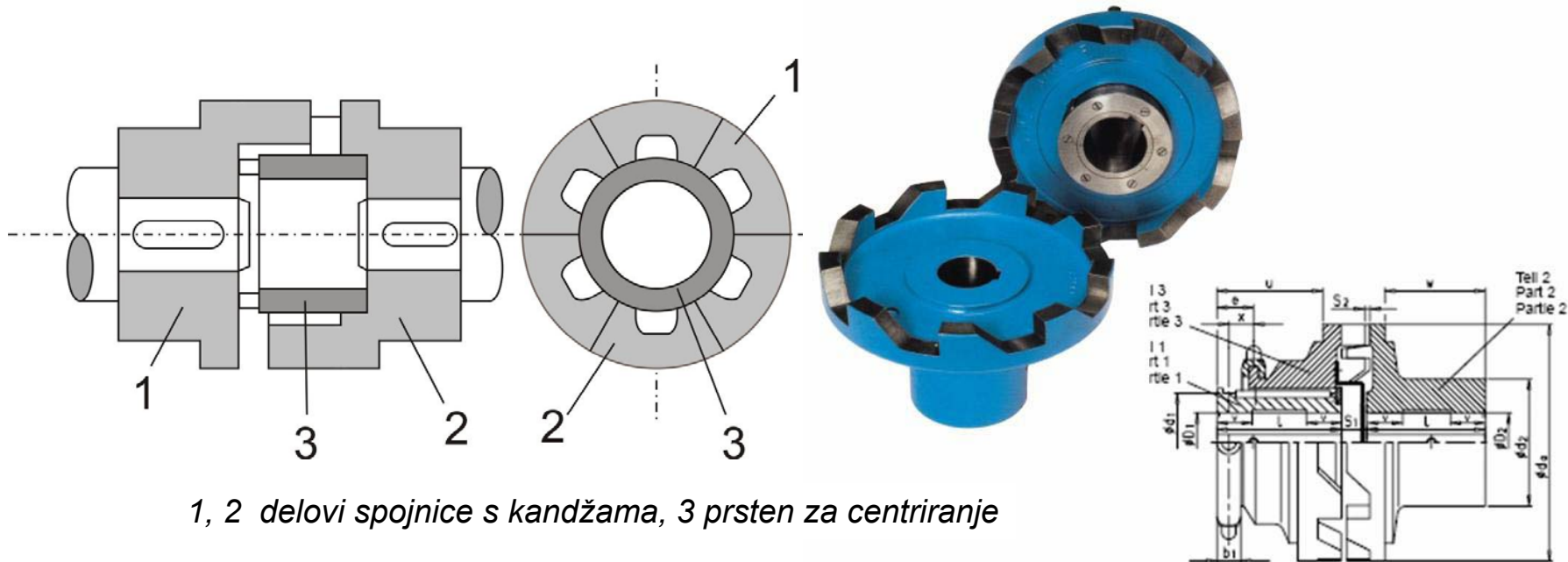
- Dilatacijske spojnice se upotrebljavaju za neelastično spajanje tamo gde je potrebno kompenzovati toplotna istezanja, koja se javljaju pod uticajem pogonskih temperatura, naročito kod dužih vratila, ili kod vratila elektromotora koja su izložena aksijalnim oscilacijama.
- Ove spojnice sprečavaju znatnija naprezanja vratila na savijanje i preopterećivanje ležaja, koja su posledica toplotne dilatacije.
- Najpoznatije dilatacijske spojnice su
  - kandžaste
  - zupčaste.





## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Dilatacione spojnice – Kandžasta spojnica



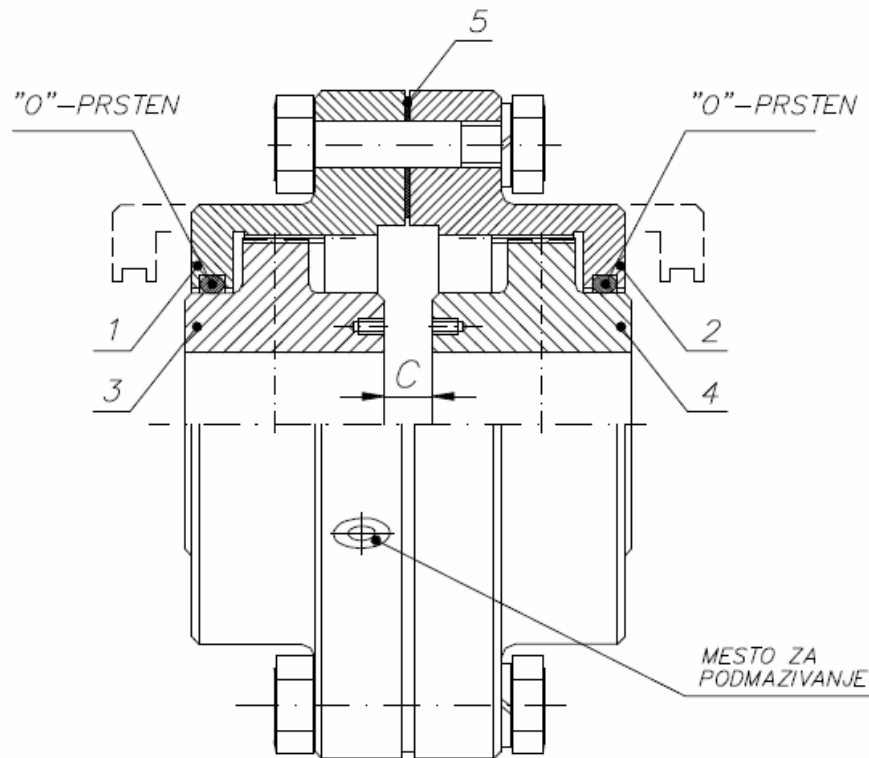
1, 2 delovi spojnice s kandžama, 3 prsten za centriranje

