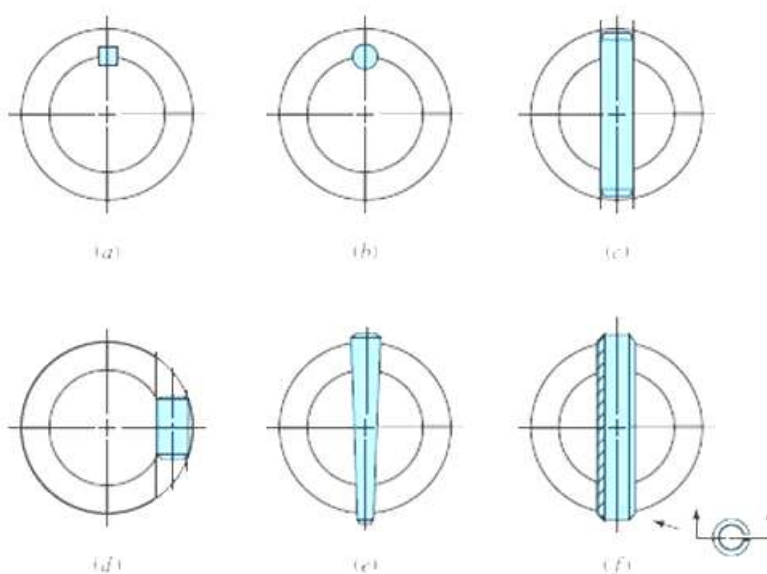




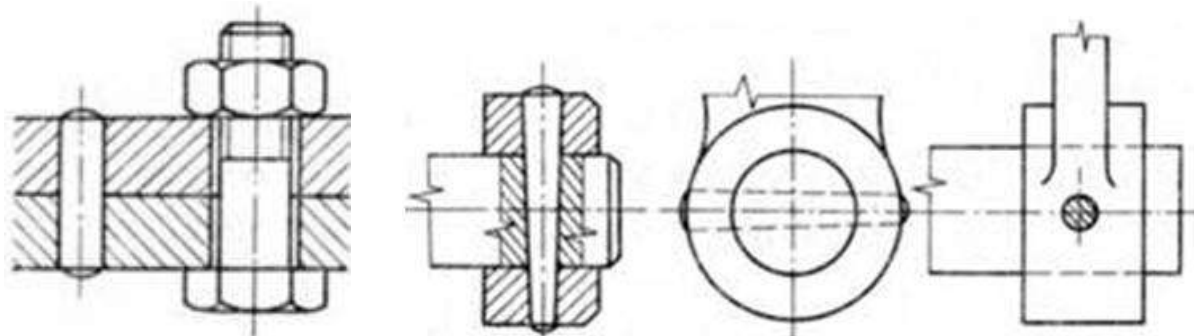
Spojenie hriadeľa s nábojom

Kolíky a perá

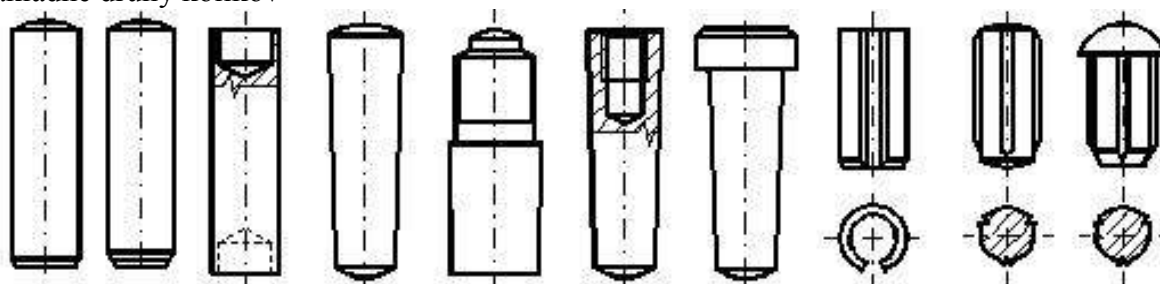
Kolíky a perá sa používajú na hriadeľoch na zaistenie rotujúcich prvkov, ako sú ozubené kolesá, kladky alebo iné kolesá. Perá sa používajú na umožnenie prenosu krútiaceho momentu z hriadeľa na prvok uložený na hriadeľi prostredníctvom náboja. Kolíky sa používajú na vzájomné polohovanie častí súčiastok, prenos krútiaceho momentu, alebo ako poistné komponenty. Obrázok zobrazuje rôzne typy prevedenia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou perá alebo kolíka.



Kolíky sú vhodné pre také prípady keď je hlavné zaťaženie v šmyku. Kužeľové kolíky sa dimenzujú podľa priemeru na väčšom konci.



