



Lesnická
a dřevařská
fakulta

24. 10. 2017, Brno

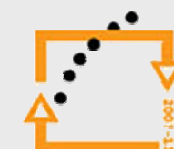
Připravil:

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Převodové mechanismy II (ozubené převody a převodovky)

Předmět: Strojní mechanismy

Mendelova
univerzita
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

Úvod

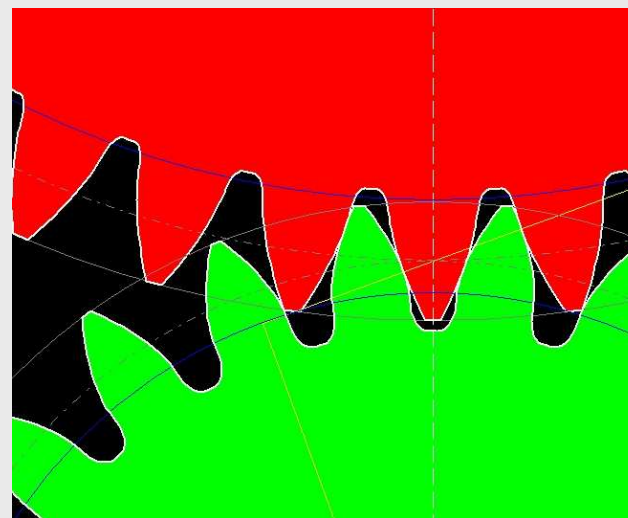
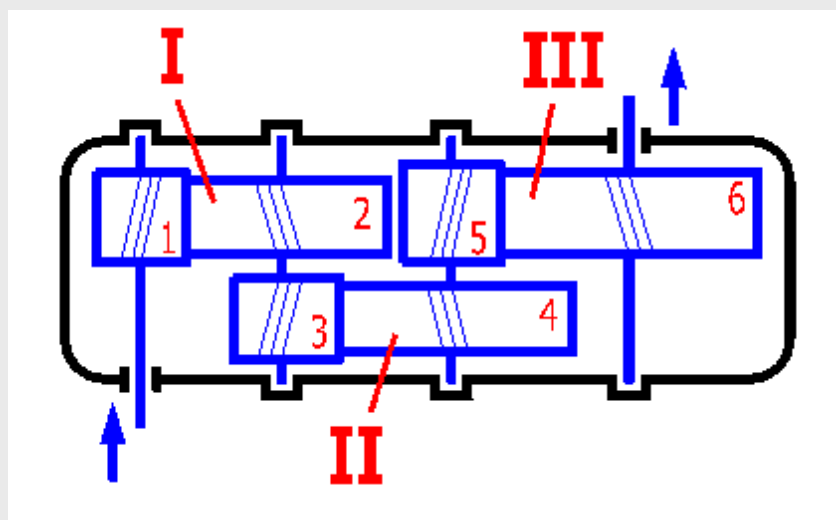
1. Základní parametry ozubených kol
2. Ozubené převodovky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úvod

Charakteristika – ozubené převody a převodovky jsou významný a rozšířený druh převodových mechanismů v konstrukci stroje. Krouticí moment z hřídele hnacího na hnaný je přenášen tlakem mezi boky zubů, které jsou vytvořeny na jejich obvodu.

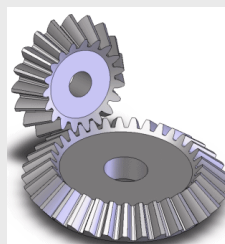


Rozdělení podle vzájemné polohy os hřídelů:

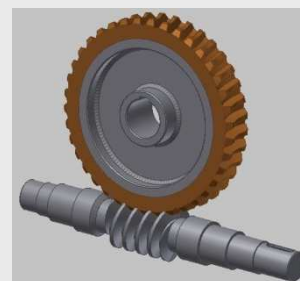
☞ *s rovnoběžnými osami*



☞ *s různoběžnými osami*



☞ *s mimoběžnými osami*



Podle tvaru boční čáry zubů existují ozubená kola:



s přímými zuby,



se šikmými zuby,



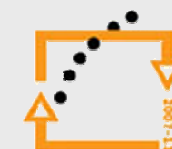
s dvojitě šikmými (šípovými) zuby,



se zakřivenými zuby,

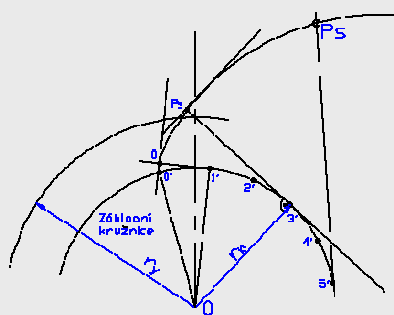


se šroubovými zuby.



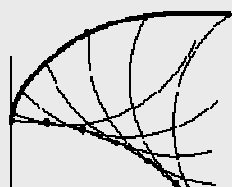
Podle druhu čelní profilové křivky zubu jsou kola s ozubením:

 **evolventním**



http://cs.wikipedia.org/wiki/Ozuben%C3%A9_kolo

 **cykloidním**

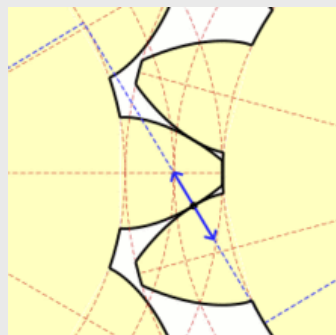


Mendelova
univerzita
v Brně

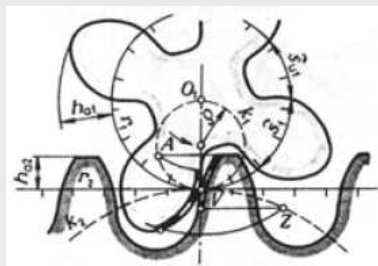
<http://jhamernik.web.cz/Ozubení.htm>

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR Techdrev - CZ.1.07/2.2.00/28.0019

průběh přenosu síly



Tvar zubů a mezer musí splňovat podmínku stálého převodového poměru. To znamená splnění požadavku, aby při konstantní úhlové rychlosti hnacího kola byla konstantní také úhlová rychlost kola hnaného. Dané podmínce vyhovuje pouze ozubení, jehož funkční plochy mají profil ve tvaru evolventy nebo cykloidy (epicykloidy). Vzhledem k relativní složitosti těchto tvarů je výroba ozubených kol složitější než výroba jiných strojních součástí.



Ozubení
hřebenového
zvedáku

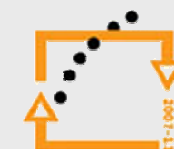
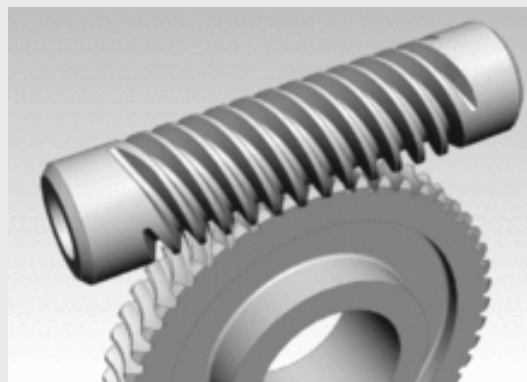


Podle relativního pohybu základních členů se ozubené převody dělí na:

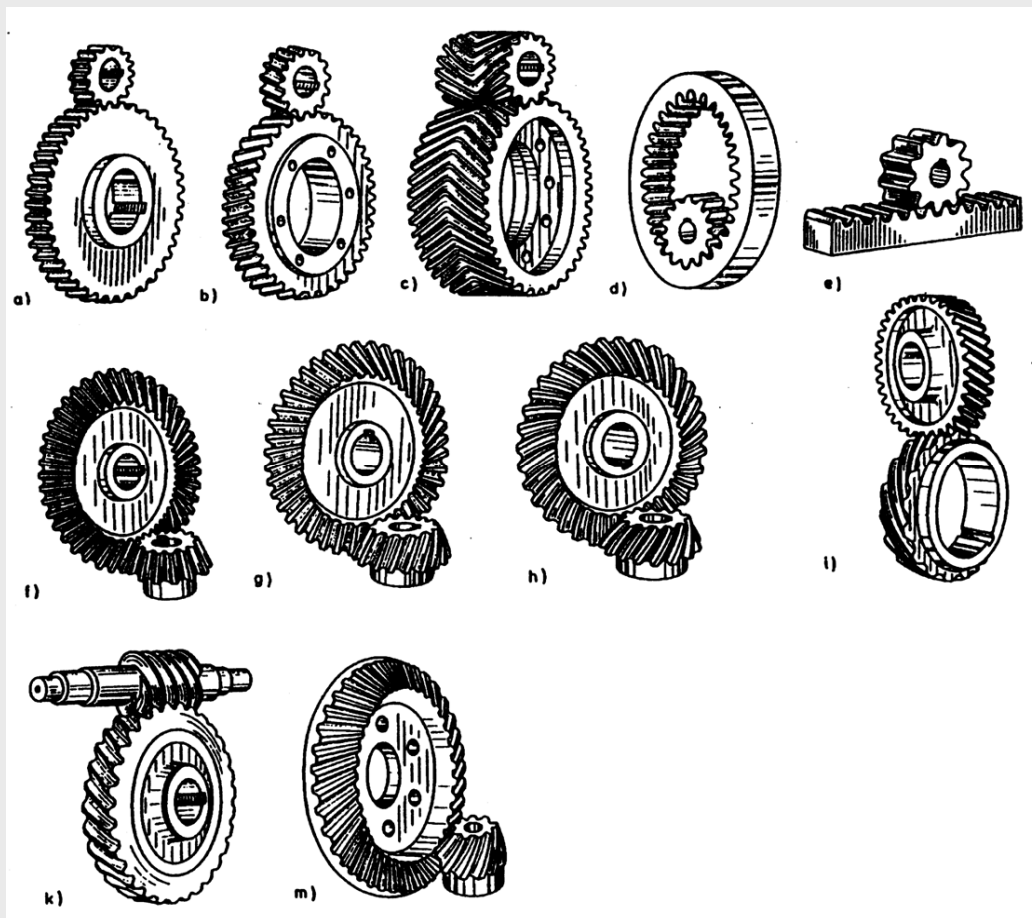
☞ soukolí valivá



☞ soukolí šneková
(šroubová)



Souhrn - druhy ozubených soukolí



- a) čelní - přímé zuby
- b) čelní - šikmé zuby
- c) čelní - šípové zuby
- d) vnitřní - přímé zuby
- e) ozubený hřeben s pastorkem
- f) kuželové - přímé zuby
- g) kuželové - šikmé zuby
- h) kuželové - zakřivené zuby
- i) šroubové válcové
- j) šnekové
- k) kuželové hypoidní



Výhody ozubených převodů:

- ☺ relativně malé rozměry, krátká osová vzdálenost,
- ☺ dobrá spolehlivost a životnost,
- ☺ dobrá mechanická účinnost a dodržení převodového poměru,
- ☺ schopnost přenosu velikých výkonů (u DRT do 300 kW) při obvodových rychlostech optimálně do $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (extrémně až $150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),
- ☺ schopnost dosažení vysokých převodových poměrů,
- ☺ malá náročnost na údržbu.

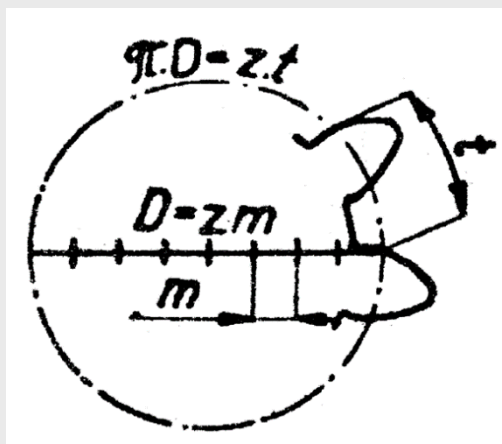
Nevýhody ozubených převodů:

- ☹ složitější a dražší výroba,
- ☹ nároky na přesnost a tuhost uložení,
- ☹ hluk a chvění,
- ☹ tuhá vazba neumožňuje tlumení rázů a dynamického zatížení.



1. Základní parametry ozubených kol

- Základním rozměrem ozubeného kola je **rozteč t** , je to vzdálenost dvou stejnohlých boků zubů měřená na roztečné kružnici.
- Důležitým parametrem ozubení je **modul m** (někdy nazývaný průměrovou roztečí). Všechny rozměry ozubení jsou úměrné modulu, proto modul m je činitel velikosti ozubení. Udává se v [mm] a je normalizován.



Pro obvod roztečné kružnice platí
(kolo má z – zubů)

$$\pi \cdot D = z \cdot t$$

Odtud průměr roztečné
kružnice

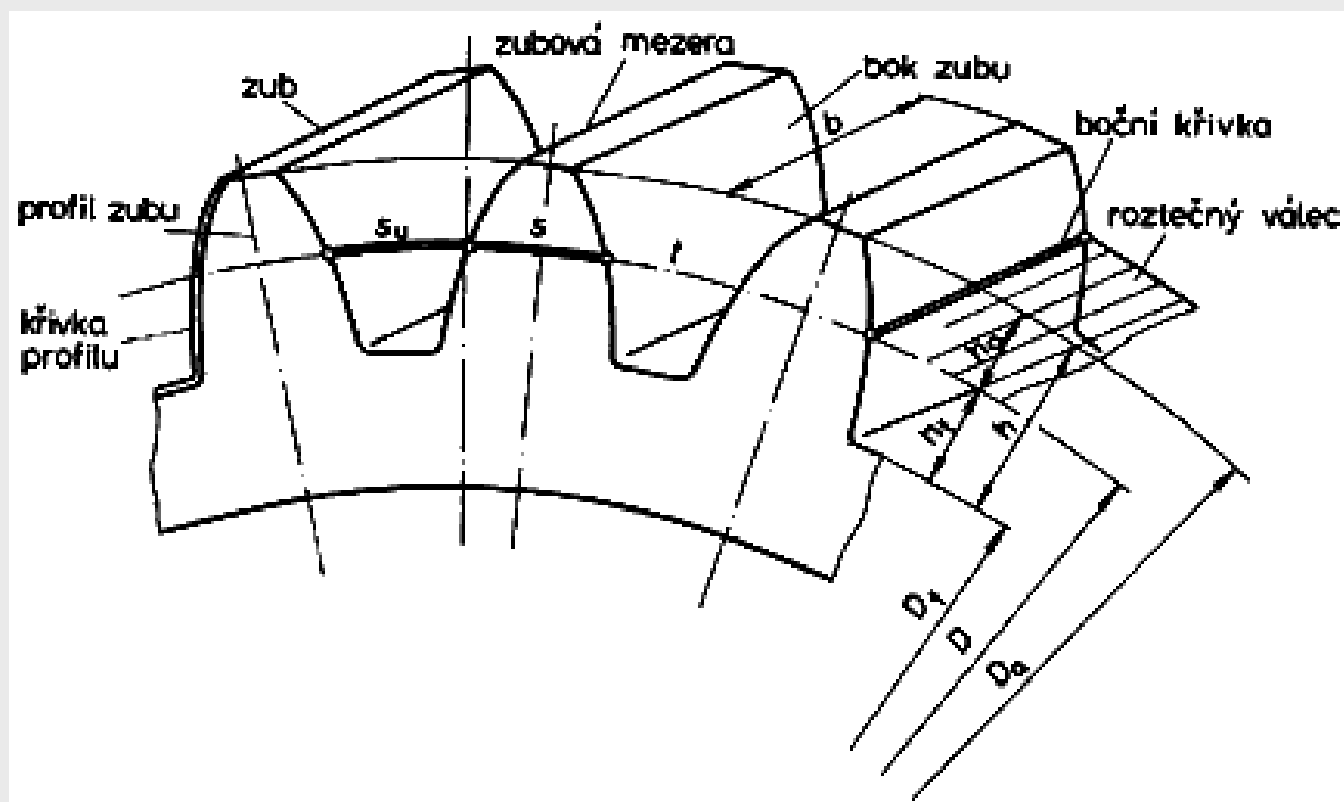
$$D = \frac{t}{\pi} \cdot z = m \cdot z$$

Modul

$$m = \frac{t}{\pi}$$



Názvosloví a geometrie



Základní rozměry

Normalizovaná řada modulů (ČSN 01 4608):

1, (1.25), 1.5, (1.75), 2, (2.25), 2.5, (2.75), 3, (3.25), 3.5, (3.75), 4, 4.5, 5, (5.5), 6, 6.5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22