- **Kandžaste spojnice** zbog jednostavnije izrade većinom se prave s neparnim brojem kandža (obično 3, ponekad 5). Za smanjenje trenja na bokovima kandža, kojim se ove spojnice opiru dilataciji, one se povremeno podmazuju. Centriranje spojnice postiže se posebnim prstenom.
- Nedostatak kandžastih spojnica je u tome što zahtevaju vrlo tačnu izradu i montažu, i što u protivnom najčešće prenose opterećenje samo jednom kandžom.



## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Dilatacione spojnice – Zupčasta spojnica



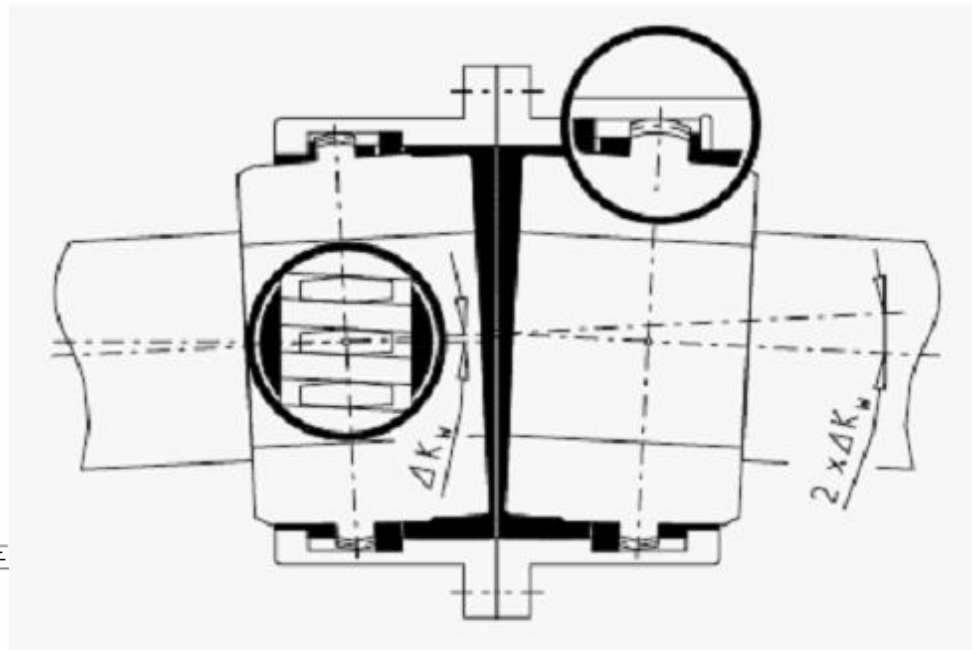
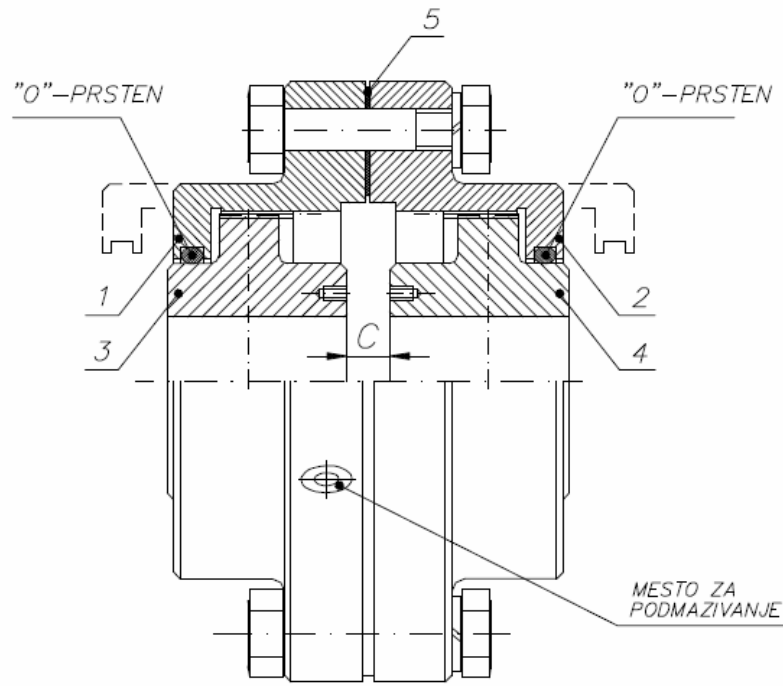
- **Zupčaste spojnice** su slične kandžastim spojnicama. One imaju jednu polovinu sa spoljašnjim, a drugu s unutrašnjim cilindričnim ozubljenjem. Prednost im je što u tome oko 75% njihovih zuba sudeluje u prenosu opterećenja. Zbog toga su prikladnije od kandžastih za prenos većih momenata okretanja. Osim toga ove spojnice dopuštaju i mala radijalna pomeranja vratila i moraju se podmazivati.





## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Dilatacione spojnice – Zupčasta spojnica



- **Zupčaste spojnice** su slične kandžastim spojnicama. One imaju jednu polovinu sa spoljašnjim, a drugu s unutrašnjim cilindričnim ozubljenjem. Prednost im je što u tome oko 75% njihovih zuba sudeluje u prenosu opterećenja. Zbog toga su prikladnije od kandžastih za prenos većih momenata okretanja. Osim toga ove spojnice dopuštaju i mala radijalna pomeranja vratila i moraju se podmazivati.



## ***Nerazdvojive spojnice***

---

### **Neelastične spojnice – Poprečno i ugaonopokretljive spojnice**

- Poprečnopokretljive i ugaonopokretljive neelastične spojnice se upotrebljavaju za neelastično spajanje vratila u slučajevima kada radijalna i ugaona pomeranja dva vratila (s obzirom na njihove sredine) predstavljaju specifičnost pogona.
- Spojnice za prenošenje momenta okretanja uz ugaone pomake vratila jednoga prema drugome poznate su pod nazivima ugaonopokretljive, zglobne ili kardanske spojnice.

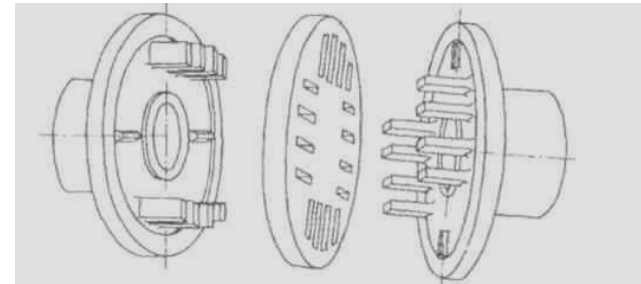
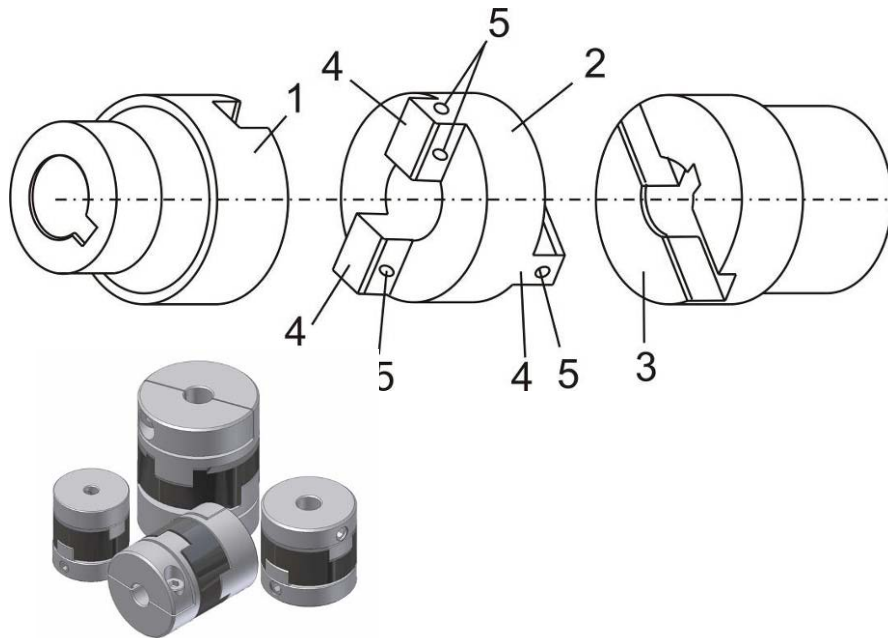




## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Poprečno i ugaonopokretljive spojnice

#### Krstasta spojnica



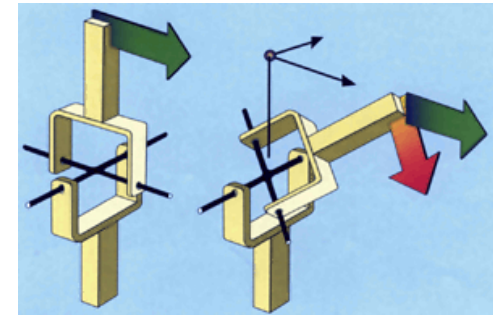
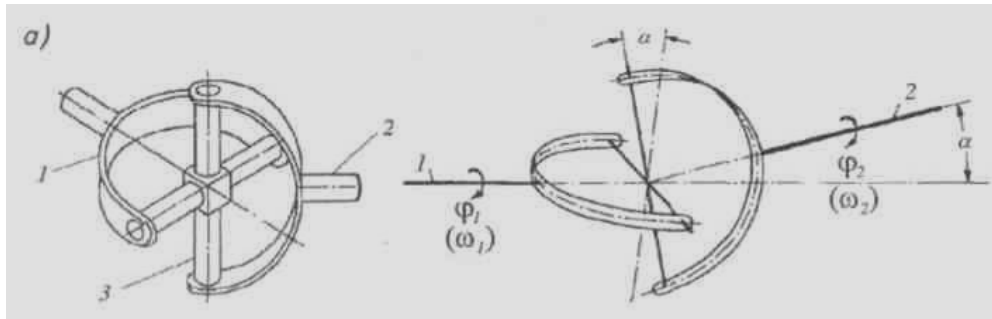
- **Krstasta spojnica** je tipičan predstavnih ovih spojnice i ona omogućava rad spojenih vratila i kad su im sredine pomaknute do 5% od prečnika. Krstasta spojnica sastoji se od dve polovine čije su glavčine navučene na krajeve vratila, a na obodima imaju radijalno postavljene žlebove. Između ovih polutki postavlja se međuelement (okrugla ploča), koji ima dva pod 90° postavljena zupca.
- Zbog klizanja između dodirnih površina praćeno habanjem, ove spojnice su pogodne za niže učestanosti obrtanja i manje obrtne momente.



## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Poprečno i ugaonopokretljive spojnice

#### Kardanova spojnica



- Princip rada ove spojnice zasniva se na dva pod  $90^\circ$  postavljena zgloba, gde svaki zglob pojedinačno može da se pomera u jednoj ravni. Zglobovi se sastoje od dve viljuške (1) i (2) čije su ušice preko rukavaca spojene sa kardanovim krstom (3). Viljuške su preko odgovarajućih glavčina spojene sa vratilima. Obzirom da su zglobovi postavljeni pod  $90^\circ$  i svaki od njih može da se kreće u jednoj ravni, to ova dva osnovna kretanja omogućuju u prostoru bilo koji ugaoni položaj spojenih vratila.



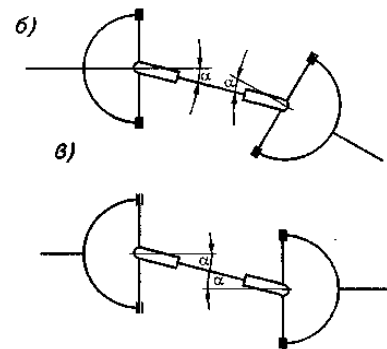
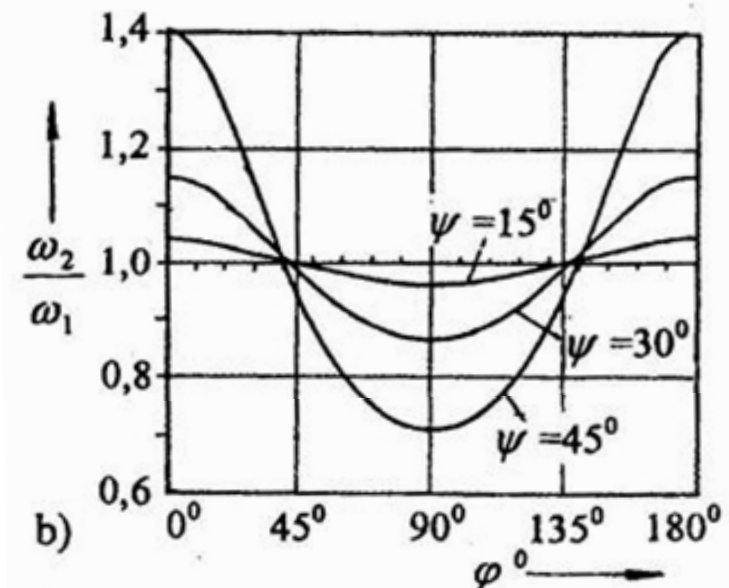


## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Poprečno i ugaonopokretljive spojnice

#### Kardanova spojnica

- Osnovni nedostatak kardanove spojnice je neravnomernost u prenosu obrtnog momenta i ugaone brzine. Sa povećanjem ugla prelamanja  $\psi$  povećava se i neravnomernost u prenosu obrtnog momenta i učestanosti obrtanja gonjenog vratila. Ovakva spojnica je asinhrona (nehomokinetička).
- Neravnomerno obrtanje gonjenog vratila izaziva dodatno dinamičko opterećenje prenosnog sistema. Zbog toga se asinhrona kardanove spojnice primenjuju kod prenosa manjih obrtnih momenata pri nižim brojevima obrtanja i za manje uglove prelamanja.
- Neravnomernost u prenosu kretanja moguće je otkloniti primenom dva redno vezana kardanova zgloba koji su jedan u odnosu na drugi postavljeni pod uglom od  $90^\circ$ , a između njih se nalazi međuvratilo. Na ovaj način dobijena dvostruka kardanova spojnica sastoji se od dve proste kardanove spojnice i međuvratila i naziva se i kardanovo vratilo.

