

6. Rastavljivi spojevi

6. Rastavljivi spojevi	8
6.1 Spojevi s klinovima i perima	9
6.1.1 Osnove spojeva s klinovima i perima	9
6.1.2 Vrste spojeva s klinovima i perima	13
6.1.3 Oblikovanje spojeva s klinovima i perima	18
6.1.4 Proračun spojeva s klinovima i perima	Error! Bookmark not defined.
6.1.5 Primjena spojeva s klinovima i perima	22
6.2 Spojevi sa zaticima i svornjacima	23
6.2.1 Osnove spojeva sa zaticima i svornjacima	23
6.2.2 Vrste spojeva sa zaticima i svornjacima.....	27
6.2.3 Oblikovanje spojeva sa zaticima i svornjacima	27
6.2.4 Proračun spojeva sa zaticima i svornjacima	27
6.2.5 Primjena spojeva sa zaticima i svornjacima.....	33
6.3 Rastavljivi tarni spojevi	33
6.3.1 Osnove rastavljivih tarnih spojeva	33
6.3.2 Vrste rastavljivih tarnih spojeva.....	34
6.3.3 Oblikovanje rastavljivih tarnih spojeva.....	34
6.3.4 Proračun rastavljivih tarnih spojeva.....	34
6.3.5 Primjena rastavljivih tarnih spojeva.....	34
6.4 Rastavljivi oblikovni spojevi	34
6.4.1 Osnove rastavljivih oblikovnih spojeva	34
6.4.2 Žljebni spojevi.....	35
6.4.3 Vrste rastavljivih oblikovnih spojeva.....	35
6.4.4 Oblikovanje rastavljivih oblikovnih spojeva.....	35
6.4.5 Proračun rastavljivih oblikovnih spojeva	35
6.4.6 Primjena rastavljivih oblikovnih spojeva	35
Dodatak	36
Literatura.....	44

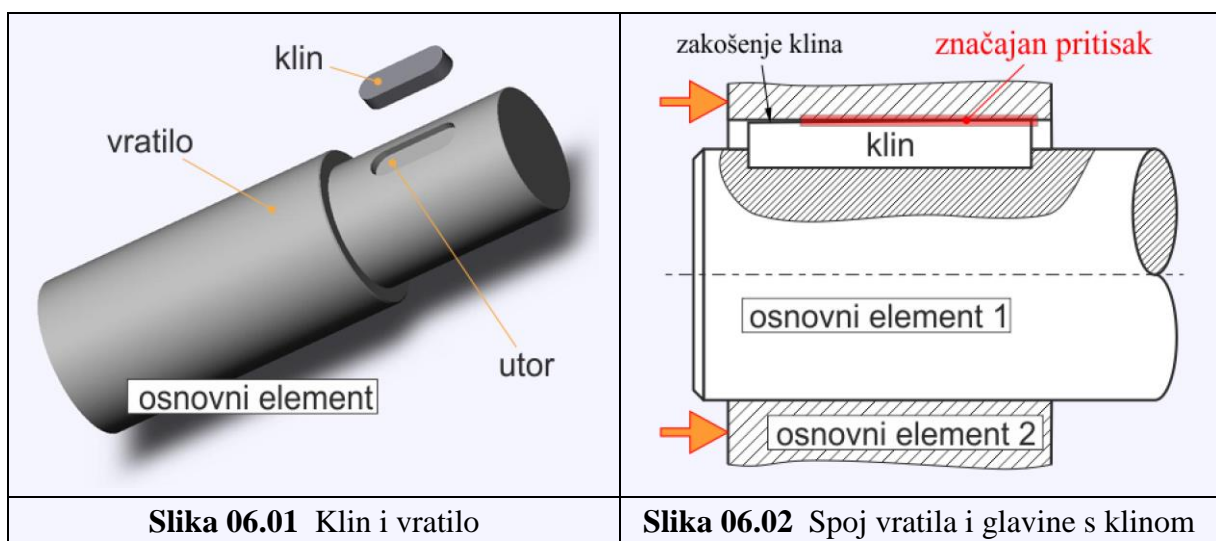
Ishodi učenja:

- Usvojena znanja iz spojeva s klinovima i perima** (definicija, klinovi i pera, vrste spojeva, oblikovanje i proračun, primjena).
- Usvojena znanja iz spojeva sa zaticima i svornjacima** (osnove, klinovi i pera, oblikovanje i proračun, primjena).
- Usvojena znanja iz rastavljivih tarnih spojeva** (osnove, oblikovanje i proračun, primjena).
- Usvojena znanja iz rastavljivih oblikovnih spojeva** (osnove, vrste, oblikovanje i proračun, primjena).

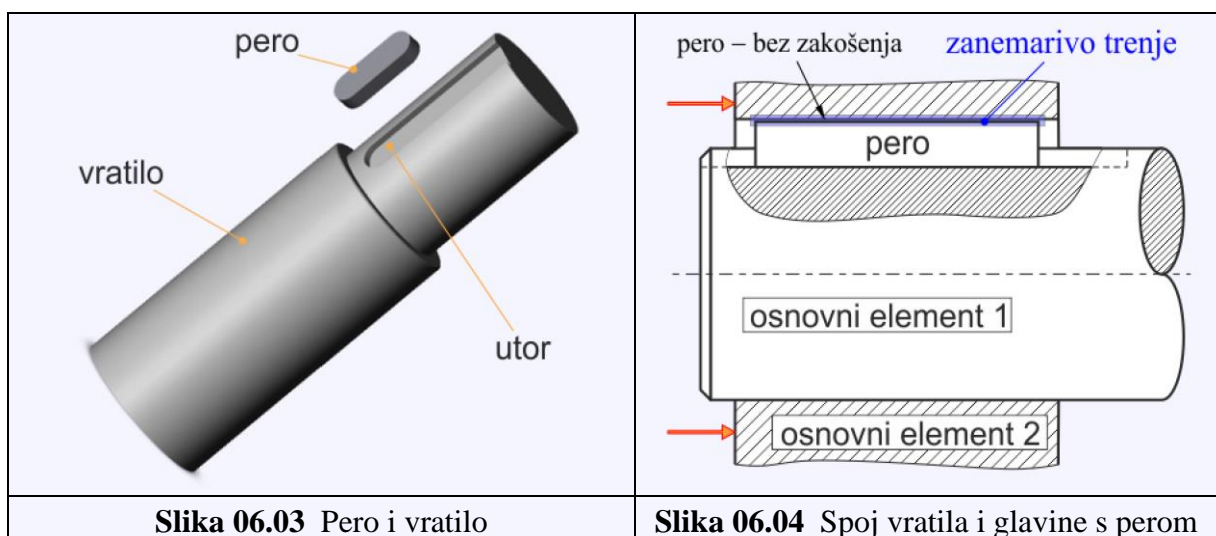
6.1 Spojevi s klinovima i perima

6.1.1 Struktura spojeva s klinovima i perima

Spojevi s klinovima su rastavljivi aksijalno nepomični spojevi osnovnih elemenata s pomoćnim elementima – klinovima (*S 06.01*). Pri spajanju (*S 06.02*) klin se postavlja u utor jednog elementa (*osnovni element 1*) nakon čega se spoj formira navlačenjem drugog elementa (*osnovni element 2*) uz uklizavanje klina u utor drugog elementa. Navlačenja se završava uz značajan pritisak (*uzajamno mehaničko djelovanje krutih površina*). Spojeve s klinovima treba osigurati od aksijalnog pomicanja u smjeru suprotnom od smjera navlačenja.



Spojevi s perima su rastavljivi aksijalno pomični oblikovni spojevi elemenata s pomoćnim elementima – perima (*S 06.03*). Pri spajanju (*S 06.04*) pero se postavlja u utor jednog od elemenata nakon čega se spoj formira navlačenjem (*uvlačenjem*) elementa uz klizanje pera u utorima. Navlačenja se odvija bez značajne sile. Spojeve s perima treba osigurati od nepoželjnog aksijalnog pomicanja, u jednom ili oba smjera.

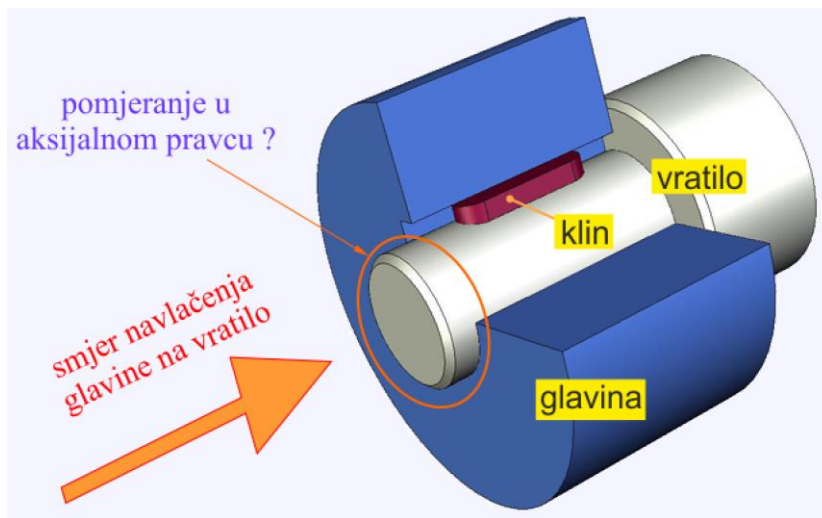


Spojevi s klinovima

Spojevi s klinovima (S 06.05) jesu:

1. rastavljivi (*moгу se rastaviti bez razaranja spojenih elemenata*),
2. nepomični (*spojeni elementi ne mogu se uzajamno radijalno pomicati*),
3. posredni (*za spajanje osnovnih elemenata koristi se pomoćni element – klin*),
4. taro-oblikovni (*element za spajanje sprječava uzajamno gibanje spojenih elemenata: I. silom izazvanom elastičnom deformacijom i II. oblikom spoja*).
5. elastično deformacijski (*pri spajanju se klin i spajani elementi elastično deformiraju*).

Spojevi s klinovima se koriste za spajanje vratila s glavinama u prijenosima okretnih momenta (*vrtnje*).

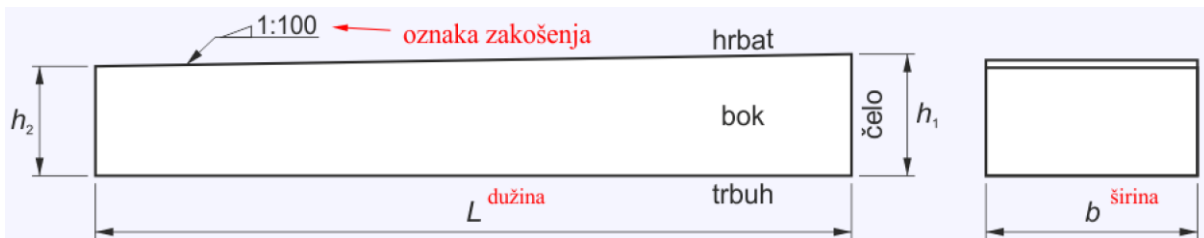


Slika 06.05 Spoj glavine i vratila s uzdužnim utornim uložnim klinom

Vratilo – element stroja koji nosi strojne elemente (*npr. zupčanik, remenica, spojka*), prenosi okretni moment i vrti se.

Glavina – dio okretnog elementa (*npr. zupčanik, remenica, spojka*) preko koga se element spaja s vratilom.

Kod uzdužnog (*pravac klina je paralelan s osi vratila*) utornog uložnog (*klin se ulaže u izrađene utore*) klina (S 06.06) zakošena je jedna strana.



Slika 06.06 Uzdužni utorni uložni klin

Suprotno od pera, klinovi prenose opterećenje donjom (*trbuh klina*) i gornjom površinom (*hrbat klina*) dok je na bokovima prisutna mala zračnost (*dosjed: $D10/h9$*). Prema tome, okretni se moment u biti prenosi trenjem, a kaka je to nedovoljno i oblikom.

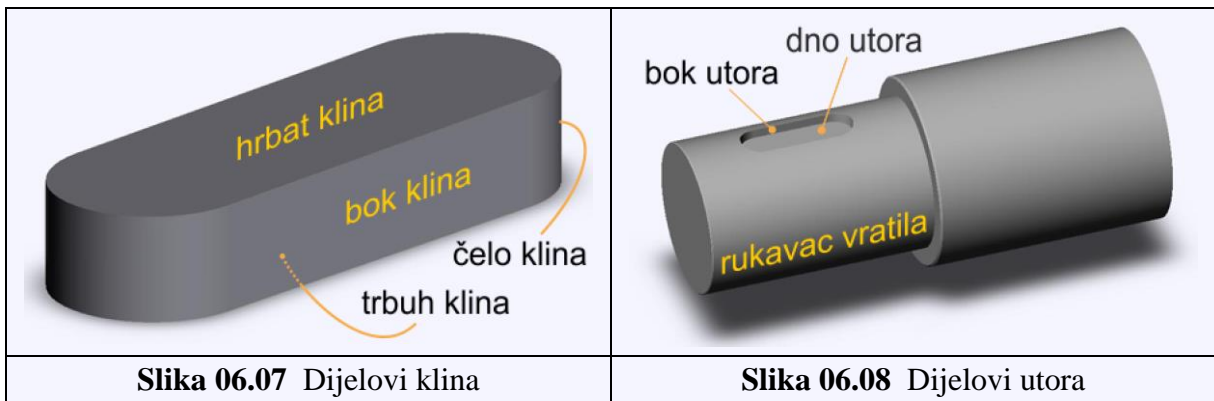
Zakošenje klina se opisuje nagibom:

$$\text{nagib} = 1 : x = (h_1 - h_2) : L$$

gdje je: h_1 – visina čela klina, mm,
 h_2 – visina tjemena klina, mm,
 L – dužina klina, mm.

