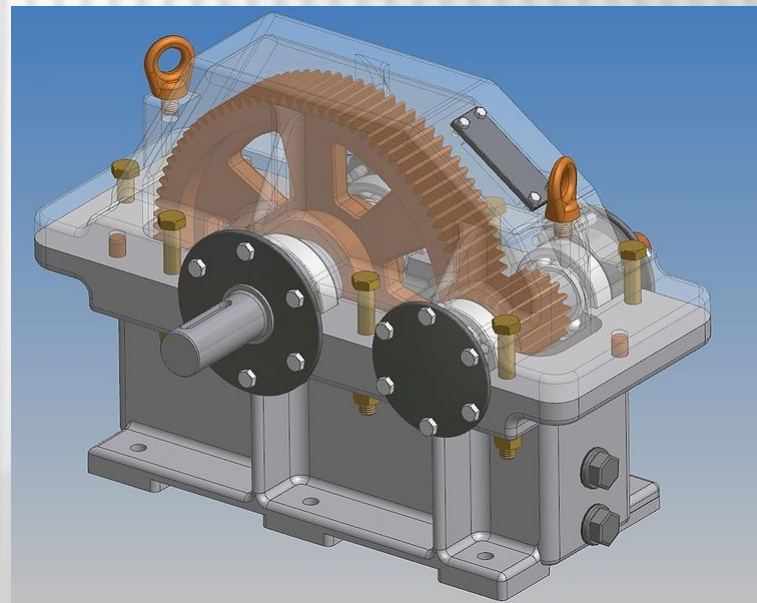


Mechanické převody

ČÁSTI STROJŮ

CÍLE PŘEDNÁŠKY

Seznámení studentů se základními stavebními prvky strojů a strojního zařízení. Úvod do problematiky mechanických spojů.



OBSAH PŘEDNÁŠKY

1. Dokončení spojů – výpočtové příklady.

2. Mechanické převody

- převody ozubenými koly;

- řetězové převody;

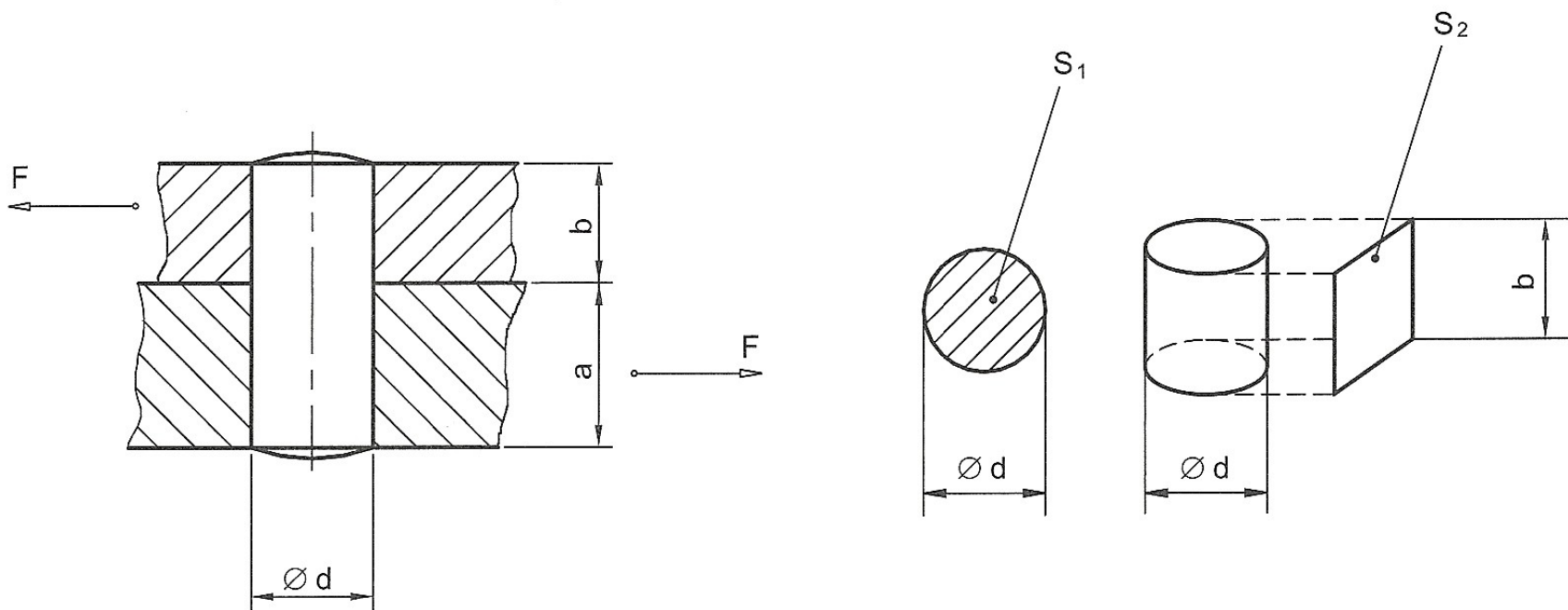
-řemenové převody.

3. Výpočtový aparát.

4. Příklady.

PŘÍKLADY

Př.3 – Kolíkový spoj



Obr. 23: Pojištění válcovým kolíkem

Příklad:

Určete průměr pojišťovacího kolíku (obr. 23), je-li z materiálu *11 140.0* a je zadáno: $a = 20 \text{ mm}$, $b = 10 \text{ mm}$, $F = 5\,000 \text{ N}$, zatížení střídavé, $k = 2$, materiál obou součástí *11 373.0*. Pro materiál *11 140.0* je v tabulkách $\sigma_{Pt} = 570 \div 980 \text{ MPa}$.

Nejdříve se stanoví dovolené napětí ve smyku a z něho průměr kolíku z pevnostní rovnice. Druhý výpočet průměru kolíku se provede po určení dovoleného tlaku z pevnostní rovnice na otláčení.

$$\tau_s = \frac{F}{S_1} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 \cdot \sigma_{Dt} = 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{III} = 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot 800}{2} \cdot 0,6 = 86,4 \text{ MPa}$$

$$\frac{F}{S_1} = \tau_{Ds}$$

$$\frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \tau_{Ds} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5\,000}{\pi \cdot 86,4}} = 8,58 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F}{S_2} \leq p_D$$

$$p_D = \sigma_{Dd} = \sigma_{Dt} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{III} = \frac{0,6 \cdot 370}{2} \cdot 0,65 = 72,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{F}{S_2} = p_D$$

$$\frac{F}{b \cdot d} = p_D \Rightarrow d = \frac{F}{b \cdot p_D} = \frac{5\,000}{10 \cdot 72,2} = 6,9 \text{ mm}$$

Pro výpočet dovoleného tlaku byl brán materiál s menší pevností, tj. materiál spojovaných součástí. Z výpočtu na smyk a otláčení vychází různé průměry kolíku, proto je nutné volit kolík s větším průměrem.