Základné druhy kolíkov



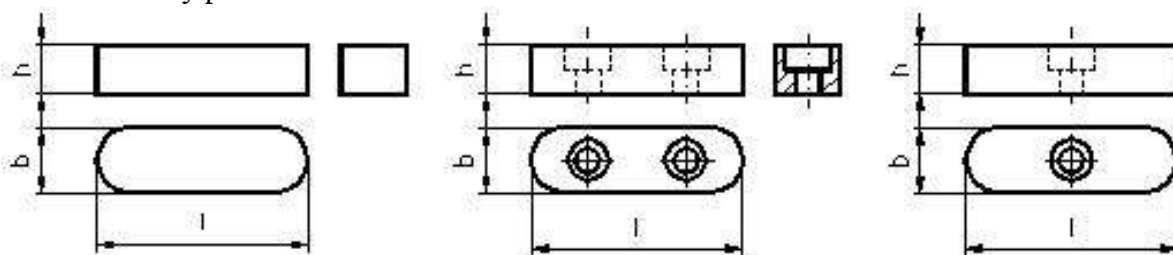


Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

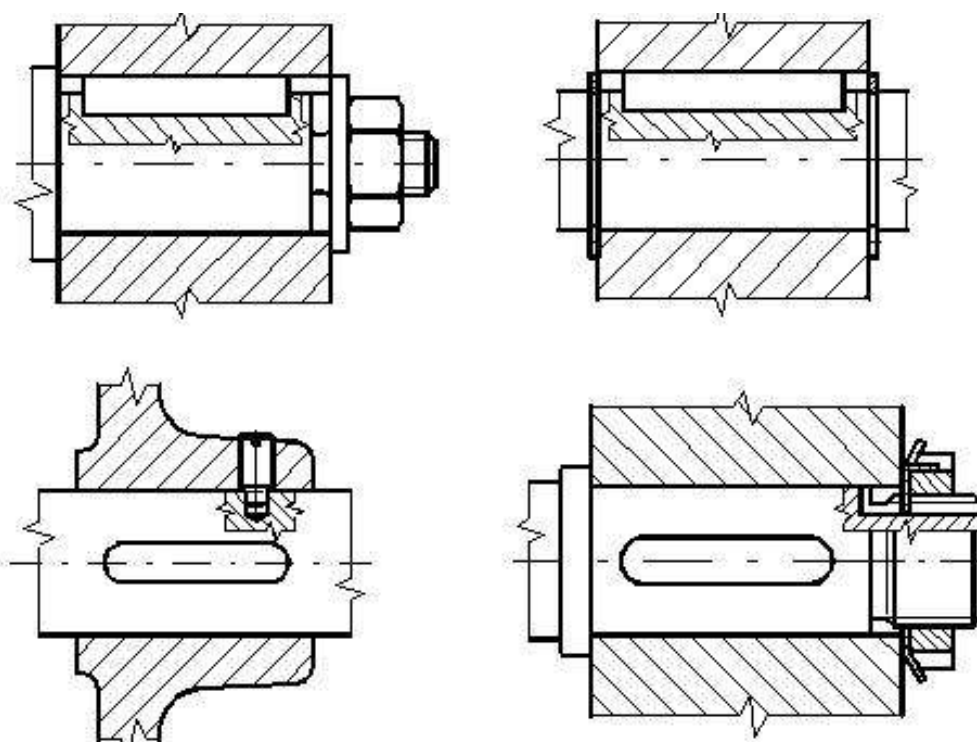
Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

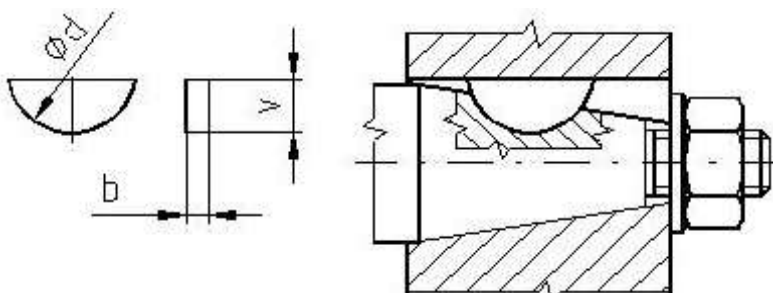
Základné druhy pier



V prípade použitia tesného pera je nutné zabezpečiť axiálne poistenie spoja. Niektoré základné spôsoby sú na nasledujúcich obr.



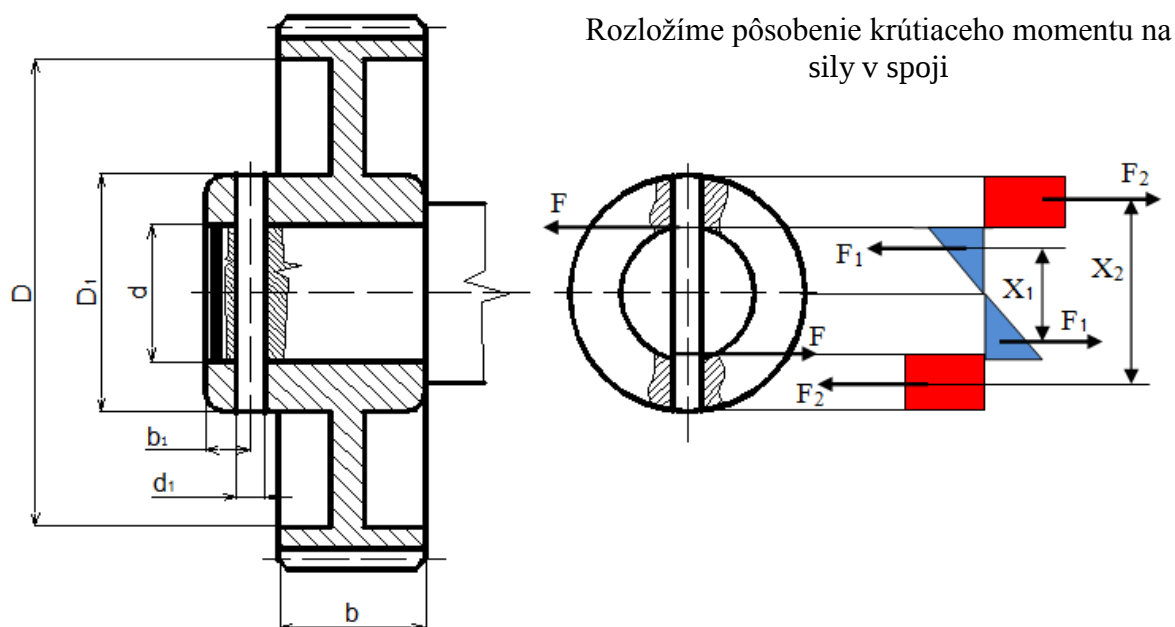
Aplikácia kotúčového pera značne oslabuje prierez hriadeľa. Preto je vhodnejšie ho použiť pre spájanie kuželových čapov hriadeľov s nábojom.





Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou kolíka

A.) Pričný kolík



I

Rozklad zaťažujúceho krútiaceho momentu na sily v spoji:

$$M_k = F \cdot d = F_1 \cdot X_1 = F_2 \cdot X_2$$

A1. Namáhanie kolíka v strihu

d- priemer hriadeľa [mm]

d₁ – priemer kolíka [mm]



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Namáhanie kolíka v tlaku – odtlačenie kolíka

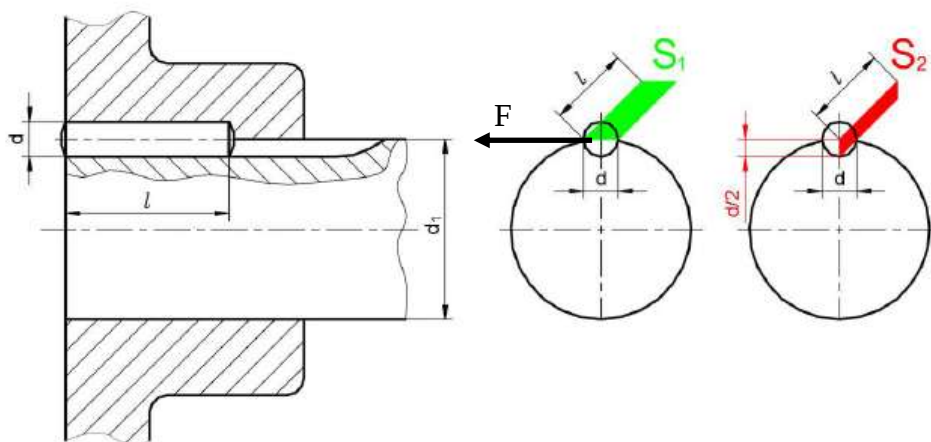
A2. Oblasť odtlačenia (modrá farba na obr.) *kolík - hriadeľ*.

A3. Oblasť odtlačenia (červená farba na obr.) *kolík - náboj*.

Oblasť tlaku je linearizovaná.



B.) Pozdĺžny kolík



B1. Namáhanie na strih (zelená oblasť)

d - priemer kolíka [mm]

l - dĺžka kolíka [mm]

d_1 - priemer hriadeľa [mm]

B2. Namáhanie na odtláčenie

Oblasť odtláčenia (červená farba na obr.) **kolík – hriadeľ, alebo kolík - príruba.**



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

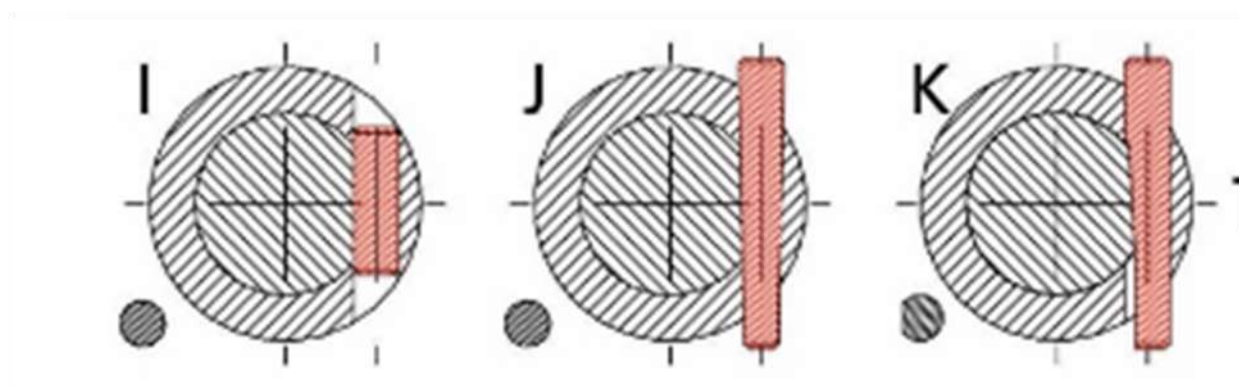
Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou tangenciálneho kolíka

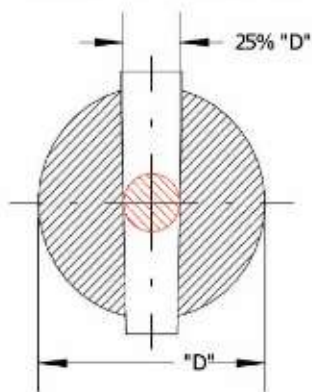
Aplikácia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou tangenciálneho kolíka je vhodná pre zariadenia s nízkymi otáčkami, prenášajúcimi stredne veľký krútiaci moment. Výhodou oproti pričnému kolíku je menšie oslabenie prierezovej plochy hriadeľa.

Výhodou je aj zníženie koncentrácie napätia, ale nevýhodou je nevyváženosť celého spojenia.

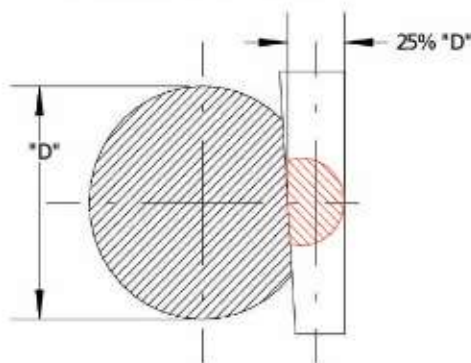
Tangenciálny kolík je možné vyhotoviť v rôznych prevedeniach ako to zobrazujú obr. Kolík ktorý je umiestnený tangenciálne, môže byť valcový alebo kužeľový. Existujú technické prevedenia, kde miesto kolíka je použitá skrutka, alebo kužeľový kolík so závitom. Kolík ktorý je použitý môže mať prierez kruhový alebo prierez kruhového odseku.



