

HRIADEĽOVÉ SPOJKY

Hriadeľové spojky majú za úlohu spojiť dva hriadele a za rotačného pohybu medzi nimi prenášať ZKM. Vôzko hriadeľov vytvorená spojka môže byť ťvrdá, tuhá, pružná, el. magn., hydraul., pneumat. a pod..

Podľa spôsobu prenosu ZKM spojky delíme na:

- A) Mechan. sp. neovládané - nepružné (pevné, dilatčné)
- pružné (lineárne, nelín.)
- B) Mechan. sp. ovládané - výsuvné, pástne, rozbeč., voľnob.

PEVNÉ SPOJKY

URČENIE VEĽKOSTI PEVNÝCH SPOJOK

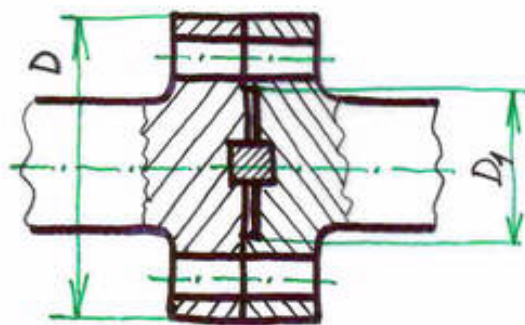
Veľkosť pevnej spojky sa najčast. určuje pomocou prevádzk. súč. - K - na zákl. nasledovn. vzť.

$$M_s = K \cdot M_k$$

príčom hodn. prevádzk. súč. záv. od pouz. hmot. a pohán. str., pohyb. sa $K = 1.2 \div 5.3$

V príp. pouz. spaľov. motorov, piestových zariadení a kompresorov je potrebné veľkosť spojky určiť (pôjde o pástovú spojku) podrobným výpočtom torznej odolnosti.

CHARAKTERISTIKA PEVNEJ SPOJKY



Konstr. pevnej sp. neumožňuje žiaden axiálny a radiálny posuv, preto spájané hriadele musia byť bezpodm. súosé. Najčast. používa pevná sp. je spojka prírubová. Príraby sú na hriadeľi privar., naličov. alebo sú vytvárané spolu s hriadeľom. Spojku počítame (dimenzujeme) tak, aby pre-

lu s hriadeľom. Spojku počítame (dimenzujeme) tak, aby pre-

nášala moment spojky - M_s - trením v dosad. plochácku prírub.
Potom platí $M_s \leq M_T$, pričom trecí mom. závis. od trec.
cei sily a str. tr. polom

$M_T = F_T \cdot R_s$, kde tr. sila je závislá od norm.
sily a súč. trenia, ktorá je vyvad. škr. spojením zatiaľ. tá-
hom, potom $F_T = F_N \cdot f = n \cdot S_j \cdot G_{td} \cdot f$

Dosadením a úpravou dostávame $M_T = n \cdot S_j \cdot G_{td} \cdot f \cdot R_s$

$$M_s \leq n \cdot S_j \cdot G_{td} \cdot f \cdot R_s \Rightarrow \text{prierez jadra škrutky}$$

$$S_j \geq \frac{M_s}{n \cdot f \cdot R_s \cdot G_{td}} \quad \text{pričom: } n - \text{počet škr.} \\ f - \text{súč. tr., } R_s = \frac{D + d_1}{2}$$

Prenos premenliv. ZKH, príp. rôzového, neda sa počítať len
na zákl. trenia, spojov. škr. budú namaľ. strihom. Aby
eme sa tomu mohli vyhnúť, vkladáme medzi príruby prieč-
né pero. Drie škr. bude okrem toho ličovaný alebo ku-
želový. Aj naprieč priečn. peru musíme škr. kontr.
na strih.