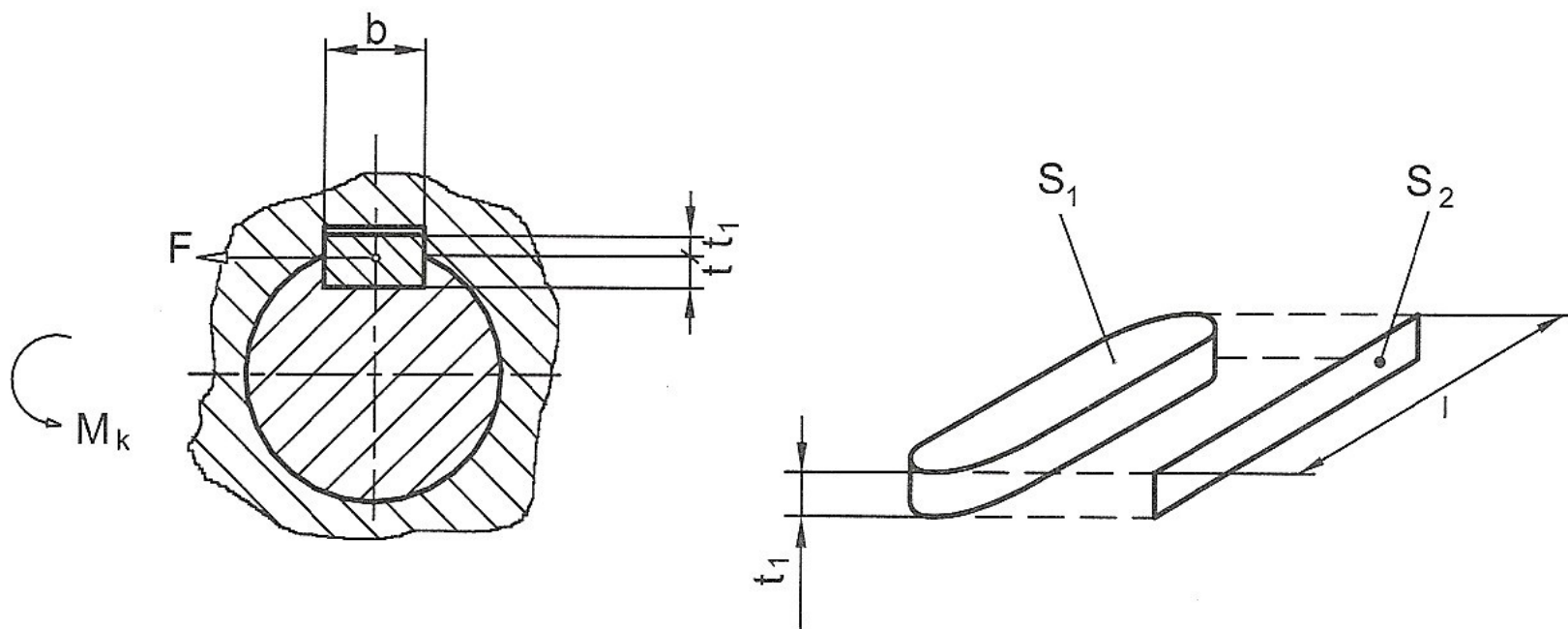
PŘÍKLADY

podle ČSN... Kolík $10\text{ m6} \times 30$ ČSN 02 2150.1

podle ISO ... Válcový kolík ISO 2338 – A – 10×30 – St

PŘÍKLADY

Př.4 – Spoj těsným perem



Obr. 25: Spoj těsným perem

PŘÍKLADY

Příklad:

Hřídel s průměrem $d = 40 \text{ mm}$ je spojen s ozubeným kolem těsným perem. Zatížení míjivé, $k = 2$, materiál ozubeného kola

12 020.9 ($\sigma_{Pt} = 600 \text{ MPa}$), $M_k = 255 \text{ Nm}$. Určete minimální délku pera a proveďte jeho kontrolu na smyk. Zvoleno pero 12 e7×8.

$$p = \frac{F}{S_2} \leq p_D$$

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{d}$$

$$S_2 = t_1 \cdot l$$

$$p_D = \sigma_{Dd} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt} \cdot c_{II}}{k} = \frac{0,6 \cdot 600}{2} \cdot 0,75 = 135 \text{ MPa}$$

$$\frac{F}{t_1 \cdot l} = p_D \Rightarrow l = \frac{2 \cdot M_k}{d \cdot t_1 \cdot p_D} = \frac{2 \cdot 255\,000}{40 \cdot 3,1 \cdot 135} = 30,5 \text{ mm}$$

Zvoleno pero podle ST s délkou $l = 32 \text{ mm}$

$$\tau_s = \frac{F}{S_1} \leq \tau_{Ds}$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 \sigma_{Dt} = 0,6 \cdot 135 = 81 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{2 \cdot M_k}{d \cdot b \cdot l} = \frac{2 \cdot 255\,000}{40 \cdot 12 \cdot 32} = 33,2 \text{ MPa}$$

Zvolené pero na smyk vyhovuje, neboť $\tau_s < \tau_{Ds}$.

PŘÍKLADY

Př.5 – Spoj těsným perem

Příklad:

Určit minimální délku náboje podle zadání z minulého příkladu pro výměnné pero.