Hlavová kružnice– kružnice omezující vnější obrys ozubeného kola

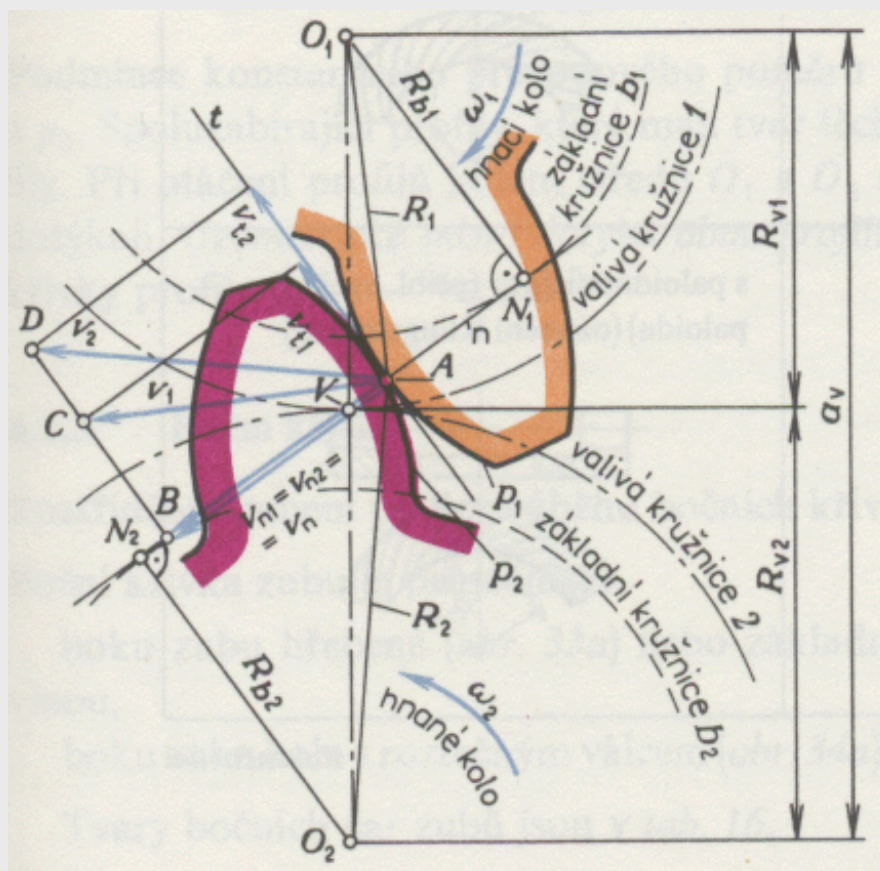
$$D_a = D + 2 \cdot h_a \quad \text{kde } h_a = m$$

Patní kružnice – kružnice omezující vnitřní obrys ozubeného kola

$$D_f = D - 2 \cdot h_f \quad \text{kde } h_f = m + c = 1,25 \text{ m}$$



Geometrie přímého ozubení



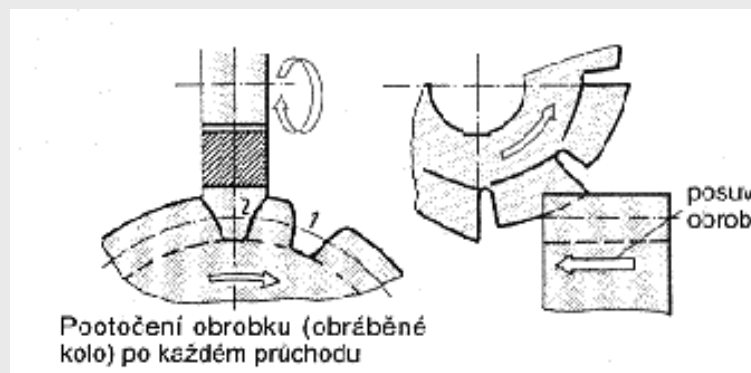
Roztečná (valivá) kružnice

je geometrické místo bodů valení (boky zubů se zde jen odvalují), nedochází k relativnímu smyku jako je to u hlavy nebo paty zubu.

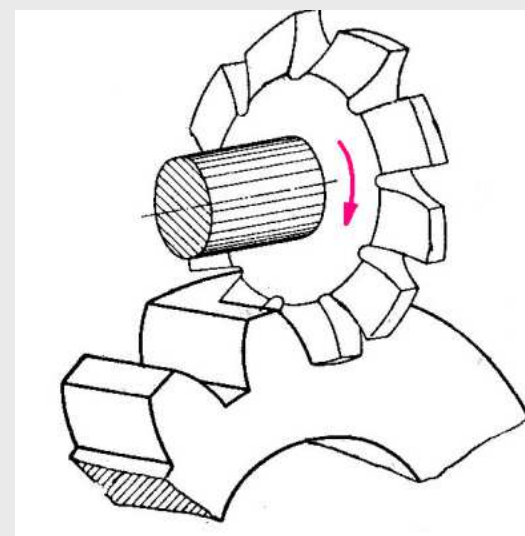
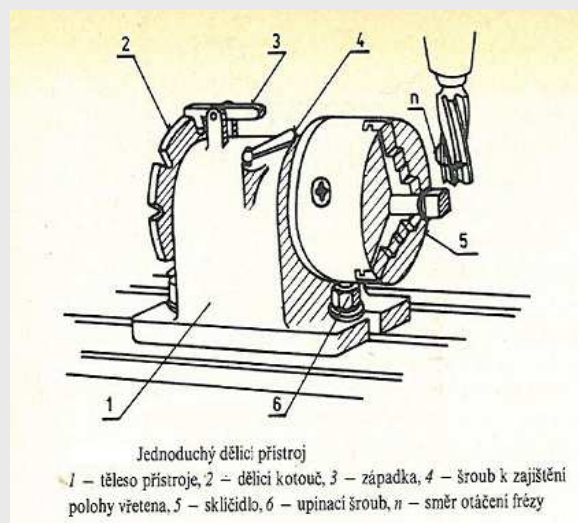


Výroba ozubených kol dělicím způsobem

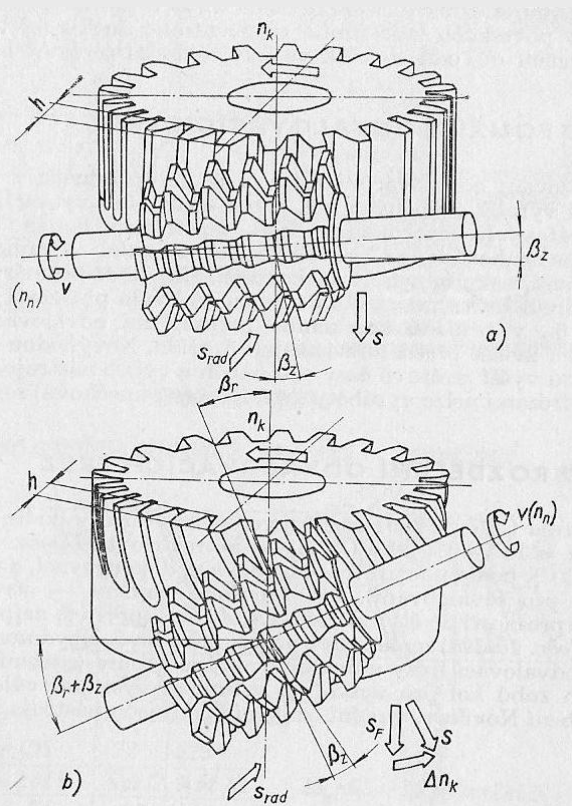
Modulová fréza



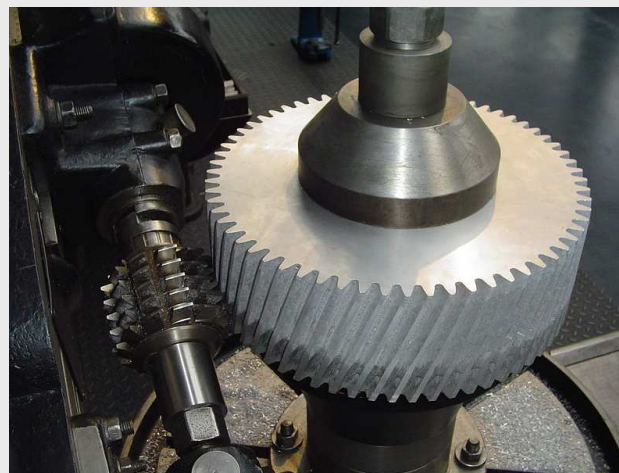
Frézování ozubených kol dělicí metodou není moc přesné a ozubené soukolí takto vyrobené se po sobě nepřesně odvaluje. Navíc vzniká další nepřesnost v dělení za pomoci dělicího přístroje, kdy můžou vzniknout odchylky na dělicím kruhu, chyby obsluhy atd.



Výroba ozubených kol odvalovacím způsobem



Fréza i
obrobek se
vzájemně
otáčí ve
stálém
záběru,
podobně
jako šnek a
šnekové
kolo



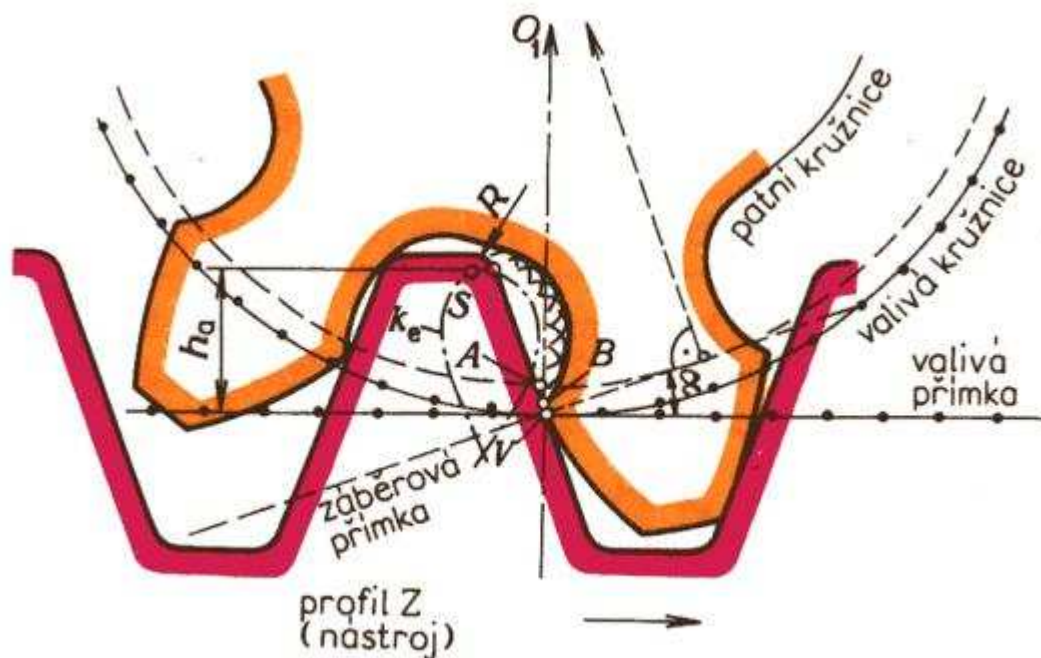
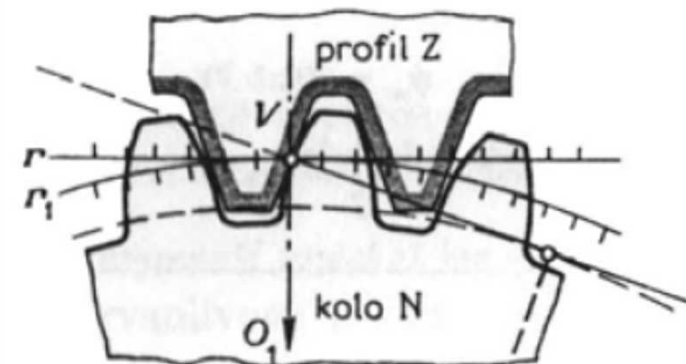
Zuby odvalovací frézy jsou
uspořádány do šroubovice a
zabírají do obrobku podobně
jako u šnekového převodu

video



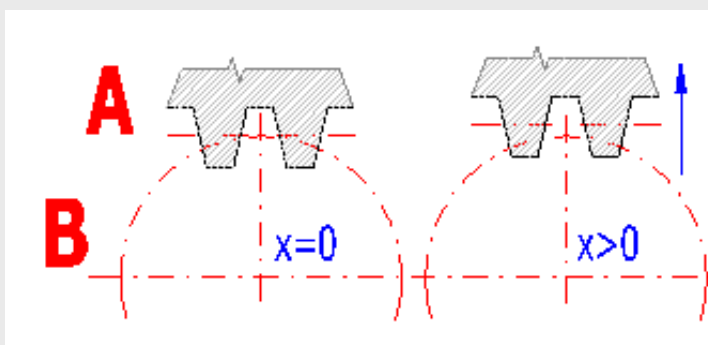
Výroba kol s malým počtem zubů

Při malém počtu zubů
pastorku < 17 nastává
problém zeslabení paty zubů,
tzv. podřezání.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Korigované zuby do V

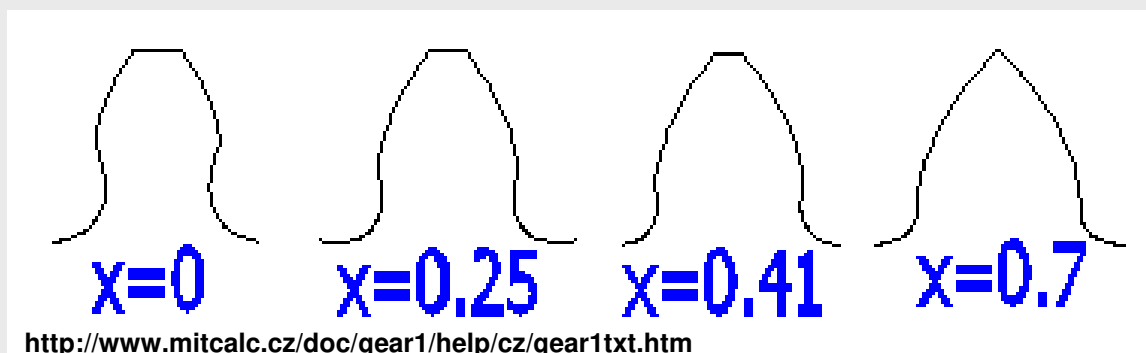


A – nástroj

B - Obrobek

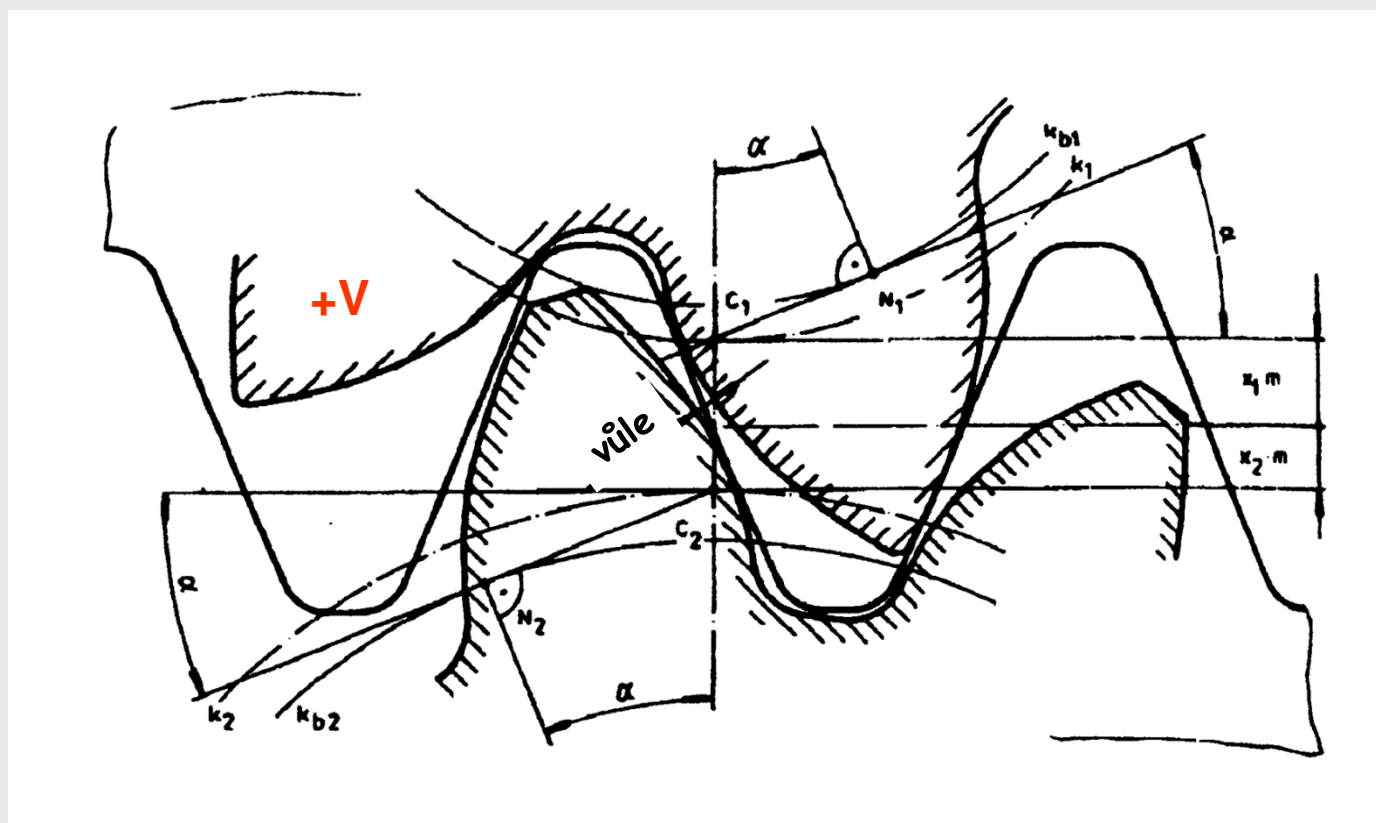
Nástroj se vysune směrem od středu či do středu kola o určitou hodnotu (x.m)

x – jednotkové posunutí základního profilu (stručně jednotkové posunutí, jednotková korekce)

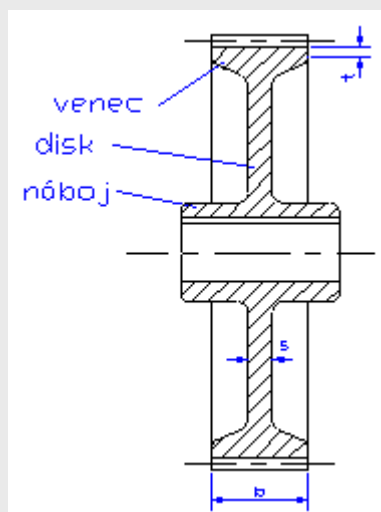
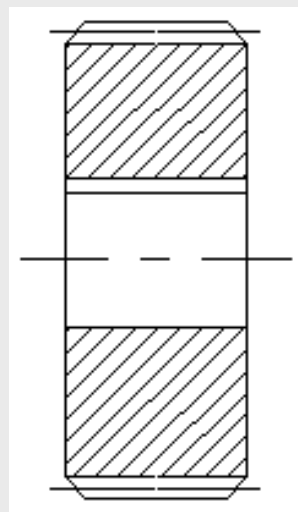


Korigované zuby

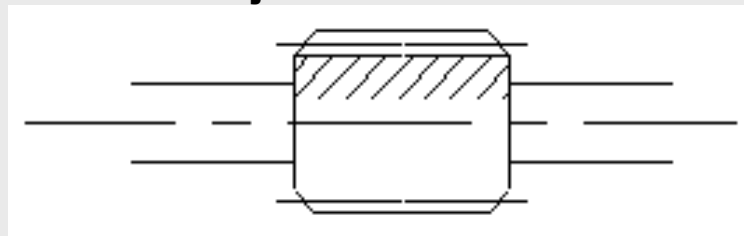
Pastorky s počtem zubů < 17 se posunutím výrobního nástroje o vzdálenost $x_2 \cdot m$ často korigují do „+V“)



Konstrukční provedení čelních kol



Pastorek z jednoho kusu s hřídelí



Tvar tělesa ozubeného kola závisí na průměru kola a průměru díry v náboji. Zásadou je, že pastorek musí být vždy tvrdší a pevnější než kolo.