31.5% Shaft
Area Reduction



7.2% Shaft
Area Reduction



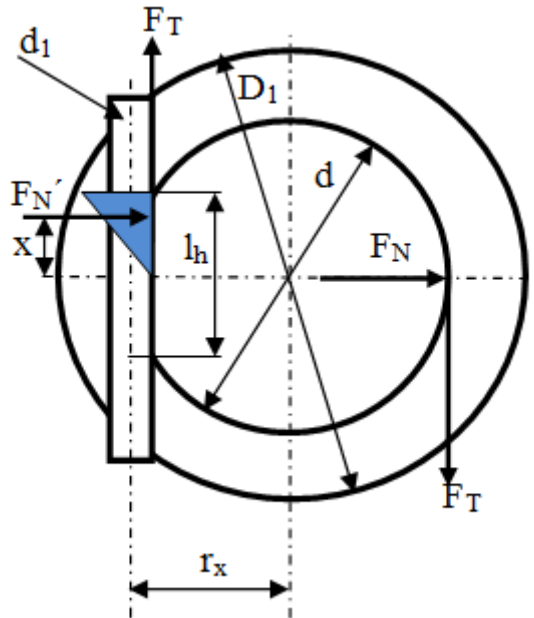


Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Ak pre vyhotovenie tangenciálneho kolíkového spojenia bude použitý kužeľový kolík. Kužeľový kolík vytvorí rozpernú silu a spoj sa správa ako spoj s klinom obr.



Kužeľový kolík – kombinácia trenia a tvarového prenosu medzi hriadeľom – kolíkom a nábojom

Únosnosť spoja sa stanoví:



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Za predpokladu rovnosti normálovej sily medzi kolíkom a hriadeľom, hriadeľom a nábojom $F_N = F_N'$, za predpokladu rovnosti súčiniteľov trenia medzi kolíkom a hriadeľom, hriadeľom a nábojom $f' = f$, a predpokladu že $(r_x - d_1/2) \approx d/2$, je možné rovnicu upraviť nasledovne:

$$M_k = F_N \cdot f \cdot d + F_N \cdot x$$

Vzdialenosť x pôsobiska sily určíme z geometrickej podmienky, kedy poloha pre kolík je vytvorená tak, že os kolíka je totožná s maximálnou vzdialenosťou od stredu hriadeľa čo predstavuje vzdialenosť $d/2$, t.j. $r_x = d/2$.

Potom dĺžka kolíka v hriadeľi l_h sa určí z pravouhlého trojuholníka:

$$\frac{l_h}{2} = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - \frac{d_1}{2}\right)^2}$$

Pôsobisko x sily F_N bude:

$$x = \frac{2}{3} \cdot \frac{l_h}{2} = \frac{l_h}{3}$$

Po dosadení a úprave dostávame pre únosnosť spoja s tangenciálnym kužeľovým kolíkom vzťah:

$$M_k = F_N \cdot \left(f \cdot d + \frac{l_h}{3}\right)$$

Sila potrebná pre narazenie kužeľového kolíka bude:

$$F_z = F_N \cdot \tan(\alpha + \varphi) + F_N \cdot \tan \varphi$$

α – uhol kužeľovitosti kolíka, normalizovaná hodnota kužeľovitosti je 1:50,

φ – trecí uhol medzi kolíkom a nábojom,

p_D – dovolené napätie v tlaku [MPa].

$$F_{Nmax} = d_1 \cdot l \cdot p_D$$

Maximálna narážacia sila

$$F_{zmax} = S \cdot R_e = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot R_e$$



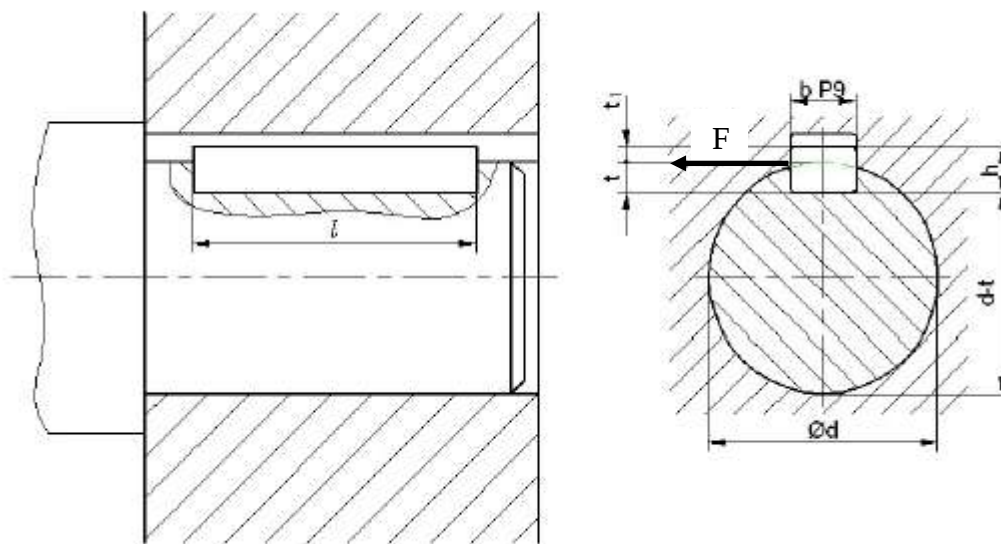
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Návrh spojenia hriadeľa s nábojom pomocou perá

Návrh perá sa vždy realizuje pomocou ST alebo noriem, lebo rozmery perá sú priradené k rozmerom hriadeľa. Pero sa následne len kontroluje.