Normirani uzdužni utorni uložni klinovi nagiba su 1 : 100.

Pri navlačenju glavine na vratilo (*s uložnim klinom postavljenim u utor vratila – S 06.05*), trbuh klina (*S 06.07*) pritiska dno utora vratila (*S 06.08*), a hrbat klina pritiska dno utora glavine.

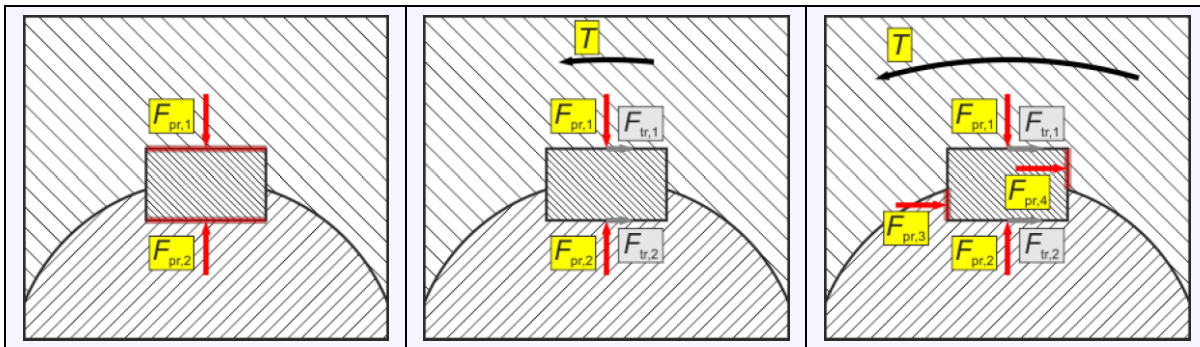


Prema tome, pri montaži spojeva glavine i vratila s uzdužnim uložnim klinom nastala su trajna opterećenja:

1. sabijanje klina,
2. lokalno rastezanje glavine i
3. lokalno sabijanje vratila.

Pritisaci dodirnih površina F_{pr} (*S 06.09 – (a)*) te time izazvane sile statičkih trenja $F_{tr,s}$ (*S 06.09 – (b)*) omogućavaju prijenos okretnog momenta T . Ako sila izazvana okretnim momentom postane veća od sile statičkog trenja u prijenos se uključuju bokovi klina i bokovi utora vratila i glavine (*S 06.09 – (c)*) uz pojavu pritisaka između dodirnih površina (F_{pr}).

(a) neopterećen spoj	(b) opterećen spoj $T < F_{tr,s}$	(c) opterećen spoj $T > F_{tr,s}$
----------------------	-----------------------------------	-----------------------------------



Slika 06.09 Dinamička ravnoteža spoja s klinom

Posljedice opterećenja/deformacija u spojevima s klinovima su i pojave ekscentričnosti.

Prema Wittelu [(2011), str. 404], spojevi s klinovima se koriste pretežito za spojeve vratila s glavinama teških diskova, kotača i spojki velikih strojeva – bagera, kranova, poljoprivrednih strojeva i teških strojeva za obradu metala, također u grubim režimima rada, kod okretnih momenata s udarima i s promjenljivim smjerovima.

Prikladni su za manje i srednje brzine vrtnje dok se pri velikim brzinama zbog određene ekscentričnosti spoja mogu pojaviti značajne smetnje (*titranje*). Nisu osjetljivi na onečišćenja te se koriste u poljoprivrednim, građevinskim i transportnim strojevima.

Prednosti i nedostaci spojeva s klinovima u odnosu na spojeve s perima jesu [Wittel (2011), str. 404]::

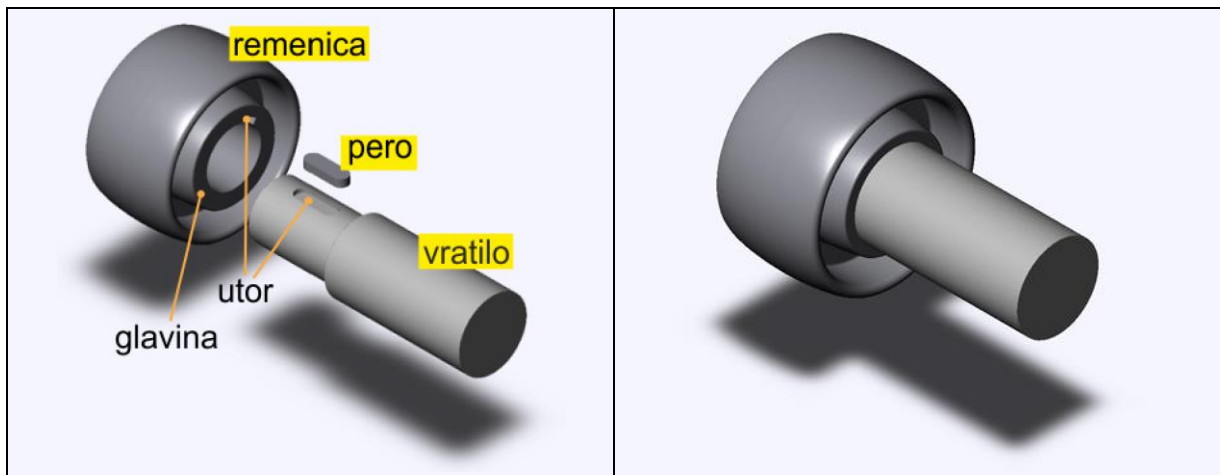
Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • neminovno siguran i čvrst spoj vratila s glavinom • nije potrebno dodatno osiguranje od aksijalnog uzajamnog gibanja vratila i glavine 	<ul style="list-style-type: none"> • zakošen i ekscentričan spoj glavine • svaki se klin mora prilagoditi (<i>dodatni trošak</i>) • teža demontaža (<i>osobito kod uzdužnih utornih utjernih klinova s nosom</i>), čak i neprovođiva kod starijih spojeva (<i>čvrsti produkti korozije</i>) • kod grubog starta je prisutna opasnost od prskanja (<i>osobito glavine od sivog lijeva</i>)

Spojevi s perima

Spojevi s perima (S 06.10) su:

1. rastavljivi (*moгу se rastaviti bez razaranja spojenih elemenata*),
2. nepomični (*spojeni elementi se ne mogu uzajamno pomicati*) ili pomični (*spojeni elementi se mogu uzajamno aksijalno pomicati*)
3. posredni (*koristi se pomoćni element za spajanje – pero,*),
4. oblikovni (*pero sprječava uzajamno okretanje spojenih elemenata oblikom spoja*),
5. uklizni (*pri spajanju pero uklizava u utor bez pojave deformacija*).

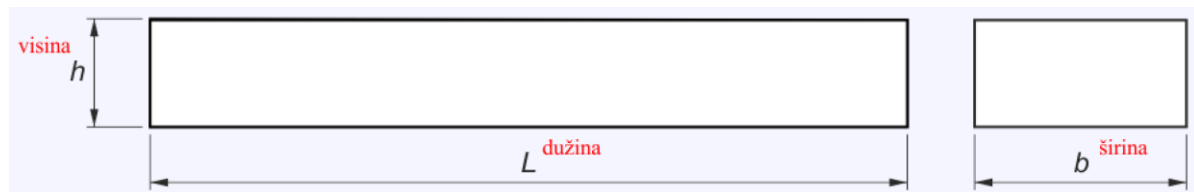
Koriste za spajanje glavina s vratilima u prijenosima okretnih momenata (*vrtnje*) kada se ne smije dozvoliti pojava ekscentričnosti (*npr. zupčani prijenosnici*).



Slika 06.10 Spoj glavine remenice i vratila s perom

Kod spojeva s perima, koji oblikovno sprečavaju uzajamno okretanje spojenih elemenata, bokovi pera moraju čvrsto prijanjati na sve bokove utora vratila i glavina (*kako se prilikom promjena opterećenja tijekom promjena režima vrtnje ne bi deformirala*) dok je između hrbata pera i dna utora glavine prisutna određena zračnost.

Kod pera su paralelne površine trbuha i hrbata (*S 06.11*).



Slika 06.11 Uzdužno utorno uložno pero

Pera se koriste pretežito kod spojeva glavina remenica, zupčanika i spojki s jednosmjernim okretnim momentom. Lako se montiraju i demontiraju.

6.1.2 Sistematizacija spojeva s klinovima i perima

Vrste klinova i spojeva s klinovima

Prema položaju u odnosu na vratilo razlikuju se:



Prema obliku čela klina razlikuju se:



Prema načinu montaže razlikuju se:



Uzdužni klinovi

Dva su najčešće korištena uzdužna klina:

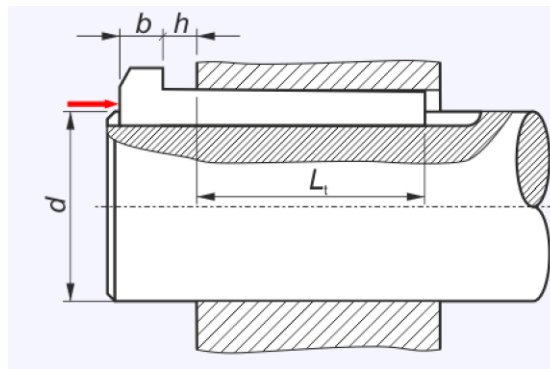
- 1. Uzdužni utorni uložni klin, (T 06.01 – (a)),** sa zaobljenim čelima, određen je u normi HRN M.C2.021 (DIN 6886). Ovaj se klin ulaže u utor vratila (izrađen glodanjem) čija je geometrija poprečnog presjeka jednaka geometriji poprečnog presjeka klina.
- 2. Uzdužni utorni utjerni klin, (T 06.01 – (b)),** s ravnim čelima, određen je u normi HRN M.C2.021 (DIN 6886). Ovaj se klin utjeruje kroz utor vratila (izrađen glodanjem rukavca) čija je dužina dovoljno velika da omogući ulaganje i utjerivanje klina.

Tablica 06.01 Uzdužni utorni uložni i utjerni klin

1	(a) uzdužni utorni uložni klin	(b) uzdužni utorni utjerni klin
klin		
2	(a) uzdužni utorni uložni klin	(b) uzdužni utorni utjerni klin
spoj s kinom		

Dimenzije su klinova date u Dodatku (T 06D.01).

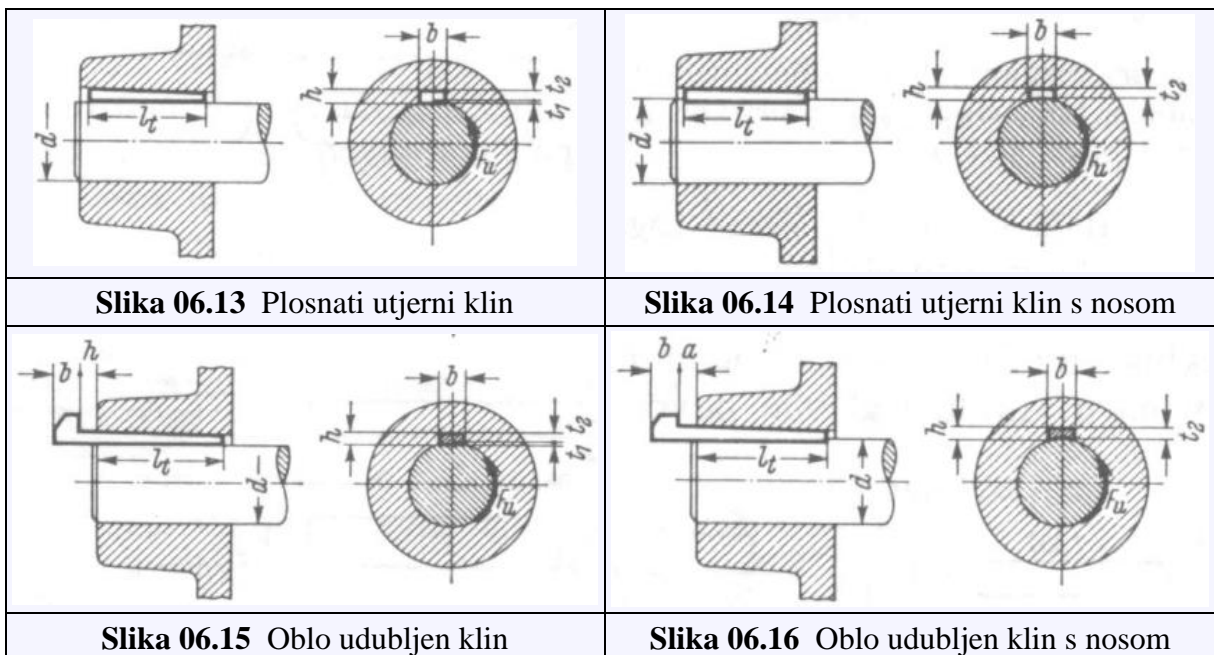
- 3. Uzdužni utorni utjerni klin s nosom (S 06.12)** određen je u normi HRN M.C2.031 (DIN 6887). Koristi se kada je spoj teško pristupačan s jedne strane (onemogućena demontaža). Utjeruje se kroz utor vratila.