Materiál čelních ozubených kol

- 1) Šedá litina
 - 42 24xx; xx - 25;15;29;30
 - povrch je kluzký, levné při větším počtu kusů, menší pevnost(musí být silnější stěny a větší přídavek na obrobení)
- 2) Litá ocel
 - 42 2719
 - narůstá pevnost
- 3) Ocel
 - 11 600; 12 020; 14 220
 - povrchové kalení, cementování, nitridování, nitrocementování (vysoká povrchová tvrdost zubů)
 - princip tep. zpracování – jádro houževnaté, ostatní tvrdé
- 4) Lehké slitiny, plasty
- 5) Bronz
 - 42 3048; 42 3123
 - pro kola s velkým zatížením (šneková kola)
 - má dobré kluzné vlastnosti



Povrchové kalení laserem

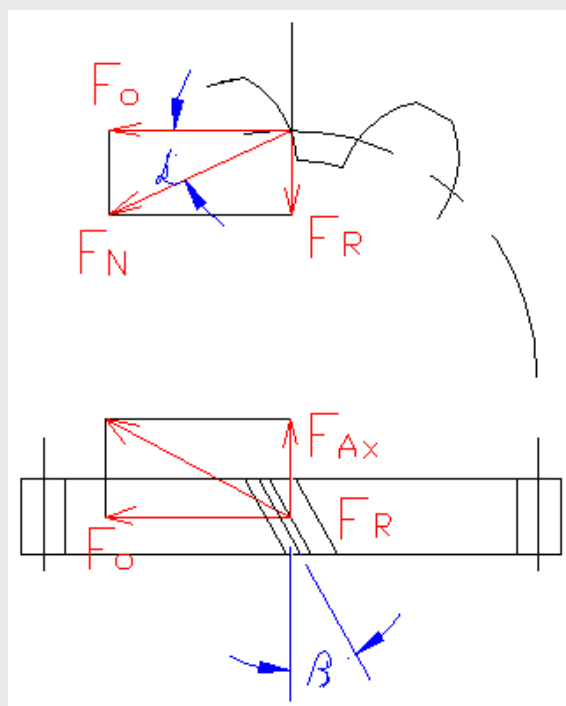


Laser umožňuje vytvrdit ozubení nejen z běžných ocelí určených k povrchovému kalení, ale také cementované a nitridované povrchy.

www.lasertherm.cz/nabizene-sluzby/laserove-kaleni/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=LaserTherm

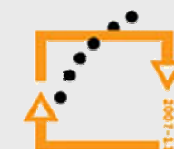
Silové poměry v čelním ozubení

V záběru ozubených kol působí:



- síly od točivého momentu
 $M_t = P / \omega$
- dále přídatné síly způsobené neplynulostí chodu motorů (vnější dynamické síly)
- přídatné síly způsobené nepřesnostmi výroby soukolí a změnou tuhosti zubu během záběru (vnitřní dynamické síly)

Z podmínky na ohyb a otláčení se stanoví nejdůležitější parametr ozubení - **modul**



Návrh modulu

Síly v ozubení:

- obvodová síla $F_o = 2 \cdot M_k / d$
- radiální síla $F_R = F_o \cdot \operatorname{tg} \alpha$
- axiální síla $F_{AX} = F_o \cdot \operatorname{tg} \beta$
- normálová síla $F_N = F_o / (\cos \alpha \cdot \cos \beta)$

Otlačení:

$$m_n = f_H \cdot \sqrt[3]{\frac{k_H \cdot M_{k1}}{\psi_m \cdot z_1^2 \cdot \sigma_{HP}^2 \cdot i}} \cdot \frac{i+1}{i}$$

Ohyb:

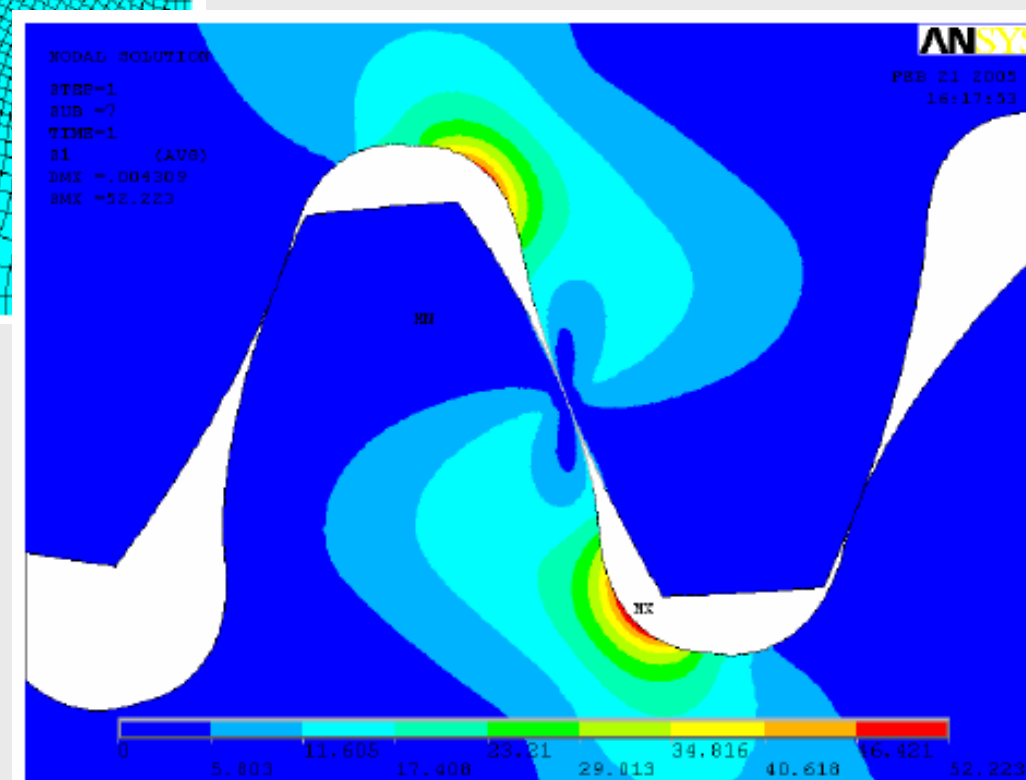
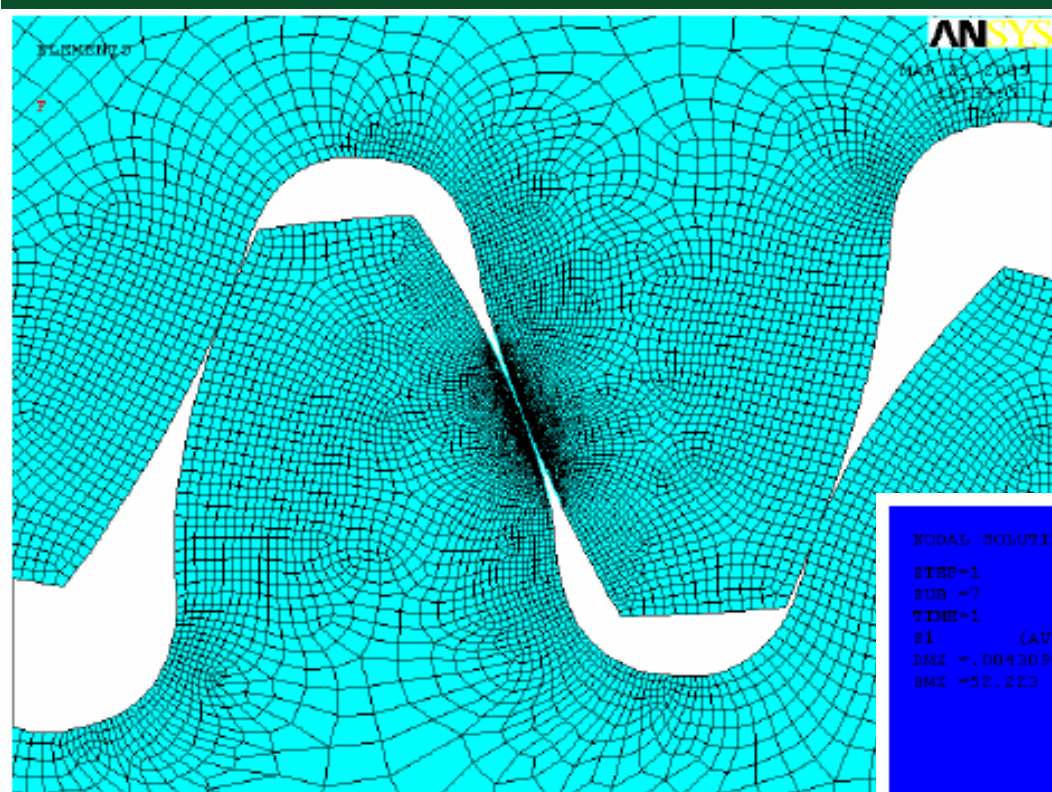
$$m_n = 1,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{k_f \cdot M_{k1}}{\psi_m \cdot z_1 \cdot \sigma_{FP}}}$$

f_H ... konstrukční součinitel - přímé zuby
(77)^{1/3} MPa

$\sigma_{HP (HF)}$... meze únavy v dotyku

ψ_m ... součinitel závisející na převodovém poměru i , typu uložení kol na hřídeli





2. Ozubené převodovky

- Ozubená převodovka podobně jako jiný mechanický převod je vložena mezi pohonný motor a výstupní člen stroje, kterým může být pracovní orgán nebo nástroj.
- Základním úkolem převodovky je dosažení změn úhlové rychlosti a kroutících momentů.
- Nedílnou součástí převodovky je její rám (skříň).



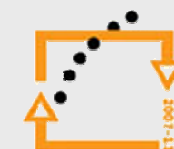
Charakteristika ozubených převodovek

Převodovky se často vyrábějí a dodávají jako komponenty ve formě kompaktních skříní. Jsou to typizované převodovky vyráběné ve specializovaném závodě. Ulehčují a zefektivňují práci konstruktéra a zjednodušují výrobu finálních dřevařských strojů.

⇒ Konstrukčně existují převodovky se **STÁLÝM**
nebo **STUPŇOVITĚ MĚNITELNÝM**
PŘEVODOVÝM POMĚREM

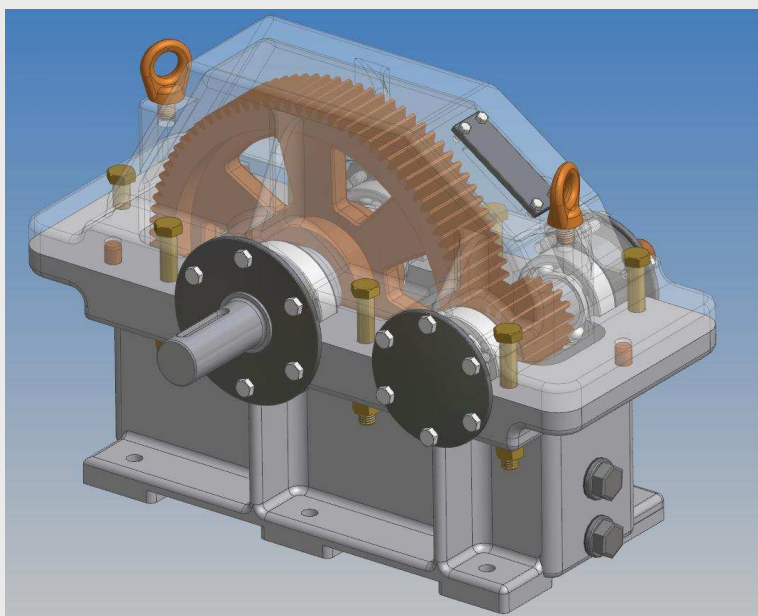
Jestliže na výstupním hřídeli převodovky jsou nižší otáčky a vyšší momenty než na vstupním hřídeli – hovoříme o **reduktoru**.

A naopak, při vyšších otáčkách a nižších momentech - hovoříme o **multiplikátoru**.



Základní funkční parametry převodovky:

- výkon (kroutící moment) [kW] ([Nm])
- otáčky na výstupu
- celkový převod
- celková účinnost
- životnost