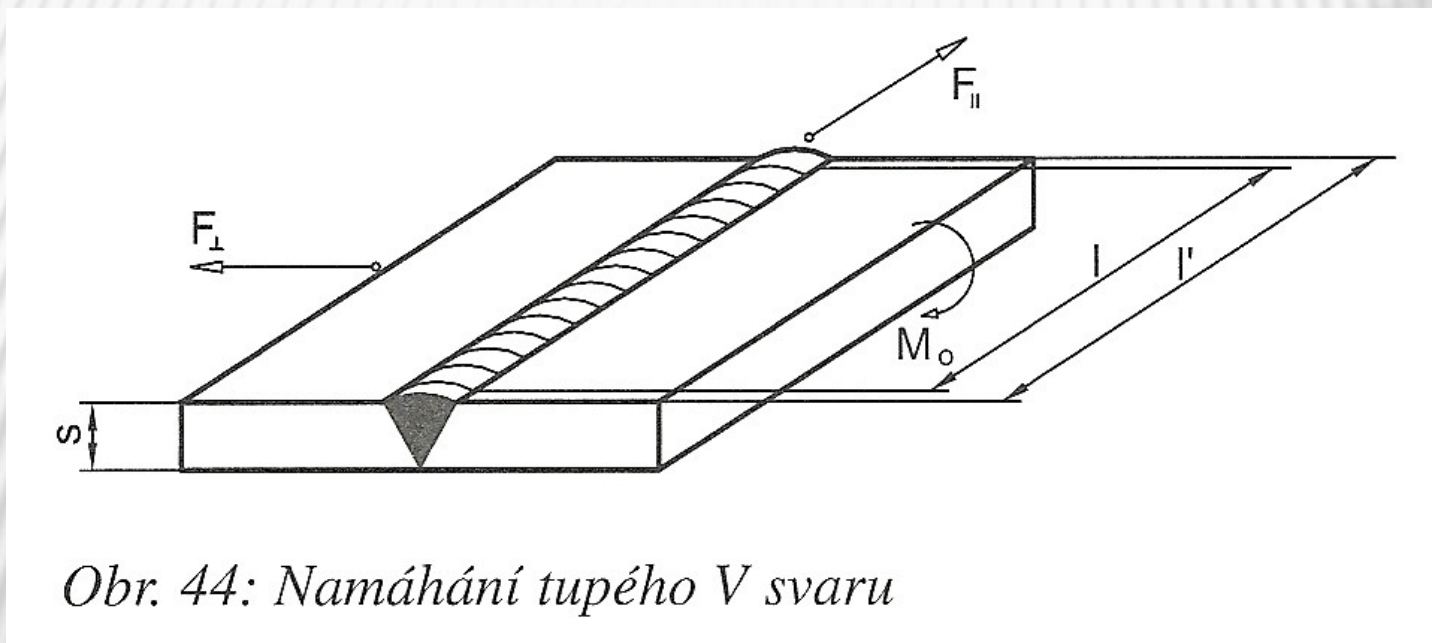
$$l = \frac{2 \cdot M_k}{d \cdot t_1 \cdot p_D} = \frac{2 \cdot 255\,000}{40 \cdot 3,1 \cdot 23} = 178,8 \text{ mm}$$

$$p_D = 0,17 \cdot \sigma_{Dd} = 0,17 \cdot 135 = 23 \text{ MPa}$$

Vzhledem k velké délce náboje je výhodnější volit dvě pera s poloviční délkou.

PŘÍKLADY

Př.6 – Svarový spoj



Obr. 44: Namáhání tupého V svaru

Příklad:

Svar V podle obr. 44 je namáhán míjivou tahovou silou $F_{\perp} = 14\,000\text{ N}$. Rozměry svaru: $s = 5\text{ mm}$, $l' = 50\text{ mm}$, materiál součástí 11 373, bezpečnost $k = 2$. Provedte pevnostní kontrolu svaru.

PŘÍKLADY

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{s \cdot l} = \frac{F_{\perp}}{s \cdot (l' - 1,5 \cdot t)} = \frac{14\,000}{5 \cdot (50 - 1,5 \cdot 5)} = 65,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dsv} = \alpha_{\perp} \cdot \sigma_{Dt} = \alpha_{\perp} \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot c_{II} = 0,85 \cdot \frac{0,6 \cdot 370}{2} \cdot 0,85 = 80,2 \text{ MPa}$$

Navržený svar vyhovuje.

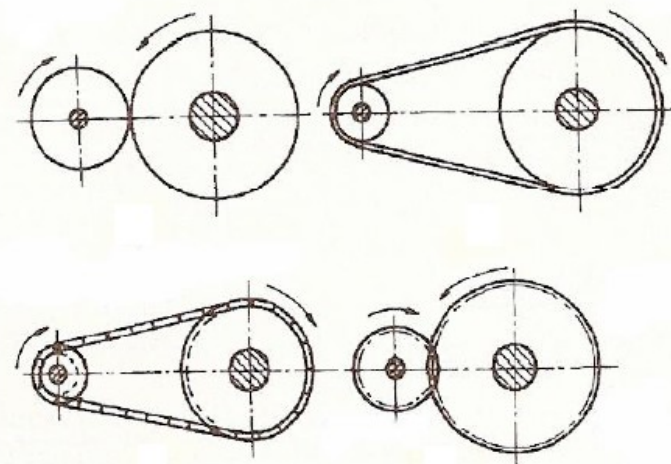
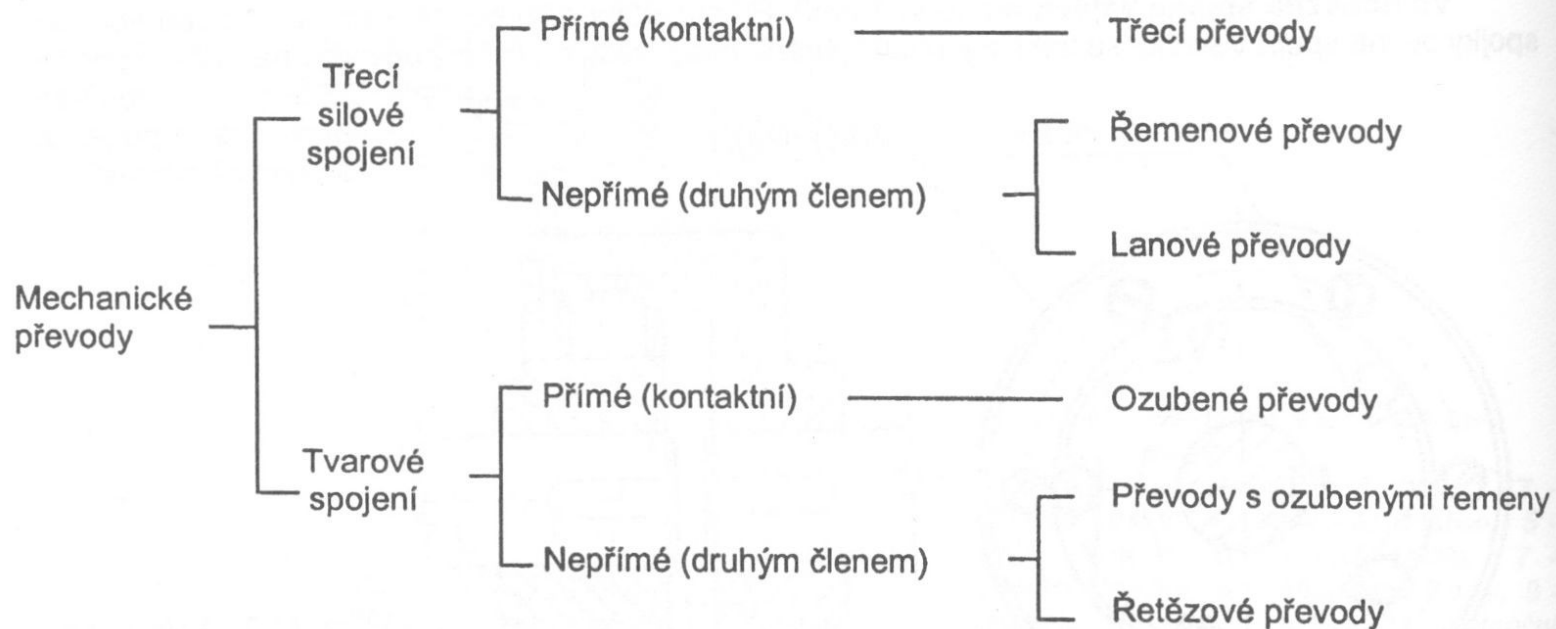
MECHANICKÉ PŘEVODY

Mechanické převody umožňují spojení hnacích a hnaných členů ve strojích, přičemž umožňují změnu rychlosti otáčení a kroutícího momentu u hnaného členu.