Slika 06.12 Spoj s uzdužnim utornim utjernim klinom s nosom

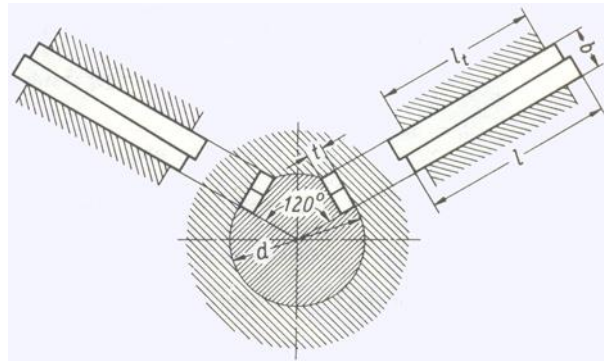
Pored tri opisana koriste se i drugi uzdužni klinovi **S 06.13 ÷ S 06.16**.

- 4. Uzdužni plosnati utjerni klin (S 06.13)** određen je u normi HRN M.C2.022 (DIN 6881). Mogu prenijeti manje okretne momente nego spojevi s utornim klinovima, ali nije potrebno dubljenje utora nego samo zaravnanje rukavca.



- 5. Uzdužni plosnati utjerni klin s nosom (S 06.14)** određen je u normi HRN M.C2.032 (DIN 6889). Mogu prenijeti manje okretne momente nego spojevi s utornim klinovima, ali nije potrebno dubljenje utora nego samo zaravnanje rukavca. Nos omogućava izvlačenje klina pri demontaži.
- 6. Uzdužni oblo udubljeni utjerni klin (S 06.15)** određen je u normi HRN M.C2.031 (DIN 6887). Koristi se kada je spoj teško pristupačan s jedne strane (onemogućena demontaža). Utjeruje se kroz utor vratila.
- 7. Uzdužni oblo udubljeni utjerni klin s nosom (S 06.16)** određen je u normi HRN M.C2.031 (DIN 6887). Mogu prenijeti još manje okretne momente nego spojevi s plosnatim klinovima, ali nije potrebna obrada mjesta spajanja i mogu se glavine postaviti na bilo kom mjestu vratila (odgovarajućeg promjera).

8. **Tangencijalni klinovi** (*S 06.17*) određeni su u normi HRN M.C2.040 (*DIN 268 i DIN 271*). Koriste u parovima, za prijenos udarnih ili većih momenata promjenjivog smjera. Nagibi su tangencijalnih klinova od 1 : 60 do 1 : 100, a ugradbeni položaji parova s obzirom na vratilo pomaknuti su za 120° (*iznimno za 180°*). Kod spojeva s tangencijalnim klinovima okretni moment u svakom smjeru prenosi dominantno samo jedan par klinova dok je drugi par u značajnoj mjeri rasterećen.

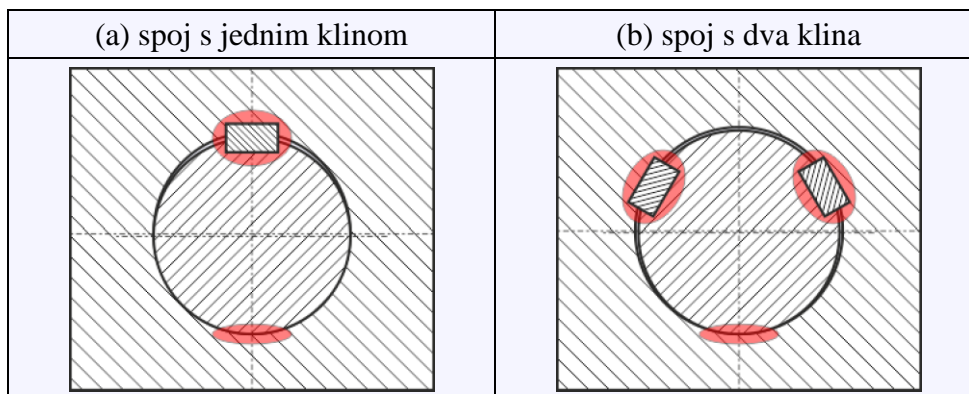


Slika 06.16 Tangencijalni klin

Prema broju korištenih klinova u spoju razlikuju se:



Posljedica montaže spoja s klinom je pojave ekscentričnosti, koja se smanjuje s povećanjem broja korištenih klinova (*S 06.10 – (a) i (b)*). Međutim, povećanje broja korištenih klinova povećava troškove izvedbe spoja.

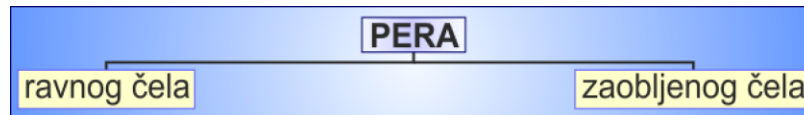


Slika 06.10 Spojevi s jednim i dva klina

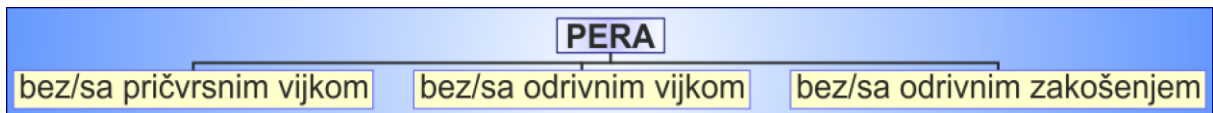
Na mjestu uklinjenja glavina i vratilo uzajamno djeluju preko klina – posredno, a na suprotnoj strani dodiruju se izravno (*S 06.08 – (a)*). Prema tome, s jednim klinom se postiže uzajamno djelovanje u dva područja. Kada se usvoje dva klina pod kutom od 120° postiže se uzajamno djelovanje u tri područja (*S 06.08 – (b)*).

Vrste pera i spojeva s perima

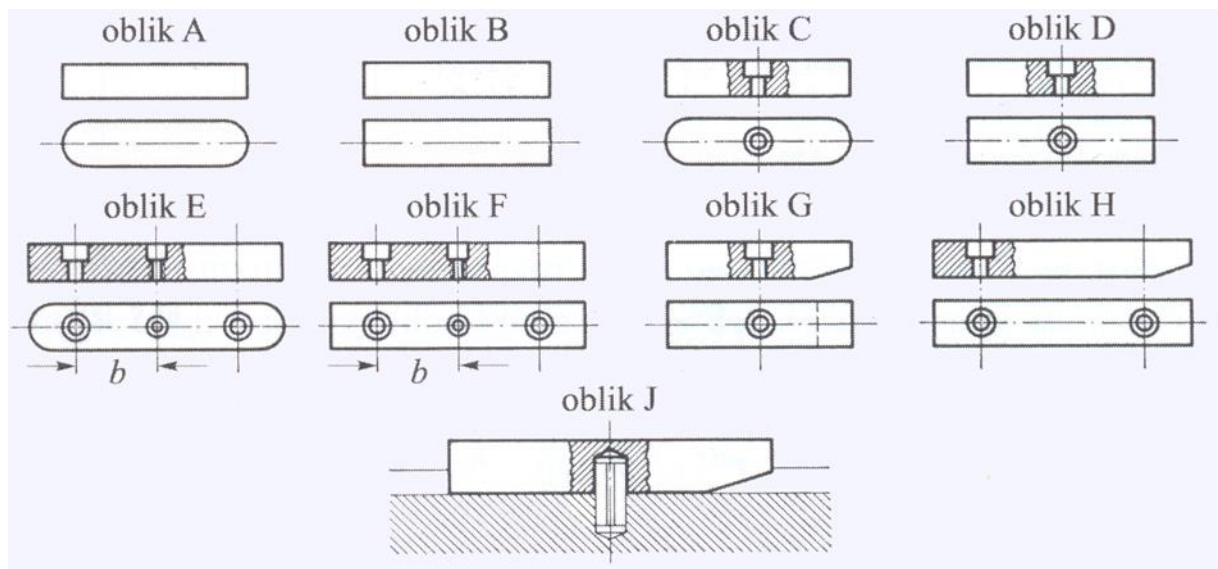
Prema obliku čela pera razlikuju se:



Prema rješenjima detalja za montažu/demontažu razlikuju se:



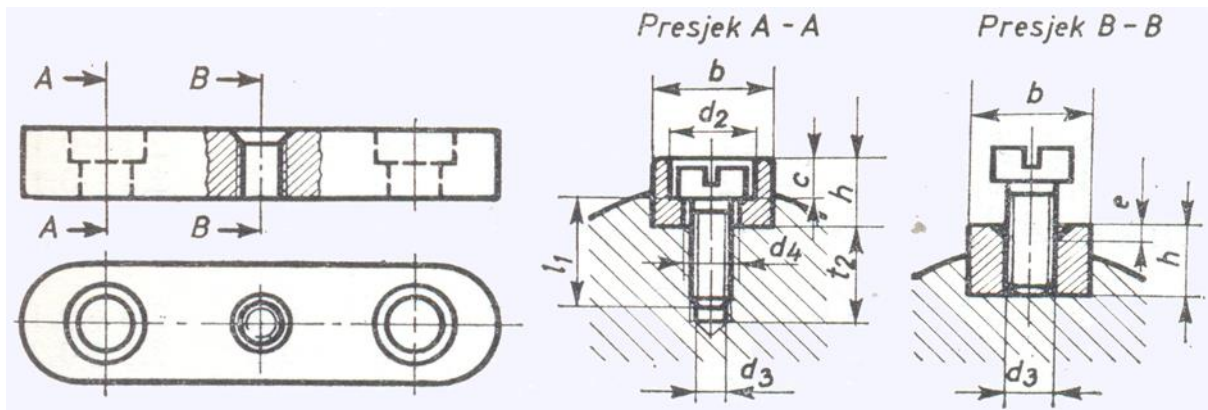
Oblici su pera određeni u HRN M.C2.060 do HRN M.C2.062 (DIN 6885) – **S 06.19**.



- A** – zaobljeno čelo, **B** – ravno čelo,
- C** – zaobljeno čelo s provrtom za pričvrtni vijak,
- D** – ravno čelo s provrtom za pričvrtni vijak,
- E** – zaobljeno čelo s tri provrta za dva pričvrtna i jedan odvojni vijak,
- F** – ravno čelo s tri provrta za dva pričvrtna i jedan odvojni vijak,
- G** – ravno čelo s provrtom za pričvrtni vijak i odzivnim zakošenjem,
- H** – ravno čelo s dva provrta za pričvrtni vijak i odzivnim zakošenjem,
- J** – ravno čelo s provrtom za elastični zatik i odzivnim zakošenjem.

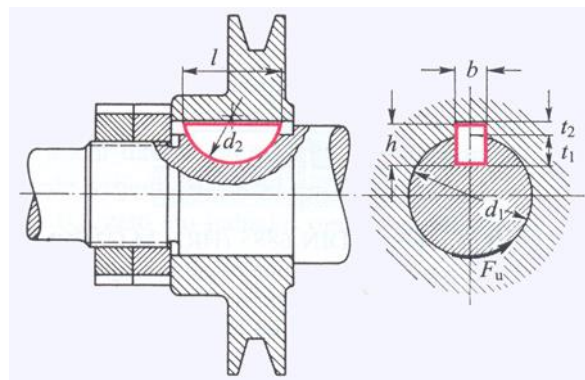
Slika 06.19 Normirani oblici pera

Na sljedećoj su slici prikazani detalji pera oblika E – rješenja pričvrtnog i odzivnog vijka.



Slika 06.20 Pero oblika E – detalji

Kod alatnih strojeva i motornih vozila prevladava korištenje jeftinih segmentnih pera određenih u HRN M.C2.050 (*DIN 6888*) – **S 06.21**. Kada su krajevi vratila konični segmentna se pera spontao prilagođavaju nagibu dna utora glavine. Dimenzije segmentnih pera dana su u Dodatku – **T 06D.3**.



Slika 06.21 Sklop sa segmentnim perom

6.1.3 Konstruiranje spojeva s klinovima i perima

Za izradu klinova visine $h \leq 25$ mm koristi se konstrukcijski čelik Č 0545.5 (*St 50-1K*), a za klinove većih visina konstrukcijski čelik Č 0645.5 (*St 60-2K*).

Kako bi se smanjile koncentracije naprezanja uslijed djelovanja zareza zaobljuju se bridovi dna utora vratila i glavina te stoga trebaju biti prikladno zaobljeni i bridovi trbuha i hrbata klinova.

Klinovi

U proračunu klinova izračunava se bočni tlak i uspoređuje s dopuštenim iskustvenim vrijednostima (*T 06.02*).