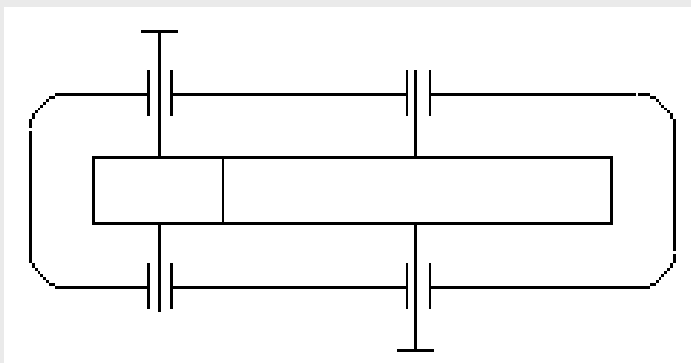


<http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99evodovka>



2.1 Převodovky se stálým převodovým poměrem

a) Převodovky s čelními koly – jednostupňové

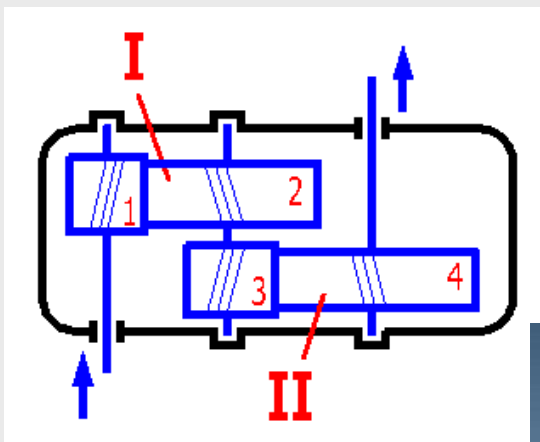


$$P = 3 \div 200 \text{ kW}$$

$$i = 2 \div 5, \text{ max. } 8$$

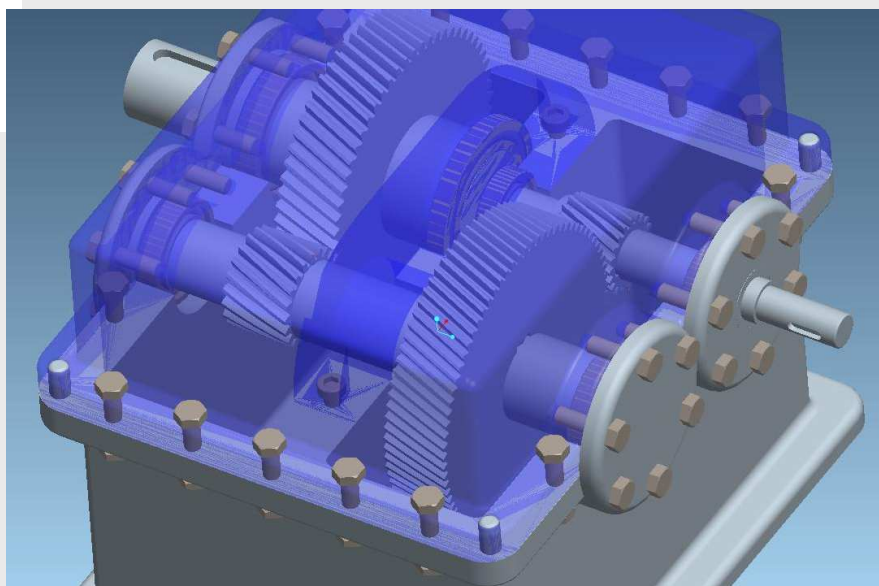


b) Převodovky s čelními koly – dvoustupňové

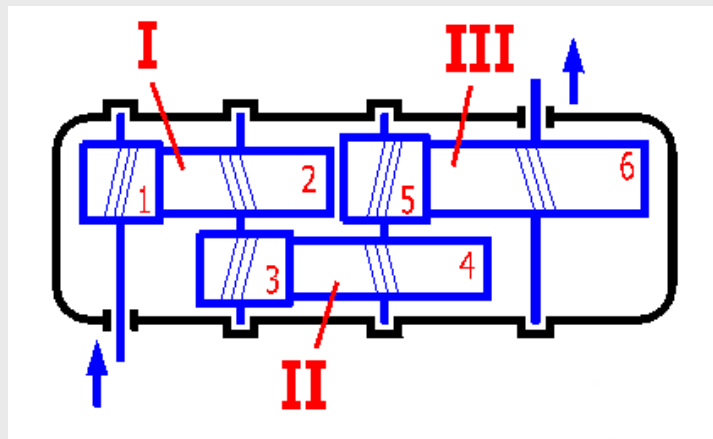


$$P = 3 \div 300 \text{ kW}$$

$$i = 8 \div 45$$

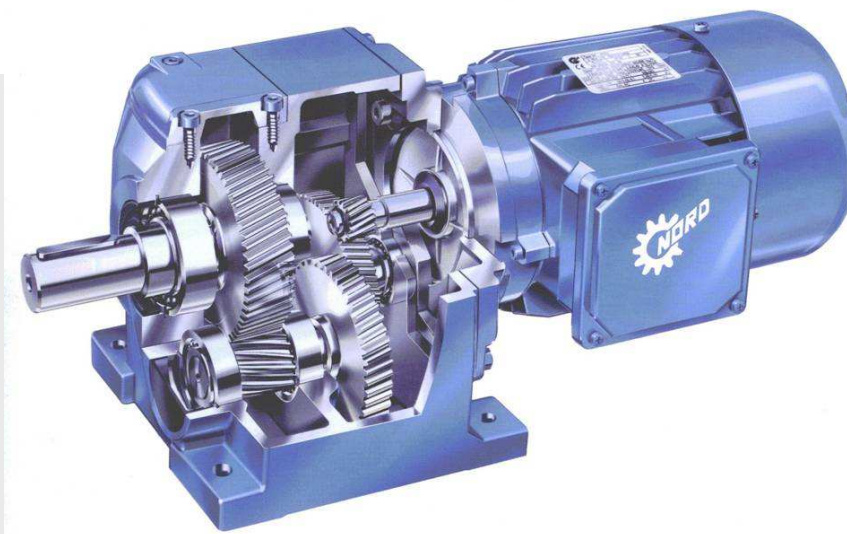


c) Převodovky s čelními koly – třístupňové

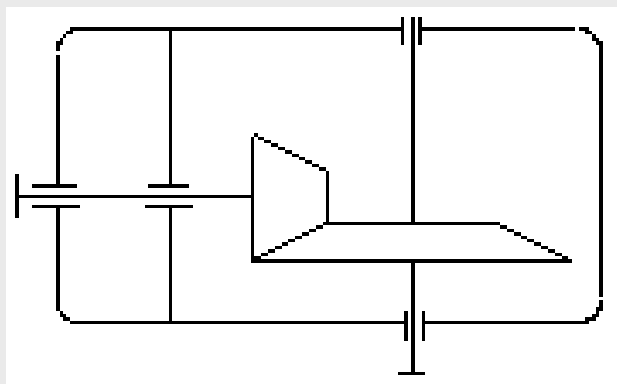


$$P = 3 \div 500 \text{ kW}$$

$$i = 40 \div 200$$



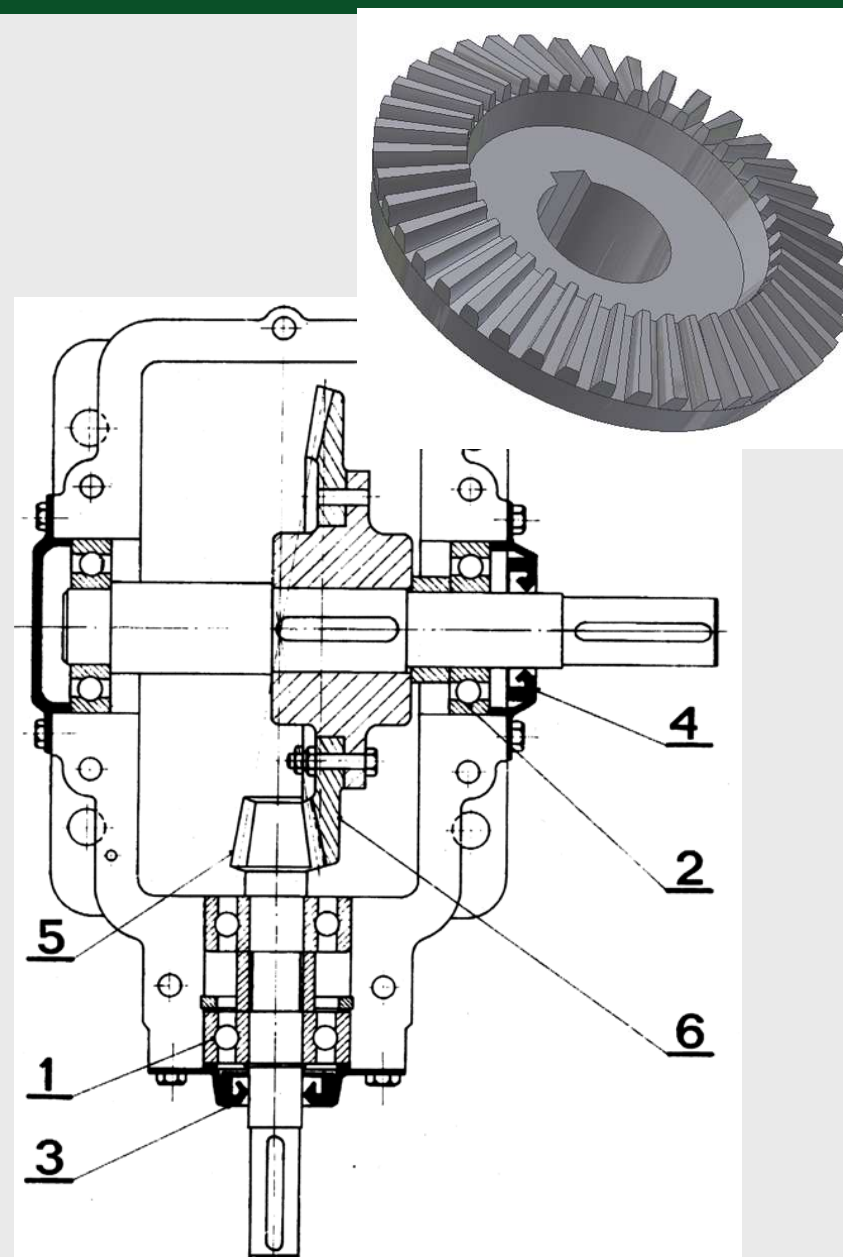
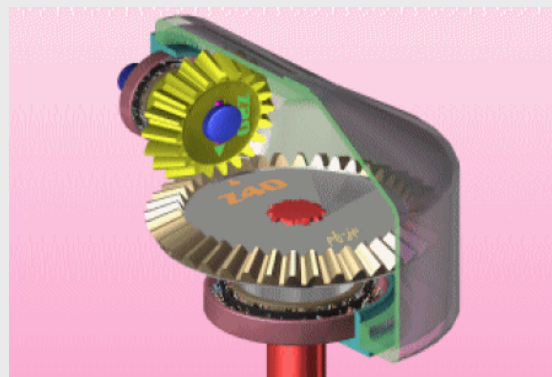
d) Převodovky s kuželovými koly – jednostupňové



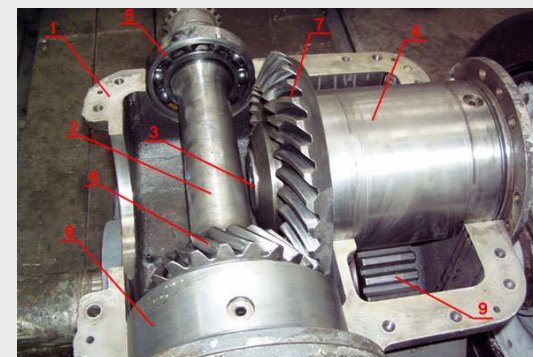
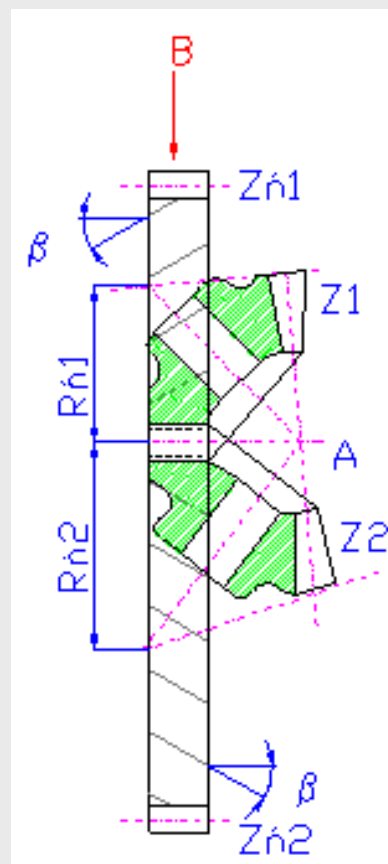
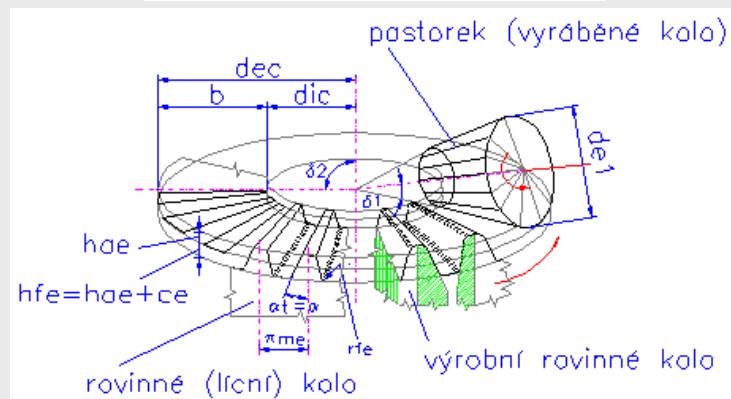
$$P = 3 \div 200 \text{ kW}$$

Úhlový převod

$$i = 2 \div 6$$



Konstrukční provedení kuželových kol

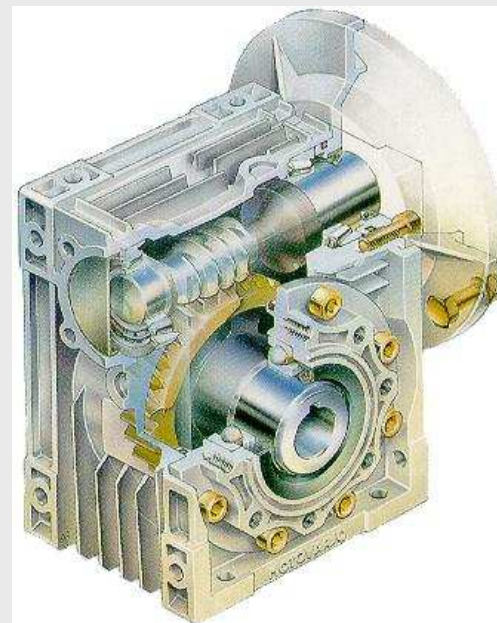
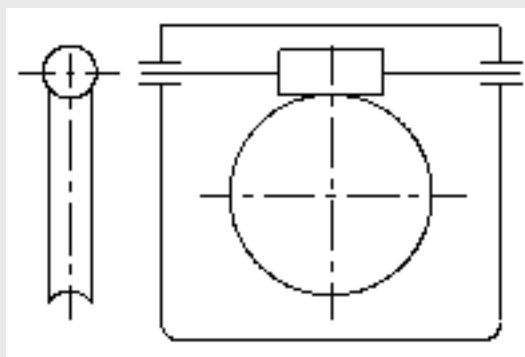


- kinematická a silová vazba mezi různoběžnými hřídeli.
- úhel os nejčastěji 90°

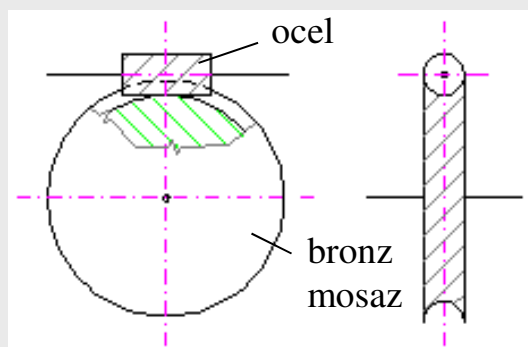


e) Šnekové převodovky

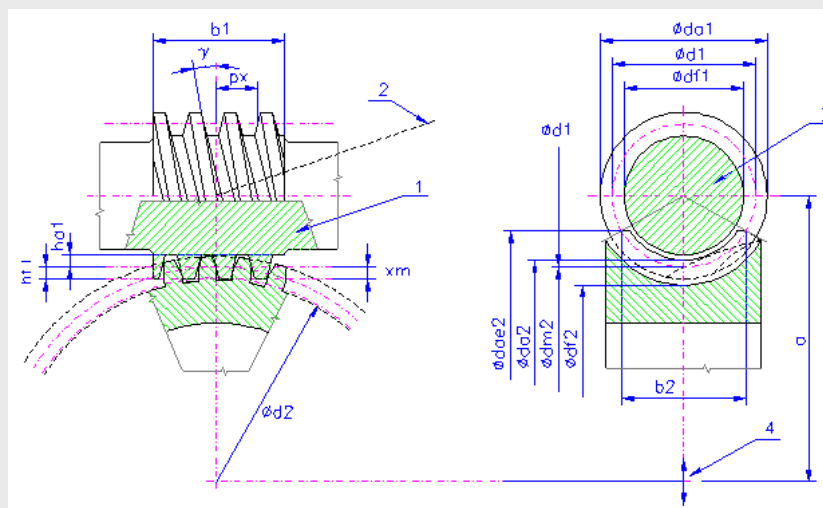
Šnekové převodovky jsou vyráběny do převodového poměru $i=300$. Jejich výhodou jsou menší rozměry a hmotnost než srovnatelných převodovek s čelními ozubenými koly. Podle provedení šneku a kola bývají obvykle samosvorné. Mají ale horší mechanickou účinnost (smykové tření mezi závitů šneku a kola).



Šneková soukolí



- speciální případ šroubového soukolí
- šnek (šroub)
1 až 4 závity
- protikolo -
šnekové kolo.