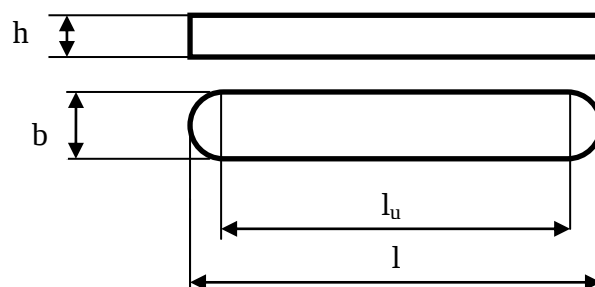
Základné rozmery pera

b - šírka pera [mm]

l - dĺžka pera [mm]

h - výška pera [mm]

l_u - užitočná dĺžka pera [mm], $l_u = l - b$



Namáhanie pera na strih



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

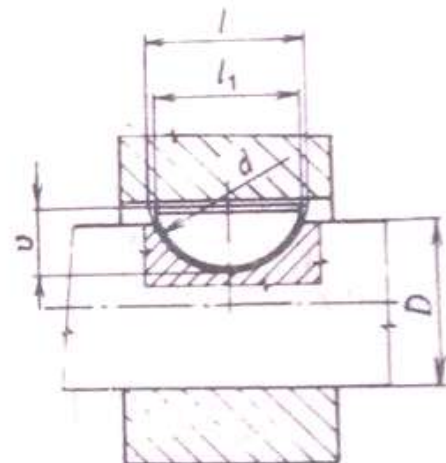
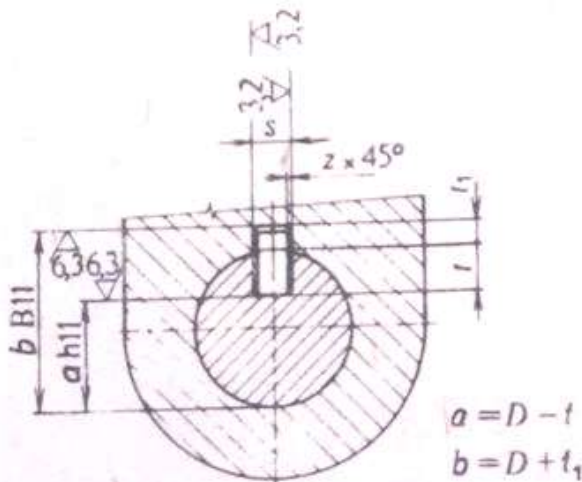
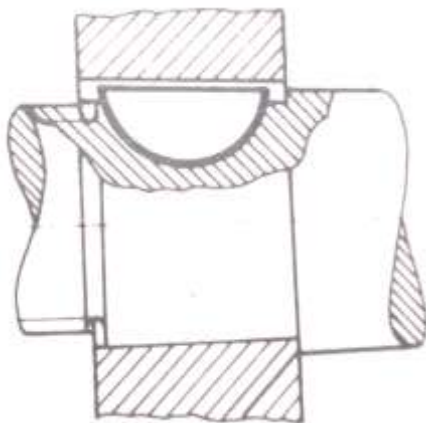
Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Namáhanie pera na odtlačenie

Plocha odtlačenia *pero* – *hriadeľ*, *pero* – *náboj*.

Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou kotúčového pera

Pri návrhu kotúčového (Woodrufového, úsečového) pera vychádzame z normy alebo ST. Rozmery pera sú priradené rozmerom hriadeľa.





Namáhanie pera na strih

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_D$$

Strihová plocha

$$S = l_1 \cdot s$$

Výsledné napätie

$$\tau = \frac{2 \cdot M_k}{D \cdot s \cdot l_1} \leq \tau_D$$

Namáhanie pera na odtlačenie

Plocha odtlačenia *pero – hriadeľ*, *pero – náboj*.

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D$$

p – hodnota tlaku (max. hodnota je p_D) - – použijeme na porovnanie nižšiu z dovolených hodnôt podľa materiálu hriadeľa, alebo náboja

Plocha náboj – pero:

$$S = l_1 \cdot (v - t)$$

Plocha hriadeľ – pero:

$$S = \frac{1}{2} r^2 \left[\frac{\pi}{180^\circ} \cdot \alpha - \sin \alpha \right] = \frac{1}{2} \frac{d^2}{4} \left[\frac{\pi}{180^\circ} \cdot \alpha - \sin \alpha \right]$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{l_1}{d} \Rightarrow \alpha = 2 \cdot \arcsin \frac{l_1}{d}$$



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

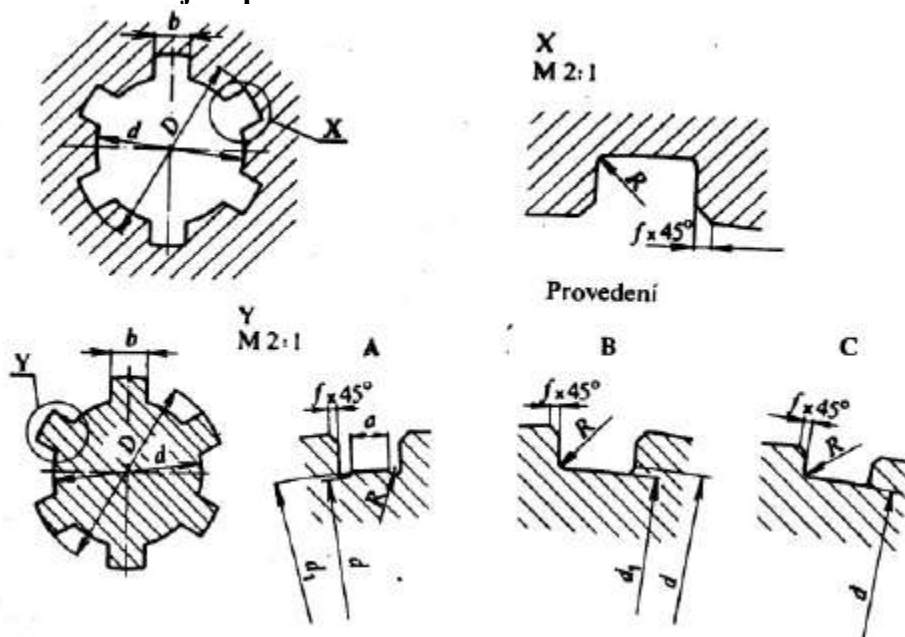
Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

