

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název školy	Střední průmyslová škola strojnická Vsetín
Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0483
Autor	Ing. Lubomír Dočkal
Název šablony	III/2
Název DUMu	14.9 Čelní válcová soukolí s přímými zuby
Tematická oblast	Mechanické převody točivého pohybu
Předmět	Stavba a provoz strojů
Druh učebního materiálu	<i>pracovní list</i>
Anotace	1. hodina
Vybavení, pomůcky	PC, kalkulačtor
Ověřeno ve výuce dne, třída	5. 2. 2013, 3. B

Výukové cíle

- vysvětlí základní teorii ozubení
- popíše účel a použití převodu ozubenými koly s přímými zuby
- zná základní pojmy, parametry a výpočtové rozměry ozubeného kola N s přímými zuby
- určí vůle v ozubení a zdůvodní jejich potřebu

Klíčová slova

- základní profil
- převodový poměr
- evolventa
- rozteč
- pastorek
- vůle

ČELNÍ VÁLCOVÁ (evolventní) SOUKOLÍ S PŘÍMÝMI ZUBY

Základní teorie ozubení

Hnací kolo otáčející se stálou úhlovou rychlostí $\underline{\omega}_1$ udílí hnanému kolu rovněž stálou úhlovou rychlost $\underline{\omega}_2$; přitom se křivky boků dvou spolu zabírajících zubů dotýkají v bodě A.

Díky úhlovým rychlostem (ω_1, ω_2) jsou
obvodové rychlosti v bodu A kola:

- 1 se středem $O_1 \rightarrow v_1 = R_1 \cdot \omega_1$
(složky síly $v_1 \rightarrow v_{n1}$ a v_{t1})
- 2 se středem $O_2 \rightarrow v_2 = R_2 \cdot \omega_2$
(složky síly $v_2 \rightarrow v_{n2}$ a v_{t2})

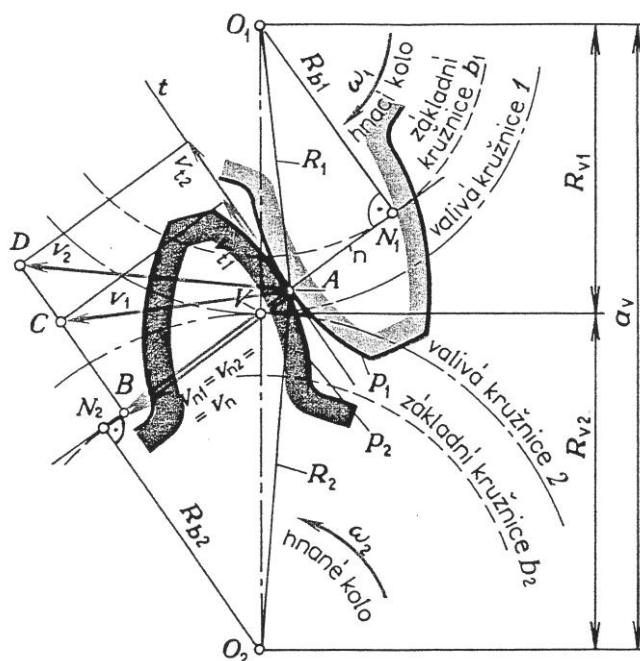
Z podobnosti trojúhelníků

$$\mathbf{O}_1\mathbf{N}_1\mathbf{A} \approx \mathbf{ABC}$$

a $O_2N_2A \approx ABD$

vychází vztah:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_{v2}}{R_{v1}} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = i_{12} = konst.$$



Základní zákon ozubení

Dva boky zubů (při plynulém záběru) přenášejí otáčivý pohyb při stálém převodovém poměru i tehdy, jestliže jejich společná normála \underline{n} prochází v každém okamžiku valivým bodem V a dělí úsečku O_1-O_2 v opačném poměru úhlových rychlostí obou kol.

Podmínice stálého převodového poměru i vyhovují jen určité druhy křivek - evolventa, cykloida, ..., kdy při otáčení profilů kolem středů O_1 a O_2 se jednotlivé body profilů postupně dotýkají na tzv. čáře záběru \rightarrow záběrové přímce n (tzv. úhel záběru - úhel sklonu záběrové přímky $\alpha = 20^\circ$) procházející valivým bodem V.