Tablica 06.02 Iskustvom određeni dopušteni bočni tlakovi za spojeve sa klinovima i perima

Djelovi spoja	pri lakim udarima				pri jakim udarima			
	jednos- trano		izmjeni- čno		jednos- trano		izmjeni- čno	
	materijal glavine				materijal glavine			
	Č	SL	Č	SL	Č	SL	Č	SL
utorni klin, pero	100	60	70	45	80	40	35	20
tangentni klin	–	–	140	80	–	–	90	60
zaobljeni klin	65	40	33	20	50	25	33	20
oblo udubljeni klin	85	50	43	25	70	35	43	2 5

Pera

Passfederverbindungen

Passfederverbindungen brauchen im Allgemeinen nur bei kurzen Federn ($l < 0,8 \cdot d$) an den Seitenflächen (Tragflächen) der Nuten des festigkeitsmäßig schwächeren Teiles (meist Nabe) auf Flächenpressung nachgerechnet werden. Die ebenfalls auftretende Scherspannung ist bei Normabmessungen unkritisch. Die Berechnung nach DIN 6892, Methode C, gilt für einseitig wirkende Betriebskraft und annähernd gleichmäßiger Pressungsverteilung über der Passfederlänge. Bei anderen Kraftverteilungen oder wechselnder Betriebskraft sollte nach Methode B gerechnet werden.

1 Flächenpressung auf die Seitenflächen von Welle, Nabe bzw. Passfeder

$$p_m \approx \frac{2 \cdot T \cdot K_\lambda}{d \cdot h' \cdot l' \cdot n \cdot \varphi} \leq p_{zul}$$

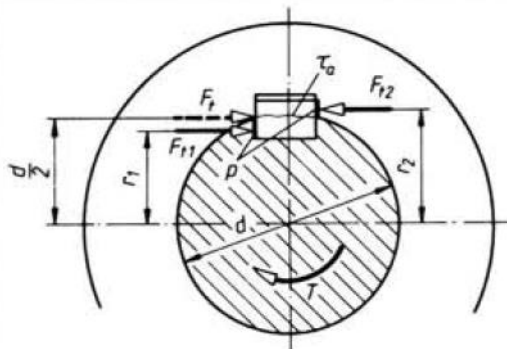
mit $p_{zul} = f_S \cdot f_H \cdot R_e / S_F$

bzw. $p_{zul} = f_S \cdot R_m / S_B$

2 erforderliche Mindestlänge zur Übertragung des Drehmomentes

$$l' \geq \frac{2 \cdot T \cdot K_\lambda}{d \cdot h' \cdot n \cdot \varphi \cdot p_{zul}}$$

Hinweis: Aufgrund der ungleichmäßigen Flächenpressung wegen der relativen Verdrillung von Welle und Nabe kann nur mit einer tragenden Länge $l' \leq 1,3 \cdot d$ gerechnet werden



$T = K_A \cdot T_{nenn}$ bzw. $T = T_{max}$

K_A nach TB 3-5	T_{nenn}	P	n
$T_{nenn} \approx 9550 \frac{P}{n}$	Nm	kW	min ⁻¹

Regelfall $n = 1 \rightarrow \varphi = 1$

Ausnahme $n = 2 \rightarrow \varphi = 0,75$

$h' \approx 0,45 \cdot h$; Werte für h, l, b aus TB 12-2

$l' = l - b$ für Passfederform A, C, E

$l' = l$ für Passfederform B, D, F...J

Methode C: K_λ, f_S und $f_H = 1$

Methode B: K_λ nach TB 12-2c

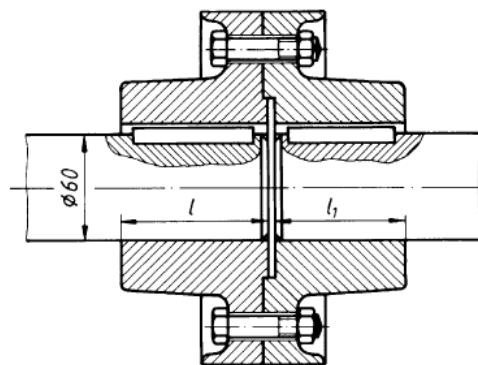
f_H, f_S nach TB 12-2d

$S_F(S_B)$ Richtwerte nach TB 12-1b

$R_e = K_t \cdot R_{eN}, R_m = K_t \cdot R_{mN}$

Primjeri usvajanja

12.1 Zur Übertragung eines einseitig wirkenden Nenndrehmomentes $T \approx 450$ Nm auf eine Scheibenkupplung DIN 116-A60 aus GE240+N soll eine Passfeder nach DIN 6885, Ausführung A, aus E295GC+C eingesetzt werden. Aus der Konstruktion ergibt sich eine Rohteildicke $t < 100$ mm und Nabelänge $l \approx l_1 = 85$ mm der Kupplung sowie $d = 70$ mm der Welle aus E295. Es ist zu prüfen, ob die Verbindung bei stoßartiger Belastung ($K_A = 1,5$) das Moment sicher übertragen kann, wenn die Passfeder kürzer als die Nabelänge sein soll und der mittlere Wert für p_{zul} genommen wird



- a) mit Methode C überschlägig,
- b) mit Methode B.
- c) Für Welle und Bohrung sind geeignete ISO-Toleranzen anzugeben.

12.1 Lösungshinweise:

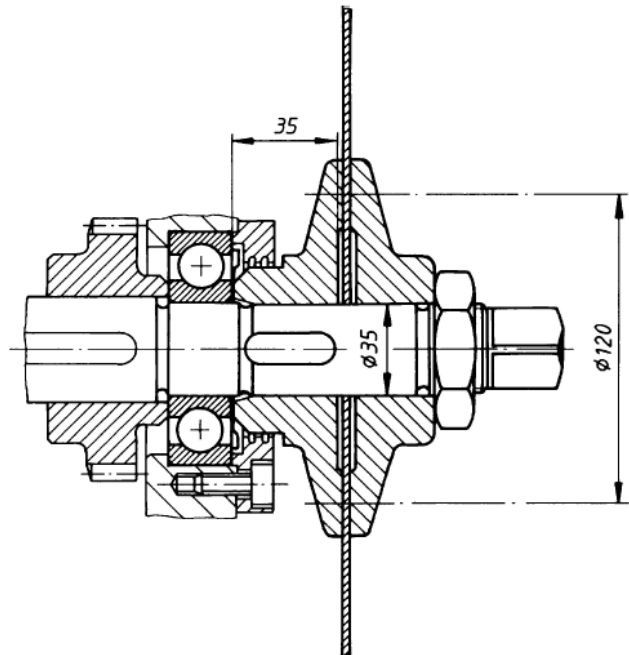
- Zunächst ist die Passfederlänge konstruktiv festzulegen. Damit die Passfeder nicht übersteht (Verletzungsgefahr) wird nach TB 12-2a $l = 80$ mm gewählt. Die auftretende Flächenpressung in der Nabe (i. R. schwächstes Bauteil), Welle und Passfeder nach Lehrbuch 12.2.1-2, Gl. (12.1), ist der zulässigen nach TB 12-1b gegenüberzustellen. Beachte, dass die Rohteildicke über den Größeneinflussfaktor K_t nach TB 3-11a bzw. b Einfluss auf die Werkstoff-Streckgrenze hat ($R_e = R_{eN} \cdot K_t$ nach Gl. (3.7)), wobei der gleichwertige Durchmesser d nach TB 3-11e zu ermitteln ist, z. B. für die Passfeder nach der letzten Spalte.
- Bei der Flächenpressung ist der Lastverteilungsfaktor K_λ für Naben der Form c, s. Bild 12-4 in Lehrbuch 12.2.1-1, nach TB 12-2c zu berücksichtigen, bei der zulässigen Flächenpressung der Stützfaktor f_S und der Härteeinflussfaktor f_H nach TB 12-2d.
- Für die Wahl der ISO-Toleranzen s. Lehrbuch 2.2.3 und TB 12-2b.

- 12.1**
- Passfeder DIN 6885–A18 × 11 × 80 möglich: $p_m = 73,3 \text{ N/mm}^2 < p_{zul} = 177 \text{ N/mm}^2$ ($l = 80$ mm, $l' = 62$ mm, $b = 18$ mm, $h = 11$ mm, $\varphi = 1$; Nabe: $p_{zul} = 177 \text{ N/mm}^2$, $R_e = R_{eN} = 230 \text{ N/mm}^2$, $K_t = 1$ für $d = t < 100$ mm, $S_F = 1,3$; Welle: $p_{zul} = 206 \text{ N/mm}^2$, $R_e = R_{eN} \cdot K_t = 295 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,91 = 268 \text{ N/mm}^2$ für $d = 70$ mm; Passfeder: $p_{zul} = 323 \text{ N/mm}^2$, $R_e = R_{eN} = 420 \text{ N/mm}^2$, $K_t = 1$ für $d = t = 11$ mm);
 - $p_m = 82,8 \text{ N/mm}^2 < p_{zul} = 248 \text{ N/mm}^2$ ($K_\lambda = K'_\lambda = 1,13$, $l'/d = 1,03$; Nabe: $p_{zul} = 265 \text{ N/mm}^2$, $R_e = 230 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 1,5$, $f_H = 1,0$, $S_F = 1,3$; Welle: $p_{zul} = 248 \text{ N/mm}^2$, $R_e = 268 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 1,2$, $f_H = 1$; Passfeder: $p_{zul} = 323 \text{ N/mm}^2$, $R_e = 420 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 1$, $f_H = 1$);
 - geeignete ISO-Toleranzen: Nabenbohrung H7, Welle m6 (k6).

12.2 Zur Befestigung des Sägeblattes

- Zur Befestigung des Sägeblattes auf dem Wellenzapfen (Werkstoff E295, Rohteildicke $d = 45$ mm) einer Universal-Kreissäge mit einer Nennleistung $P = 4$ kW bei $n = 2850 \text{ min}^{-1}$ ist eine Passfeder DIN 6885–A10 × 8 × 32 aus C45 + C vorgesehen. Es ist zu prüfen, ob die gewählte Passfeder Verbindung festigkeitsmäßig ausreicht, wenn eine stoßartige Belastung ($K_A \approx 1,5$) anzunehmen ist, die Nabenteile aus EN-GJL-200 (Rohteildicke $t_{\max} \approx 35$ mm) gefertigt werden und für p_{zul} der mittlere Wert genommen wird

- mit Methode C überschlägig,
- mit Methode B.



- 12.2** Siehe Lösungshinweise zu Aufgabe 12.1. Bei der Gussnabe muss die zulässige Flächenpressung über die Zugfestigkeit R_m bestimmt werden.
Hinweis: Für Verbindungen mit $l > 0,8 \cdot d$ ist in der Regel eine Nachrechnung nur bei wechselnder Belastung erforderlich.

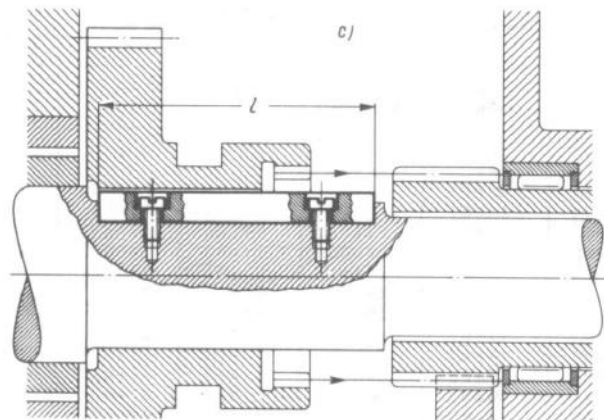
- 12.2 a) Passfeder DIN 6885 – A10 × 8 × 32 ist ausreichend: $p_m = 14,5 \text{ N/mm}^2 < p_{zul} = 90,3 \text{ N/mm}^2$ ($T_{nenn} = 13,4 \text{ Nm}$, $l = 32 \text{ mm}$, $l' = 22 \text{ mm}$, $b = 10 \text{ mm}$, $h = 8 \text{ mm}$, $\varphi = 1$; Nabe: $p_{zul} = 90,3 \text{ N/mm}^2$, $R_m = R_{mN} \cdot K_t = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,79 = 158 \text{ N/mm}^2$, K_t für $d = 2t = 70 \text{ mm}$, $S_B = 1,75$; Welle: $p_{zul} = 218 \text{ N/mm}^2$, $R_e = R_{eN} \cdot R_t = 295 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,96 = 283 \text{ N/mm}^2$, $S_F = 1,3$; Passfeder: $p_{zul} = 385 \text{ N/mm}^2$, $R_e = R_{eN} = 500 \text{ N/mm}^2$, $K_t = 1$ für $d = 2b \cdot t/(b + t) \approx 9 \text{ mm}$);
- b) $p_m = 15,2 \text{ N/mm}^2 < p_{zul} = 181 \text{ N/mm}^2$ ($K_\lambda = K'_\lambda = 1,05$, $l'/d = 0,63$; Nabe: $p_{zul} = 181 \text{ N/mm}^2$, $R_m = 158 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 2$, $f_H = 1$, $S_B = 1,75$; Welle: $p_{zul} = 261 \text{ N/mm}^2$; $R_e = 283 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 1,2$, $f_H = 1$, $S_F = 1,3$; Passfeder: $p_{zul} = 385 \text{ N/mm}^2$, $R_e = 500 \text{ N/mm}^2$, $f_S = 1$, $f_H = 1$).