Převody lze rozdělit podle změny rychlosti otáčení u výstupního členu na :

- **Reduktory** dochází ke snížení otáček a ke zvýšení kroutícího momentu.
- **Multiplikátory** dochází ke zvýšení otáček a ke snížení kroutícího momentu.

MECHANICKÉ PŘEVODY



MECHANICKÉ PŘEVODY

Převodové číslo (pro ozubené soukolí):

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1},$$

- kde z_1 je počet zubů hnacího kola (menšího kola, tzv. pastorku);
 z_2 - počet zubů hnaného kola;
 d_1 - průměr roztečné kružnice pastorku;
 d_2 - průměr roztečné kružnice kola.

U ideálního převodu:

$$u = i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{M_{K2}}{M_{K1}}.$$

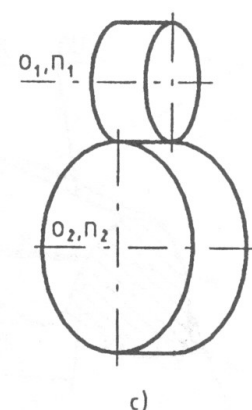
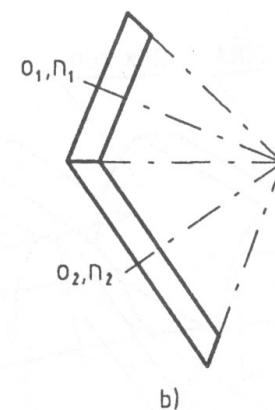
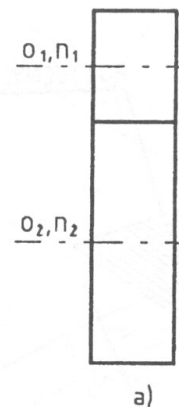
OZUBENÉ PŘEVODY

Ozubenými převody se přenáší otáčivý pohyb mezi hřídeli. Převod je tvořen ozubenými koly, jejichž tvar závisí na vzájemné poloze hřídelů.

- Hřídele rovnoběžné se spojují čelními ozubenými koly (a).

- Hřídele různoběžné se spojují kuželovými ozubenými koly (b).

- Hřídele mimoběžné se spojují šroubovými ozubenými koly



ČELNÍ SOUKOLÍ

Princip čelního soukolí je podobný jako, kdyby se po sobě odvalovaly dva válce. Menší ozubené kolo se nazývá **pastorek**, větší ozubené kolo – **kolo**.

Převodové číslo:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = i,$$

kde n_1, n_2 (sec⁻¹)

ω_1, ω_2 (sec⁻¹)

z_1, z_2

d_1, d_2 (mm)

$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$ (mm) - osová vzdálenost hřídelů.

je frekvence otáčení hřídelů;

- úhlové rychlosti hřídelů;

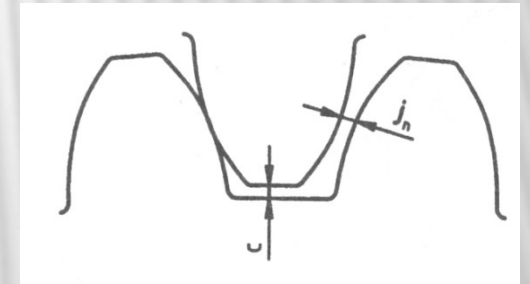
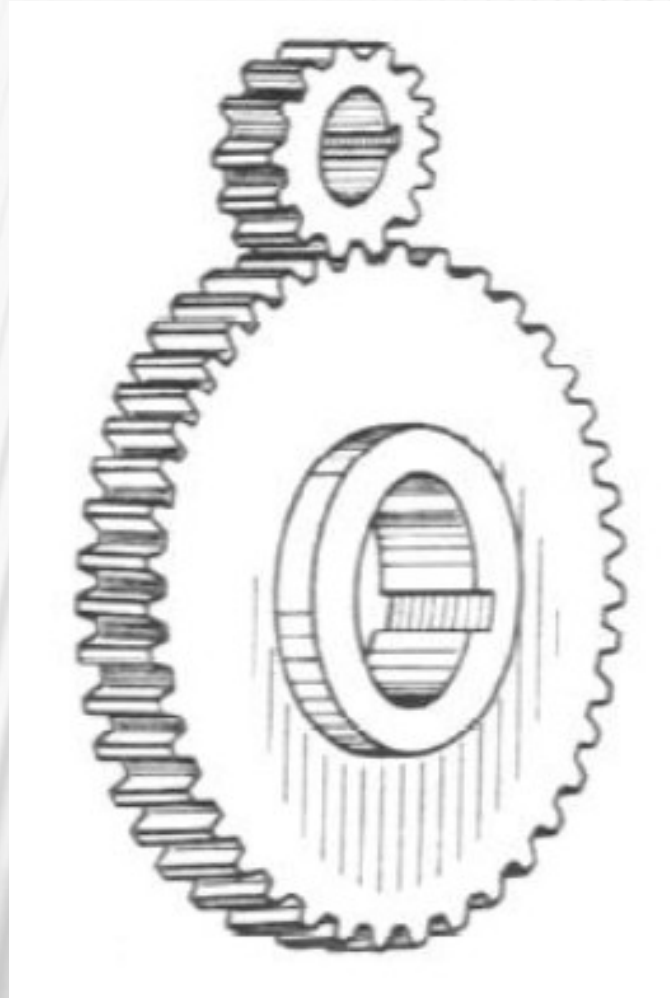
- počty zubů pastorku a kola;

- průměry roztečných kružnic;

