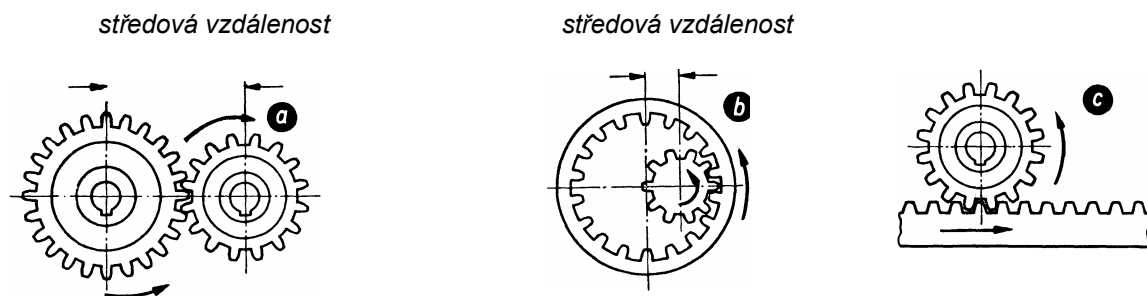


Výroba ozubených kol

Použití ozubených kol

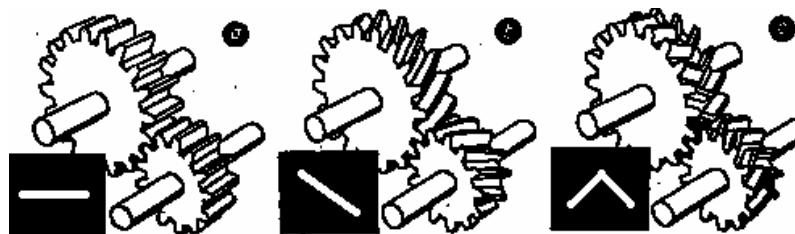
Ozubenými koly se přenášejí otáčivé pohyby a kroutící momenty. Přenos je zde nucený, protože zuby a zubní mezery do sebe zabírají. Kola mohou mít vnější nebo vnitřní ozubení (obr. 210,1). Zabírající kola s vnějším ozubením se otáčejí v opačných směrech, zabírající kola s vnitřním ozubením mají stejný smysl otáčení a malou osovou vzdálenost. Ozubeným kolem zabírajícím s (ozubeným) hřebenem se mění otáčivý pohyb na pohyb přímočarý ve stejném směru.



Obr. 210,1. Ozubená kola s vnějším a vnitřním ozubením: a) vnější ozubení (smysly otečení kol proti sobě); b) vnitřní ozubení (smysly otáčení kol souhlasné, malá osová vzdálenost); c) hřeben s ozubeným kolem (otáčivý pohyb se mění v přímočarý pohyb stejného směru, nebo naopak)

Převody ozubenými koly a tvary ozubených kol

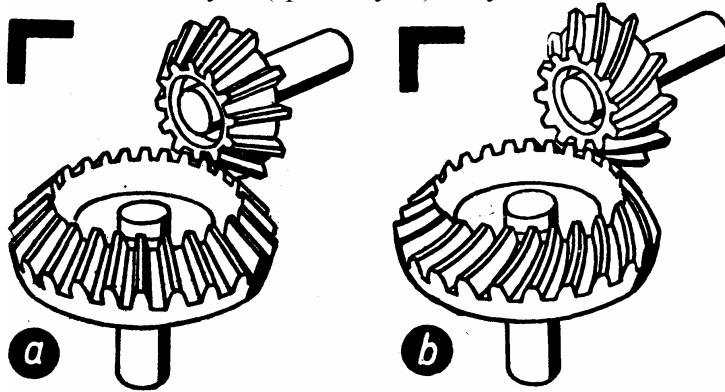
Dvě nebo několik spolu zabírajících ozubených kol tvoří převod. Nejmenší kolo se nazývá pastorek. Podle polohy hřídelí jsou různé základní tvary ozubených kol. Převody čelními koly (obr. 210,2). Hřídele jsou rovnoběžné. Základní tvar čelních kol je válec. Zuby mohou být přímé, šikmé nebo šípové. Nejčastěji se používá zubů přímých. Šikmé zuby mají tišší chod, protože záběr zubů není náhlý, nýbrž pozvolný. Přitom však vzniká osový (axiální) tlak, který se musí zachytit axiálním ložiskem. Šípových zubů se používá pro přenos velkých výkonů. Složky osového tlaku se zde navzájem ruší.