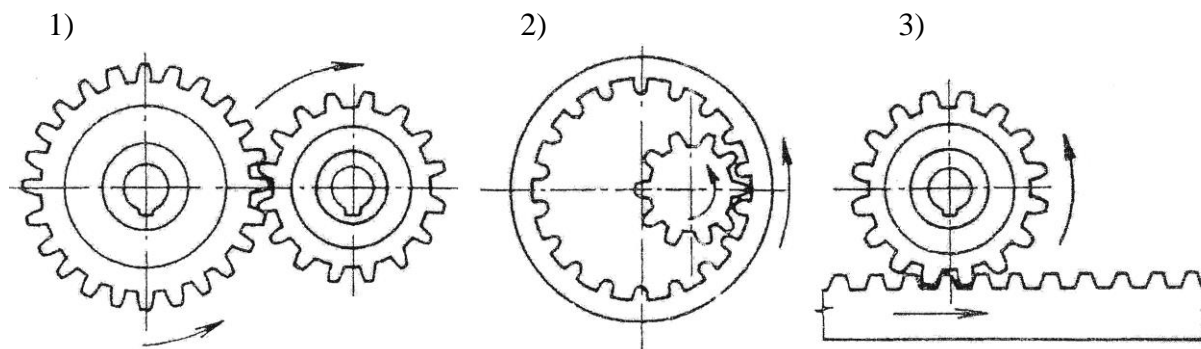
Čelní válcová soukolí

Hlavní nevýhodou čelních ozubených kol s přímými zuby je relativně krátká záběrová přímka převodu. Záběr je tedy náhlý a chod soukolí poněkud neklidný a hlučnější. I přes tyto nevýhody jde o nejrozšířenější typ soukolí, především díky jednoduché výrobě. Při záběru dvou rozměrově nepříliš odlišných kol užíváme kola s vnějším ozubením (1). Menšímu kolu říkáme *pastorek*.

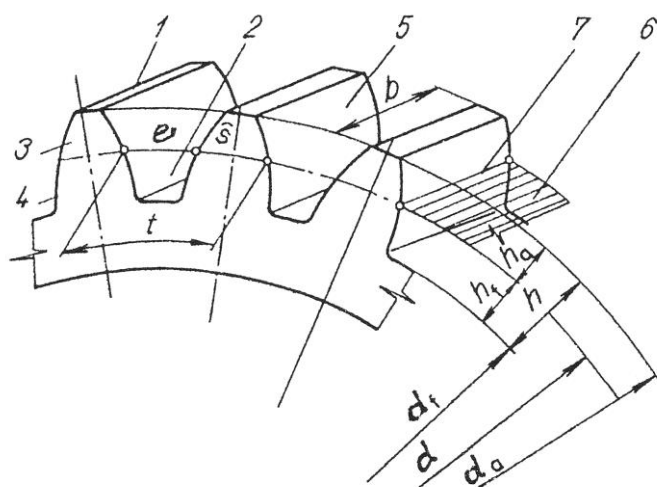
Soukolí s vnějším ozubením mají opačný smysl otáčení. Pokud tedy potřebujeme převod se stejným smyslem otáčení hřídelí, řešíme to vsazením třetího kola do převodu.

Pokud realizujeme převod se dvěma rozměrově odlišnými koly, použijeme ozubené soukolí s vnitřním ozubením (2). Toto soukolí má shodný smysl otáčení kol a tedy i hřídelí. Výhodou převodu je i malá osová vzdálenost hřídel daná rozdílem poloměrů roztečných kružnic.

Pokud má jedno z ozubených kol průměr roztečné kružnice „nekonečno“ vzniká tzv. ozubený hřeben. Tímto způsobem je možno realizovat přeměnu pohybu otáčivého na přímočarý a naopak (3).



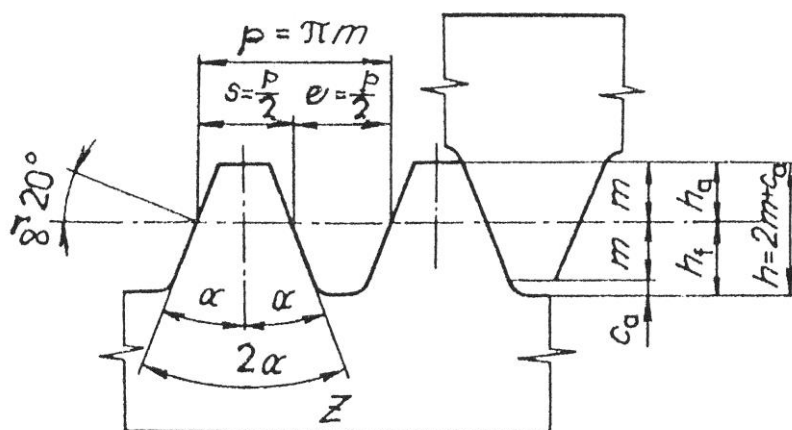
Základní pojmy ozubení



- d - roztečná kružnice
- d_a - hlavová kružnice
- d_f - patní kružnice
- s - tloušťka zubu
- e - šířka zubové mezery
- $t(p)$ - rozteč zubů
- h - výška zubu
- h_a - výška hlavy zubu
- h_f - výška paty zubu
- b - šířka zubu