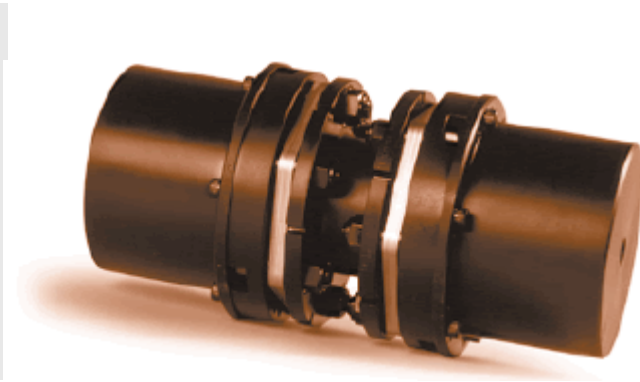
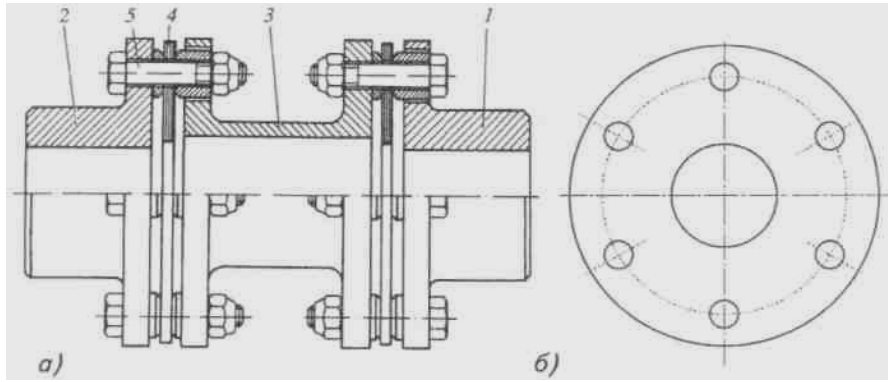




## Nerazdvojive spojnice

### Neelastične spojnice – Poprečno i ugaonopokretljive spojnice

#### Turboflex spojnica



- **Turboflex spojnica** je tipičan predstavnik ovih spojnica. Turboflex spojnica sastoji se od dve glavčine sa obodima (1) i (2) (6,a) između kojih se nalazi međuelement (3), koji ima oblik kratkog šupljeg vratila sa obodima na krajevima. Obodi glavčina (1) i (2) povezani su sa međuelementom (3) sa po šest podešenih zavrtnjeva (5), ali veza nije direktna nego se ostvaruje fleksibilnim metalnim prstenovima (4).
- Prstenovi su izrađeni od tankog čeličnog lima za opruge, tako da se po potrebi ugrađuje veći broj prstenova istovremeno. Podešenim zavrtnjevima prstenovi su naizmenično povezani sa obodima spojnice (tri zavrtnja) i međuelementom (3) (takođe tri zavrtnja). Na taj način oni prenose obrtni moment i omogućuju manja aksijalna i ugaona pomeranja spojenih vratila. Međuelement (3) dozvoljava manja radijalna pomeranja, tako da ova spojnica može da kompenzira **radijalna, aksijalna i ugaona odstupanja osa vratila**.





## ***Nerazdvojive spojnice***

---

### **Elastične spojnice**

- Elastične spojnice upotrebljavaju se za spajanje vratila tamo gde se prenose promenljivi obrtni momenti, pri čemu se može očekivati da te promene budu i udarnog karaktera, i da se mogu pojaviti i torzijske vibracije. Da bi mogle zadovoljiti te zahteve, elastične spojnice moraju uz pomake koje dopuštaju i neelastične spojnice omogućiti još i međusobno relativno okretanje vratila, uz istovremeno preuzimanje dela energije udara. Za tu svrhu vodeći i vođeni delovi ovih spojnica spajaju se metalnim oprugama ili drugim elementima od elastičnih materijala, npr. kože, gume, plastičnih masa. Zbog toga imaju karakteristike slične karakteristikama opruga.
- Od vrste njihovih elastičnih elemenata zavisi i način na koji ove spojnice funkcionišu. Gledano s tog stanovišta, među njima treba teoretski razlikovati one koji deluju samo kratkotrajnom akumulacijom energije udara i one koje deluju uz to još i prigušivanjem (pretvaranjem dela te energije u toplotu). Karakteristiku spojnica koje prigušuju čine dve krive, od kojih jedna prikazuje navedenu funkciju pri opterećenju, a druga pri rasterećenju spojnice.





## ***Nerazdvojive spojnice***

---

### **Elastične spojnice**

- Potrebna prigušna sposobnost elastičnih spojnica najčešće se postiže ugradnjom posebnih prigušnih elemenata od drugih materijala. Zbog toga se ove spojnice i dele na spojnice s metalnim oprugama i spojnice s prigušnim elementima.
- **Spojnice sa metalnim oprugama:**
  - spojnica sa zavojnim oprugama
  - spojnica Benn,
  - spojnica Voith-Maurer,
  - spojnica Axien,
  - spojnica Bibby i
    - spojnica Deli.
- **Spojnice sa prigušnim elementima**
  - Kolutne spojnice sa gumenim čepovima
  - Eupex spojnice
  - Periflex spojnice.