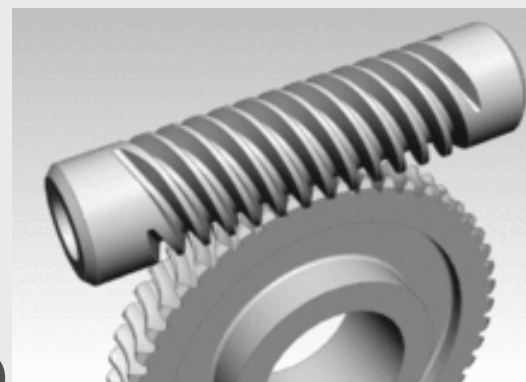
Provozní vlastnosti

Výhody:

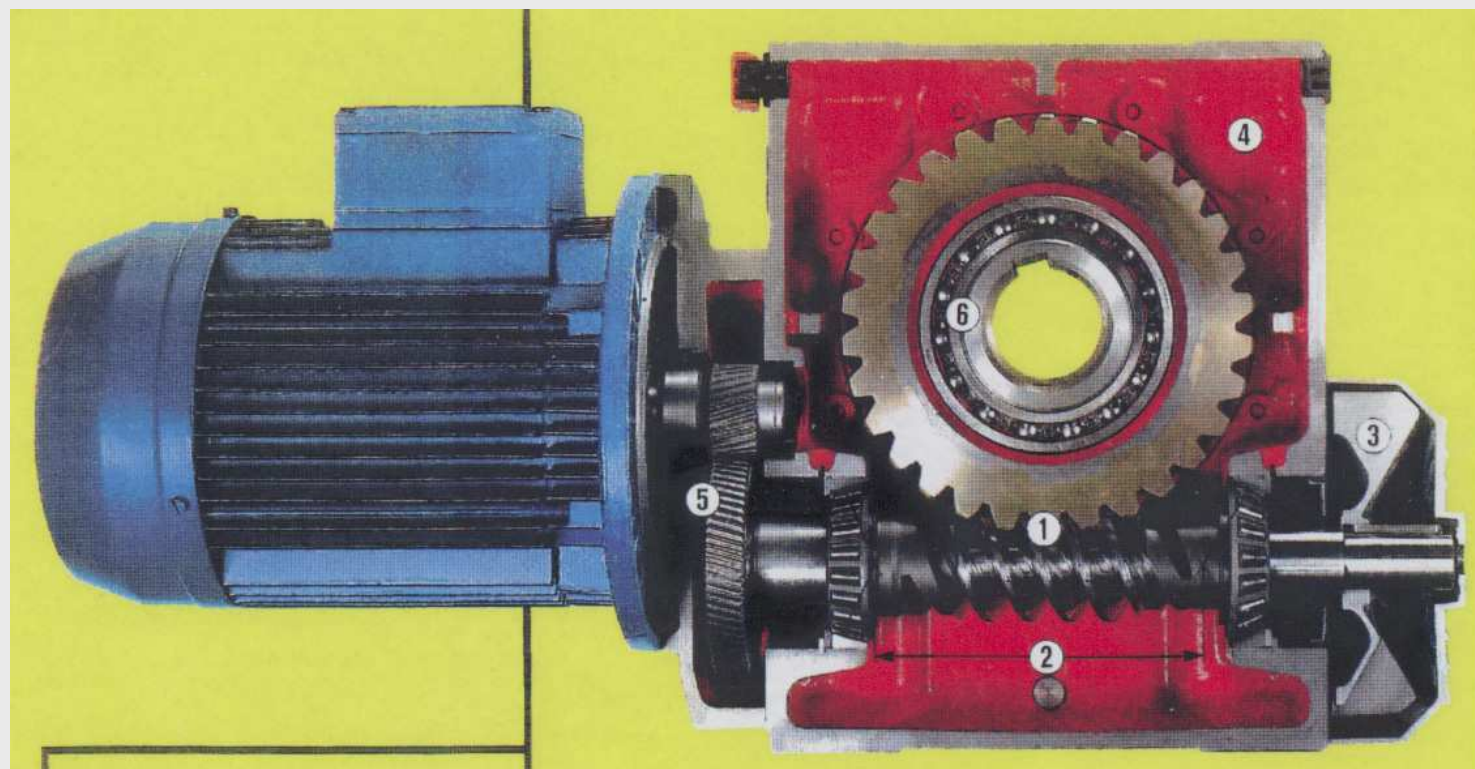
- malá hmotnost, tichý chod
- Samosvornost (použití u navijáků)
- vysoká zatížitelnost

Nevýhody:

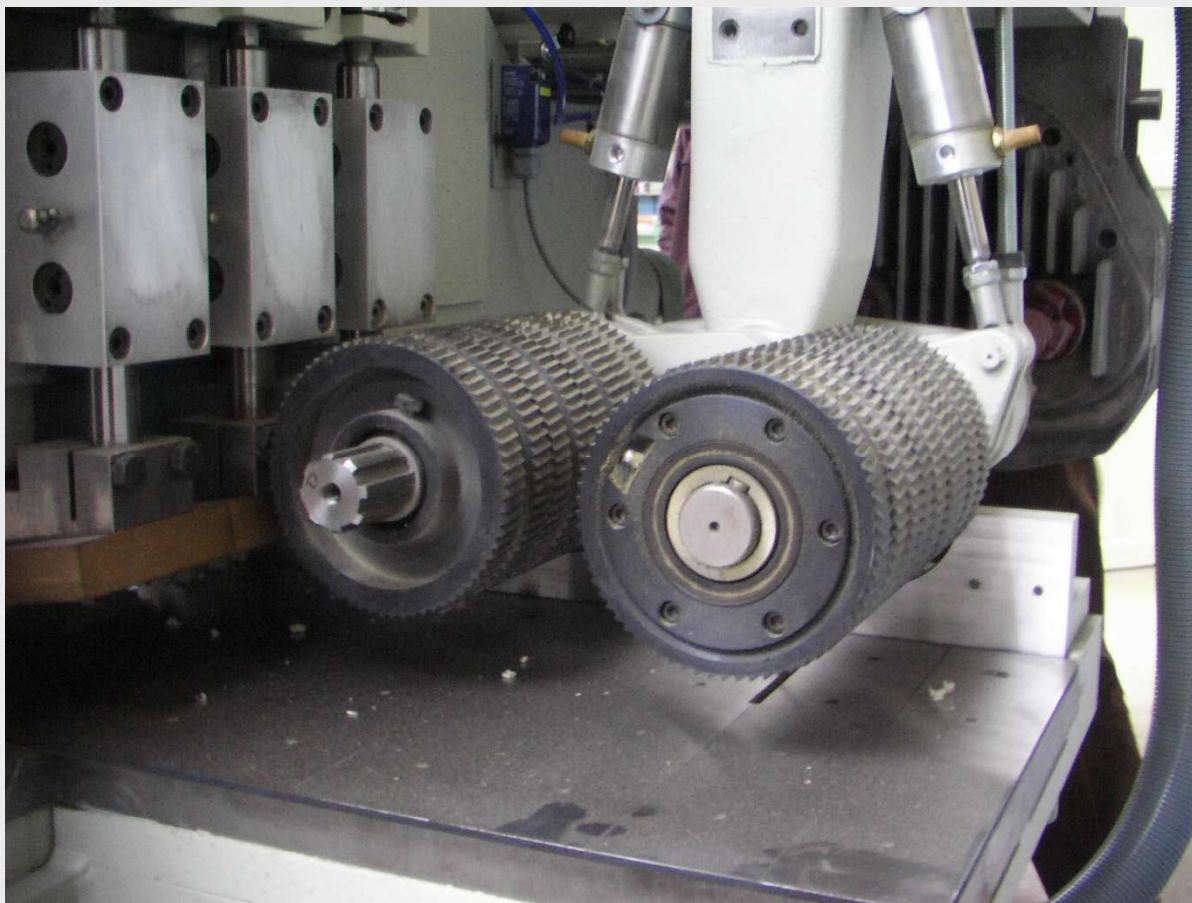
- velký skluz – smykové tření mezi zuby (závity)
- nižší účinnost $\eta = 0,8$ až $0,93$



Šneková převodovka s předlohou s čelními ozubenými koly

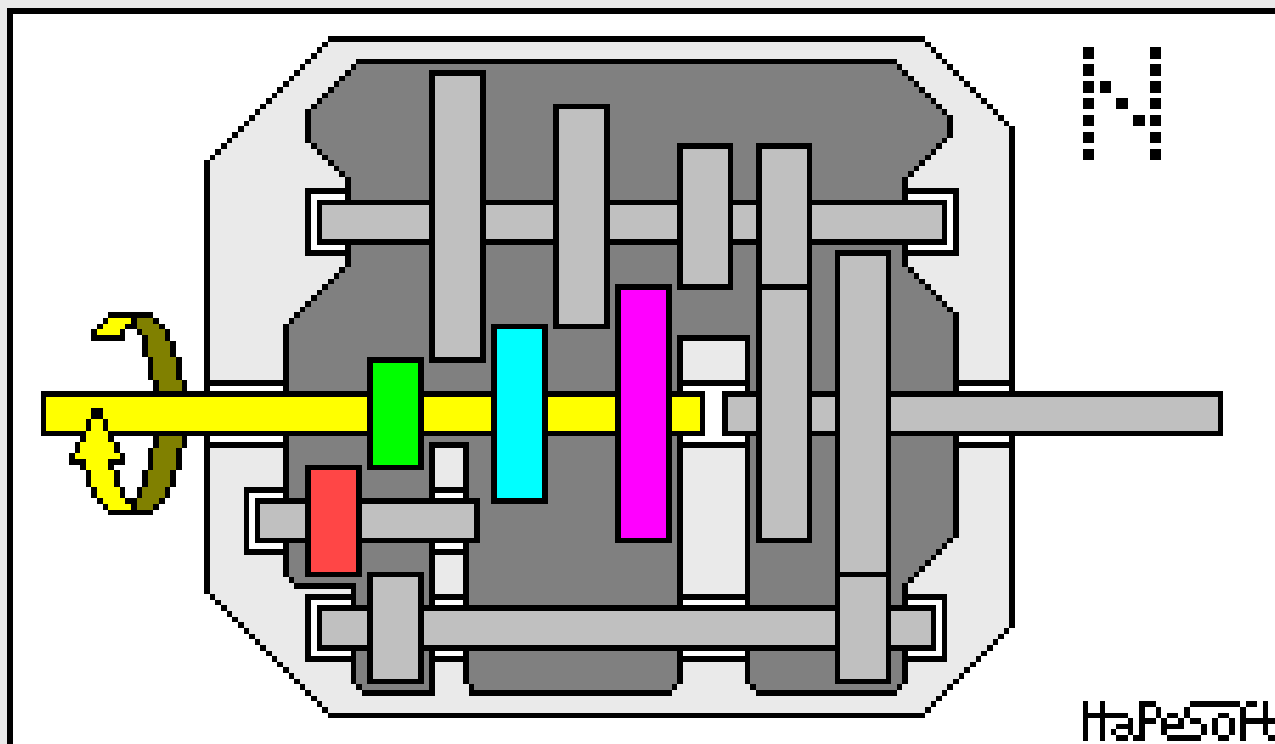


Pohon podávacích válců frézky šnekovou převodovkou



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.2 Převodovky se stupňovitě měnitelným poměrem



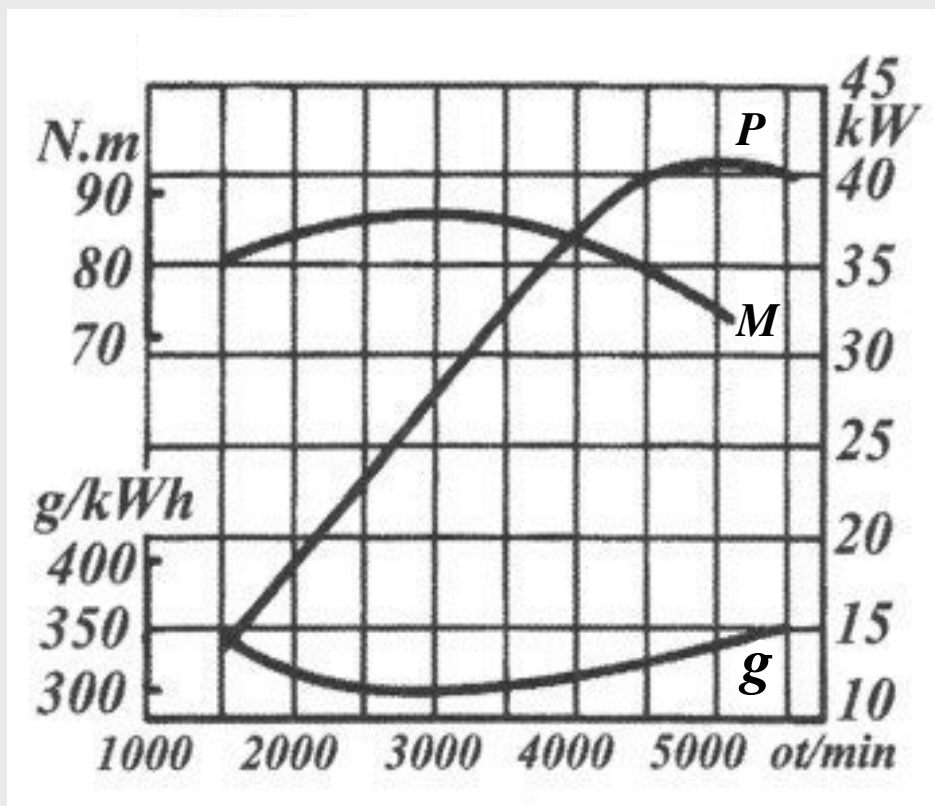
<http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99evodovka>



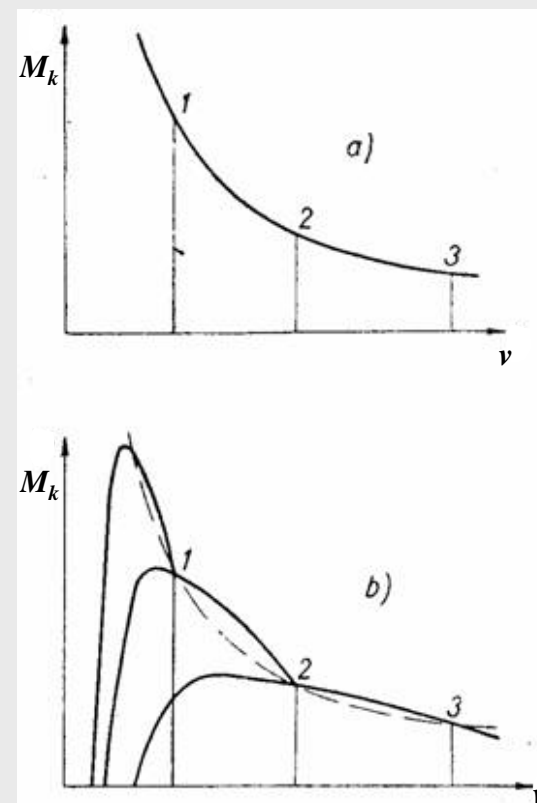
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hlavním konstrukčním znakem těchto převodovek je předlohový hřídel a předlohová soukolí, umožňující řadit dva a více převodových stupňů.

Charakteristika spalovacího motoru a trakční diagram vozidla



P – výkon motoru
M – točivý moment motoru
g – měrná spotřeba paliva



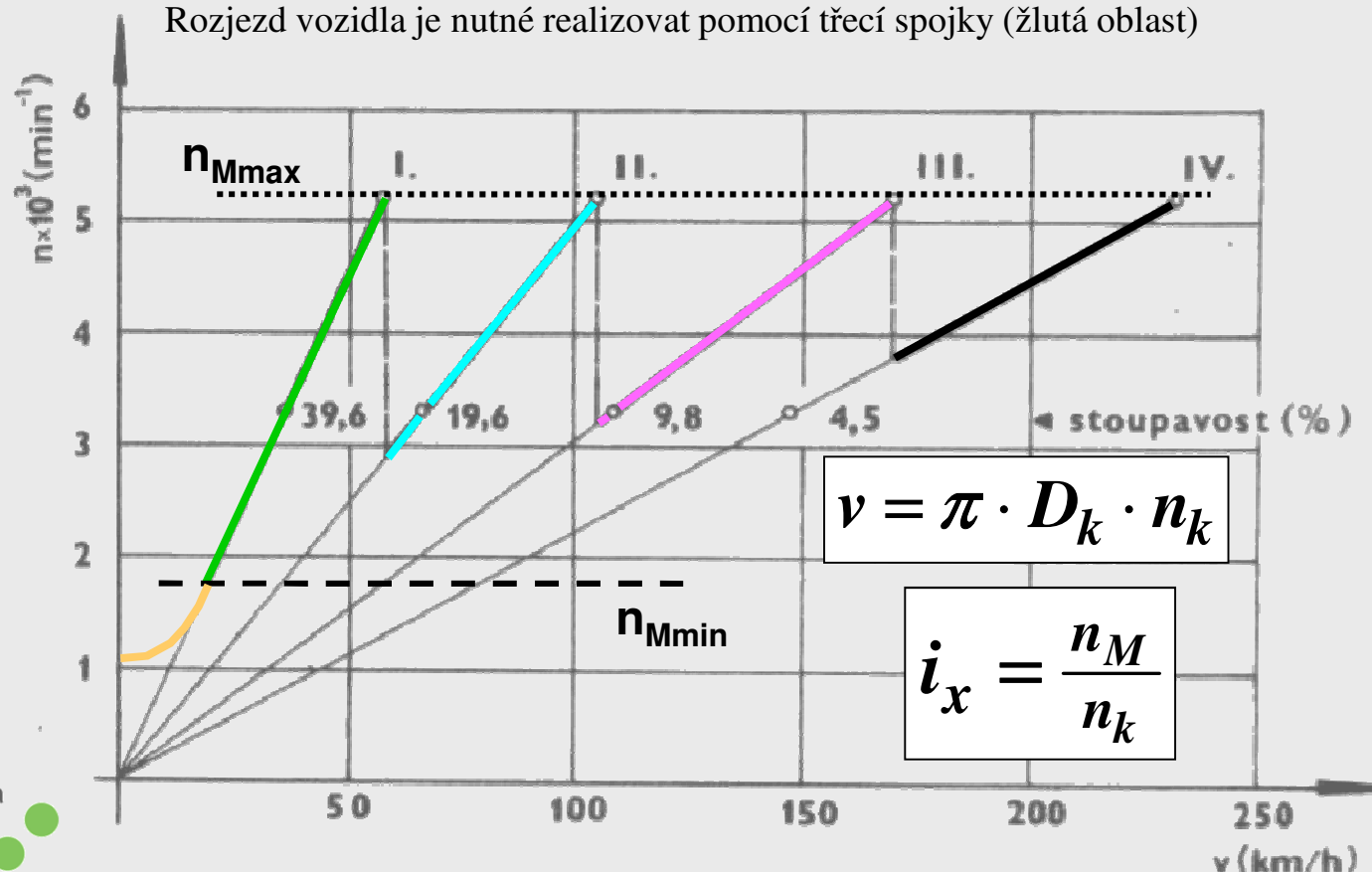
M_k - kroutící moment na kole vozidla
 v - obvodová rychlost kola vozidla