1 - zub kola, 2 - zubová mezera, 3 - profil zubu, 4 - křivka profilu zubu, 5 - bok zubu, 6 - roztečný válec, 7 - boční křivka zubu

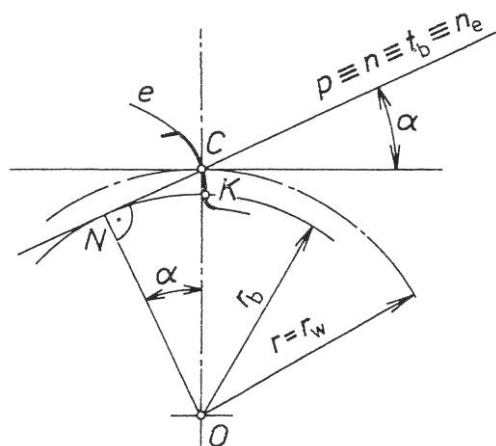
Základní profil Z



- r - základní přímka
 p - rozteč zubů
 $p = \pi \cdot m$
 s - tloušťka zubu
 $s = p/2$
 e - šířka zubové mezery
 $e = p/2$
 c_a - hlavová vůle
 $c_a = 0,25 m$
 m - modul
 h_a - výška hlavy zubu
 $h_a = m$
 h_f - výška paty zubu
 $h_f = m + c_a$
 h - celková výška zubu
 $h = h_a + h_f$
 α - úhel záběru (20°)

Ozubený hřeben je základem pro výrobu čelních ozubených kol; jedná se v podstatě o část čelního ozubeného kola o nekonečně velkém průměru, kdy roztečná kružnice kola přechází v roztečnou přímku r . Křivka profilu (evolventa) přechází v přímku, takže ozubený hřeben má přímé boky zubů, které svírají úhel α , který je větší než úhel záběru. Tvar hřebene je normalizovaný, je to tzv. profil „Z“. Pro geometrickou podobnost lze tyto profily sestavit do řady, jejichž každý člen je určen jediným číslem \rightarrow modulem.

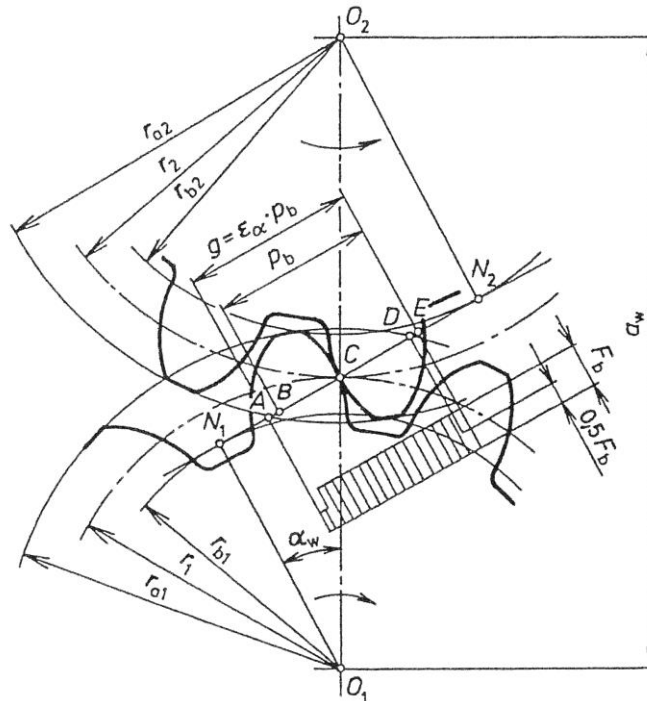
Parametry kola N



- e - evolventa
- p - tvořící přímka evolventy
- n - záběrová přímka
- t_p - tečna k základní kružnici
- n_e - normála evolventy

Kolo N vznikne, jestliže dáme do záběhu ozubený hřeben (profil Z) upravený jako nástroj do záběhu s kolem tak, že roztečná přímka hřebene je tečnou k roztečné kružnici kola. Při záběhu hřebene s tímto kolem se hřeben posouvá ve směru roztečné přímky a současně koná řezný pohyb ve směru osy kola.