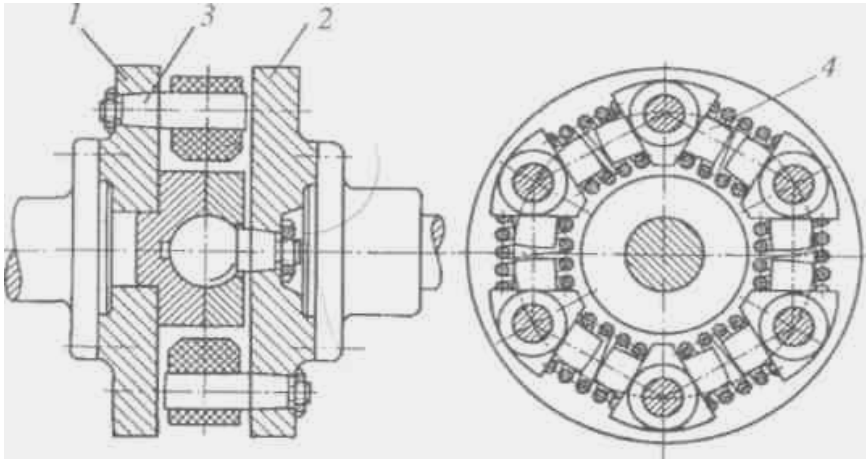




## Nerazdvojive spojnice

### Elastične spojnice – Spojnice sa metalnim oprugama

#### Spojnica sa zavojnim oprugama



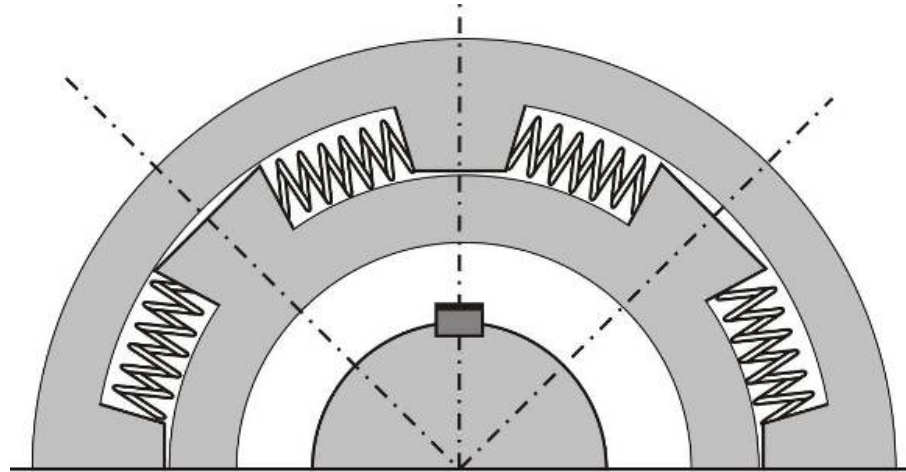
- Polutke spojnice (1) i (2) imaju na čeonim površinama raspoređene po tri do šest konzolno postavljenih čivija (3). Preko čivija navučene su vođice opruga (4), koje nesmetano mogu da se obrću i aksijalno pomeraju. Na ovim vođicama tangentno su postavljene pritisne zavojne opruge, tako da se svaka opruga se jednim krajem oslanja na vođicu polutke (1), a drugim na vođicu polutke (2).
- Nosivost i elastičnost spojnice zavisi od opruga. Torziona krutost spojnice je linearna. Opruge su ugrađene sa prednapretnjem, tako da manja udarna opterećenja spojnica može da prenese potpuno elastično. Kod većih udarnih opterećenja dolazi do potpunog sabijanja opruga, tako da spojnica postaje kruta. Spojnica može da kompenzira manja aksijalna ( $\Delta l < 0,05D$ ), radijalna ( $\Delta r = (0,04 \dots 0,01)D$ ) i ugaona ( $\Delta \alpha < 2^\circ$ ) odstupanja osa vratila, kao i promenu ugla obrtanja  $\Delta \varphi \leq 5^\circ$  (D - spoljašnji prečnik spojnice).



## Nerazdvojive spojnice

### Elastične spojnice – Spojnice sa metalnim oprugama

#### Spojnica Benn



- **Spojnica Benn** sastoji se od dva ozubljena kola sa širokim ozubljenjima u koje su ugrađene zavojne torzijske opruge u sabijenom stanju.
- Međusobno okretanje delova ove spojnice, zbog prednapona opruga, nastupa istom nakon prekoračenja stopnog obrtnog momenta. Za vreme elastičnog delovanja ta spojnica ima ravnu karakteristiku. Pri prekoračenju maksimalne veličine momenta okretanja  $M_{max}$  zavojci opruga poklope jedna drugu. Tada spojnica radi kao neelastična.