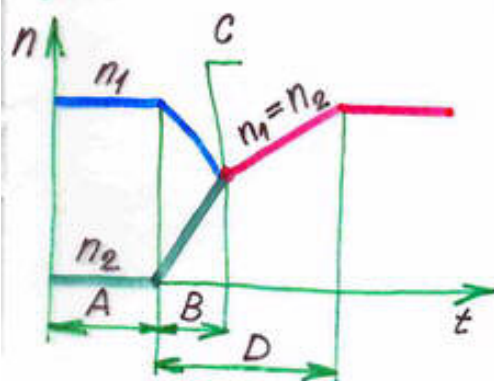
$$\xi_s = \frac{F}{S_s} \leq \xi_{sd} \quad \text{pričom } M_s = F \cdot R_s \quad \text{potom}$$

$$\xi_s = \frac{M_s}{R_s \cdot S_s \cdot n} \leq \xi_{sd}$$

Spojky kotúčové sú vyvinuté zo škr. prírubovej. Skladá
sa z dvoch kotúčov, ktoré sú väčš. nalízan. na koniec
hriad. a poist. tesným perom. Kotúče sú väčšinou vzáj.
spojené pem. škr. s predpätím. Pri pren. premenliv. ZKH
alebo rôzového škr. sú ličované alebo majú kuže-
lový driek.

VÝSUVNÉ TREČIE SPOJKY

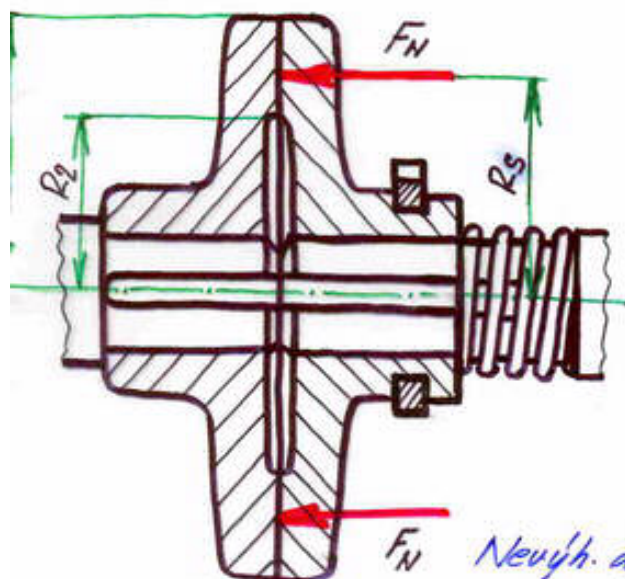
Trečie sp. umožňujú ľahké zapln. a vypínanie za chodu. Sú výhodné, lebo dovoľajú plynulý rozbeh, reverzovanie okodov a poistenie proti pretáženiu. Ich nevýhodou je opotr. trečích plôch, zahrievanie a vyžad. sa pomerne veľká súosov. hriada.



Na uved. obr. je vyznač. časový priebeh otáčok hnač. a klan. hriad. trečej výs. spojky.

A - vypnutá sp., B - doba zapln. sp.,
C - úplne zapnutá sp. (bez sklzu),
D - doba rozb. hnan. hriad.

Medzi jednod. trečie spojky patrí sp. kotúčová s jednou tr. plochou. Pozostáva z dvoch kotúčov, jednému z nich je umožnený axiálny pohyb, v dôsledku čoho sa spojenie môže prerušiť a opäť obnoviť. Priťah. sa realizuje pružinou odd. danú spoločne s kotúčom páčkovým vypínacím mechanizmom.



Priťah. kotúčov k sebe normálovou silou F_N vzniká tr. sila F_f a tým aj treč. mom.

M_T , ktorým prenáš. ZK H M_k

$$|M_T \geq M_k| \Rightarrow M_T = k \cdot M_k$$

$$M_T = F_f \cdot R_s = F_N \cdot f \cdot R_s; \quad R_s = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$$F_N \cdot f \cdot R_s = k \cdot M_k$$

$$F_N = \frac{k \cdot M_k}{R_s \cdot f};$$

Nevýh. daných sp.: veľké rozm., veľké priťah. sily, veľké ax. sily na ložiská. Nevýhody veľkých priťah. síl sa riešia zväčš. počtu priťah. plôch - trečie sp. lamelové.