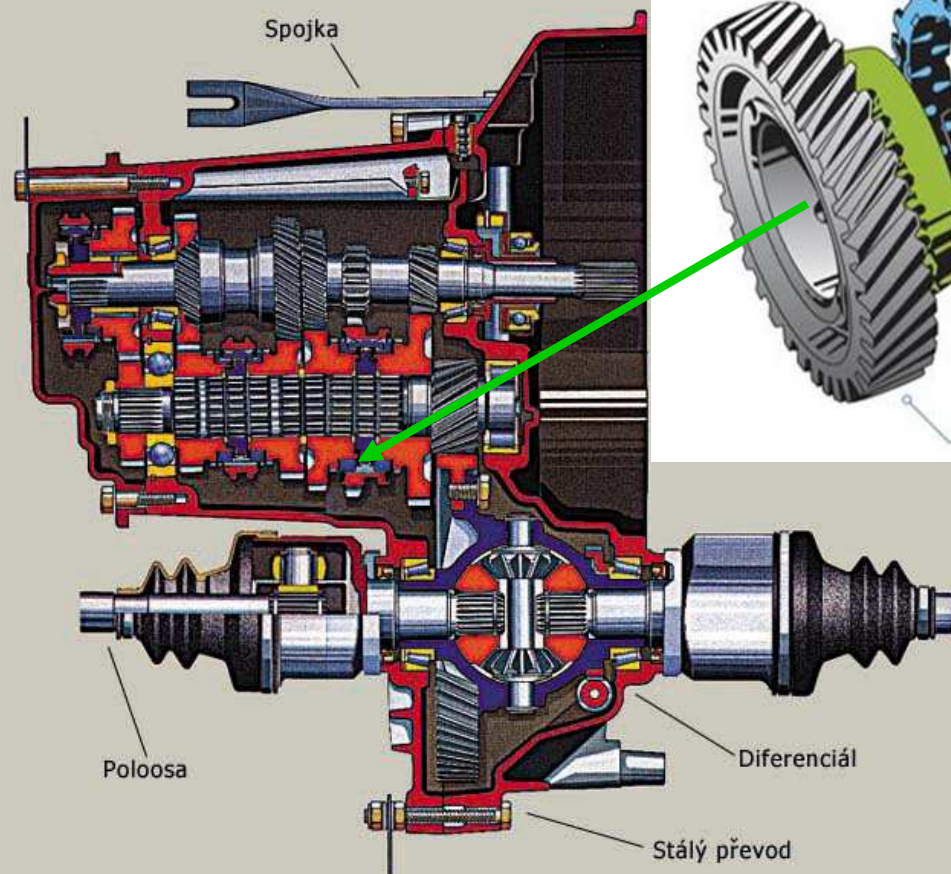
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Otáčkový pilový diagram řazení převodů

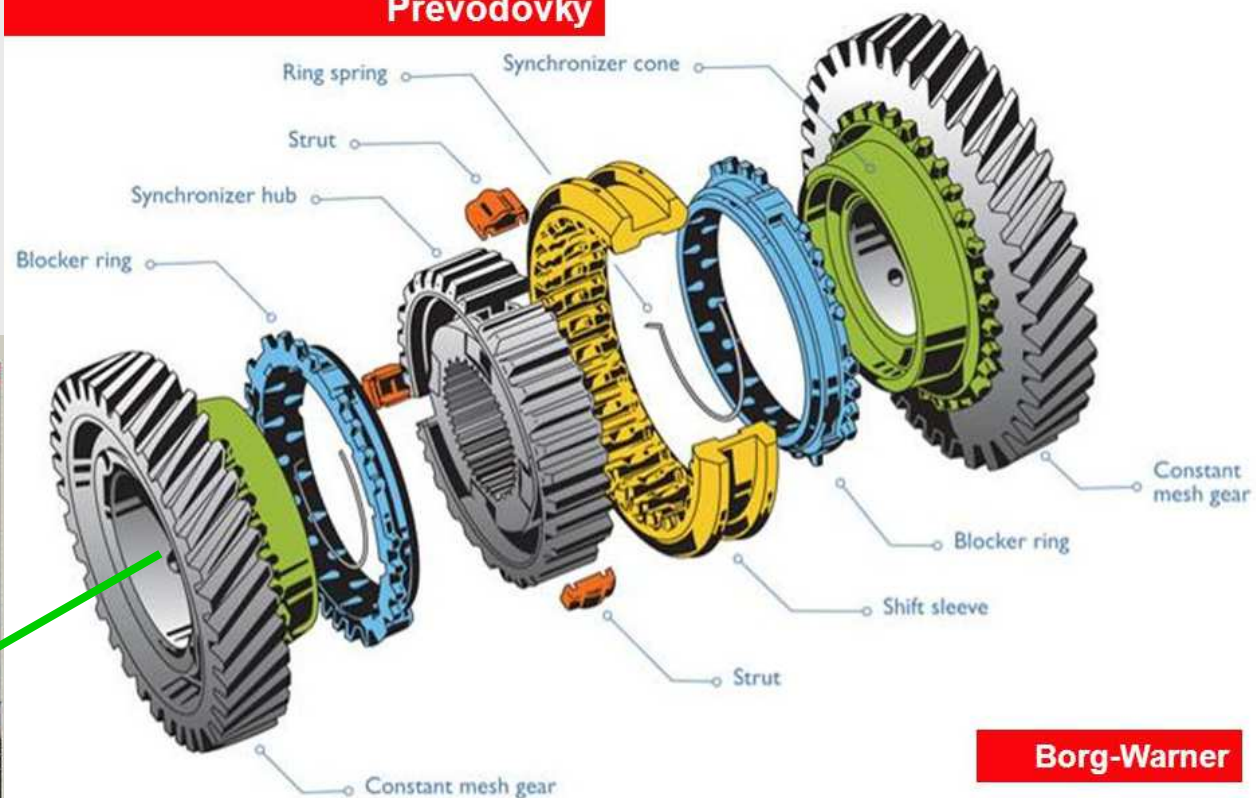
Spalovací motor nejde zatěžovat v oblasti volnoběžných otáček. Převodové stupně musíme řadit v oblasti využitelných provozních otáček n_{Mmin} a n_{Mmax} . Rozjezd vozidla je nutné realizovat pomocí třetí spojky (žlutá oblast)



Synchronizovaná převodovka



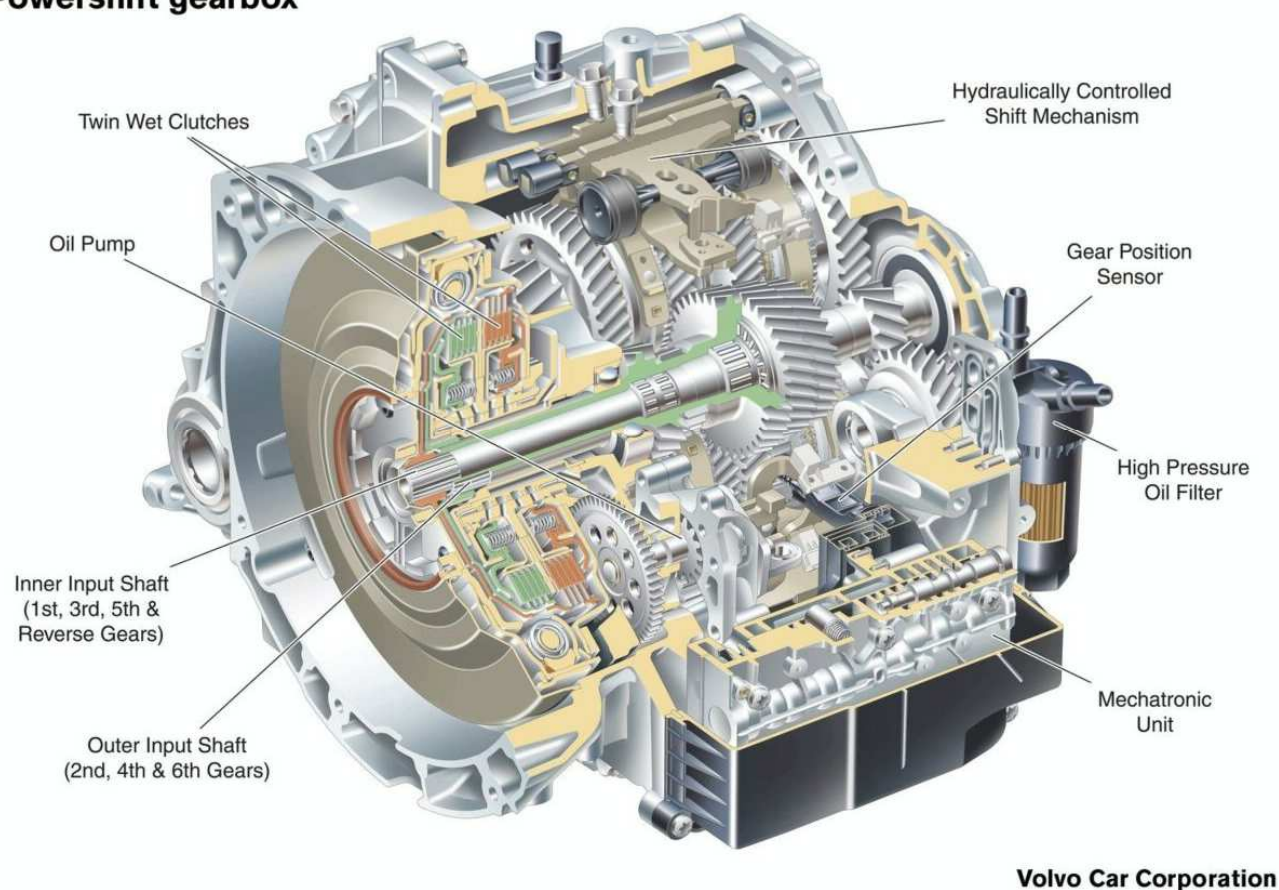
Převodovky



Borg-Warner

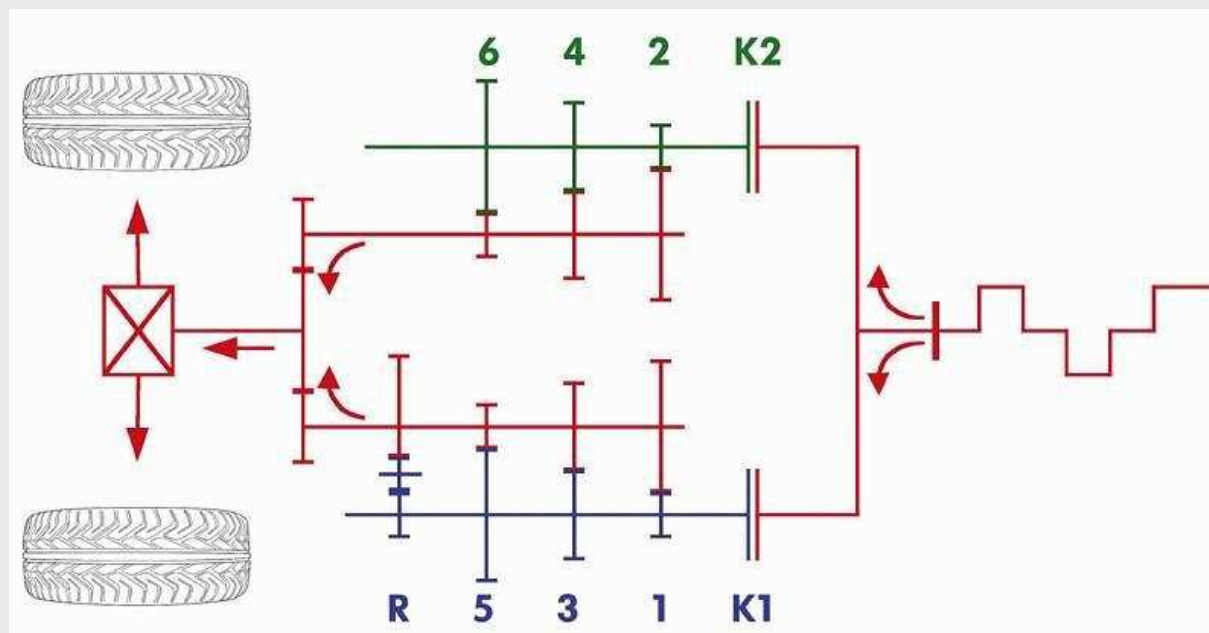
Převodovka DSG (Direktschaltgetriebe)

Powershift gearbox



- Výrazná odlišnost od klasických převodovek je především v systému automatického řazení, který umožňuje rychlejší přeřazení rychlostních stupňů.
- Elektronika zajišťuje rozjezdy (v závislosti na stlačení pedálu plynu a na rychlosti vozu spojuje a rozpojuje spojky), i samotné řazení (analyzuje jízdní styl řidiče a stav vozidla a podle toho předpřipravuje nejpravděpodobnější budoucí požadovaný rychlostní stupeň).
- Rozvoj převodovek typu DSG byl umožněn až vyspělou elektronikou, která umožnila ovládat řazení převodovek.
- Automobilka Audi začala v modelovém roce 2007 používat pro tuto převodovku pod označením S tronic.

Činnost automatické převodovky DSG



Převodovka předřazuje jednotlivé rychlostní stupně podle předchozí řidičovy jízdy. Pokud vůz například zrychluje na 3. rychlostní stupeň 40-60 km/hod, převodovka předpřipraví 4. stupeň. Výhodou převodovek DSG je tedy bleskurychlé řazení, zejména při konstantní akceleraci.

Nevýhodou je naopak prodleva při prudké změně jízdního stylu. Pokud automobil pomalu zrychluje např. na 4. rychlostní stupeň z nízkých otáček (1500 ot/min), převodovka připraví 5. rychlostní stupeň. Pokud řidič v tuto chvíli prudce stlačí pedál akcelérátoru, dojde k tzv. kickdownu a převodovka podřadí, aby zajistila požadovanou akceleraci. Na druhé spojce se tedy musí připravit místo 5. převodu převod 3. a to zabere postřehnutelný čas. Převodovka DSG tedy samotné přeřazení provede bleskurychle, ale liší se čas, potřebný na předřazení rychlostního stupně.

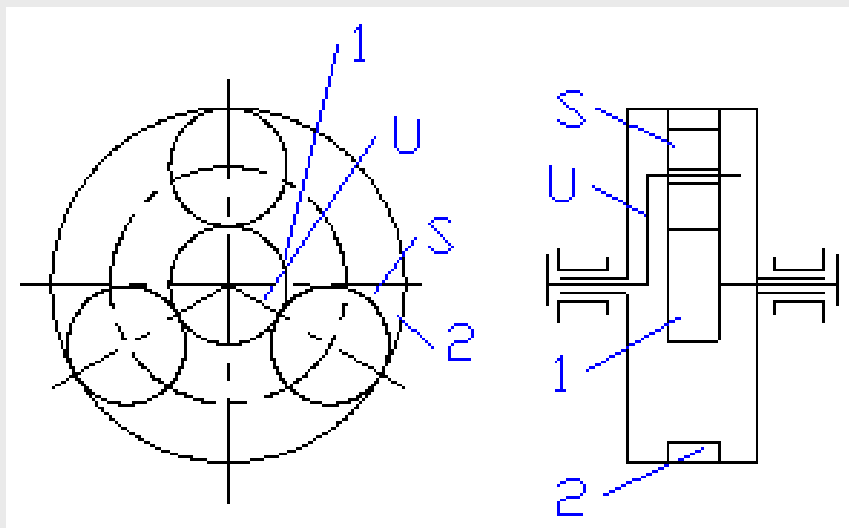
- Dvě vícelamelové třecí spojky K1 a K2 zabezpečí spínání rychlostních stupňů bez rozpojení toku kroutícího momentu od motoru na kola vozidla.

Např. rozjezd vozidla:

- elektrohydraulicky zařazen první rychlostní stupeň a současně na druhém hřídeli je řazen druhý převodový stupeň.
- Po sešlápnutí plynového pedálu je aktivován první rychlostní stupeň plynulým spínáním spojky K1 (čas sepnutí cca 0,4s).
- Když po rozjezdu vozidla, motor dosáhne optimálních otáček pro přeřazení, proběhne aktivace druhého rychlostního stupně tak, že dojde k plynulému vypínání spojky hřídele prvního rychlostního stupně při současném spínání druhé spojky, která aktivuje hřídel s druhým rychlostním stupněm.

2.3 Speciální ozubené převodovky

2.3.1 Planetové převodovky



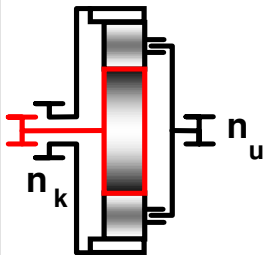
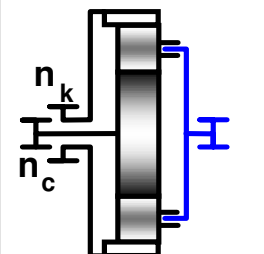
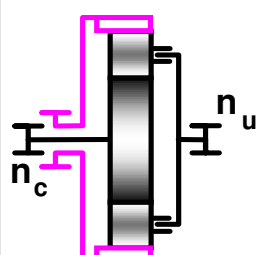
Planetový převod vznikne z dvoustupňové převodovky otočným uložením (tj. uvolněním) skříně (rámu) na vstupním a výstupním hřídeli. Původní převodovka získá tím o jeden stupeň volnosti více a stane se diferenciálem se dvěma stupni volnosti.