Obr. 210,2. Převod čelními ozubenými koly: a) čelní kola s přímými zuby; b) čelní kola se šikmými zuby; c) čelní kola se šípovými zuby

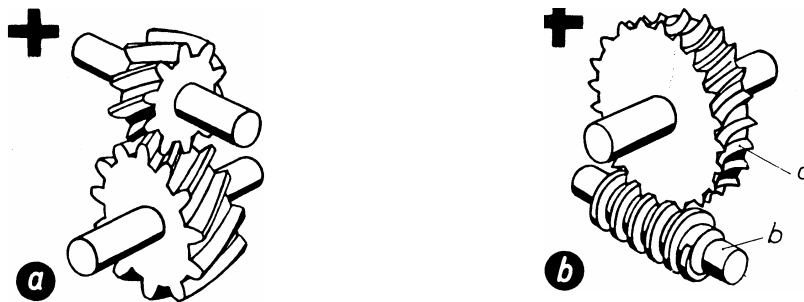
Použití ozubených kol

Převody kuželovými koly (obr. 211,1). Hřídele kuželových kol se protínají v jednom bodě. Kola mají základní tvar kuželový. Kuželová kola mohou být s přímými, šikmými nebo obloukově zakřivenými (spirálovými) zuby.



Obr. 211,1. Převod kuželovými koly: a) kuželová kola s přímými zuby; b) kuželová kola se šikmými zuby

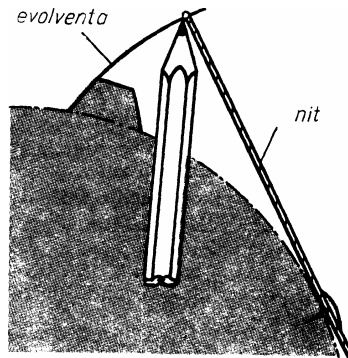
Převody šroubovými koly (obr. 211,2). Osy hřídelí šroubových kol jsou mimoběžné. Šroubová kola jsou vlastně čelní kola se šikmým ozubením. Šnekové převody. Osy hřídele šnekového převodu jsou mimoběžné (90°). Převod se skládá ze šneku a šnekového kola a hodí se pro velké převody (přenosy sil). Šnekový převod má tichý chod a zabírá velmi málo místa. Šnekové kolo je vždy poháněno šnekem. Převody čelními a kuželovými koly jsou převody valivé, protože se kola vzájemně po sobě odvalují. Převody šroubovými koly a šnekové převody se označují jako šroubové převody.



Obr. 211,2. a) Převod šroubovými koly; b) šnekový převod; a – šnekové kolo, b - šnek

Profil zubu

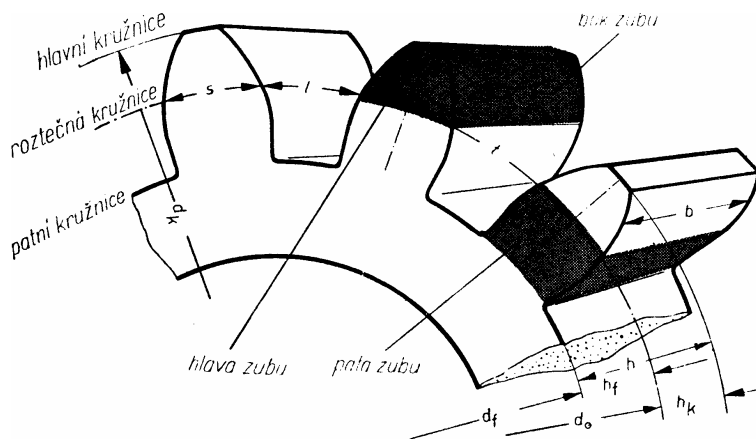
Aby se dvě spolu zabírající ozubená kola otáčela bez nárazů, pokud možno bez hluku a tření, musí mít jejich zuby určitý přesný profil. Obvyklý je profil evolventní. Evolventa je křivka, která vznikne odvalováním vlákna nebo přímky po kružnici (obr. 211,3). U hřebenu s evolventním ozubením jsou boky zubů přímé. Ozubení může být též cykloidní, ale toho se ve stavbě strojů po užívá jen zřídka.