Treťí mom. prenáš. tr. lamel. spojky bude

$$M_T = k \cdot M_k$$

$$i \cdot f \cdot F_N \cdot R_s = k \cdot M_k$$

$$\underline{F_N = \frac{k \cdot M_k}{i \cdot f \cdot R_s};}$$

kde i - počet tr. lamiel

Na mater. tr. plochu sa kladú veľké požiad. Vyžaduje sa od nich odolnosť proti opotrebov., veľký koef. trenia a jeho nezávisl. od teploty. Najčast. použ. mat. sú: liatina-liatina $f = 0,15 \div 0,25$; ocel-bronz $f = 0,15 \div 0,2$; ocel-azbest $f = 0,3 \div 0,4$; ocel-korok $f = 0,36$.

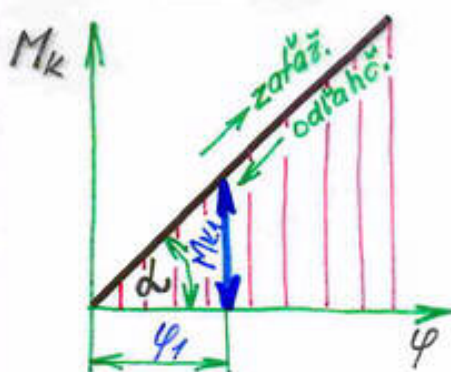
PRUŽNÉ SPOJKY

Pružné spojky odstraňujú nevýh. nepružných spojení hriadeľov:

- spojka vyrovnáva osové, radiálne i uhlové nesúosovosti hriadeľ.
- spojka znižuje a tlmi rázy a náhle zmeny ZKM,
- vhodnou veľkosťou pružných elementov možno dosiahnuť posunutie kritických otáčok, odstrániť rezonanciu v edst. a tým zabrániť vzniku nežezp. torzného kmitania.

CHARAKTERISTIKA SPOJKY

Charakterist. pr. spojky nazývame čiaru, ktorá udáva závislosť ZKM - M_k od uhla pootčenia - φ oboch častí spojky.



Ak závislosť medzi M_k a φ je priamka, potom hovoríme o lineárnej charakt. - lineárnej spojke.

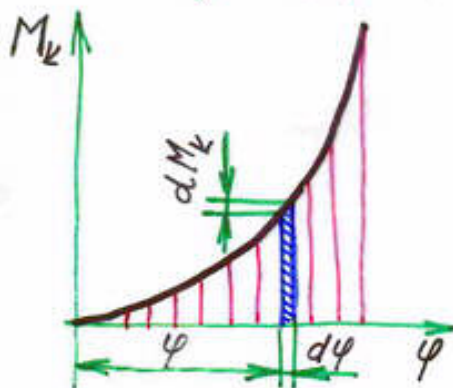
Daná charakt. znázorňuje lineárnu sp. bez tlmenia. Vyšrafovaná plocha predstav. schopnosť akumulácie spojky.

Čelková akumulov. práca je: $\underline{A = M_k \cdot \varphi.}$

Akumul. en. nározu sa po odľahč. odovzdá bez zvršku.

Torzná tuhosť - k - pružnej spojky lineárnej je defin. ako podiel ZKM - M_k - a uhla strúť. - φ - . $tgd = \frac{M_k}{\varphi} = k$.

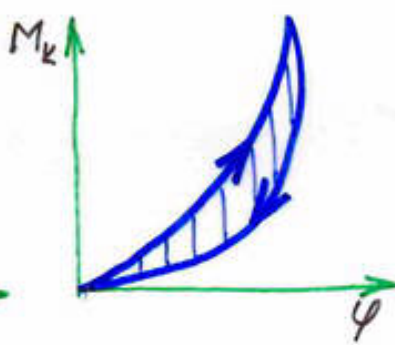
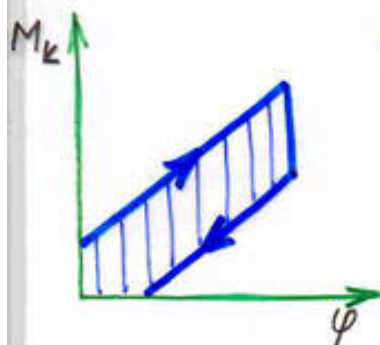
U lineárnych spojok je torzná tuhosť : $k = \text{konšt.}$