6.1.4 Primjena spojeva s klinovima i perima

Klinovi

Pera

Spoj glavine uzdužnopomičnog zupčanika s vratilom izveden pomoću pera.



6.2 Spojevi sa zaticima i svornjacima

6.2.1 Osnove spojeva sa zaticima i svornjacima

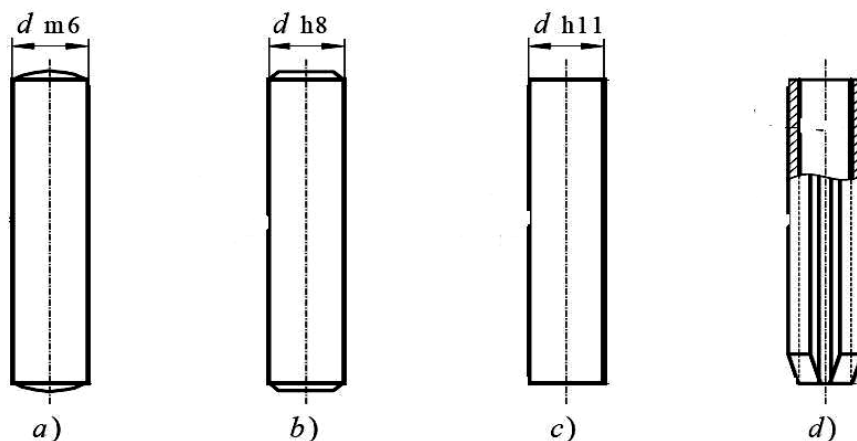
Spojevi sa zaticima i svornjacima su:

- (e) rastavljivi (*mogu se rastaviti bez razaranja*),
- (f) posredni (*koristi se pomoćni element za spajanje – svornjak ili zatic*),
- (g) oblikovni (*element za spajanje ograničava ili sprječava uzajamno gibanje spojenih elemenata*),
- (h) kruti (*pri spajanju se zatici i svornjaci ne deformiraju*),
- (i) nepomični (*zatici*) ili pomični (*svornjaci*).

Zatici

Zatici se upotrebljavaju za čvrsti spoj strojnih dijelova koji se prema potrebi mogu i rastaviti.

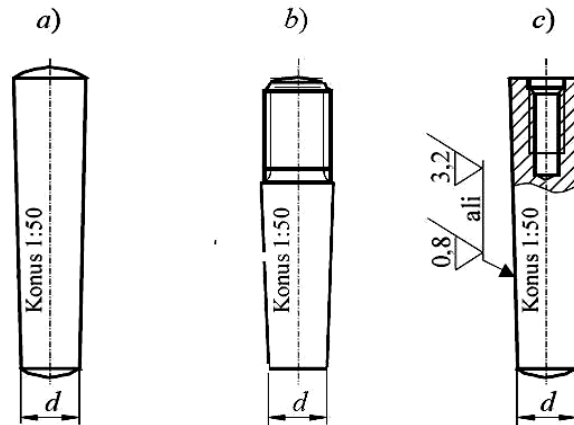
Normirane su izvedbe cilindričnih zatika:



a), b) i c) cilindrični zatici prema DIN 7

d) elastični cilindrični zatic prema DIN 1481 i DIN 7346

Normirane su izvedbe stožastih zatika:



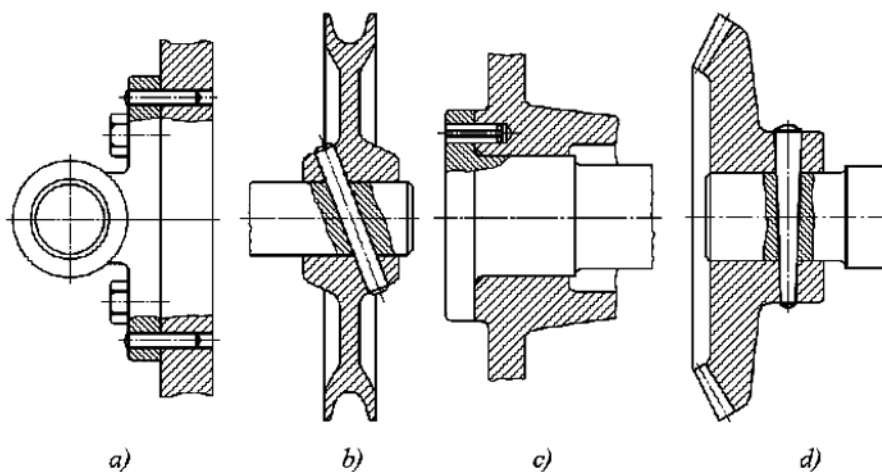
a) stožasti zatici prema DIN 1 b) stožasu zatici s vanjskim navojem prema DIN 258
c) stožasti zatic s unutarnjim navojem prema DIN 7978

Prema svojoj funkciji mogu služiti za:

- ⇒ spoj glavine s vratilom
- ⇒ ograničenje hoda
- ⇒ centriranje
- ⇒ pozicioniranje
- ⇒ fiksiranje međusobnog položaja strojnih dijelova

Zatici se proizvode od istih materijala kao i svornjaci, dakle od čelika za automate, a za velika opterećenja i od poboljšanog čelika, te čelika za cementiranje i kaljenje.

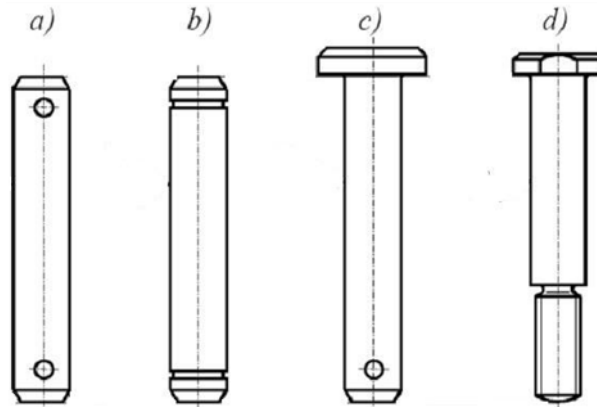
Zatici



a) pozicioniranje strojnih dijelova b) spajanje strojnih dijelova
c) fiksiranje položaja strojnih dijelova d) spoj glavine i vratila

Svornjaci

Svornjaci se upotrebljavaju za zglobno spajanje strojnih dijelova. Pri tome jedan dio može biti pokretljiv oko svornjaka, dok drugi miruje ili su oba dijela pokretljiva.



a) i b) bez glave, c) s glavom, d) s navojem

Svornjaci su jednostavni i jeftini strojni elementi, često s vrlo važnom funkcijom u strojar-skom sklopu. Koriste se za:

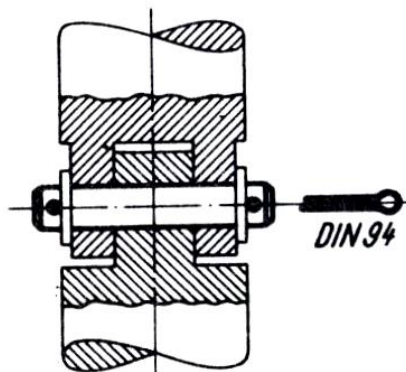
- ⇒ spajanje,
- ⇒ pozicioniranje,
- ⇒ centriranje i
- ⇒ osiguranje položaja strojnih dijelova.

Promjer svornjaka obično je izrađen s tolerancijom h11, dok je tolerancija provrta, s obzirom na propisanu zračnost, D9, D11, C11, B12 i A11.

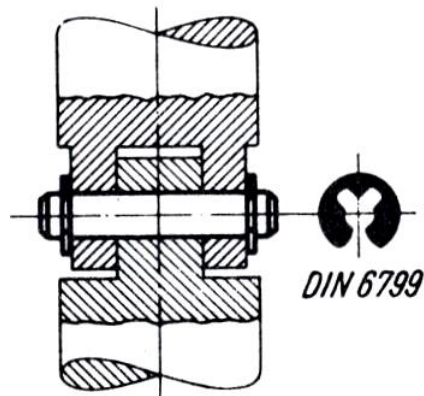
Svornjaci za opću upotrebu prvenstveno se izrađuju od čelika za automate, a za velika opterećenja upotrebljavaju se čelici za poboljšanje, čelici za cementiranje i kaljenje.

Primjeri spojeva sa svornjacima i zaticima

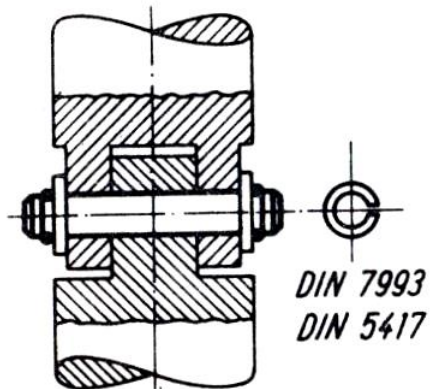
Glatki svornjak osiguran rascjepkom



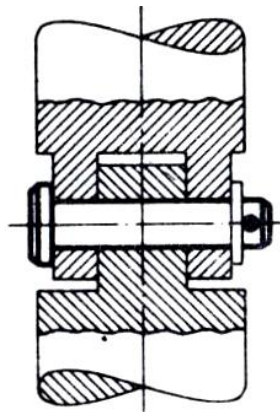
Svornjak osiguran uskočnikom



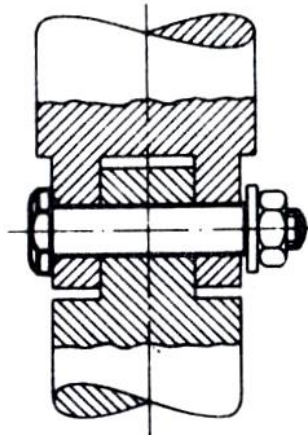
Svornjak s osiguračem



Svornjak s glavom osiguran rascjepkom



Svornjak s navojem osiguran maticom



6.2.2 Vrste spojeva sa zaticima i svornjacima

6.2.3 Oblikovanje spojeva sa zaticima i svornjacima

6.2.4 Proračun spojeva sa zaticima i svornjacima

Proračun zatika

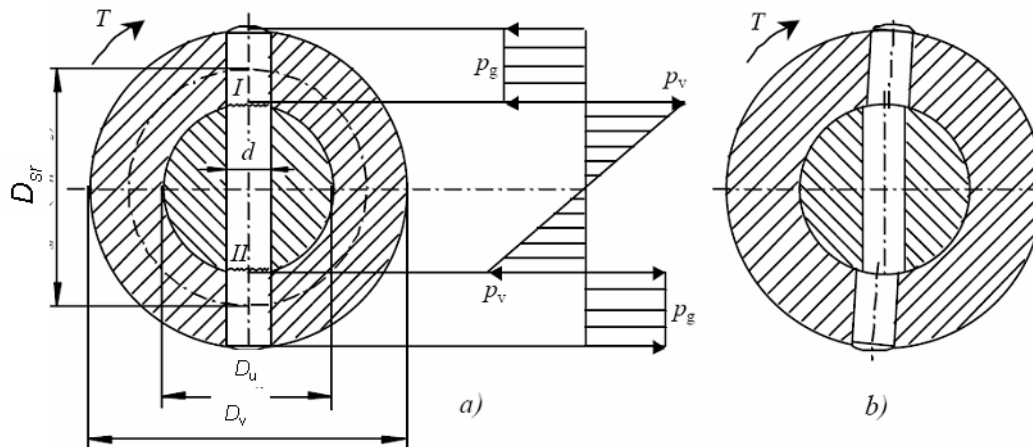
Zatici za centriranje i pozicioniranje strojnih dijelova, koji se u praksi najviše upotrebljavaju, opterećeni su vrlo malim opterećenjima, pa im nije potrebno posebno proračunavati čvrstoću.

Promjer takvih zatika bira se na temelju iskustva, obzirom na dimenzije strojnih dijelova koje zatic povezuje.

U slučaju većih opterećenja (*npr. člankasti zatici, zatici za pričvršćivanje, spoj glavine s vratilom*) zaticima se ipak mora kontrolirati čvrstoća.

Poprečni zatici opterećeni okretnim momentom

Poprečni zatici upotrebljavaju se za spoj glavine i vratila gdje prenose okretni moment s glavine na vrtilo i obrnuto.