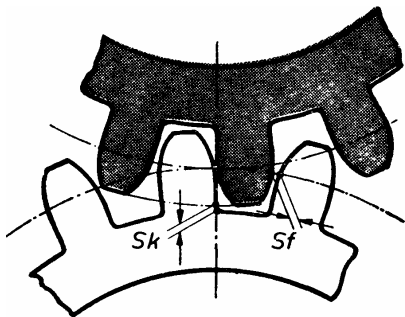
Obr. 211,3. Vytvoření evolventy (křivky)

Výroba ozubených kol

Rozměry čelních kol s přímým ozubením Profil zubů je omezen hlavovou a patní kružnicí (obr. 212,1). Zuby jsou rozděleny roztečnou kružnicí. Roztečí se označuje vzdálenost od zubu k zubu, měřená v obloukové míře. Rozteč zahrnuje tloušťku zubu a zubní mezeru a volí se jako násobek Ludolfova čísla π . Číslo, kterým se π násobí, se nazývá modul (m). V praxi se možný násobek modulů omezuje. Rozteč $= \pi \cdot m$ v mm;



Obr. 212,1. Označení rozměrů na čelním kole s přímými zuby: d - průměr roztečné kružnice; d_h - průměr hlavové kružnice, a - průměr patní kružnice; h - výška zubu; h_f - výška hlavy; h_k - výška paty; t - rozteč; s - tloušťka zubu, l - zubová mezeru; b - šířka zubu rozteč $11 \Rightarrow m \cdot \pi$ v mm. Modul je číslo pojmenované a udává se v mm.



Obr. 212,2. **Zabírající ozubená kola:** S_f - boční vůle (nakresleno zvětšeně). S_k - hlavová vůle

Výpočty ozubeného kola

Základní vzorce a parametry ozubeného kola s přímým ozubením

počet zubů kola	z
modul	m
rozteč zubů	$t = m \times \pi$
hloubka zubu	$h = h_f + h_k$
hloubka paty zubu	$h_f = 1 \frac{1}{6} m$ (1,25m)
údaj v závorce platí pro odvalovací způsob výroby ozubeného kola	
hloubka hlavy zubu	$h_k = m$
úhel záběru	$\alpha = 20^\circ$ (15°)
roztečná kružnice	$D_0 = m \times z$
hlavová kružnice	$D_k = D_0 + 2 h_k$
z té vypočítáme	$m = \frac{D_k}{z+2}$
patní kružnice	$D_f = D_0 - 2 h_f$
tloušťka zubu bez boční vůle	$s = \frac{t}{2}$
osová vzdálenost	$a = \frac{D_{01} + D_{02}}{2}$