ČELNÍ OZUBENÉ SOUKOLÍ

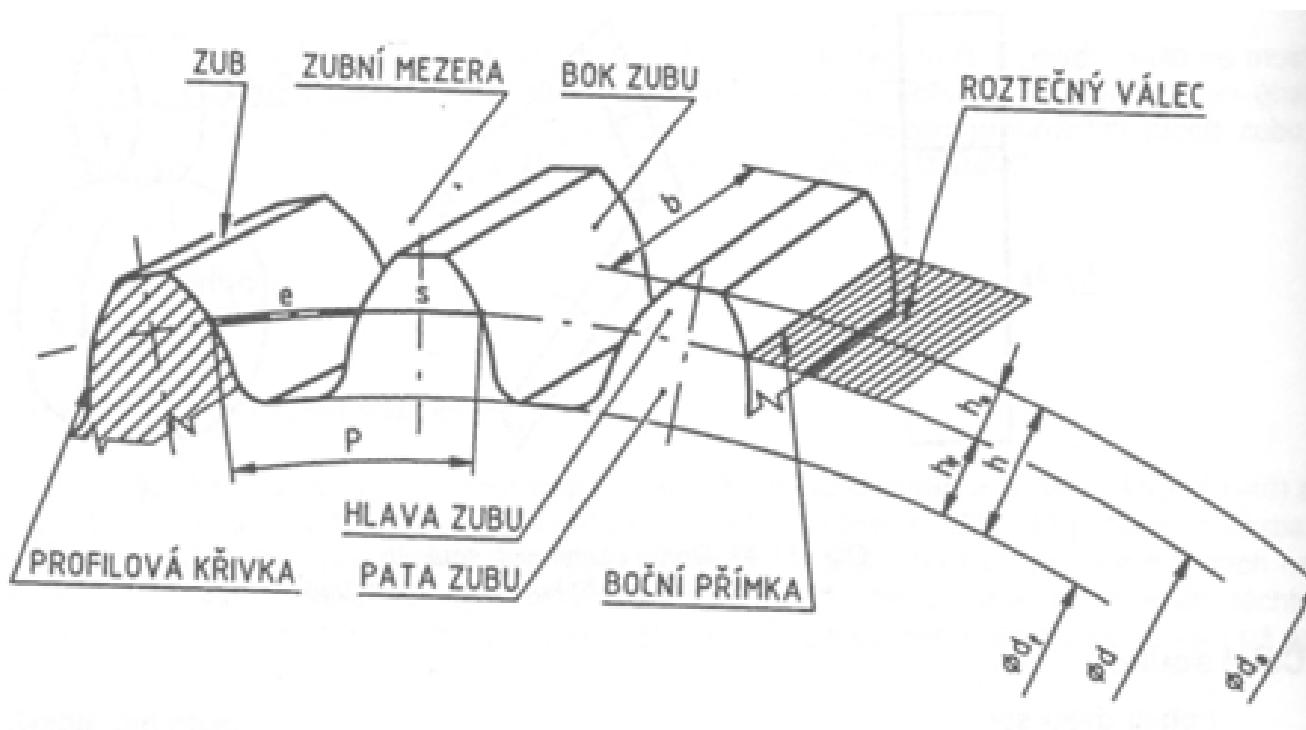
Pastorek

Ozub. Kolo



OZUBENÉ KOLO S PŘÍMÝMI ZUBY

Volí se evolventní profil zubů.



OZUBENÉ KOLO S PŘÍMÝMI ZUBY

Charakteristické rozměry ozubeného kola: modul (m), rozteč zubů (P), počet zubů (z).

Další rozměry:

výška hlavy zubu

$$h_a = m;$$

výška paty zubu

$$h_f = h_a + c = m + 0,25 m = 1,25 m;$$

výška zubu

$$h = h_a + h_f = m + 1,25 m = 2,25 m;$$

průměr roztečné kružnice

$$d = m \cdot z;$$

průměr hlavové kružnice

$$d_a = d + 2h_a = m \cdot z + 2 m = m (z + 2);$$

průměr patní kružnice

$$d_f = d - 2h_f = m \cdot z - 2 \cdot 1,25 m = m (z - 2,5);$$

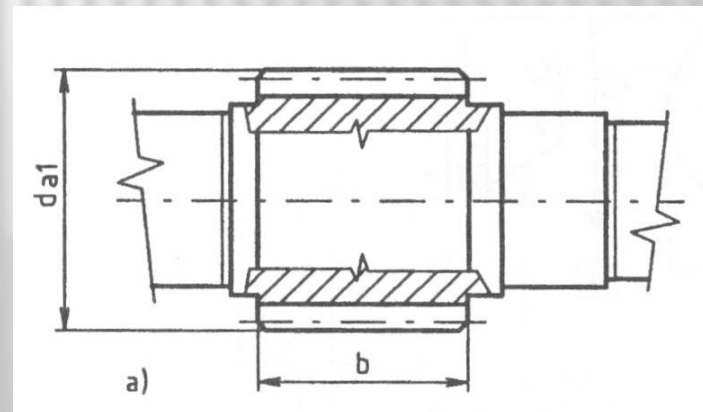
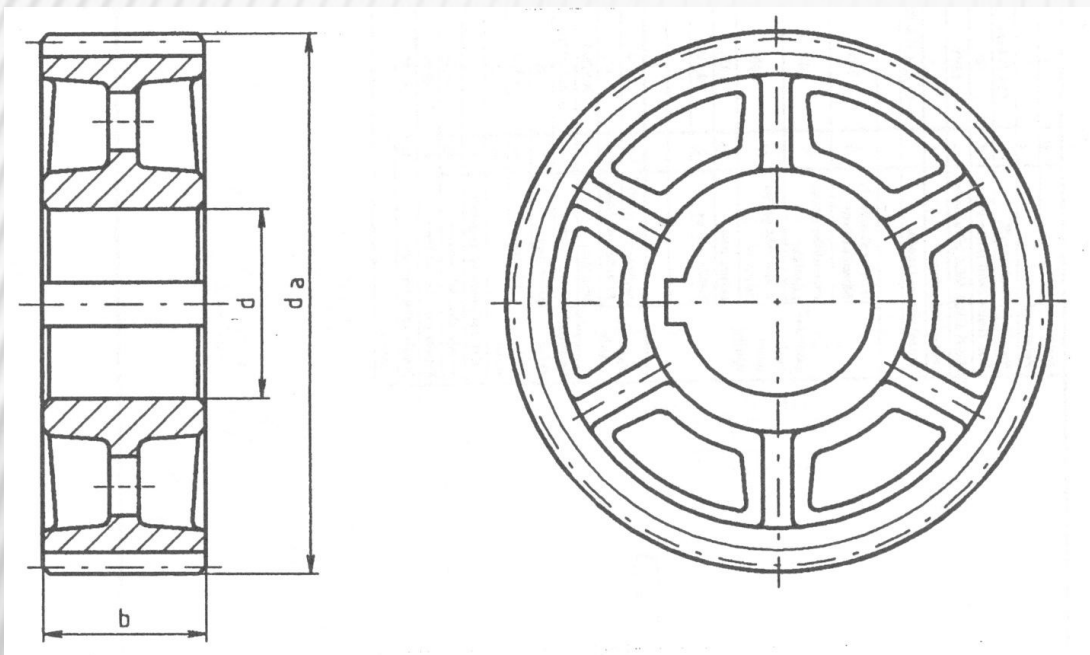
průměr základní kružnice

$$d_b = d \cdot \cos \alpha.$$

Modul ozubení – m (normalizován ČSN 01 4608)