z	ob11	d11	z	l	a	Pre priemer d		d	f
						nač	do		
3	3,7	10	9,65	9	0,20	10	12	2,7	1,1
	5	13	12,6	11,8				4	
	6,5	16	15,7	15				5,5	
4	5	13	12,6	11,8		12	17	3,5	1,7
	6,5	16	15,7	15				5	
	7,5	19	18,6	17,5				6	
5	6,5	16	15,7	15		17	22	4,5	2,2
	7,5	19	18,6	17,5				5,5	
	9	22	21,6	20,5				7	
6	9	22	21,6	20,5	0,4	22	30	6,5	2,7
	10	25	24,5	23				7,5	
	11	28	27,3	26,5				8,5	
	13	32	31,4	30				10,5	
8	11	28	27,3	26,5		30	38	8	3,2
	13	32	31,4	30				10	
	15	38	37,1	36				12	
	16	45	43,1	41				13	
10	16	45	43,1	41		38	44	13	
	19	65	59,1	58				16	
	24	80	73,3	70,5				21	
12	19	65	59,1	58		44	50	16	
	24	80	73,3	70,5				21	

Pero	Materiál	1. doplnková číslica	Medzné odchýlky šírky pera	2. doplnková číslica
bez skosených koncov	11 600	1	e7	1
so skosenými koncami	14 240	2	d9	2

Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou drážkovania





Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

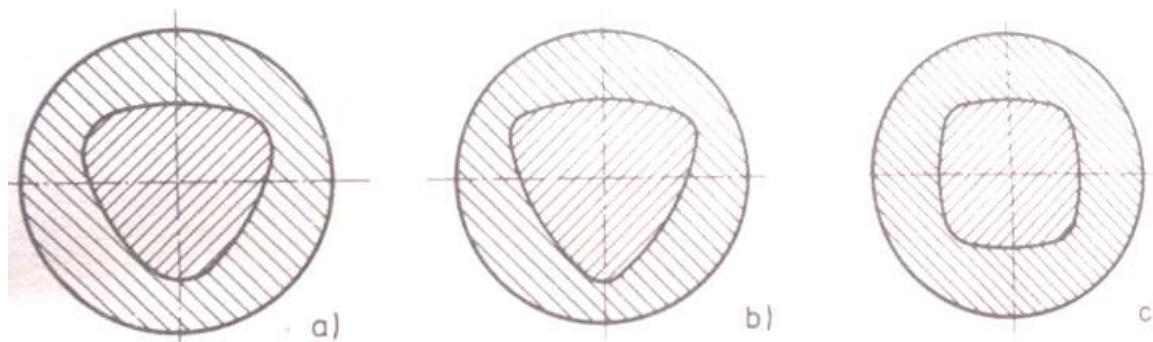
Podmienka na odtlačenie medzi hriadeľom a nábojom

z – počet drážok

ψ – koeficient rovnomernosti zaťaženia – $\psi < 1$, zvyčajne $\psi = 0,75$

Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou polygonového tvaru

Výhodu rýchlej montáže a demontáže náboja na hriadeľ ponúkajú riešenia pomocou polygonových hriadeľových čapov. Základné druhy sú na nasledujúcich obr. Označované ako PB, PC3 a PC4. Profily PC3 a PC4 sú schopné prenášať veľké krútiace momenty aj pri posuvnom uložení náboja voči hriadeľu.



Pri návrhu vychádzame z podmienky ohybového momentu alebo krútiaceho momentu:



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Pre $D > 35\text{mm}$

$$s = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{M_k}{b \cdot \sigma_D}}$$

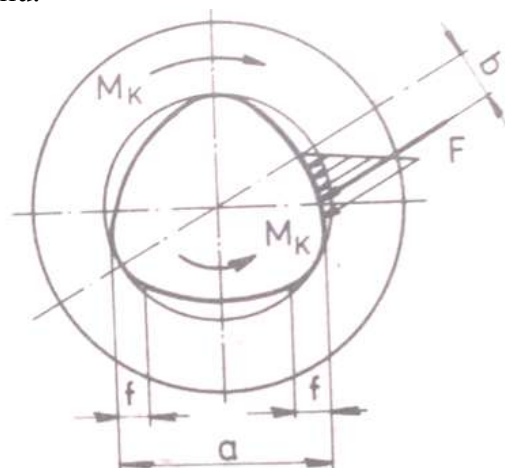
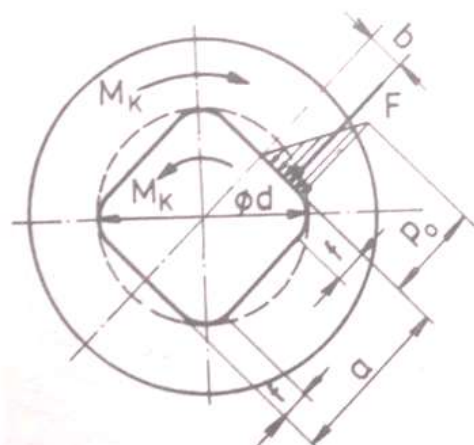
Minimálna hrúbka náboja pre profil PC4:

$$s = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{M_k}{b \cdot \sigma_D}}$$

σ_D – dovolené napätie v ťahu

b – šírka náboja

Prepokládame, že spojenie je bez vôle a bez predpätia a zaťažujúci krútiaci moment vyvodí napätie na otláčenie na polovici každej strany profilu.



$$M_k = \frac{1}{2} \cdot p_o \cdot \frac{a - f}{2} \cdot l \cdot z \cdot b$$

Kde:

$a - f$ – zrazenie a zaoblenie hrán profilu, $f = 0,1a$

b – rameno výsledného tlaku

l – funkčná dĺžka

z – počet strán hranola

Po zohľadnení koeficienta maximálneho napätia v spoji $k = 1,3-2$, $p_{\max} = p_o \cdot k < p_D$

Dostávame výsledný vzťah pre určenie dĺžky spojenia:



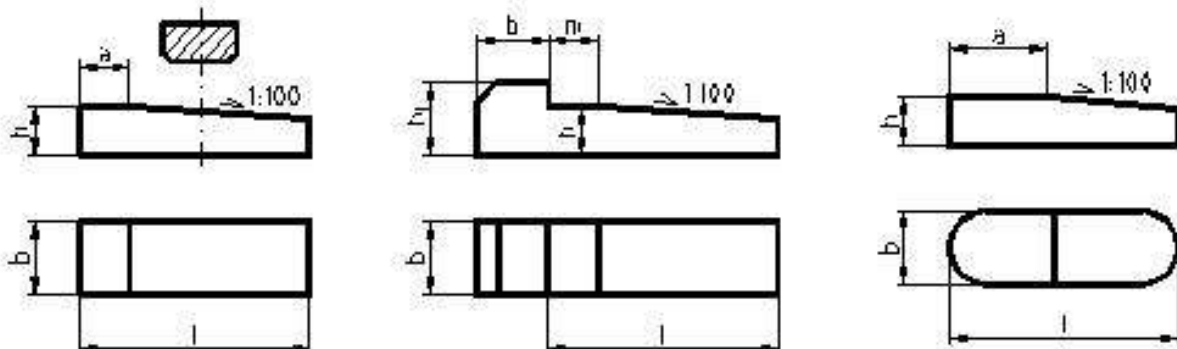
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

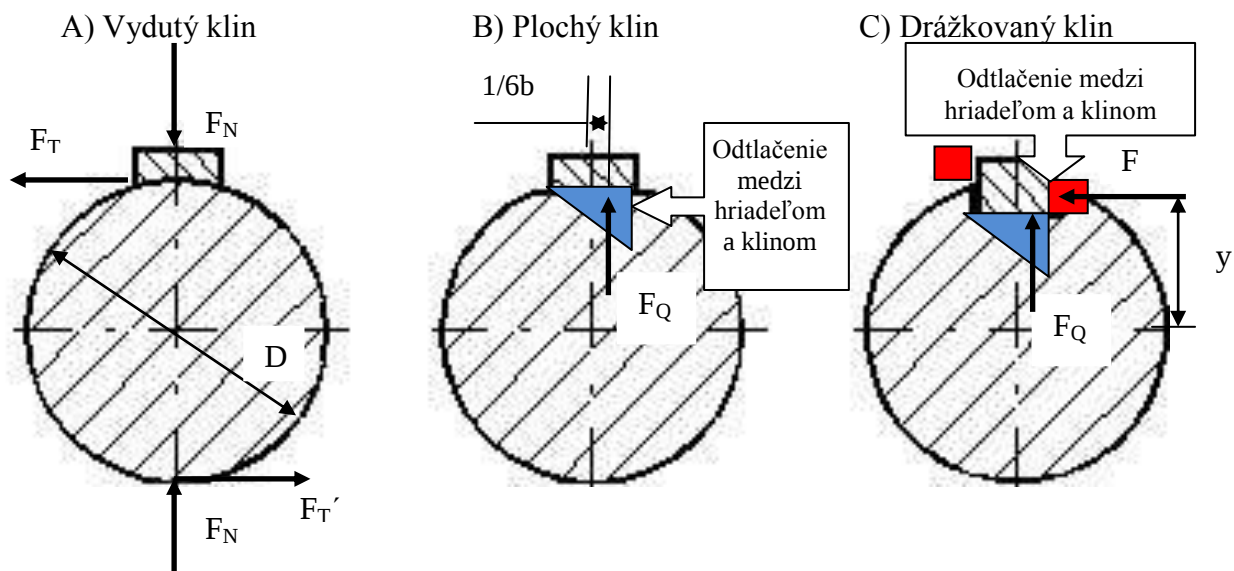
Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Spojenie hriadeľa s nábojom pomocou klina

Druhy spojovacích klinov



Typy prevedenia spojenia hriadeľa s nábojom pomocou klina



A) Vydutý klin – len trecia sila medzi hriadeľom- klinom a nábojom

Základná podmienka únosnosti

$$M_k \leq M_T$$

M_k – zaťažujúci krútiaci moment [Nm]

M_T – trecí moment [Nm]

Trecí moment v spoji



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 5

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

f - koeficient trenia medzi hriadeľom a klinom

f' - koeficient trenia medzi hriadeľom a nábojom

Ak $f = f'$ potom výsledný trecí moment:

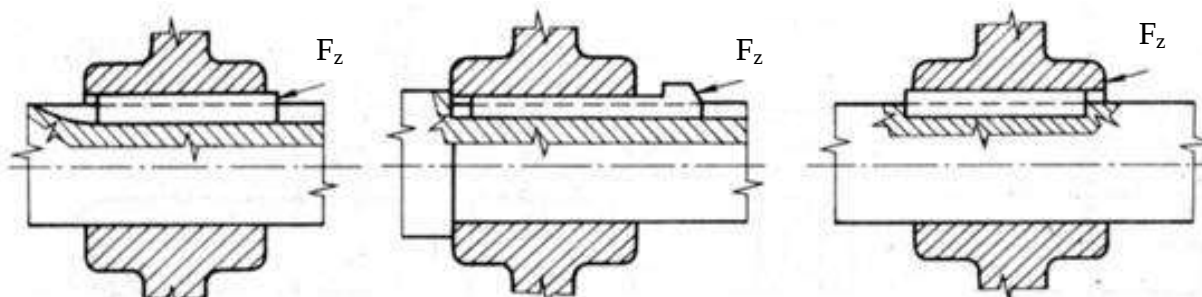
B) Plochý klin – kombinácia trenia a tvarového prenosu medzi hriadeľom – klinom a nábojom

Únosnosť spoja

C) Žliabkový klin - kombinácia trenia a tvarového prenosu pomocou žliabku medzi hriadeľom – klinom a nábojom