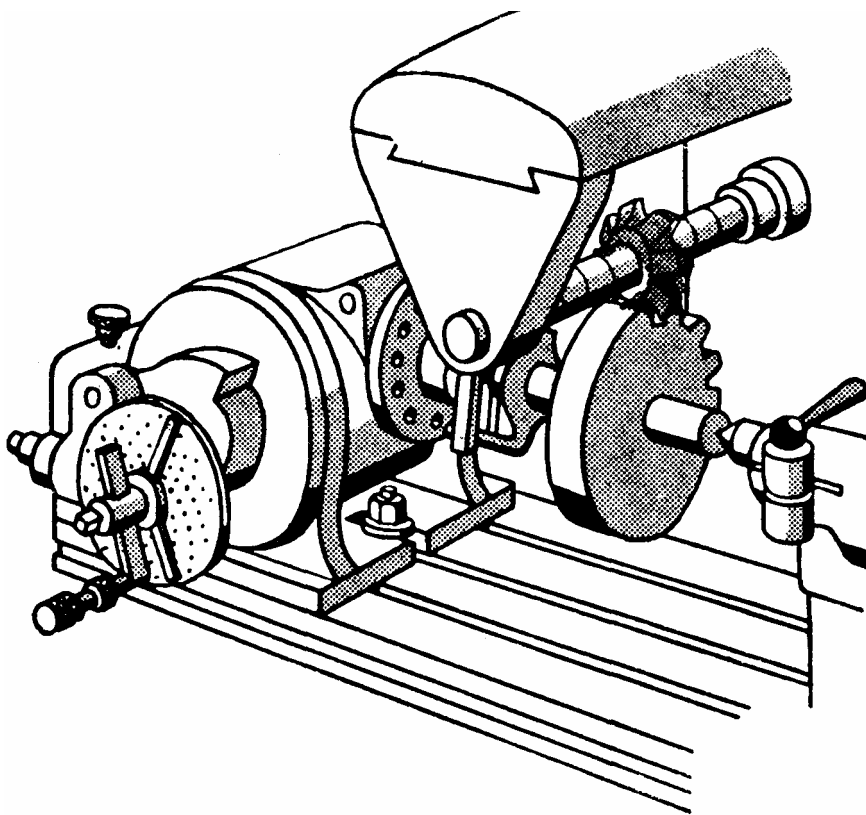
Výroba ozubených kol

Výroba ozubení

Ozubení se zhotovuje nejčastěji obráběním. Zuby přitom vznikají vyřezáváním zubových mezer. Ozubení se tedy vyfrézuje, obráží, vyhobluje a popř. brousí. Ve zvláštních případech se ozubení tváří (tj. lisuje) nebo odlíje.

Frézování ozubení

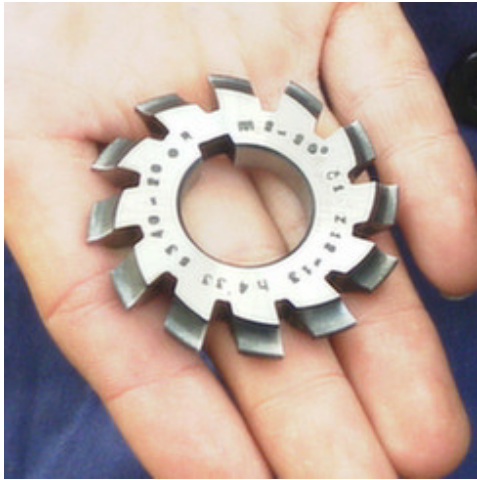
Ozubení lze frézovat buď dělicí, nebo odvalovací metodou (způsobem).



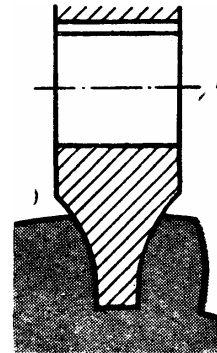
Obr. 214,1. Frézování čelního kola dělicím způsobem

Frézování zubů čelních kol dělicí metodou (obr. 214.1) Jako nástroje zde slouží kotoučové frézy na ozubení, jejichž zuby mají tvar odpovídající profilu zubové mezery (obr. 214,2 a 3). Se stoupajícím počtem zubů mění se při stejné rozteči profil zubové mezery. Aby bylo možno obrábět ozubení s nejrůznějšími počty zubů, je nutno mít pro každý jednotlivý modul celou sadu fréz.

Podle přesnosti, kterou má obrobené ozubení mít, vybere se fréza z osmičlenné nebo patnáctičlenné sady, viz tab. 214,1.



Obr. 214,2. Kotoučová fréza na ozubení



Obr. 214,3. Kotoučová fréza na ozubení má profil zubové mezery

Na kotoučové fréze na ozubení jsou tyto údaje:

jméno nebo značka výrobce, modul, úhel záběru, číslo frézy, zn. ČSN a poslední čtyři číslice čísla normy, rozsah počtu zubů z frézovaných kol, hloubka frézování h .