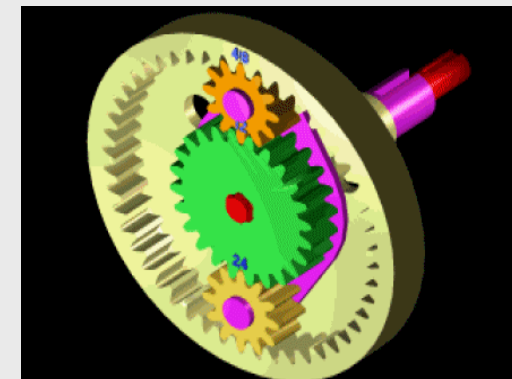


- 1 ... centrální kolo
(vnější ozubení)
- 2 ... korunové kolo
(vnitřní ozubení)
- U ... unášec
- S ... satelit



Příklady užití planetového soukolí

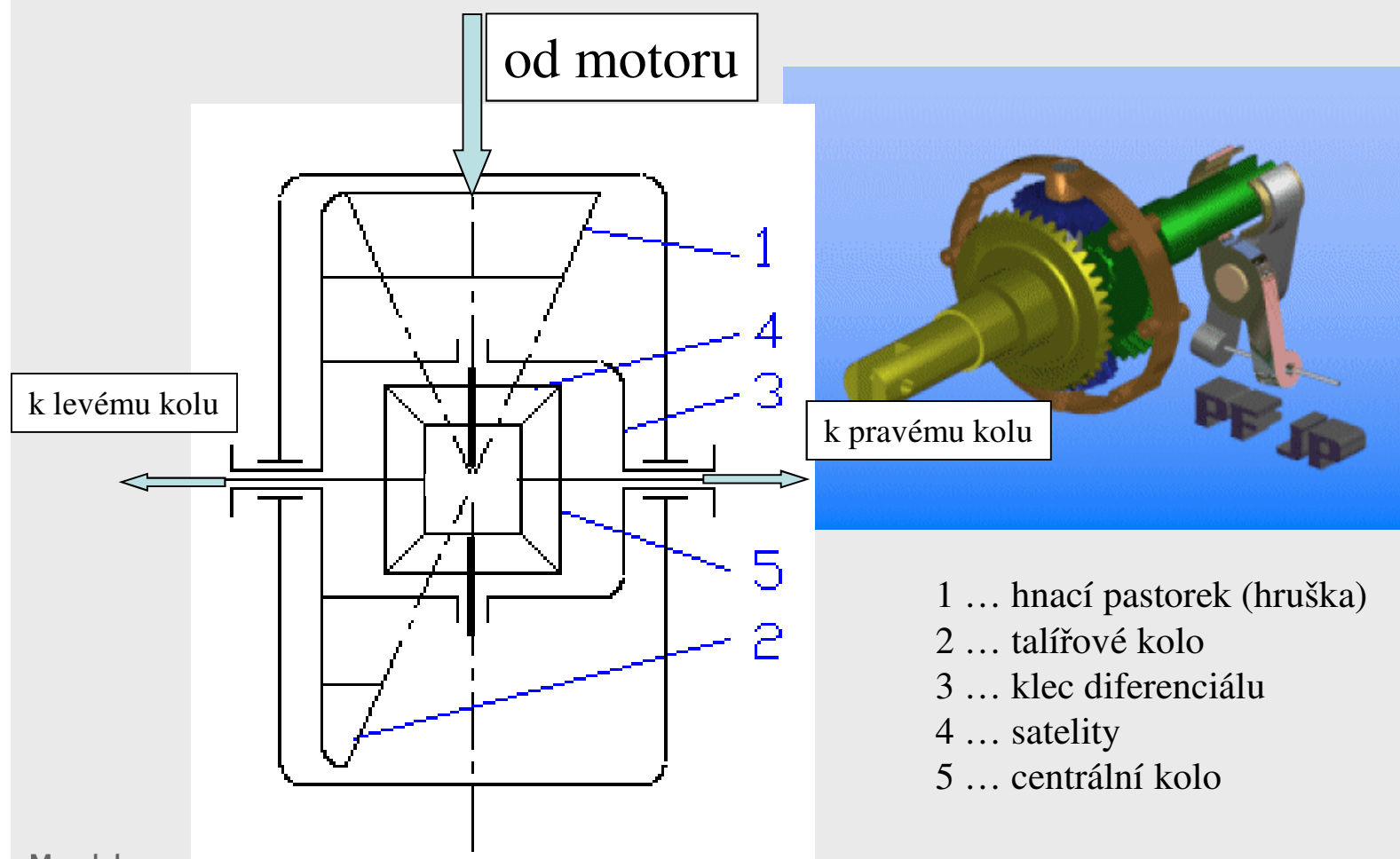
Uspořádání	Zabrzděn	Přívod P _{na}	Odvod P _z	Převodový poměr
	CENTRÁLNÍ KOLO $n_c = 0$	unášeč	korun. kola	$\frac{n_u}{n_k} = \frac{z_k}{z_k + z_c}$
		korun. kolo	unášeče	$\frac{n_k}{n_u} = \frac{z_k + z_c}{z_k}$
	UNÁŠEČ $n_u = 0$	centrál. kolo	korun. kola	$\frac{n_c}{n_k} = -\frac{z_k}{z_c}$
		korun. kolo	centrál. kola	$\frac{n_k}{n_c} = -\frac{z_c}{z_k}$
	KORUNOVÉ KOLO $n_k = 0$	centrál. kolo	unášeče	$\frac{n_c}{n_u} = \frac{z_c + z_k}{z_c}$
		unášeč	centrál. kola	$\frac{n_u}{n_c} = \frac{z_c}{z_c + z_k}$



Pomocí brzdícího kotouče, lamelových třecích spojek nebo pásu vždy zabrzdíme jeden hřídel a další dva slouží k přivádění a odvádění výkonu.



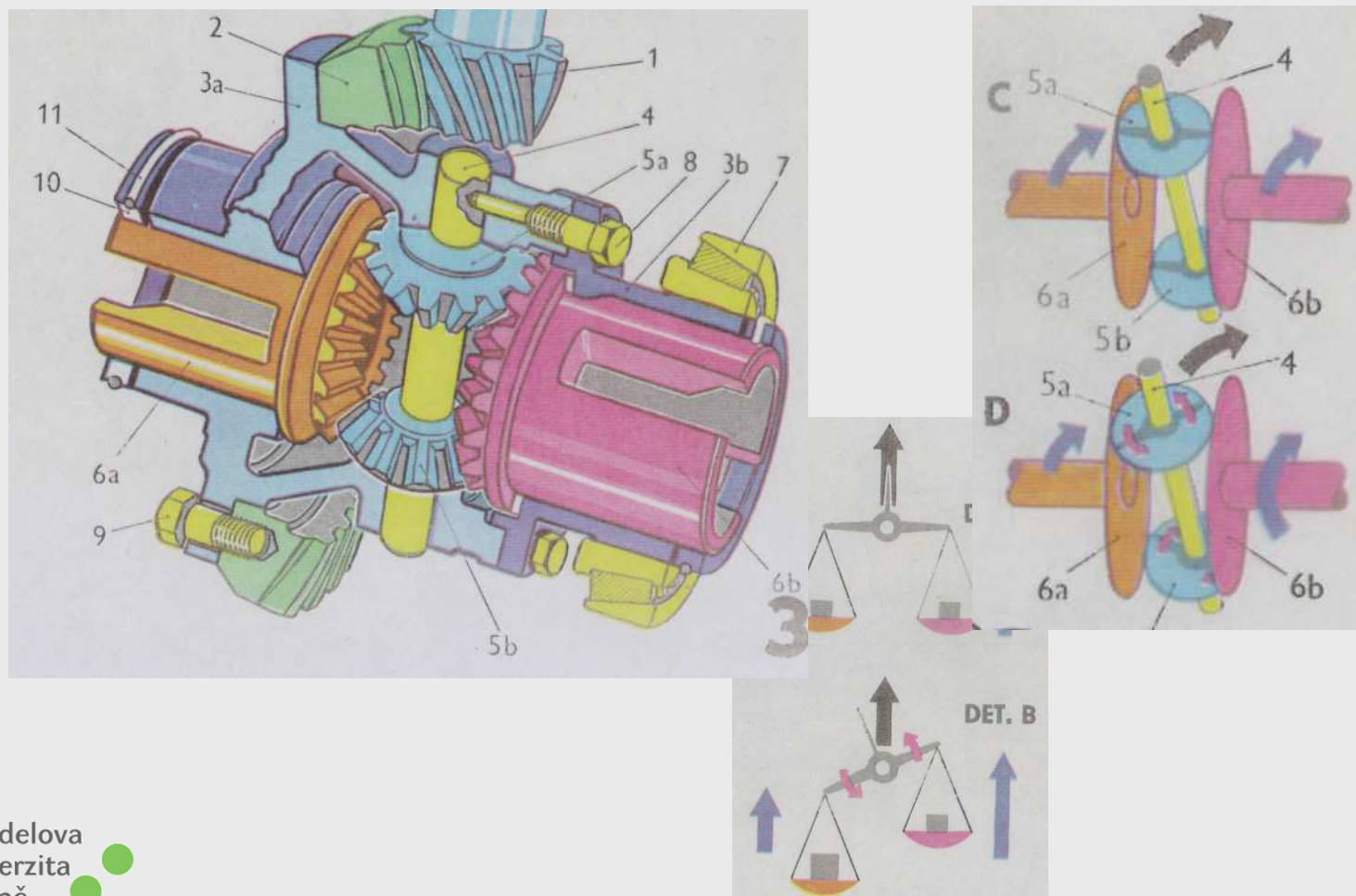
Planetový diferenciál a kuželovými koly



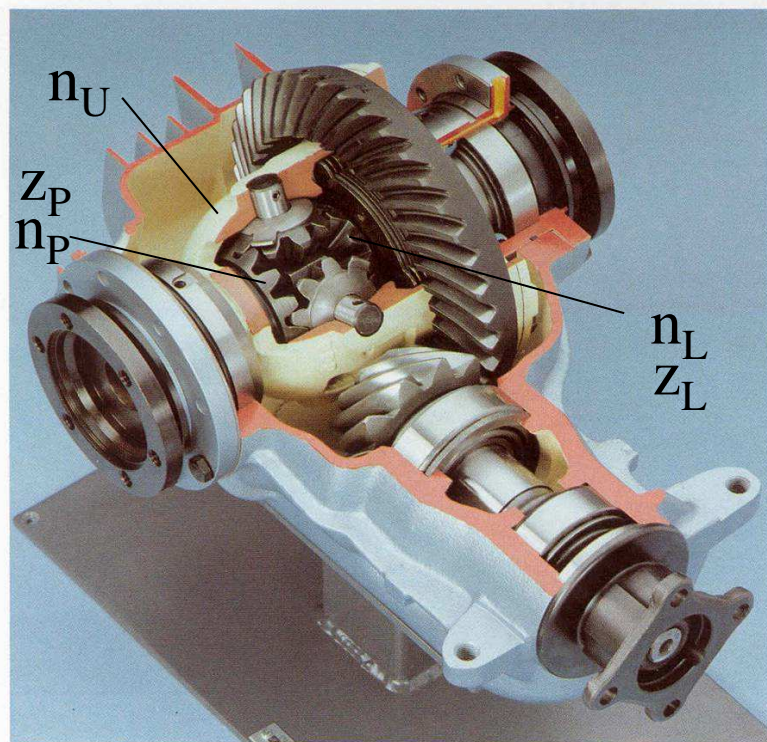
- 1 ... hnací pastorek (hruška)
- 2 ... talířové kolo
- 3 ... klec diferenciálu
- 4 ... satelity
- 5 ... centrální kolo



Princip činnosti kuželového diferenciálu



Konstrukční řešení automobilového diferenciálu



Rozvodovka s diferenciálem

$$\frac{n_L - n_U}{n_P - n_U} = -\frac{z_P}{z_L}$$

když $z_P = z_L$

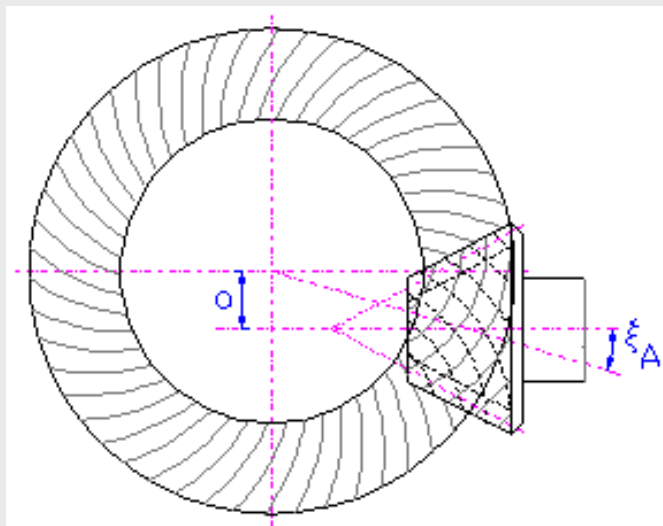
$$n_L - n_U = n_U - n_P$$

Například při velkém jízdním odporu na pravém kole bude $n_P = 0$

$$n_L = 2n_U$$



Součástí rozvodovky bývá často hypoidní převod



kruhově
spirální
(Gleason),
provedení
jako
obloukové
ozubení



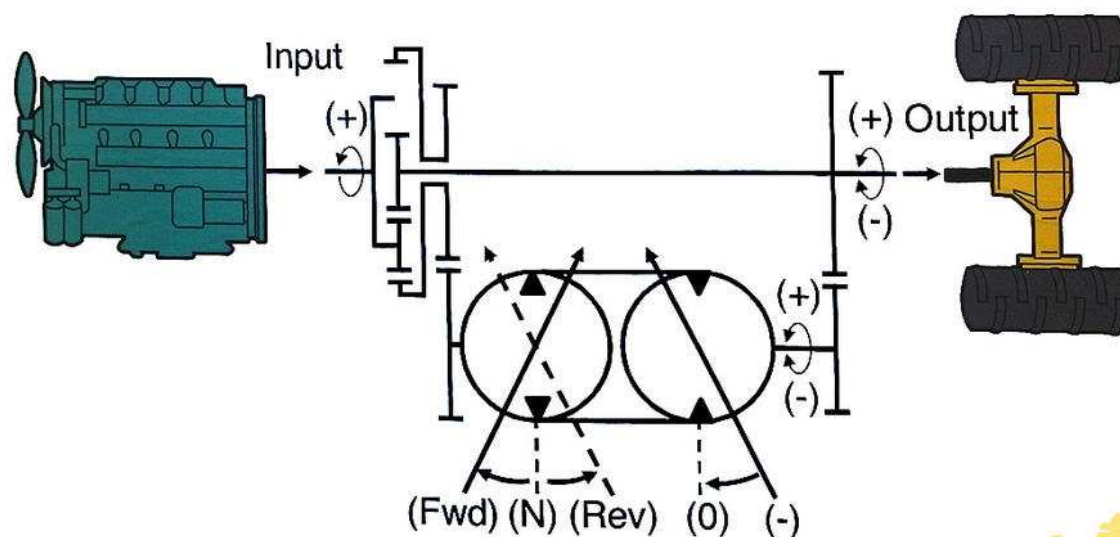
Hypoidní ozubení se **spirálními** zuby se v provozu při velkém zatížení se lépe přizpůsobuje deformacím hřídelů.

Je charakterizováno klidným a tichým chodem, ovšem má nižší účinnost a je nutné soukolí mazat speciálními oleji. V důsledku přesazení –pastorek má větší průměr



Kombinovaný převod CVT Vario

CVT CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION



Zdroj: Volvo Innovation Forum, Eskilstuna, srpen 2013

Návrh - 1987 (český konstruktér Robert Honzek - začal realizovat prvotní nápad Hanse Marschalla u firmy FENDT.