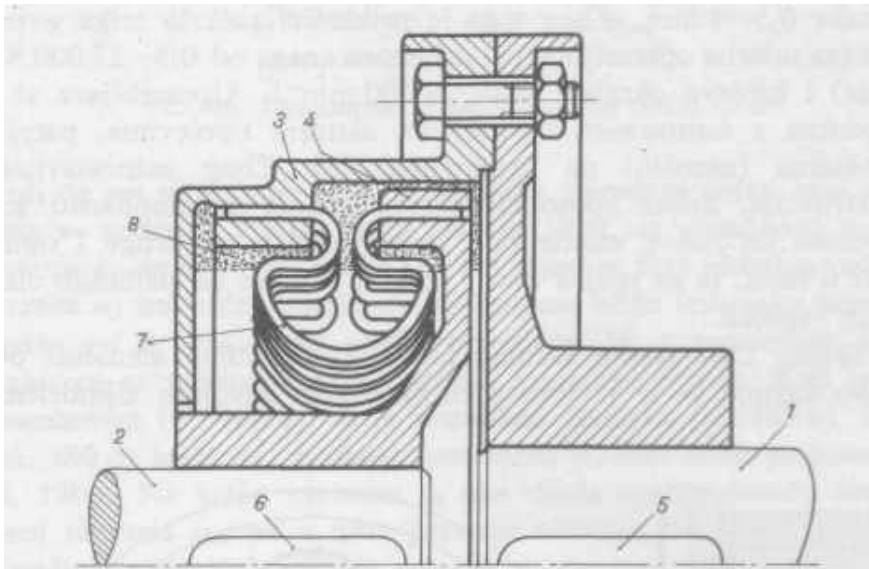




## ***Nerazdvojive spojnice***

### **Elastične spojnice – Spojnice sa metalnim oprugama**

#### **Spojnica Voith-Maurer**



*1,2 Vodeće i vođeno vratilo,  
3, 4 vodeći i vođeni deo spojnice,  
5,6 klinovi,  
7 torzijske opruge,  
8 prostor za mast*

- **Spojnica Voith-Maurer** ima za elastični element prsten koji se sastoji od brojnih pojedinačnih torzijskih opruga u obliku slova D (omega). Spoj vodećeg i vođenog dela ove spojnice izveden je pomoću provrta u vencima u koje su utisnuti krajevi tih opruga. Spojnica ima progresivnu karakteristiku.

- Prikladna je za prenos obrtnog momenta kada su promene obrtnog momenta velike, a i u pogonima s udarima. Omogućava relativno okretanje delova do  $2,5^\circ$ , ugaone pomake sredine vratila do  $1,5^\circ$  i radijalne pomake vratila od 0,6 do 1,6 mm. Spojnica se mora puniti gustim mazivom.