Příklad označení na fréze s modulem 2 a s úhlem záběru 20° pro frézování kol s 12 až 13 zuby (fréza č. 1 — viz tab. 214,1—1). $m2 - 20^\circ \text{ č } 1 \text{ z } 12 \text{ až } 13 \quad h 4,33 \quad 2340 - 20 \quad 0 \quad R$

Ozubení menších kol se frézuje na vodorovných frézkách. Po vyfrézování jedné zubové mezery se obrobek pomocí dělicího přístroje pootočí o jednu rozteč a frézuje se další zubová mezera. Tento pochod se opakuje, až se vyfrézují všechny zuby. Na ozubení větších kol se používá zvláštních frézek. Dělicím způsobem se ozubení frézuje většinou v kusové výrobě.

Tab. 214,1. Sady kotoučových fréz dokončovacích na evolventní ozubení ČSN 22 2502

Číslo fréz osmičlenné sady pro moduly $m = 0,3$ až 8 I.								
Čís. frézy	1	2	3	4	5	6	7	8
Počet zubů fréz. kola	12— 13	14— 16	17— 20	21— 25	26— 34	35— 54	55— 134	135—00 (hřeben)

Číslo fréz patnáctičlenné sady pro moduly m větší než 8 II.								
Čís. frézy	1	11/2	2	21/2	3	31/2	4	41/2
Počet zubů fréz. kola	12	13	14	15— 16	17— 18	19— 20	21—22	23—25
Čís. frézy	5	51/2	6	61/2	7	71/2	8	-
Počet zubů fréz. kola	26— 29	30— 34	35— 41	42— 54	55— 80	81— 134	135—00 (hřeben)	—

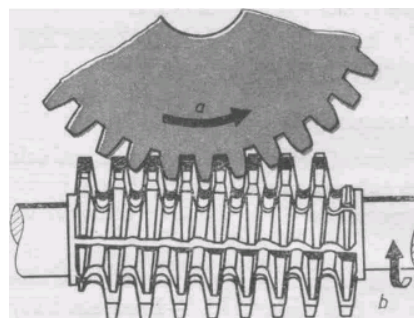
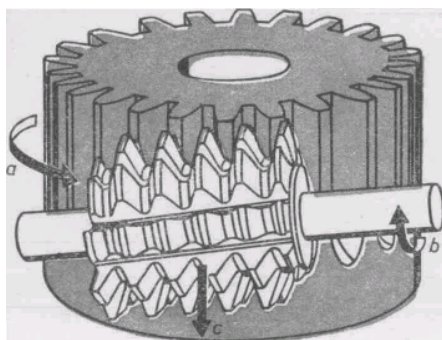
Frézování zubů čelního kola odvalovacím způsobem.

Při frézování odvalovacím způsobem vzniká profil zubů kola tím, že se obrobek kola odvaluje po odvalovací fréze (obr. 216,1). Profil zubů odvalovací frézy neodpovídá jako u kotoučové frézy frézované zubové mezeře, nýbrž je lichoběžníkový, podobný profilu zubů na hřebenu. Odvalovacím způsobem se obvykle frézuje na odvalovacích frézách.

Odvalovací způsob frézování je podstatně výhodnější než způsob dělicí, protože:

- boky zubů jsou přesnější a rozteče stejnoměrnější
- jednou odvalovací frézou lze frézovat všechny počty zubů pro jednu rozteč
- frézování je rychlejší

Odvalovacím frézováním lze obrábět nejen přímé a šikmé ozubení čelních kol, ale i šneková kola.