Ak závisl. medzi M_k a φ je **krivka**, potom hovoríme o **nelineárnej** charakt. a teda aj o **nelineárnej** spojke.

$$A = \int_0^{\varphi} M_k \cdot d\varphi ; \quad k = \frac{dM_k}{d\varphi}$$

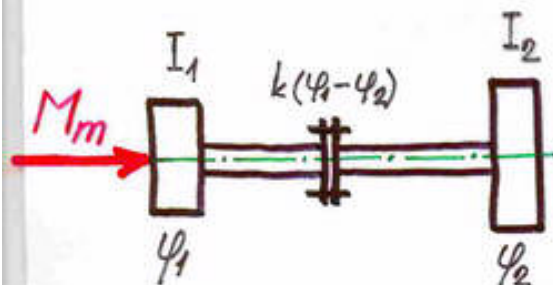
Torzná tuhosť spojky je v **každom bode** **iná**.



Charakteristiky na uved. obr. majú odlišný priebeh pre zaťaž. a odľahč. Časť prived. kinet. en. sa premení na **tepelnú energiu**. Vychýtené plochy predstavujú **energiju pohlt. nú** tlmením. Tlmiace vlastn. sp. sú charakter. krehk. tlmenia-b.

VÝPOČET A NÁVRH PRUŽNÝCH SPOJOK

VÝPOČET VEĽKOSTI ZKM PRENÁŠANÉHO SPOJKOU PRI ŠTARTE A ZASTAVENÍ MECHAN. SÚSTAVY



M_m - hnací moment; všeobecne môžeme - M_m - charakterizovať

$$M_m = M_s + M_d$$

M_s - statický moment, potrebný na pokrytie všetkým odporom,
 M_d - dynamický moment, potrebný na vytvorenie zrýchlenia obidvoch hmot,
 pričom pre rotačnú zložku: $M_{dr} = I_G \cdot \varepsilon = I_G \cdot \frac{\omega}{t} = I_G \cdot \frac{2\pi n}{60 \cdot t}$.

- pre posuvnú zložku: $M_{dp} = \frac{F_d \cdot D_d}{2 \cdot i_c \cdot \eta_c}$; $F_d = m \cdot a = m \cdot \frac{v}{t}$.

Pre pohybové rovnice 2-hmot. sústavy platí

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + k \cdot \varphi_1 = M_m \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - k \cdot \varphi_2 = 0 \end{cases}$$
 Riešením pohyb. rovníc a použitím nasledujúcich substitúcií je možné zo súst. vylúčiť jeden stupeň voľnosti a upraviť na tvar

$$\ddot{\varphi} + k \cdot \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} \cdot \varphi = \frac{M_m}{I_1} \quad \left| \begin{array}{l} \text{kde } I_r = \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2}; \\ \Omega_0^2 = \frac{k}{I_r} = k \cdot \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}; \end{array} \right.$$

Riešenie difer. r. je vyjadrené vzťahom

$$\varphi = A \cdot \sin \Omega_0 t + B \cdot \cos \Omega_0 t + \frac{M_m}{I_1 \cdot \Omega_0^2}, \quad \text{pričom sa integr. konšt. } A, B \text{ určiu z poč. podmienok.}$$

Pre $t=0$ je $\varphi=0$ a $\frac{d\varphi}{dt}=0$.
 Z toho pre uhol skrútenia spojky platí

$$\varphi = \frac{M_m}{I_1 \cdot \Omega_0^2} (1 - \cos \Omega_0 t), \quad \text{následne krúti. mom. prenáš. spoj-} \\ \text{kou môžeme vyjadriť vzťahom}$$

$$M_s = k \cdot \varphi = M_m \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2} (1 - \cos \Omega_0 t), \quad \text{jeho maximálna hodnota pre} \\ \cos \Omega_0 t = -1 \quad \text{je} \quad M_{smax} = \frac{2 \cdot M_m}{1 + \mu} \quad \text{kde } \mu = \frac{I_1}{I_2}.$$

Z uvedeného vzťahu vyplýva, že krútiaci moment zatažujúcej spojky je v tomto príp. nezávislý od jej torznej tuhosti. Je závislý len od pomeru hmotných momentov zotrvačností $\mu = I_1 / I_2$ a je vždy menší ako $2 \cdot M_m$.