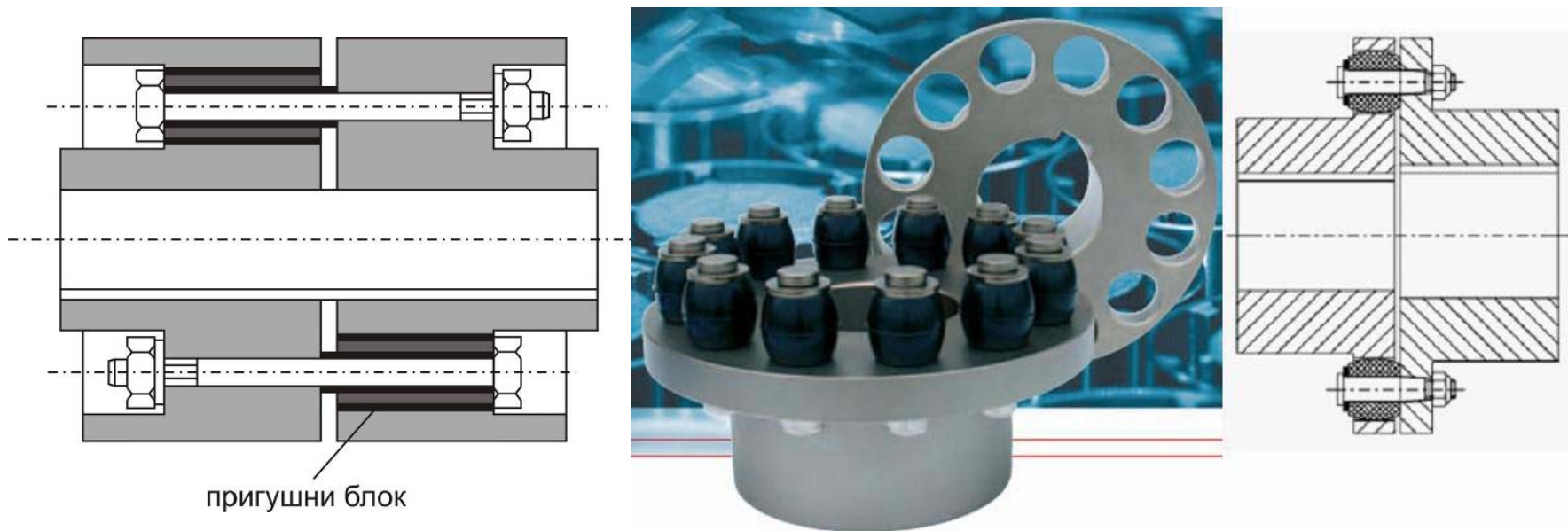




## Nerazdvojive spojnice

**Elastične spojnice – Spojnice sa prigušnim elementom**

**Kolutna spojnica sa gumenim čepovima**



пригушни блок

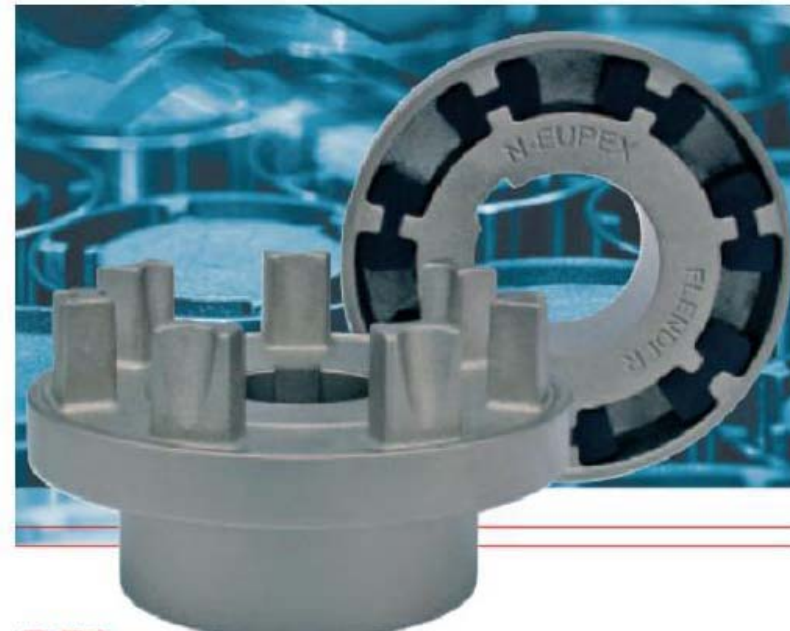
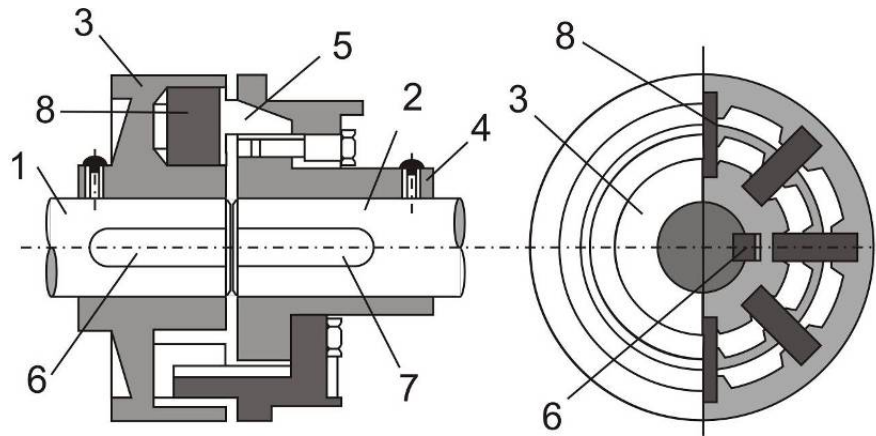
- **Elastične kolutne spojnice** su slične konstrukcije kao i krute kolutne. Od tih drugih razlikuju se time što su njihovi spojevi učinjeni elastičnim pomoću uložaka od elastičnih materijala (najčešće gume, plastičnih masa i kože).
- Jedna takva spojnica ima kao uložak *silentbloc*, vulkaniziranu gumu između dve metalne čaure. Uz prigušno delovanje ta spojnica omogućava i pomake vratila u spoju u svim smerovima. Često se koristi za spajanje vratila elektromotora s nekim izvršnim sistemom.



## Nerazdvojive spojnice

### Elastične spojnice – Spojnice sa prigušnim elementom

#### Eupex spojnica



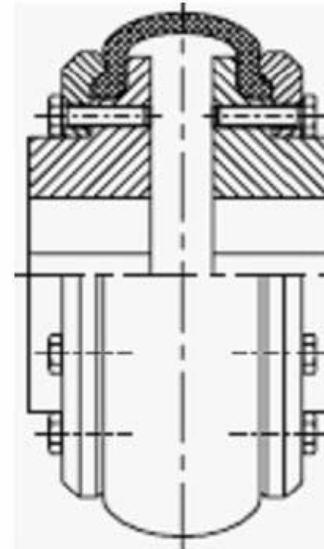
- Vodeći deo ove spojnice ima na glavčini i vencu uzdužne žlebove u koje su učvršćeni prizmatični gumeni ili kožni ulošci. Na te se uloške oslanjaju izdanci na vencu vođenog dela spojnice, pa ih pri prenosu obrtnog momenta opterećuju na savijanje.
- Posebna odlika ove spojnice je visoka prigušna moć, npr. pri relativnom okretanju delova u spoju za 5° u toplotu se pretvara oko 25% dovedene energije.



## Nerazdvojive spojnice

### Elastične spojnice – Spojnice sa prigušnim elementom

#### Periflex spojnica



- Elastični element ove spojnice je gumeni prsten potkovičastog preseka ponekad armiran tekstilnim ili čeličnim pletivom. Taj element pričvršćen je na obe glavčine spojnice pomoću prstenova i vijaka. Uz prigušno delovanje i dopuštanje relativnog okretanja spojenih delova, ta spojnica omogućuje i aksijalne, radijalne i ugaone pomake do 8 mm, odnosno do 4 mm i do 4°.
- Prednost joj je što ne zahtijeva tačnu montažu, a nedostatak što njen elastični prsten delovanjem obrtnog momenta uzrokuje u vratilima aksijalne sile koje opterećuju ležajeve.





## ***Nerazdvojive spojnice***

**Elastične spojnice – Spojnice sa prigušnim elementom**

**Prikaz varijanti koje proizvode pojedini proizvođači**