Obr. 216,1* **Průběh odvalovacího frézování:** a) otáčivý pohyb obrobku (kola); b) otáčivý pohyb odvalovací frézy; c) svislý posuv odvalovací frézy

Obr. 216,2. Odvalovací frézování čelního kola



Obr. 216,3. Odvalovací frézování čelního kola přímými a se šikmými zuby

Obrázení zubů čelních kol

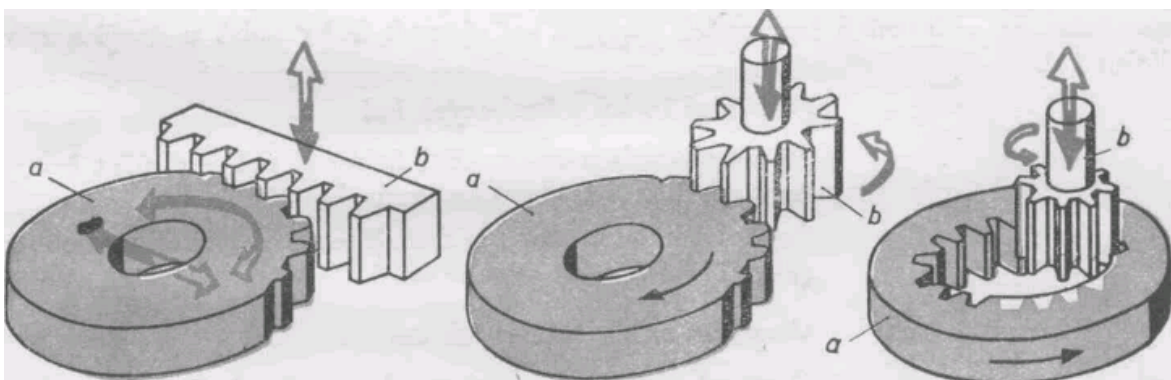
Při obrázení zubů lze použít dělicího i odvalovacího způsobu.

Obrázení zubů dělicím způsobem

Jako stroje se používá svislé obrážecí (srovnej obr, 136,3 na str. 156). Obrobek se upne na upínacím stole. K obrábění zubů se používá obrážecích nožů. Po obrobení jedné zubové mezery se obrobek vždy pootočí dále o jednu rozteč. Přesnost obráběného ozubení obvykle závisí na tvaru obrážecího nože a na přesnosti rozteče. Tohoto způsobu obrázení zubů se používá velmi málo.

Obrázení zubů odvalovacím způsobem

K obrázení je třeba obrážecí na ozubení. Jako nástroje slouží obrážecí nože hřebenové nebo obrážecí nože kotoučové. Odvalovací způsob obrázení je přesnější a rychlejší než odvalovací frézování.



Obr. 217,1. Průběh odvalovacího obrázení hřebenovým nožem; a - obrobek (kolo); b - obrážecí hřebenový nůž přímý

Obr. 217,2. Průběh odvalovacího obrázení čelního kola kotoučovým obrážecím nožem; a - obrobek (kolo); b - obrážecí nůž kotoučový -

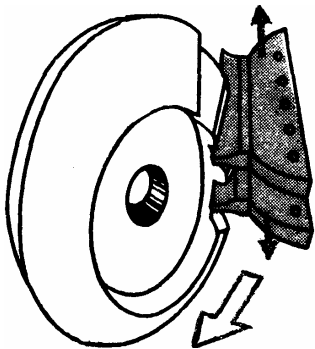
Obr. 217,3. Průběh odvalovacího obrázení vnitřního ozubení obrážecím nožem kotoučovým : a - obrobek (kolo); h - obrážecí nůž kotoučový

Obrábění zubů kuželových kol

Ozubení kuželových kol se zhotovuje obtížně, protože se mění tloušťka zubu a zakřivení boků podle kuželovitosti. Ozubení kuželových kol se mohou obrábět dělicím i odvalovacím způsobem.

Pro dělicí způsob jsou nutné tvarové frézy. Poněvadž šířka zubové mezery se mění, musí se obrábět každý bok zubu samostatně.

Odvalovacím způsobem na obrážkách na kuželová kola (obr. 218,4) se mohou obrážet zuby velmi přesných kuželových kol. Stroj pracuje dvěma noži, které střídavě ubírají třísku. Když je zub hotov, pootočí se obrobek o jednu rozteč dále. Odvalovacího pohybu obrobku a nástroje se dosahuje ozubenými koly. Odvalovacím hoblováním lze také obrábět šikmé zuby kuželových kol. Obloukově zakřivené (spirálové) zuby kuželových kol lze frézovat odvalovacím způsobem, a to odvalovací frézou tvaru šneku.