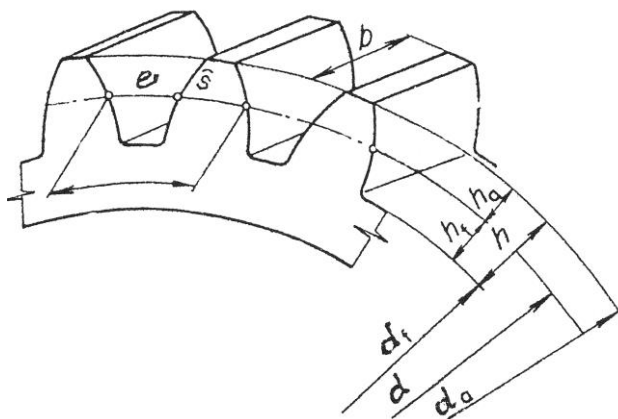
Soukolí N



Soukolí N vznikne, dáme-li do záběru dvě ozubená kola N, která mají společný základní profil. Délka záběrové přímky je vzdálenost mezi počátkem a koncem dotyku spolu zabírajících profilu dvou zubů. Součinitel záběru je poměr délky záběru k rozteči. Aby nevznikaly v provozu rázy, musí být v záběru minimálně dva zuby součastně. U soukolí N dáváme kola do záběru tak, že roztečné kružnice se dotýkají ve společném valivém bodě C, přičemž záběrová přímka je tečnou k oběma základním kružnicím a prochází bodem C. Záběr zubů obou kol začíná na záběrové přímce v bodě dotyku A paty zubu hnacího kola s hlavou zubu hnaného kola, koncem záběru je bod dotyku E hlavy paty hnacího kola s patou zubu hnaného kola ležící na záběrové přímce.

Základní rozměry ozubeného kola N

Dáno: počet zubů z, modul m, souč. šířky ozubení ψ, úhel záběru α



d - roztečná kružnice	$d = m \cdot z$
da - hlavová kružnice	$d_a = d + 2 \cdot h_a$
df - patní kružnice	$d_f = d - 2 \cdot h_f$
ca - hlavová vůle	$c_a = 0,25 \cdot m$
ha - výška hlavy zubu	$h_a = m$
hf - výška paty zubu	$h_f = m + c_a$
h - celková výška zubu	$h = h_a + h_f$
s - tloušťka zubu	$s = p/2$
e - šířka zubové mezery	$e = p/2$
p - rozteč zubů	$p = \pi \cdot m$
b - délka zubu	$b = m \cdot \psi$

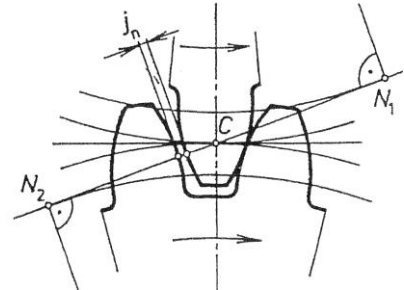
Vůle mezi zuby v soukolí N

Vůle je nutná z hlediska

- dilatace - při chodu se soukolí zahřívá a zub zvětšuje své rozměry
- nečistoty v ozubení - zadírávání, nesprávná funkce soukolí
- mazání boků zubů - snížení tření a odvod tepla

Druhy vůlí

- hlavová vůle c_a
- boční j_n - vznikne při výrobě nepatrným posunutím nástroje vzhledem k ose kola



Otázky

1. *Vysvětlete pojmy ozubené kolo, pastorek a soukolí a objasněte jejich účel.*
2. *Nakreslete základní profil „Z“ se všemi jeho parametry.*
3. *Uveďte vůle v ozubení a jejich důvod.*
4. *Stanovte základní rozměry ozubeného kola N, je-li dán počet zubů $z=23$, modul $m=2,5$ mm, souč. šířky ozubení $\psi=20$, úhel záběru $\alpha=20^\circ$.*

Literatura, použité zdroje textu a obrázků

- Ing. Bohumil Friesleben - Základy strojnictví, Vydala ALBRA - pedagogické nakladatelství Úvaly
- R. Kříž a kol. – Stavba a provoz strojů II Převody, vydalo SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., Spálená 51, 113 02 Praha 1
- ostatní obrázky vlastní dílo