Zbog okretnog momenta T , između zatika i provrta u glavini nastaje površinski pritisak p_g .

$$p_g = \frac{F_t}{A_{proj}} = \frac{4T}{(D_v^2 - D_u^2)d} \leq p_{dop}$$

gdje je: F_2 – obodna sila, N

$$F = \frac{2 \cdot T}{D_{sr}}$$

D_{sr} – srednji promjer glavine, mm

A_{proj} – projekcijska dodirna površina, mm²

$$A_{proj} = (D_v - D_u) \cdot d$$

D_v – vanjski promjer glavine, mm

D_u – unutarnji promjer glavine, mm

d – promjer zatika, mm

p_{dop} – dopušteni površinski pritisak materijala glavine, N/mm²

Površinski pritisak p_v između zatika i provrta u vratilu, određuje se kao naprezanje na savijanje otporne površine $d \cdot D_u$:

$$p_v = \frac{M_v}{W_v} = \frac{6T}{D_u^2 d} \leq p_{dop}$$

gdje je: M_v – moment savijanja, N·mm

$$M_v = T$$

W_v – moment otpora zatika na savijanje, mm³

$$W_v = \frac{d \cdot D_u^2}{6}$$

T – okretni moment, N·mm

D_u – unutarnji promjer glavine, mm

d – promjer zatika, mm

p_{dop} – dopušteni površinski pritisak materijala vratila, N/mm²

Zbog obodne sile F_O zatic je u presjecima *I* i *II* opterećen i naprezanjem na smik τ_s koje mora zadovoljavati uvjet:

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = \frac{4 \cdot T}{d^2 \cdot \pi \cdot D_u} \leq \tau_{s,\text{dop}}$$

Gdje je: F_s – obodna sila smika, N

$$F_s = \frac{F_0}{2} = \frac{T}{D_u}$$

A – poprečni presjek zatika, mm²

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

T – okretni moment, N·mm

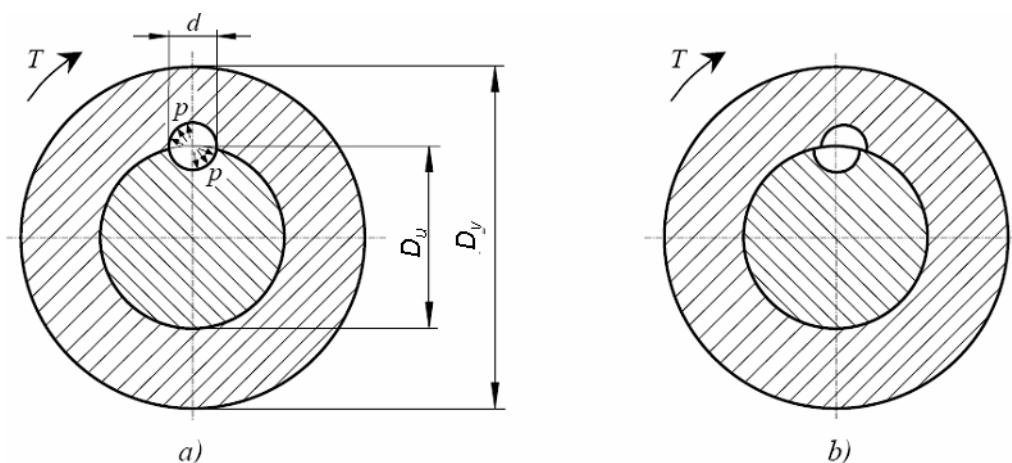
D_u – unutarnji promjer glavine, mm

d – promjer zatika, mm

$\tau_{s,\text{dop}}$ – dopušteno naprezanje na smik materijala zatika, N/mm²

1. Uzdužni zatici opterećeni okretnim momentom

Uzdužni zatici upotrebljavaju se slično kao i poprečni za spojeve glavine i vratila, osim što ih se postavlja uzdužno u prethodno napravljen provrt između glavine i vratila. S obzirom da obavljaju istu funkciju kao i klinovi, uzdužni zatici u praksi su poznati i pod imenom okrugli klinovi.



Uzdužni zatic za spoj glavine i vratila na:

(a) površinski pritisak,

(b) smicanje

Okretni moment T izaziva između zatika i glavine, te između zatika i vratila, površinski pritisak p , koji je zbog okrugle dodirne površine nejednako raspoređen. Za približni proračun dovoljno je ako se površinski pritisak računa kao srednja vrijednost $p = F_o / A_{proj}$, gdje je F_o obodna sila zbog djelovanja okretnog momenta T , a A_{proj} projekcija dodirne površine.

Obodna sila F_o opterećuje zatik i naprežanjem na smik τ_s .

$$p = \frac{F_o}{A_{proj}} = \frac{4T}{D_u d l} \leq p_{dop}$$

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = \frac{4T}{d^2 \pi D_u} \leq \tau_{s,dop}$$

gdje je: A_1 – uzdužni presjek zatika, mm^2

$$A_1 = d \cdot l$$

d – promjer zatika, mm

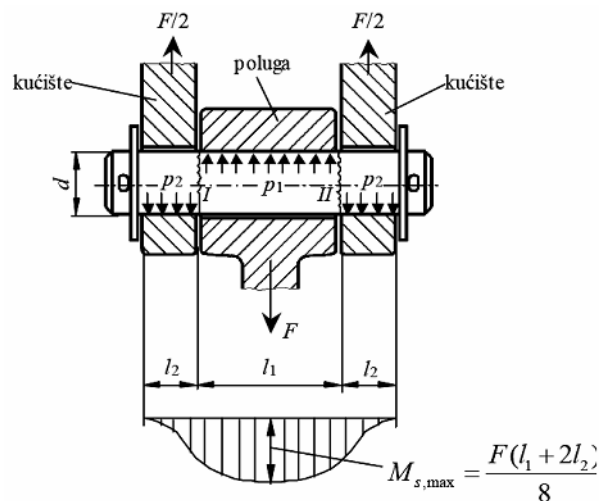
l – dužina zatika, mm

p_{dop} – dopušteni površinski pritisak materijala glavine, N/mm^2

$\tau_{s,dop}$ – dopušteno naprežanje na smicanje materijala zatika, N/mm^2

Proračun svornjaka

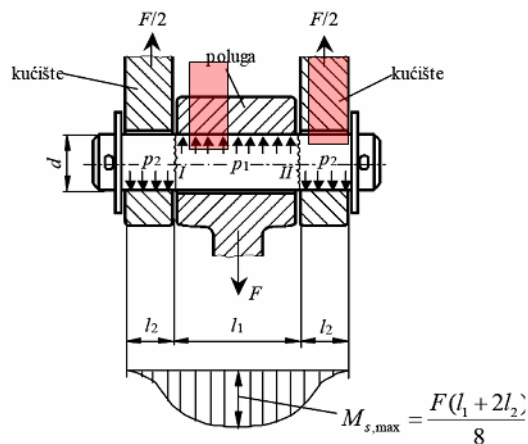
Svornjak se promatra kao nosač s dva potpornja koji je preko poluge opterećen pogonskom silom F i poduprt na obje strane u kućištu.



Sila F izaziva:

- naprežanje na smicanje τ_s u presjecima I i II,
- naprežanje na savijanje σ_s na mjestu najvećeg momenta savijanja $M_{s,max}$,
- površinski pritisak p_1 između svornjaka i poluge, te površinski pritisak p_2 između svornjaka i kućišta.

Naprežanje na smicanje u svornjaku



$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{s,dop}$$

gdje je: τ_s – naprezanje na smicanje u svornjaku, N/mm²

F_s – poprečna sila, N

$$F_s = \frac{F}{2}$$

A – poprečni presjek svornjaka, mm²

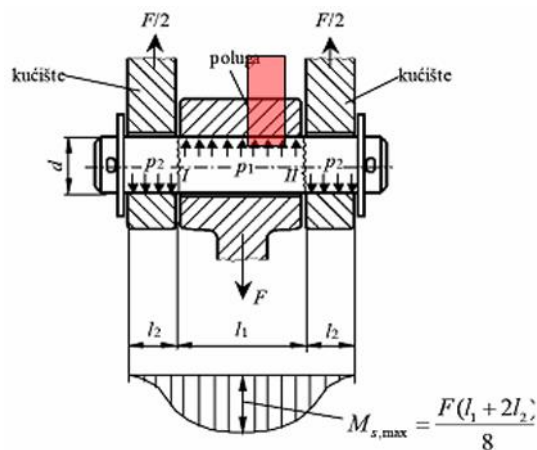
$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

F – vanjsko opterećenje svornjaka, N

d – promjer svornjaka, mm

$\tau_{s,dop}$ – dopušteno naprezanje na smik materijala svornjaka, N/mm²

Naprezanje na savijanje u svornjaku



$$\sigma_s = \frac{M_{s,max}}{W_x} = \frac{4 \cdot F \cdot (L_1 + 2 \cdot L_2)}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{s,dop}$$

gdje je: σ_s – naprezanje na savijanje u svornjaku, N/mm²

$M_{s,max}$ – najveći moment savijanja, N·mm

W_x – moment otpora svornjaka na savijanje, mm³

$$W_x = \frac{d^3 \cdot \pi}{32}$$

F – vanjsko opterećenje svornjaka, N

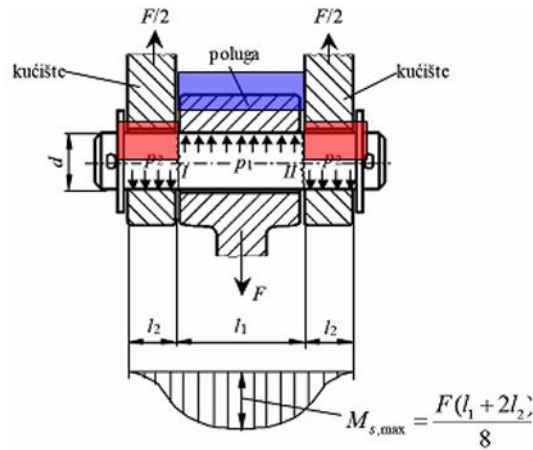
h_1 – širina poluge, mm

h_2 – širina kućišta, mm

d – promjer svornjaka, mm

$\sigma_{s,dop}$ – dopušteno naprezanje materijala svornjaka na savijanje, N/mm²

Površinski pritisak



Između svornjaka i poluge

$$p_1 = \frac{F}{A_{proj}} = \frac{F}{L_1 \cdot d} \leq p_{dop}$$

Između svornjaka i kućišta

$$p_2 = \frac{F}{A_{proj}} = \frac{F}{2 \cdot L_2 \cdot d} \leq p_{dop}$$

gdje je: p_1 – površinski pritisak između svornjaka i poluge, N/mm²

p_2 – površinski pritisak između svornjaka i kućišta, N/mm²

F – vanjsko opterećenje svornjaka, N

A_{proj} – projekcija dodirne površine, mm²

$A_{proj} = h_1 \cdot d$ – između svornjaka i poluge, mm²

$A_{proj} = h_2 \cdot d$ – između svornjaka i kućišta, mm²

h_1 – širina poluge, mm

h_2 – širina kućišta, mm

d – promjer svornjaka, mm

p_{dop} – dopušteni površinski pritisak materijala poluge, odnosno kućišta, N/mm²

6.2.5 Primjena spojeva sa zaticima i svornjacima

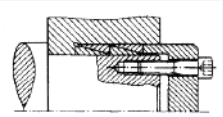
6.3 Rastavljivi tarni spojevi

Rastavljivi tarni spojevi prenose okretni moment s vratila na glavinu ili obratno trenjem. Zbog toga se praktički neograničen broj puta mogu rastaviti i ponovno sastaviti. Najpoznatiji je **tarni spoj s koničnim dosjedom**.

6.3.1 Osnove rastavljivih tarnih spojeva

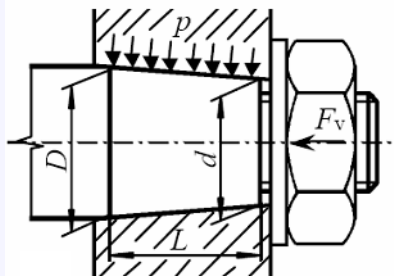
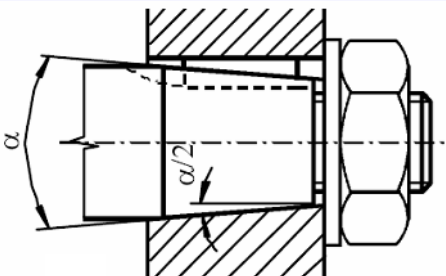
Tarni spojevi s cilindričnim dosjedom

Od elastičnih elemenata koji se umeću između vratila i glavine da bi se djelovanjem aksijalne sile stvorio na njihovim obodima radijalni pritisak, najčešće se upotrebljavaju spojevi sa tarnim elementima:

Tarni prsteni	Tarni ulošci	Naponske ploče
		

Tarni spojevi s koničnim dosjedom

Konični dosjed prenosi okretni moment silom trenja između konično oblikovanog završetka vratila i glavine. **Pri tome se potrebna radijalna sila, odnosno površinski pritisak, stvara preko aksijalne sile prednapona F_V pritezanjem vijka.** Prednost koničnog dosjeda je u tome što dobro centrira glavinu na vratilo, pa se može koristiti za veće brzine vrtnje. Koničnom dosjedu se, prvenstveno kod dinamičkih opterećenja, dodaje i odgovarajuće pero kao dodatno osiguranje protiv klizanja. Kod manjih kutova konusa ($\alpha/2 < \rho$, gdje je ρ kut trenja) konični dosjed je *samokočan*, što znači da spoj ostaje čvrst i nakon prestanka djelovanja sile F_V , pa se mora rastaviti silom.