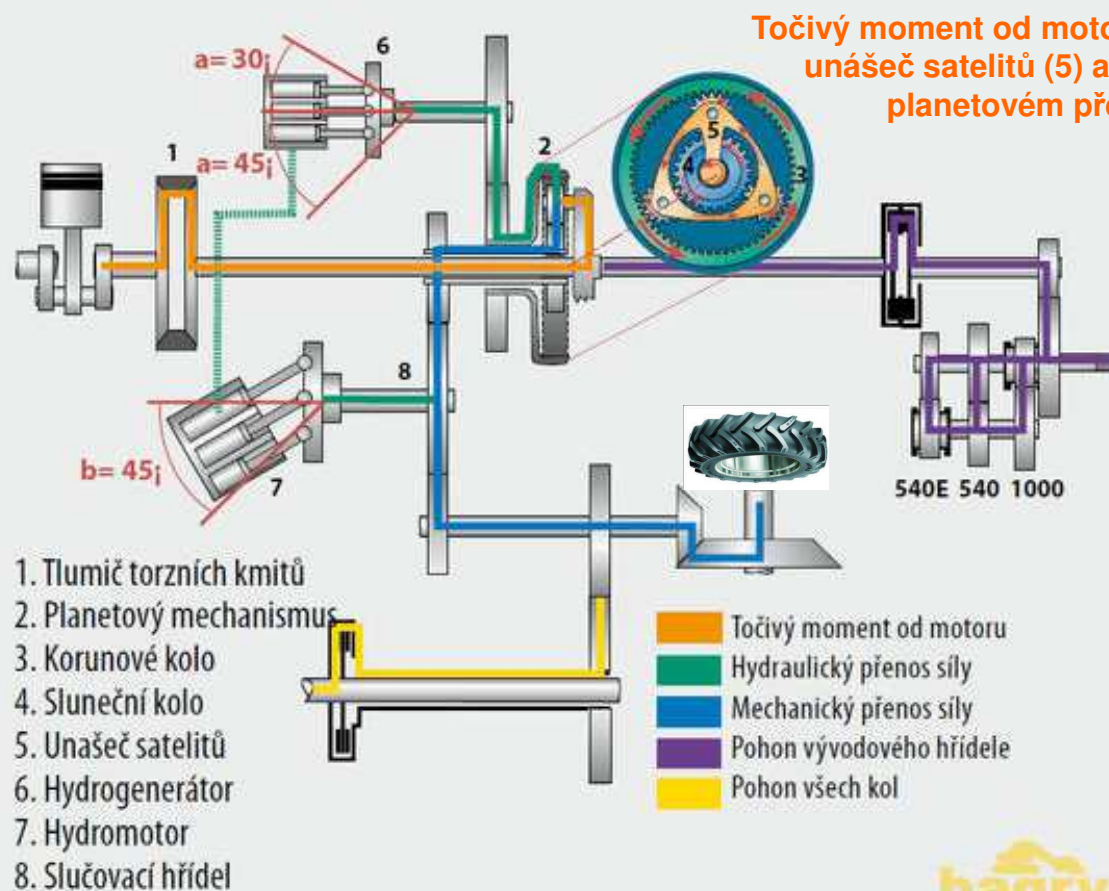
Na rozdíl od koncepce 2plus2 je použito pouze jednoho hydromotoru, což snižuje cenu celého pohonu.

Převodovka Vario (označuje se také zkratkou CVT Continuosly Variable Tansmission = převodovka s plynule měnitelným převodem nebo jako převodovka s rozdělením hnací síly [power split transmission])



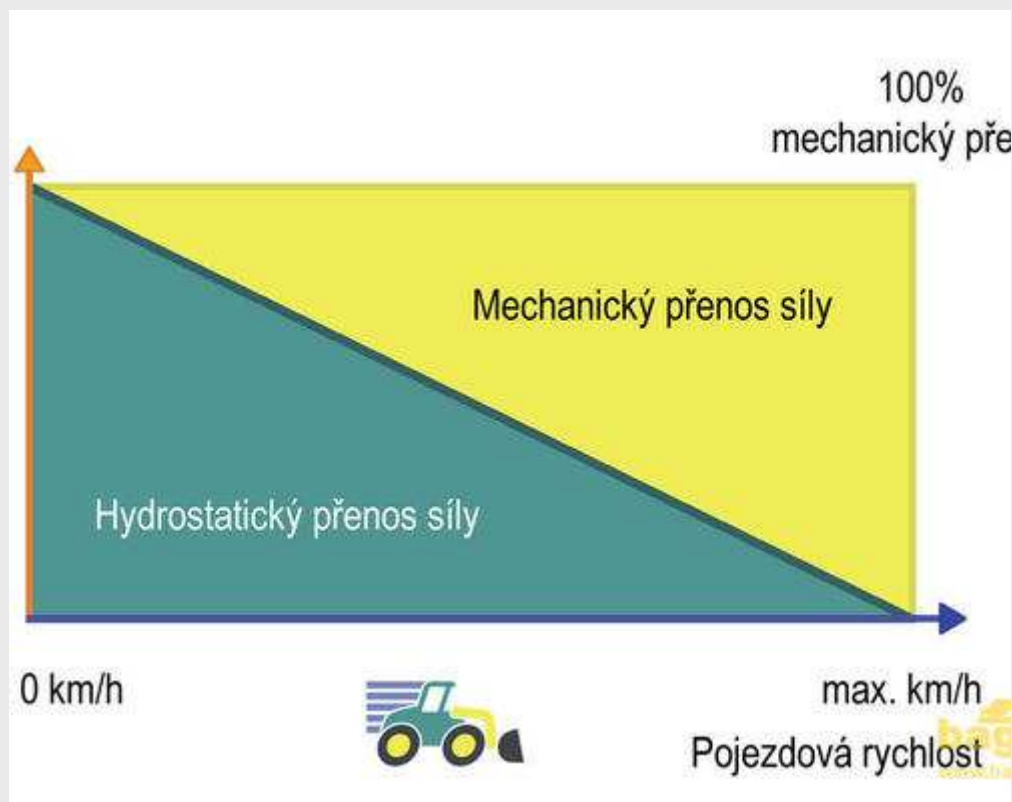
Princip funkce

Geniální stavba Vario převodovky – perfektní kombinace hydraulického a mechanického přenosu síly



- Díky převodovému poměru v planetové převodovce (2) při rozjezdu klade nejnižší odpor vnější korunové kolo (3) a tak se díky satelitům točí a roztáčí hydrogenerátor – HG (6).
- Není-li deska v HG (6) nakloněná - čerpadlo se točí bez odporu a žádný olej do okruhu nevhání, čímž hydromotor - HM (7) i traktor stojí.
- Jakmile desku v HG (6) nakloníme, olej začne proudit do HM (7), jenž už na to se svou nakloněnou deskou čeká, a traktor se rozjíždí hydrostaticky.
- Díky slučovacímu hřídeli (8) se začíná točit i mechanická část, se kterou je ta hydrostatická propojená dalším ozubeným kolem propojeným s kolem centrálním (slunečním) (4) v planetové převodovce.
- Když ustavíme desku HM (7) do nulového náklonu nemá kam kapalina od HG proudit – HG i korunové kolo se zastaví a síla motoru jde do pojezdu už jen mechanicky přes centrální kolo.

Kombinace hydrostatického a mechanického přenosu síly

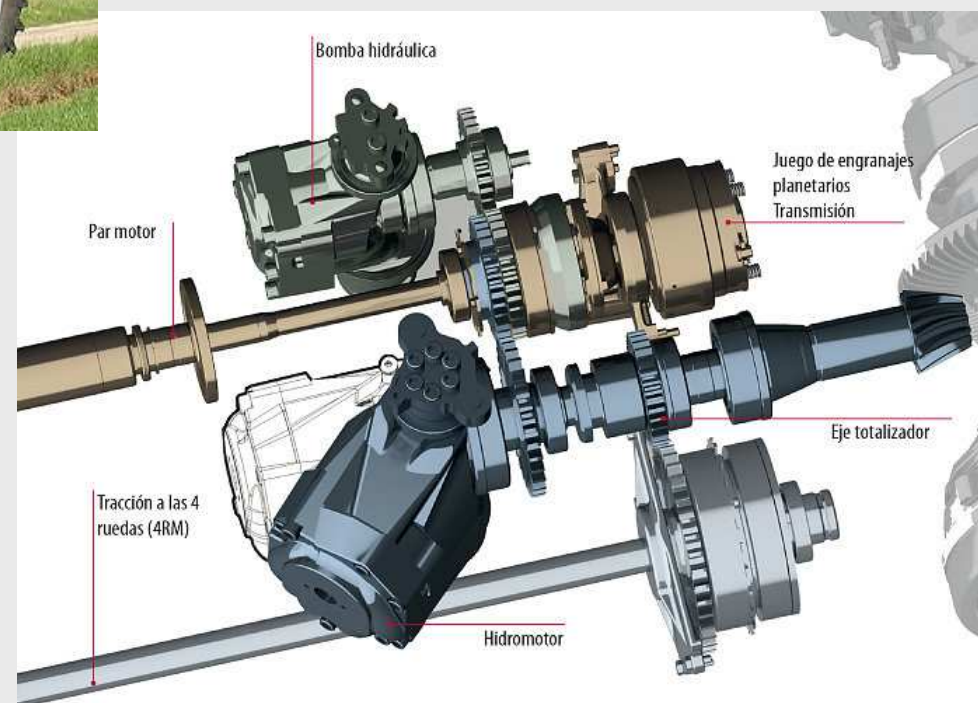


Důmyslné rozložení hnací síly - při rozjezdu zabírá pouze hydrostatika, kterou při zvyšující se pojezdové rychlosti postupně doplňuje pohon mechanický. A to do té míry, že při dosažení maximální rychlosti mechanický pohon hydrostatiku zcela nahradí.



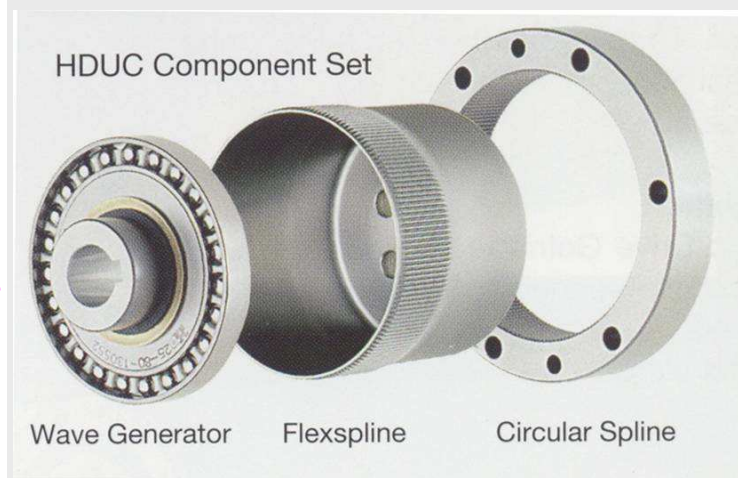
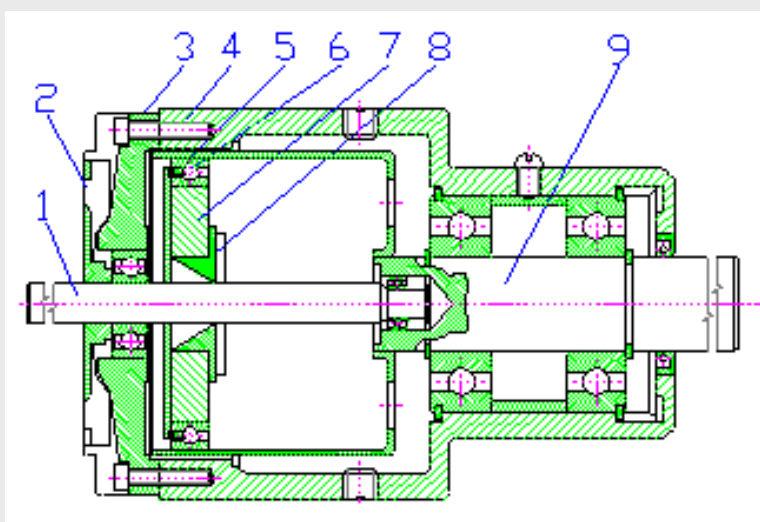
Výhody CVT převodovky nekončí jen u spotřeby a velmi dobré účinnosti přenosu výkonu, ale oproti hydrodynamice vyniká především svým plynulým bezstupňovým chodem, příjemnou citlivostí a snadným ovládáním bez nutnosti používat pro zastavení brzdu. To vše jsou přednosti plynoucí ze začlenění hydrostatického pohonu.

Rychlost stroje se ovládá pedálem či pákou. Tento ovládací prvek však už ale nemá co dočinění s otáčkami motoru. Ty hlídá elektronika, která se snaží je držet co nejnižší. Běh motoru se totiž oddělil od samostatného pohonného ústrojí, takže elektronika má mnohem více možností ho ovládat podle svého vlastního mínění. Klidně se může stát, že budete zrychlovat, zatímco otáčky motoru budou klesat.

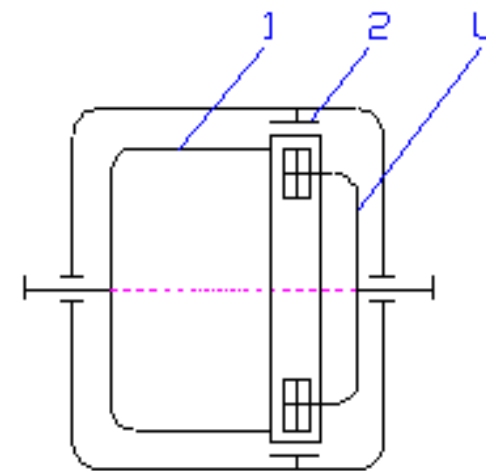
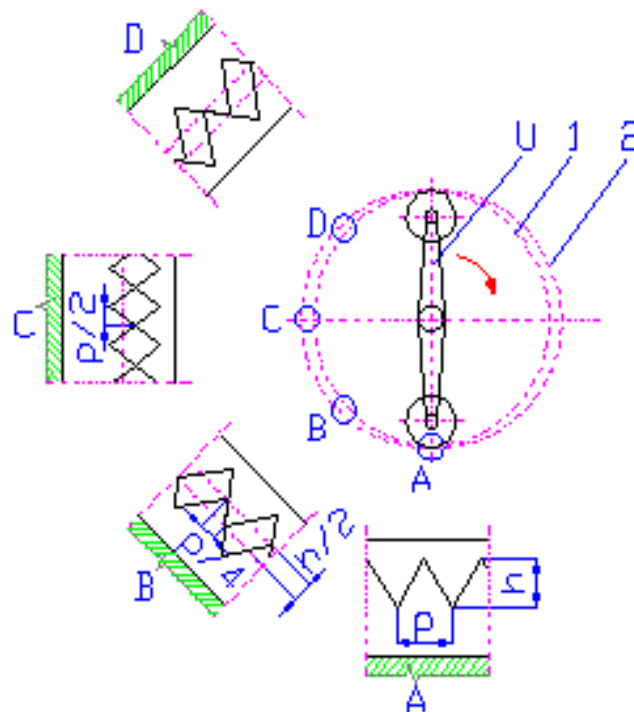
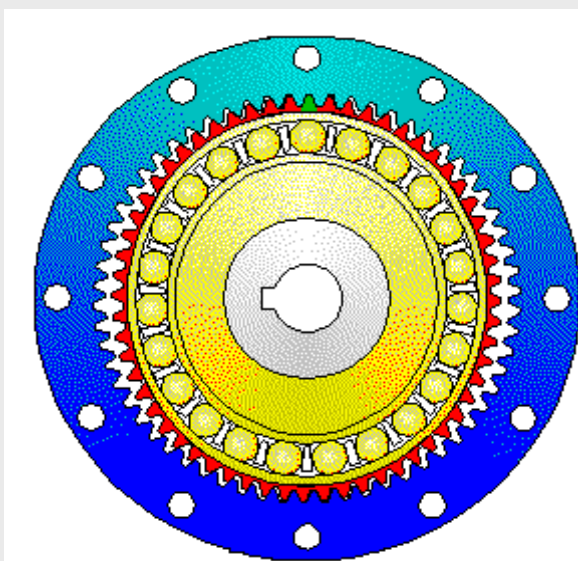


2.3.2 Harmonické převodovky

Harmonické (vlnové) převodovky jsou zvláštní a moderní konstrukce převodovek.



Princip činnosti



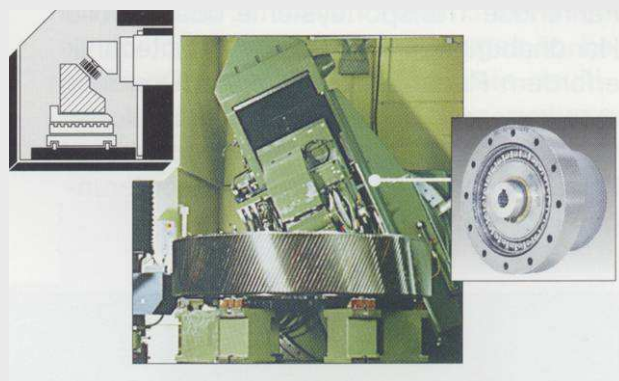
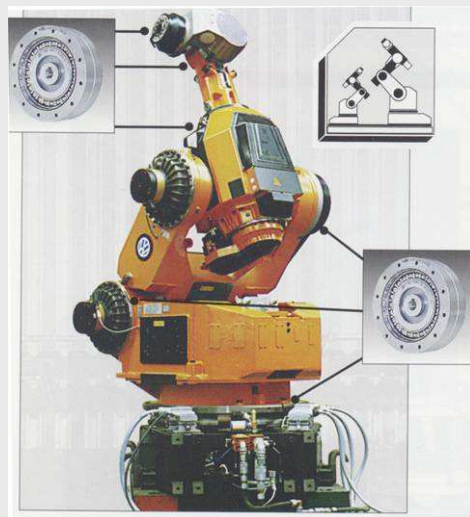
Statorový tuhý věnec má obvykle o 1 až 2 zuby méně než věnec pružný. Pak v důsledku rozdílu počtu zubů dochází k relativnímu pohybu mezi pružným a tuhým věncem. Při otáčení generátoru vln ve směru hodinových ručiček se posouvá záběrová zóna s hlavní eliptickou osou. Při otočení generátoru vln o 180° se pružný věnec pootočí vůči tuhému věnci o 2 zuby. Čím menší bude rozdíl v počtu zubů tuhého a pružného věnce, tím větší převodový poměr dosáhneme.

EVROPSKÁ UNIE



Vlnové převody se staví pro převodové poměry $i = 50$ až 320 a momenty $0,5$ až 10000 Nm, přičemž účinnost převodovky je $\eta = 0,7$ až $0,85$.

Aplikace harmonických převodovek



Děkuji za pozornost