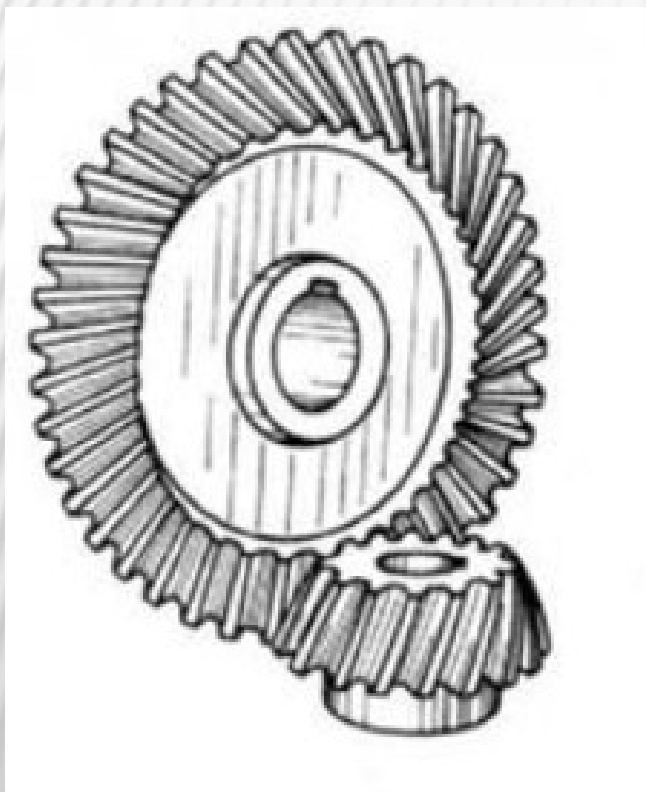
ZOBRAZOVÁNÍ OZUBENÝCH KOL

Zobrazování ozubených kol v řezech.



KUŽELOVÁ SOUKOLÍ

Slouží k přenášení rotačního pohybu mezi různoběžnými hřídeli

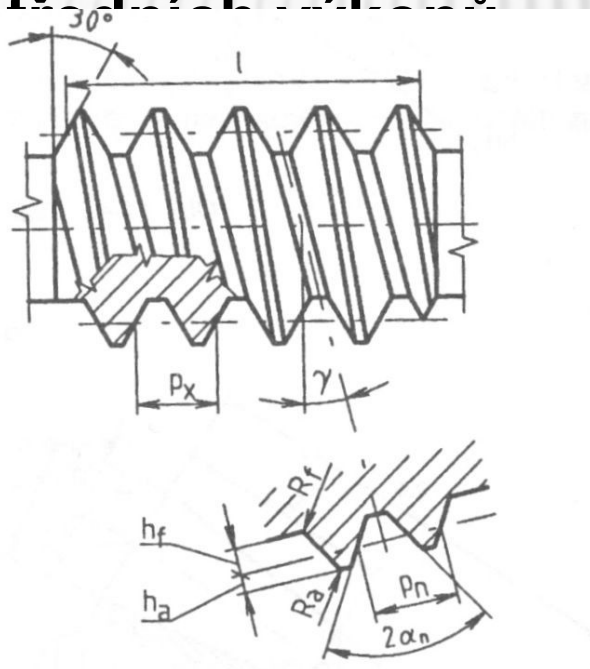
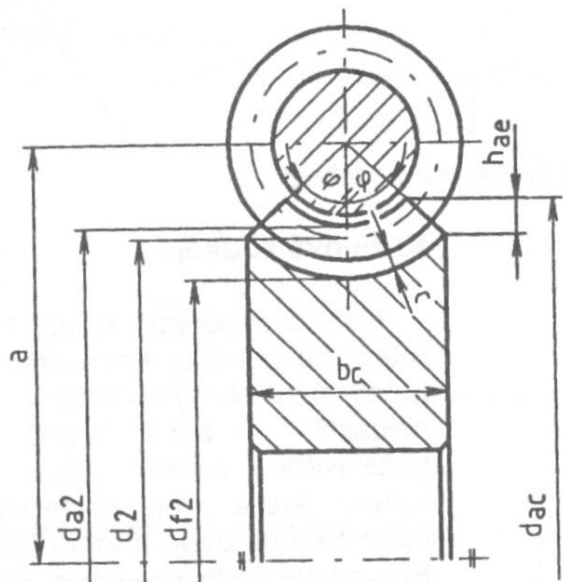


ŠROUBOVÁ A ŠNEKOVÁ SOUKOLÍ

Slouží k přenášení rotačního pohybu mezi mimoběžnými hřídeli.

Šnekové soukolí je tvořeno šnekem ($z=1-3$ i více) a spolu-zabírajícím kolem (šnekovým kolem).

Dříve se používaly i šnekové soukolí s 1 šnekem a 1 šnekovým kolem.

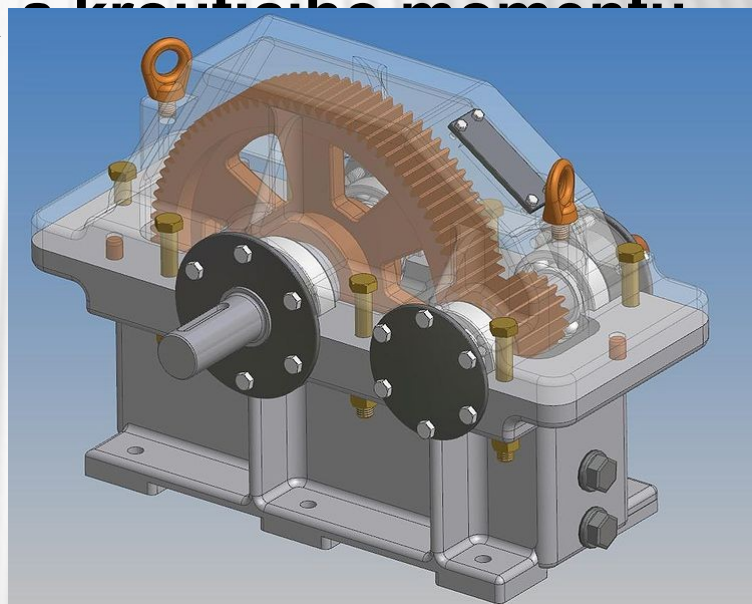


PŘEVODOVKY

Převodovka je technické zařízení využívající mechanického převodu (nejčastěji s zubeným soukolím) ke změně otáček a kroutícího momentu.