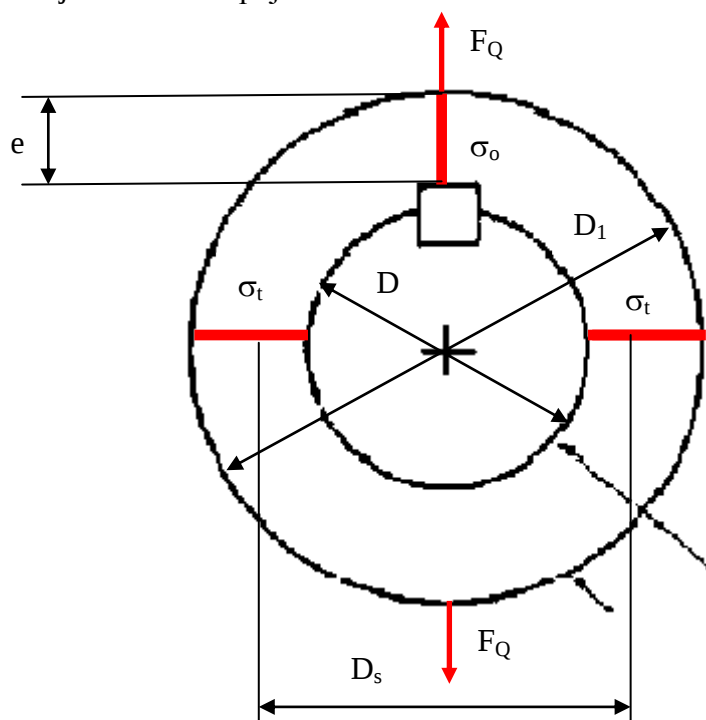
Únosnosť spoja

Ak je p' - tlak medzi hriadeľom a klinom a nábojom a klinom potom



Sila vrazenia klina

Namáhanie naboja klinového spoja





$$\sigma_t = \frac{F_Q}{(D_1 - D) \cdot l}$$

l – dĺžka náboja

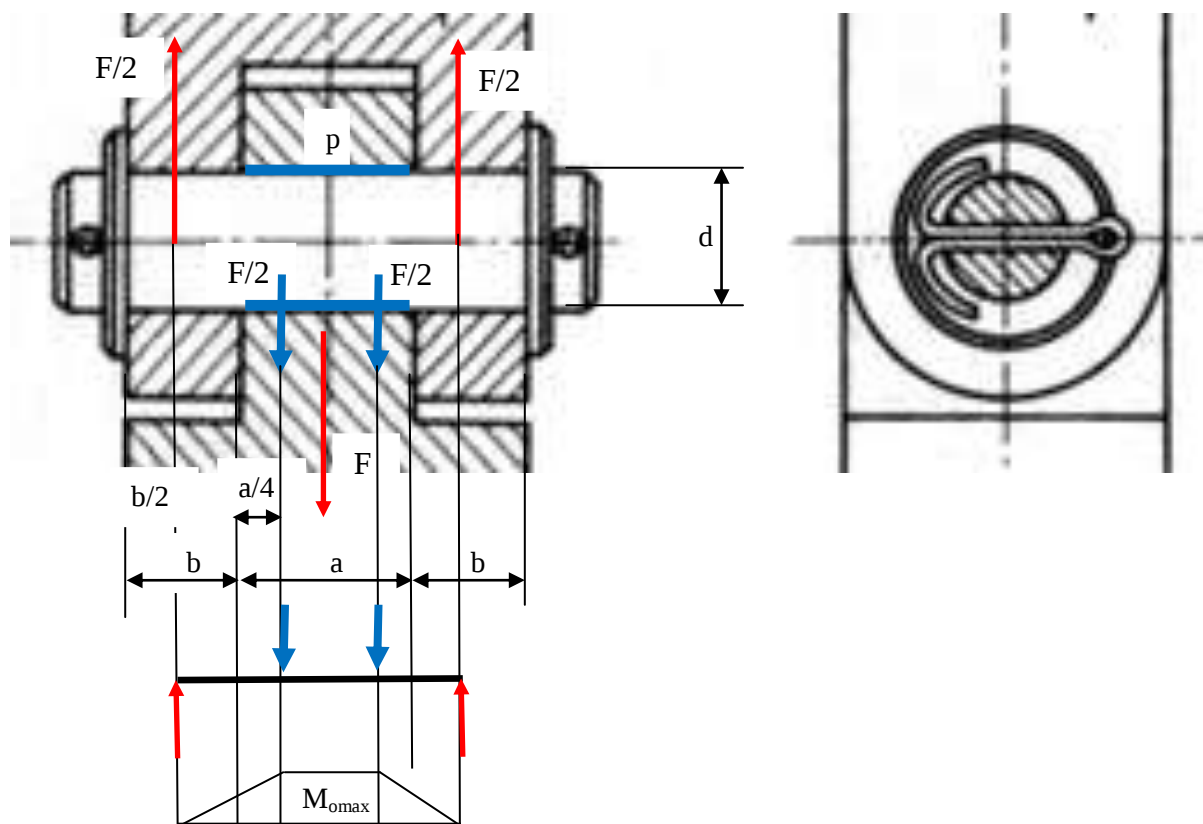
$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{1}{6} \cdot e^2 \cdot l}$$

Ak bude vôľa medzi hriadeľom a nábojom potom:

$$M_o = \frac{F_Q \cdot D_s}{4}$$

Ak bude presah medzi hriadeľom a nábojom potom:

$$M_o = \frac{F_Q \cdot D_s}{8}$$



Ohybový moment

$$M_{omax} = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{a}{4} \right)$$

1. *Namáhanie na ohyb*

2. *Namáhanie na odtlačenie*

$p_D = 15\text{MPa}$ – dovolená hodnota pre kývavý pohyb

$p_D = 60\text{MPa}$ - dovolená hodnota bez vzájomného pohybu

3. *Namáhanie na strih*