Konični dosjed bez pera	Konični dosjed s perom
	

6.3.2 Vrste rastavljivih tarnih spojeva

6.3.3 Oblikovanje rastavljivih tarnih spojeva

6.3.4 Proračun rastavljivih tarnih spojeva

6.3.5 Primjena rastavljivih tarnih spojeva

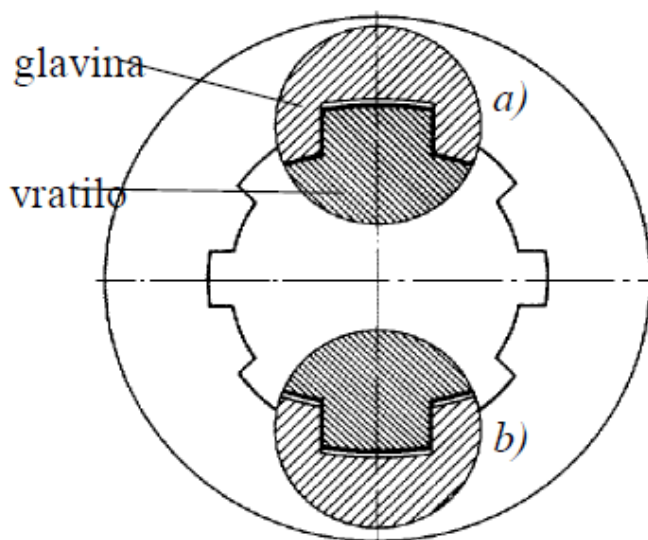
6.4 Rastavljivi oblikovni spojevi

6.4.1 Osnove rastavljivih oblikovnih spojeva

Žljebljeni spojevi

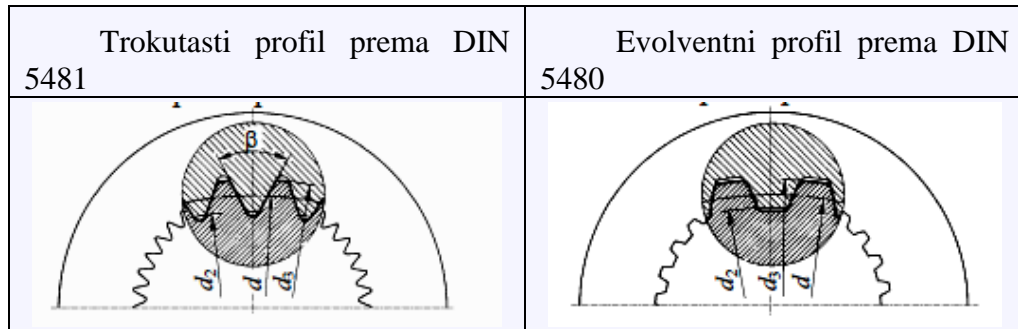
Za prijenos većih okretnih momenata, te izmjeničnih i udarnih opterećenja, koriste se *žljebljeni spojevi*. U takvom spoju vratilo ima u **uzdužnom smjeru** simetrično raspoređene grebene («klinove»), a provrt u glavini ima profil koji odgovara profilu vratila, tj. žljebove u koje dosjedaju grebeni vratila.

U općoj strojogradnji najviše se upotrebljavaju žljebljeni spojevi s (a) **unutarnjim centriranjem** prema ISO 14, u kojima provrt glavine naliježe na unutrašnji promjer vratila. Odgovarajućom tolerancijom glavine i vratila može se osigurati da glavina na vratilu bude aksijalno pokretna ili nepokretna. Za velika izmjenična i udarna opterećenja koriste se žljebljeni spojevi s (b) **bočnim centriranjem**, kojeg je u usporedbi s unutarnjim centriranjem teže izraditi.



Zupčasti spojevi

Zupčasti spojevi slični su žlijebljenim spojevima, pri čemu vratilo i glavina umjesto žljebova po obodu imaju primjereno oblikovane zupce s trokutastim ili evolventnim profilom



6.4.2 Žljebni spojevi

6.4.3 Vrste rastavljivih oblikovnih spojeva

6.4.4 Oblikovanje rastavljivih oblikovnih spojeva

6.4.5 Proračun rastavljivih oblikovnih spojeva

6.4.6 Primjena rastavljivih oblikovnih spojeva

Dodatak

Literatura

- 6.1 **Spojevi s klinovima i perima** Böge2011/I120÷I121,I130÷I132,I134÷I136, Childs2004/97÷98, Decker1987/108÷114, DIN2008/483÷488, Elčić1973/177÷189, Fleischer2009, Grote2007/440÷441, Grote2009/471÷473, Haberhauer2011/143÷152, Hering2004/395, Jelaska2005/104÷107, Klebanov2008/79÷93, Künne12008/255÷257,265÷268, Lingaiah2004/484÷492, Messler2004/155÷156, Mott2004/507÷519, Muhs2006/156÷170, Muhs2007/88÷95,208÷210,293÷295, Niemann2005/802÷803,858÷865, Norton2006/545÷553, Oberg2009/2363÷2387, Pandžić2008/67÷69, Podhorsky1963÷1997/5-260÷5-263, Podrug2008/33÷34, Shigley2004/771÷774, Timings2000/26, Vitas1990/42÷62, **Wittel2011/404÷405,375÷379.**
- 6.1.1 Osnove spojeva s klinovima i perima
- 6.1.2 Oblikovanje spojeva s klinovima i perima
- 6.1.3 Usvajanje spojeva s klinovima i perima
- 6.1.4 Primjena spojeva s klinovima i perima
- 6.2 **Spojevi sa zaticima i svornjacima** Böge2011/I86÷I88,I121, Decker1987/130÷138, DIN2008/555÷562, Elčić1973/211÷224, Fleischer2009, Grote2007/438÷440, Haberhauer2011/153÷160, Jelaska2005/92÷101, Kulak1987, Künne12008/275÷280, Lingaiah2004/503÷509, Messler2004/147÷152, Mott2004/524÷525, Muhs2006/106÷113, Muhs2007/56÷65,195÷198,281÷284, Niemann2005/488÷501, Pandžić2008/52÷54,70,100÷101, Parmley2005/12, Podhorsky1963÷1997/5-238÷5-241, Podrug2008/30÷32, Shigley2004/756÷764, Timings2000/26, Vitas1990/63÷65, Wittel2009/293÷317.
- 6.2.1 Osnove spojeva sa zaticima i svornjacima
- 6.2.2 Oblikovanje spojeva sa zaticima i svornjacima
- 6.2.3 Usvajanje spojeva sa zaticima i svornjacima
- 6.2.4 Primjena spojeva sa zaticima i svornjacima
- 6.3 **Oblikovni spojevi** Böge2011/I121,137, Decker1987/115÷121,128÷130, DIN2008/472÷473, Elčić1973/189÷196, Fleischer2009, Grote2007/440÷442, Grote2009/473÷475, Haberhauer2011/148÷152,160÷162, Hering2004/396÷398, Jelaska2005/101÷102,107÷108, Klebanov2008/93÷102, Künne12008/258÷265,268÷275, Lingaiah2004/493÷503,1181÷1200, Messler2004/152÷154, Messler2006/122÷161,87÷99, Mott2004/519÷524,534÷537, Muhs2006/156÷170, Muhs2007/88÷95,208÷210,293÷295, Norton2006/553÷554, Pandžić2008/71÷74, Parmley2005/4,16,18, Podhorsky1963÷1997/5-233÷5-234, Podrug2008/34÷35, Shigley2004/764÷770, Timings2000/20÷24, Wittel2009/396÷399.
- 6.3.1 Osnove oblikovnih spojeva
- 6.3.2 Oblikovanje oblikovnih spojeva
- 6.3.3 Usvajanje oblikovnih spojeva
- 6.3.4 Primjena oblikovnih spojeva
- 6.4 **Rastavljivi tarni spojevi** Böge2011/I120,I128÷134, Decker1987/121÷128, DIN2008/353÷357,431÷432, Fleischer2009, Elčić1973/196÷210, Grote2007/434-438, Grote2009/480÷482, Haberhauer2011/115÷125,138÷143, Jelaska2005/115÷121, Klebanov2008/67÷69, Künne12008/220÷236, Lingaiah2004/505, Messler2004/156÷157,171÷172, Mott2004/526÷528, Muhs2006/156÷170, Muhs2007/88÷95,208÷210,293÷295, Niemann2005/830÷838, Pandžić2008/50,74÷77, Podhorsky1963÷1997/5-256÷5-259, Podrug2008/37÷39, Shigley2004/774÷776, Vitas1990/195÷198, Wittel2009/408÷401.
- 6.4.1 Osnove rastavljivih tarnih spojeva
- 6.4.2 Oblikovanje rastavljivih tarnih spojeva
- 6.4.3 Usvajanje rastavljivih tarnih spojeva
- 6.4.4 Primjena rastavljivih tarnih spojeva

Oznake

Oznake Shigley1996/A2, Carvill2003/10÷11,

Rječnik

Androić1994/579÷605, Böge2011/1120÷1121, Carvill2003/322÷340,

hrvatski	engleski	njemački
spoj	joint, connection	Verbindung
rastavljiv	separable	Lösbare
klin	taper key	Keile
klin s nosom	gib head taper key	Nasenkeile
pero	key	Passfeder
segmentno pero	Woodruff key	Scheibenfeder
zatic	pin	Stift
svornjak	knuckle pin	Bolzen
tarni	interference-fit connection	Reibschlüssige Verbindung
oblikovni spoj	shaped connection	Formschlüssige Verbindung
profilni spoj	spline connection	Profilverbindung
uskočnik	circlip	Sicherungsring
utor	keyseat	Nut
hrbat	web	Steg

Internet

Internet Childs2004/288,

www.apexfasteners.com

www.fabory.com

www.fastenertechnology.com

www.libertyfastener.com

www.nutsandbolts.net

www.rotaloc.com

www.seac.uk.com

www.sinofastener.com

www.skybolt.com

www.watai.com

www.yerd.com.hk

<http://www.wlw.de>

Podloge

Tablica 06D.01 Dimenzije uzdužnih utornih klinova – uzdužni HRN M.C.020 (DIN 6886), utjerni HRN M.C.021 (DIN 6886) i utjerni s nosom HRN M.C.031 (DIN 6887)

d , mm		$b \times$ h	t_1 , mm	t_1 , mm	d , mm		b $\times h$, mm	t_1 , mm	t_1 , mm
d	o				d	o			
10	12	4 × 4	2,5 + 0,1	1,2 + 0,1	95	110	28 × 16	10,0 + 0,2	5,4 + 0,2
12	17	5 × 5	3,0 + 0,1	1,7 + 0,1	110	130	32 × 18	11,0 + 0,3	6,4 + 0,2
17	22	6 × 6	3,5 + 0,1	2,2 + 0,2	130	150	36 × 20	12,0 + 0,3	7,1 + 0,3
22	30	8 × 7	4,0 + 0,2	2,4 + 0,2	150	170	40 × 22	13,0 + 0,3	8,1 + 0,3
30	38	10 × 8	5,0 + 0,2	2,4 + 0,2	170	200	45 × 25	15,0 + 0,3	9,1 + 0,3
38	44	12 × 8	5,0 + 0,2	2,4 + 0,2	200	230	50 × 28	17,0 + 0,3	10,1 + 0,3
44	50	14 × 9	5,5 + 0,2	2,9 + 0,2	230	260	56 × 32	20,0 + 0,3	11,1 + 0,3
50	58	16 × 10	6,0 + 0,2	3,4 + 0,2	260	290	63 × 32	20,0 + 0,3	11,1 + 0,3
58	65	18 × 11	7,0 + 0,2	3,4 + 0,2	290	330	70 × 36	22,0 + 0,3	13,1 + 0,3
65	75	20 × 12	7,5 + 0,2	3,9 + 0,2	330	380	80 × 40	25,0 + 0,3	14,1 + 0,3
75	85	22 × 14	9,0 + 0,2	4,4 + 0,2	380	440	90 × 45	28,0 + 0,3	16,1 + 0,3
85	95	25 × 14	9,0 + 0,2	4,4 + 0,2	440	500	100 × 50	31,0 + 0,3	18,1 + 0,3

Tablica 06D.02 – 1 Dimenzije pera – HRN M.C.060 do HRN M.C.062 (DIN 6885)