Převodovky mohou být:

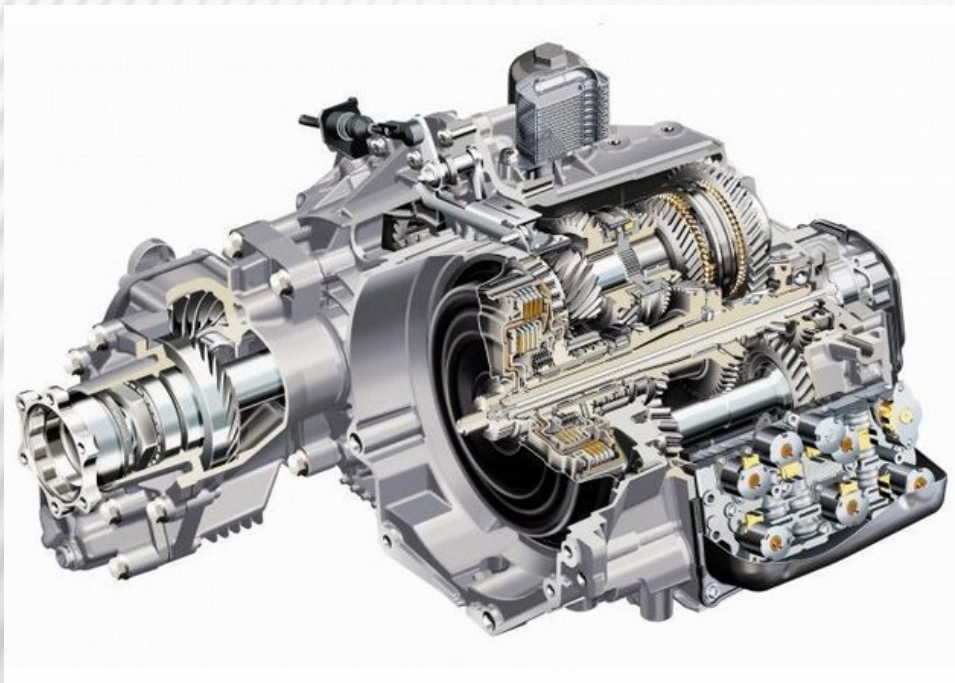
- jednostupňové
- vícestupňové.



Převodovka je tvořena vstupním a výstupním hřídelem, skříní (vana a víko) a ozubeným soukolím. Převodovky se využívají v automobilovém průmyslu, jsou důležitou součástí strojů.

PŘEVODOVKY

Automobilní (Volkswagen Golf R32)



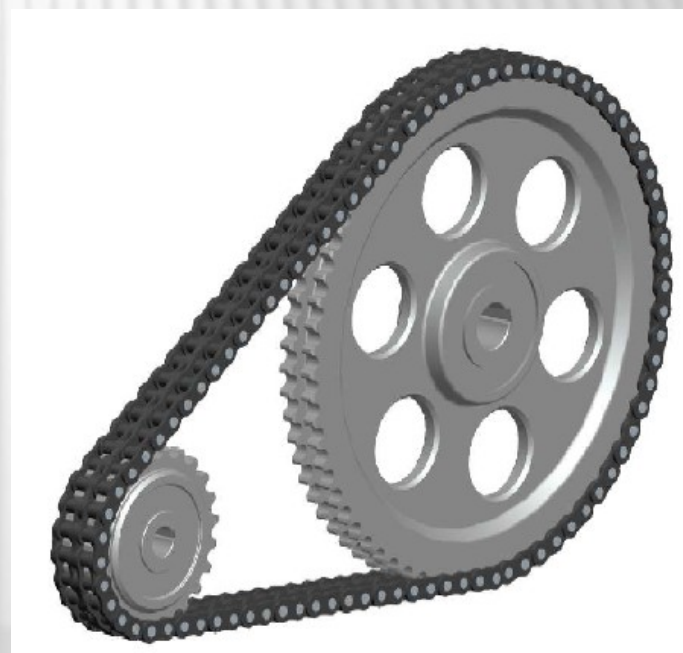
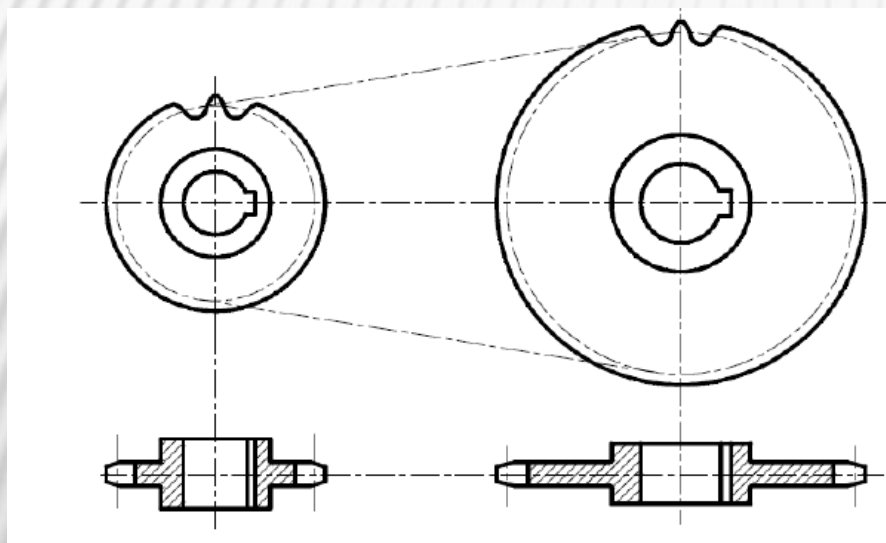
Strojní (šneková)



ŘETĚZOVÉ PŘEVODY

Krouťící moment se přenáší tvarovým stykem z hnacího na hnaný hřídel pomocí třetího členu – řetězu.

Požítí v převodech k přenosu středních a malých výkonů.



Nejčastěji se používají válečkové řetě



ŘETĚZOVÉ PŘEVODY

Výhody : mohou pracovat v prašném i vlhkém prostředí, mají dobrou účinnost a nižší cenu než převody ozub. koly.

Nevýhody: vhodné pro nižší obvodové rychlosti (do 12m/s).