V ďalšom predpokl., že v mech. súst. otáčajúcej sa ukladou rýchlosť ω bol náhle zastavený člen 1. Potom kinetická energia kotúča 2 sa musí spotrebovať na deformáciu spojky, kde pre jej maxim. uhol skrúť. φ_{\max} platí

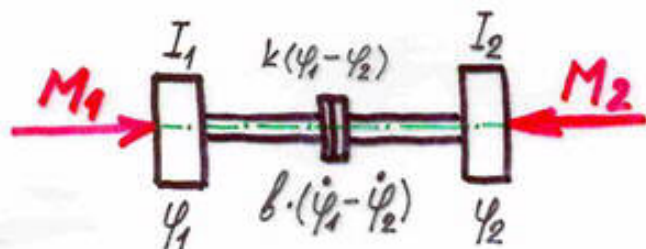
$$\frac{1}{2} k \varphi_{\max}^2 = \frac{1}{2} I_2 \omega^2 \Rightarrow \varphi_{\max} = \sqrt{\frac{I_2}{k} \cdot \omega^2}.$$

Maximálny moment vnačkaný do spojky je potom

$$M_{s\max} = k \cdot \varphi_{\max} = \sqrt{k I_2} \omega.$$

Na základe uveden. vzť. je možné konštat., že zaťaženie spojky pri zastavení sústavy je tým menšie, čím je spojka pružnejšia, to znamená, čím je torzná tuhosť menšia.

VÝPOČET VEĽKOSTI ZKM PRENÁŠANÉHO SPOJKOU ZATAŽENEJ BUDIACIM MOMENTOM



Predpokl., že na hmotu 1 pôsobí periodický premenlivý ZKM $M_1 = M_n + \sum_i M_i \cdot \sin(i\omega t + \varphi_i)$ a na hm. 2 mom. $M_2 \leq M_n$

pričom M_n je menovitý krúť. moment ($M_n = f(P)$),
 M_i - amplitúda harmonických zložiek ZKM i-tého radu,
 ω - uhlová rýchlosť súst. (bud. frekv.),
 φ_i - fázové posun. harmon. zlož. i-tého radu za budiacim momentom.

Pohybové rovn. dvojhmot. súst. sú

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 + b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + k(\varphi_1 - \varphi_2) = M_i \sin(i\omega t + \varphi_i)$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 - b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - k(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

Riešením a úpravou pre dynam. moment zatěžující svíst. a zvlášť prázdný spojku platí

$$M_d = \sum_i M_i \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2} \cdot \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{i\omega}{\Omega_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{2\mathcal{L}}{\Omega_0}\right)^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{i\omega}{\Omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{i\omega}{\Omega_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{2\mathcal{L}}{\Omega_0}\right)^2}}$$

kde $\Omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_r}} = \sqrt{k \cdot \frac{I_1 + I_2}{I_1 \cdot I_2}}$ - vlastní Lraková frekvencia

$2\mathcal{L} = \delta \cdot I_r$ - koefic. tlmenia, δ - súčin tlmenia

$\psi = \frac{4 \cdot \eta \cdot \mathcal{L} \cdot i\omega}{\Omega_0^2}$ - relatívne tlmenie

$\gamma = \frac{i\omega}{\Omega_0}$ - súč. rozkladenia; ak $\gamma = 1 \Rightarrow i\omega = \Omega_0$ - rezonancia

Mech. svíst. bude vhodné vylad. z hľad. rezon. stavu, ak

$$\gamma = 44 - 4.$$

Dalšou úpravou $\left(\frac{i\omega}{\Omega_0}\right) \cdot \left(\frac{2\mathcal{L}}{\Omega_0}\right) = \frac{\psi}{2\eta}$ dostávame nezmiet. súčin.

$$\xi = \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{\psi}{2\eta}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{i\omega}{\Omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{\psi}{2\eta}\right)^2}} \quad \text{potom} \quad M_d = \sum_i M_i \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2} \cdot \xi$$

Pre celkový moment zatěžující prázdný spojku platí

$$M_s = M_n + M_d = M_n + \sum_i M_i \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2} \cdot \xi$$