$b \times$ h , mm	d , mm		Visok oblik			Za alatne strojeve		Vijak DIN 84
	d	o	t_1 , mm	zračnost , mm	prijeklop , mm	t_1 , mm	t_2 , mm	
2 × 2	6	8	1,2 + 0,1	1,0 + 0,1	0,5 + 0,1			
3 × 3	8	10	1,8 + 0,1	1,4 + 0,1	0,9 + 0,1			
4 × 4	10	12	2,5 + 0,1	1,8 + 0,1	1,2 + 0,1	3 + 0,1	1,1 + 0,1	
5 × 5	12	17	3,0 + 0,1	2,3 + 0,1	1,7 + 0,1	3,8 + 0,1	1,3 + 0,1	
6 × 6	17	22	3,5 + 0,1	2,8 + 0,1	2,2 + 0,1	4,4 + 0,1	1,7 + 0,1	
8 × 7	22	30	4,0 + 0,2	3,3 + 0,2	2,4 + 0,2	5,4 + 0,2	1,7 + 0,2	M 3 × 8
10 × 8	30	38	5,0 + 0,2	3,3 + 0,2	2,4 + 0,2	6 + 0,2	2,1 + 0,2	M 3 × 10
12 × 8	38	44	5,0 + 0,2	3,3 + 0,2	2,4 + 0,2	6 + 0,2	2,1 + 0,2	M 4 × 10
14 × 9	44	50	5,5 + 0,2	3,8 + 0,2	2,9 + 0,2	6,5 + 0,2	2,6 + 0,2	M 5 × 10
16 × 10	50	58	6,0 + 0,2	4,3 + 0,2	3,4 + 0,2	7,5 + 0,2	2,6 + 0,2	M 5 × 10
18 × 11	58	65	7,0 + 0,2	4,4 + 0,2	3,4 + 0,2	8 + 0,2	3,1 + 0,2	M 6 × 12
20 × 12	65	75	7,5 + 0,2	4,9 + 0,2	3,9 + 0,2	8 + 0,2	4,1 + 0,2	M 6 × 12
22 × 14	75	85	9,0 + 0,2	5,4 + 0,2	4,4 + 0,2	10 + 0,2	4,1 + 0,2	M 6 × 15
25 × 14	85	95	9,0 + 0,2	5,4 + 0,2	4,4 + 0,2	10 + 0,2	4,1 + 0,2	M 8 × 15
28 × 16	95	110	10,0 + 0,2	6,4 + 0,2	5,4 + 0,2	11 + 0,2	5,1 + 0,2	M 10 × 18
32 × 18	110	130	11,0 + 0,2	7,4 + 0,2	6,4 + 0,2	13 + 0,2	5,2 + 0,2	M 10 × 20
36 × 20	130	150	12,0 + 0,3	8,4 + 0,3	7,1 + 0,3	13,7 + 0,3	6,5 + 0,3	M 12 × 22
40 × 22	150	170	13,0 + 0,3	9,4 + 0,3	8,1 + 0,3	14 + 0,3	8,2 + 0,3	M 12 × 25
45 × 25	170	200	15,0 + 0,3	10,4 + 0,3	9,1 + 0,3			M 12 × 28
50 × 28	200	230	17,0 + 0,3	11,4 + 0,3	10,1 + 0,3			M 12 × 30
56 × 32	230	260	20,0 + 0,3	12,4 + 0,3	11,1 + 0,3			M 12 × 35
63 × 32	260	290	20,0 + 0,3	12,4 + 0,3	11,1 + 0,3			M 12 × 35
70 × 36	290	330	22,0 + 0,3	14,4 + 0,3	13,1 + 0,3			M 16 × 40
80 × 40	330	380	25,0 + 0,3	15,4 + 0,3	14,1 + 0,3			M 16 × 45
90 × 45	380	440	28,0 + 0,3	17,4 + 0,3	16,1 + 0,3			M 20 × 50

42 Elementi strojeva 1

100 x 50	440	500	31,0 + 0,3	19,5 + 0,3	18,1 + 0,3		M 20 x 55
----------	-----	-----	------------	------------	------------	--	-----------

pri čvrstom dosjedu: utor u vratilu b P9, utor u glavini b P9

pri lakom dosjedu: utor u vratilu b J9, utor u glavini b N9

Tablica 06D.02 – 2 Dimenzije pera – HRN M.C.060 do HRN M.C.062 (DIN 6885)

$b \times h$, m	d, mm		Nizak oblik			Vijak DIN 84
	d	o	t_1 , mm	zračnost, mm	prijeklop, mm	
5 x 3	12	150	1,9 + 0,1	1,2 + 0,1	0,8 + 0,1	
6 x 4	17	130	2,5 + 0,1	1,6 + 0,1	1,1 + 0,1	
8 x 5	22	110	3,1 + 0,2	2 + 0,1	1,4 + 0,1	M 3 x 8
10 x 6	30	95	3,7 + 0,2	2,4 + 0,1	1,8 + 0,1	M 3 x 10
12 x 6	38	85	3,9 + 0,2	2,2 + 0,1	1,6 + 0,1	M 4 x 10
14 x 6	44	75	4 + 0,2	2,1 + 0,1	1,4 + 0,1	M 5 x 10
16 x 7	50	65	4,7 + 0,2	2,4 + 0,1	1,7 + 0,1	M 5 x 10
18 x 7	58	58	4,8 + 0,2	2,3 + 0,1	1,6 + 0,1	M 6 x 12
20 x 8	65	50	5,4 + 0,2	2,7 + 0,1	2 + 0,1	M 6 x 12
22 x 9	75	44	6 + 0,2	3,1 + 0,2	2,4 + 0,1	M 6 x 15
25 x 9	85	38	6,2 + 0,2	2,9 + 0,2	2,2 + 0,1	M 8 x 15
28 x 10	95	30	6,9 + 0,2	3,2 + 0,2	2,4 + 0,1	M 10 x 18
32 x 11	110	22	7,6 + 0,2	3,5 + 0,2	2,7 + 0,1	M 10 x 20
36 x 12	130	17	8,3 + 0,2	3,8 + 0,2	3 + 0,1	M 12 x 22

pri čvrstom dosjedu: utor u vratilu b P9, utor u glavini b P9

pri lakom dosjedu: utor u vratilu b J9, utor u glavini b N9

Tablica 06D.03 Dimenzije segmentnog pera – HRN M.C.050 (DIN 6888)

$b \times h$, mm	Sprega				2	,5, m	t_1 , mm	t_1 , mm	t_1 , mm	t_1 , mm
	I		II				red	red		
	promjer vrati- la									
	d	o	d	o			A	B	A	B
1 x 1,4					4	3	1 + 0,1	1 + 0,1	0,6 + 0,1	0,6 + 0,1
1,5 x 2,6				0	7	6	2 + 0,1	2 + 0,1	0,8 + 0,1	0,8 + 0,1
2 x 2,6			0	2	7	6	1,8 + 0,1	1,8 + 0,1	1 + 0,1	1 + 0,1
2 x 3,7			0	2	0	9	2,9 + 0,1	5,4 + 0,1	1 + 0,1	1 + 0,1
3 x 3,7		0	2	7	0	9	2,5 + 0,1	6,4 + 0,1	1,4 + 0,1	1,1 + 0,1
3 x 5		0	2	7	3	1	3,8 + 0,1	7,9 + 0,2	1,4 + 0,1	1,1 + 0,1
3 x 6,5			2	7	6	1	5,3 + 0,1	2,9 + 0,1	1,4 + 0,1	1,1 + 0,1
4 x 5	0	2	7	2	3	1	3,5 + 0,1	2,8 + 0,1	1,7 + 0,1	1,1 + 0,1
4 x 6,5	0	2	7	2	6	1	5 + 0,1	4,1 + 0,1	1,7 + 0,1	1,1 + 0,1

4 x 7,5			7	2	9	1 8,57	6 + 0,1	5,6 + 0,1	1,7 + 0,1	1,1 + 0,1
5 x 6,5	2	7	2	0	6	1 5,72	4,5 + 0,1	4,1 + 0,1	2,2 + 0,1	1,3 + 0,1
5 x 7,5	2	7	2	0	9	1 8,57	5,5 + 0,1	5,6 + 0,1	2,2 + 0,1	1,3 + 0,1
5 x 9			2	0	2	2 1,63	7 + 0,2	6,6 + 0,1	2,2 + 0,1	1,3 + 0,1
6 x 7,5	7	2	0	8	9	1 8,57	5,1 + 0,1	6 + 0,3	2,6 + 0,1	1,7 + 0,1
6 x 9	7	2	0	8	2	2 1,63	6,6 + 0,1	7,5 + 0,1	2,6 + 0,1	1,7 + 0,1
6 x 11			0	8	8	2 7,35	8,6 + 0,2	9,5 + 0,2	2,6 + 0,1	1,7 + 0,1
8 x 9	2	0	8		2	2 1,63	6,2 + 0,2	7,5 + 0,2	3 + 0,1	1,7 + 0,1
8 x 11	2	0	8		8	2 7,35	8,2 + 0,2	9,5 + 0,2	3 + 0,1	1,7 + 0,1
8 x 13			8		2	3 1,43	10,2 + 0,2	11,5 + 0,2	3 + 0,1	1,7 + 0,1
10 x 11	0	8	8		8	2 7,35	7,8 + 0,2	9,1 + 0,2	3,4 + 0,2	2,1 + 0,1
10 x 13	0	8	8		2	3 1,43	9,8 + 0,2	11,1 + 0,2	3,4 + 0,2	2,1 + 0,1
10 x 16			8		5	4 3,08	12,8 + 0,2	14,1 + 0,2	3,4 + 0,2	2,1 + 0,1

Sprega I vrijedi kada segmentno pero kao dosjedni klin prenosi moment okretanja.

Sprega II vrijedi kada segmentno pero služi samo za učvršćenje položaja.

Redu A (visok utor glavine) treba dati prednost. Slaže se s HRN M.C2.060 (DIN 6885) visok oblik.

Red B (nizak utor glavine) slaže se s HRN M.C2.062, (DIN 6885) visok oblik za alatne strojeve.

Literatura

1. Androić B., Dujmović D., Džeba I.: Metalne konstrukcije 1 – Eurocode; Institut građevinarstva Hrvatske, 1994.
2. Böge A.: Handbuch Maschinenbau – Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik, 20. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
3. Böge A.: Vieweg Handbuch Maschinenbau – Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik, 18. Auflage; Vieweg, 2007.
4. Carvill J.: Mechanical Engineer's Data Handbook; Butterworth-Heinemann, 2003.
5. Childs P.: Mechanical Design, 2nd Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
6. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 2. izdanje; Tehnička knjiga, 1987.
7. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 3. izdanje; Golden marketing - Tehnička knjiga, 2006.
8. DIN – Deutsches Institut für Normung: Klein Einführung in die DIN-Normen, 14. Auflage; B.G.Teubner – Beuth, 2008.
9. Elčić Z., Grubješić N., Kostelić A., Mađarević B., Oberšmit E., Račić V., Sentić B., Skalicky B., Vojta D.: Praktičar 3 – Strojstvo 2; Školska knjiga, 1973.
10. Fleischer B., Theumert H.: Entwickeln Konstruieren Berechnen – Komplexe praxisnahe Beispiele mit Lösungsvarianten, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
11. Grote K.-H., Feldhusen J.: Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 22. Auflage; Springer, 2007.
12. Hall A. S. Holowenko A. R., Laughlin H. G.: Schaum's Outline of Theory and Problems of Machine Design; McGraw-Hill, 1968.
13. Hering E., Schröder B.: Springer Ingenieurtabellen; Springer, 2004.
14. Jelaska D.: Elementi strojeva – skripta za studente Industrijskog inženjerstva; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2005.
15. Klebanov B. M., Barlam D. M., Nystrom F. E.: Machine Elements – Life and Design; CRC Taylor & Francis Group, 2008.
16. Kraut B.: Strojarski priručnik, 9. izdanje; Tehnička knjiga, 1988.
17. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook, 2nd Edition; Wiley, 1998.
18. Lingaiah K.: Machine Design Databook, 2nd Edition; McGraw-Hill, 2002.
19. Messler R. W.: Integral Mechanical Attachment – A Resurgence of the Oldest Method of Joining; Butterworth-Heinemann, 2006.
20. Messler R. W.: Joining of Materials and Structures From Pragmatic Process to Enabling Technology; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
21. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Becker M., Vošiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Interaktive Formelsammlung auf CD-ROM, 8. Auflage; Vieweg, 2006.
22. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Vošiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Aufgabensammlung – Aufgaben, Lösungshinweise, Ergebnisse, 14. Auflage; Vieweg, 2007.
23. Norton R. L.: Machine Design – An Integrated Approach, 3rd Edition; Prentice Hall, 2006.
24. Oberg E., Jones F. D., Horton H. L., Ryffel H. H.: Machinery's Handbook 27th Edition; Industrial Press, 2004.
25. Oberg E., Jones F. D., Horton H. L., Ryffel H. H.: Machinery's Handbook 28th Edition; Industrial Press, 2008.
26. Pandžić J., Pasanović B.: Elementi strojeva – udžbenik s DVD-om za 2. razred tehničkih škola u području strojarstva i brodogradnje; Neodidacta, 2008.
27. Parmley R. O.: Machine Devices and Components Illustrated Sourcebook; McGraw-Hill, 2005.
28. Podrug S.: Elementi strojeva – predavanja za stručni i preddiplomski studij brodogradnje; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2008.
29. Podhorsky R.: Tehnička enciklopedija, svske 1÷13; Leksikografski zavod, 1963÷1997.
30. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 2nd Edition; McGraw-Hill Professional, 1996.

31. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 3rd Edition; McGraw-Hill Professional, 2004.
32. Smith E. H.: Mechanical Engineer's Reference Book 12th Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
33. Smith R., Mobley R. K.: Industrial Machinery Repair - Best Maintenance Practices Pocket Guide; Butterworth-Heinemann, 2003.
34. Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1 – Grundlagen der Berechnung und Gestaltung von Maschinenelementen, 7. Auflage; Springer, 2008.
35. Timings R.: Newnes Workshop Engineer's Pocket Book; Newnes, 2000.
36. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi I, 10. izdanje; Naucna knjiga, 1990.
37. Whitney D. E.: Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development; Oxford University Press, 2004.
38. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Lehrbuch und Tabellenbuch – Normung, Berechnung, Gestaltung, 19. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.