P



řetězových převodů v ozub. koly, motocyklů

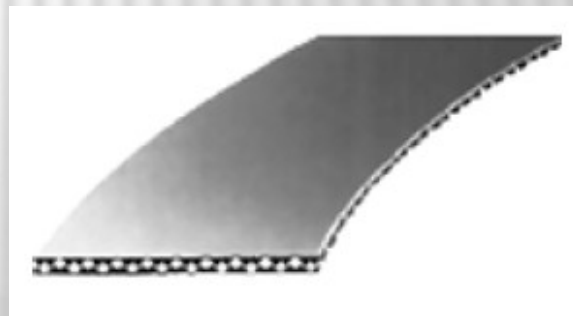
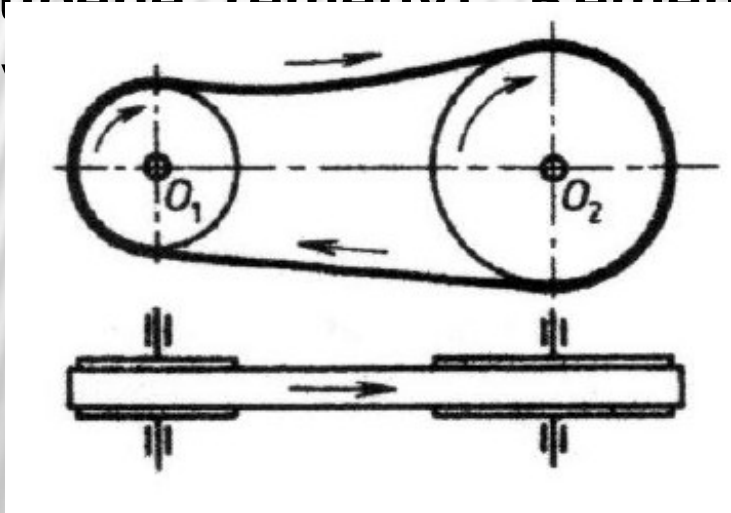


ŘEMENOVÉ PŘEVODY

Krouťící moment se přenáší ohebným členem (řemenem) z hnacího na hnaný hřídel. Ohebný člen je přepásán přes kola tzv. řemenice, které jsou upevněny na hřídelích.

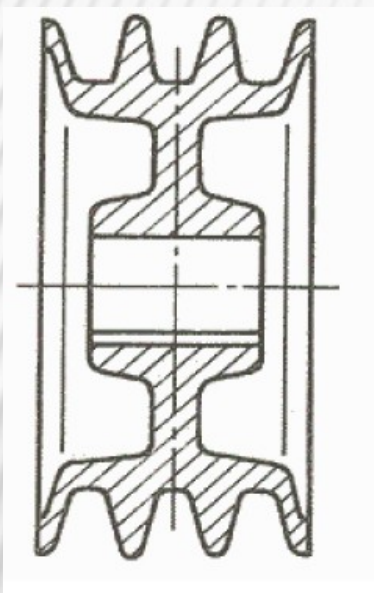
Požítí v převodech k přenosu středních a malých výkonů.

Používají se ploché nebo klínové řemeny (případně ozubené řemeny). Řemeny bývají pryžové vyztužené ko

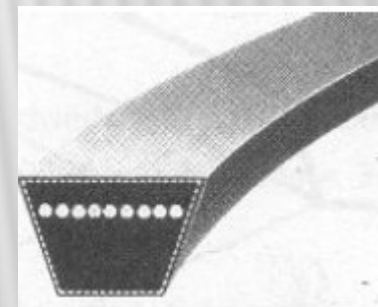
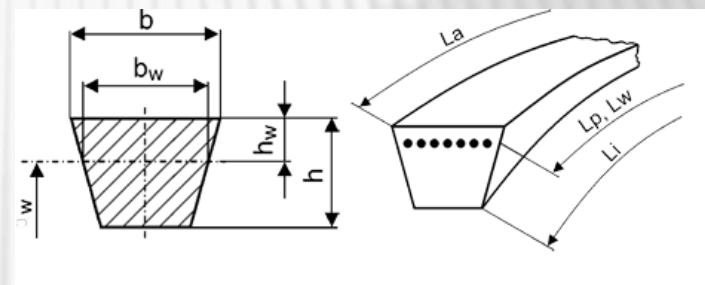


ŘEMENOVÉ PŘEVODY

Řemenice:



klínový řemen:



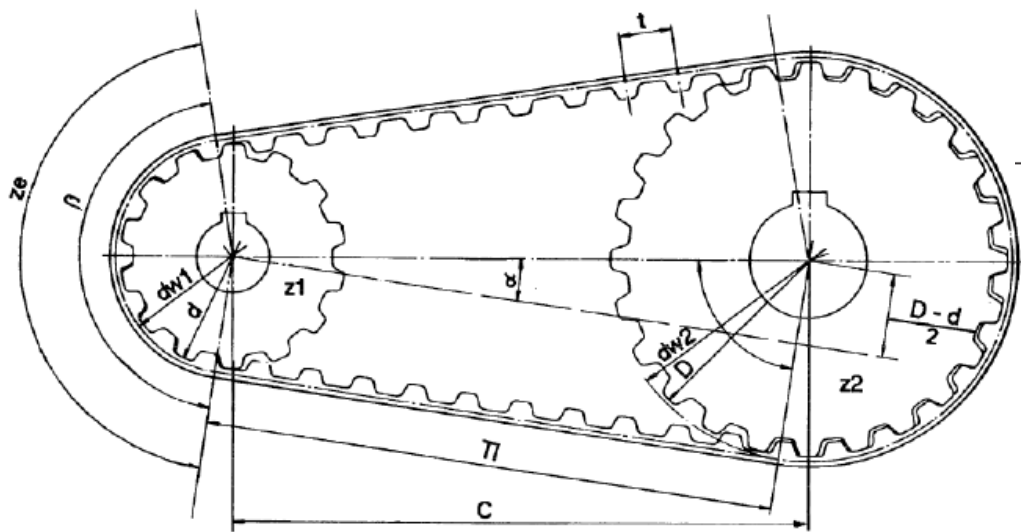
Výhody: tichý chod, obvodová rychlost až 50 m/s, tlumí kmity a rázy, ekonomický provoz.

Nevýhody: možnost prokluzu, nevhodné pro vyšší teploty a vlhkost, opotřebení řemenu a nízká tuhost převodu.

ŘEMENOVÉ PŘEVODY

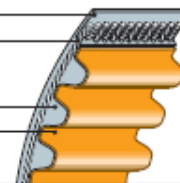
Použití řemenových převodů u strojů a v automobilním průmyslu.

Převody ozubenými řemeny odstraňují některé nevýhody



Polyuretanový hřbet
Aramidová tažná vlákna

Polyuretanové zuby
Speciálně upravená tkanina



LITERATURA

- [1] Hosnedl, S., Krátký, J. *Příručka strojího inženýra 1*, Computer press, 1999, 313 s.
- [2] Zelený, J. *Stavba strojů strojí součásti*. Cpress, 2007, 157 s.
- [3] Stejskal, V. a kol. *Mechanika 1*. ČVUT, 1998, 163 s.
- [4] *internet* <<http://www.338.vsb.cz/PDF/04HYDRO-STROJE.pdf>>
- [5] *internet*
<http://www.restauratorskadilna.cz/fotoalbum.php?adresar=/opravy/projekty-konzultace/2010-parni_stroj_Skoda-Techmania >