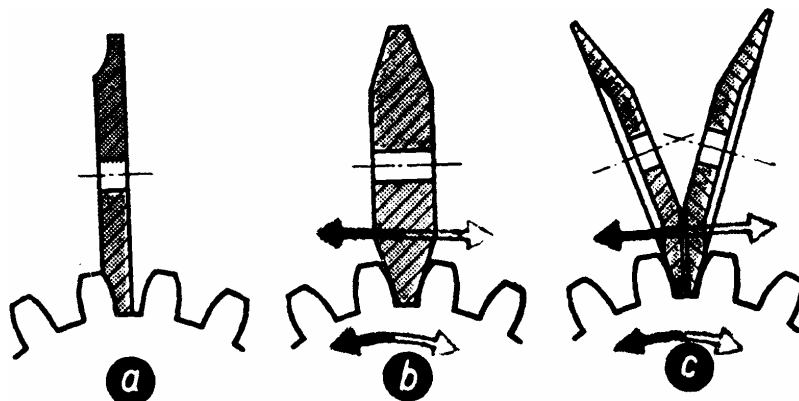


Obr. 288,4. Hoblování zubů kuželového kola (dvěma hoblovacími noži)

Broušení boků zubů čelních kol

Broušením se zvyšuje přesnost profilu zubů a jakost jejich povrchu. Brouší se zuby kalených kol, aby se odstranila jejich deformace po kalení; brousit však lze i nekalené zuby, aby se dosáhlo nehluchého chodu kol (obr. 218,1 a 2).

Rozlišuje se *tvarově broušení* a *odvalovací broušení*.



Obr. 2182. Způsoby broušení zubů čelních kol: a) tvarově broušení; b) odvalovací broušení jedním brusným kotoučem; c) odvalovací broušení taliřovitými brusnými kotouči

Frézování zubů čelního ozubení způsobem dělicím:

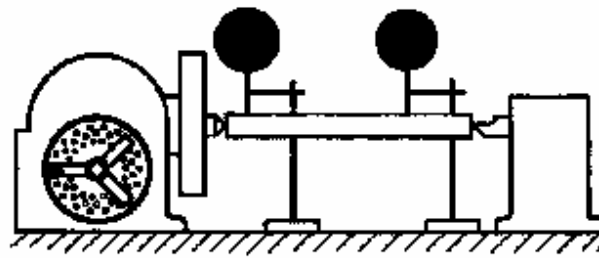
Pracovní příklad:

Zhotovit ozubení Čelního kola pro převod. Obrobek kola je osoustružen na čisto a má se frézovat ozubení.

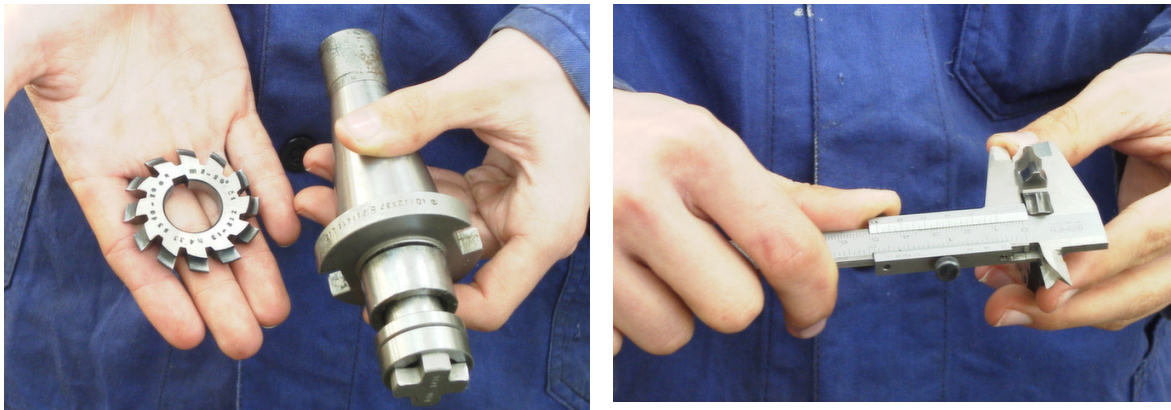
Pracovní postup:

Op.	Pracovní operace	Nástroje
1	Dělicí přístroj a koník ustavit a upnout na vodorovné nebo svislé frézce	Dělicí přístroj, koník, úchylkoměr se stojánkem
2	Kotoučovou frézu upnout na frézovacím trnu a zkontrolovat na obvodové házení	Kotoučová fréza na ozubení dle zadání, před upnutím změřit sílu nástroje
3	Obrobek upnout do dělicího přístroje, opřít hrotem koníku	Dodržet správné umístění
4	Nastavit frézu na střed obrobku	Úhelník, základní měrky, posuvné měřítko
5	Nastavit dělicí přístroj	Dle zadání - vypočítat
6	Nastavit řezné podmínky nástroje a strojního posuvu	$v_{řez} = 0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $s = 3,33^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
7	Nastavit výchozí nulovou polohu nástroje vzhledem k obroku	Při otáčejícím se nástroji
8	Frézovat zubovou mezeru na tři (dvě) třísky 1. hrubovací 2/3 hloubky zubu ; 2. řezací $x = h - (2/3h - 0,3\text{mm})$; 3. kalibrovací 0,3mm	
9	Obrobek vysunout z řezu a klikou dělicího přístroje pootočit o rozteč zubu, pak frézovat další zubovou mezeru	
10	Opakovat operaci č. 8 tak dlouho, až je vyfrézován stanovený počet zubů	
11	Měření a hodnocení	

Měřicí a kontrolní přístroje: Posuvné měřítko, talířový mikrometr, úchylkoměr, základní měrky, zubové posuvné měřítko.



Obr.12 Operace 1 – ustavení dělicího přístroje a koniku

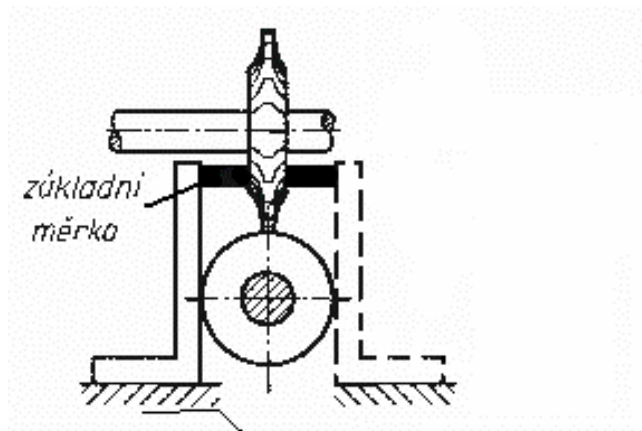


Obr.12 Operace 2 – upnutí nástroje a měření síly

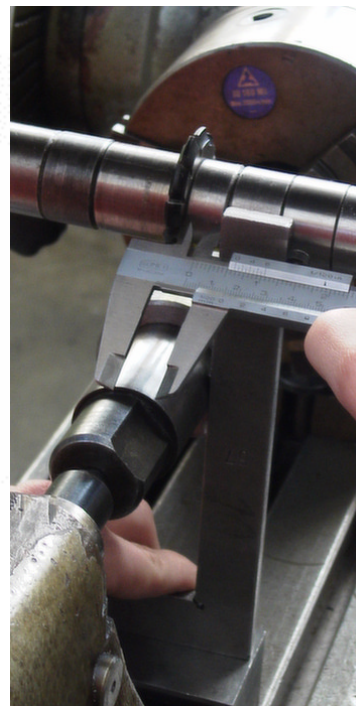
Operace 3.

Upnutí obrobku do univerzálního dělicího přístroje opřen koníkem, umístění trnu s obrobkem tak, aby při nesousledném frézování docházelo k nalisování obrobku dále na kužel trnu.





Obr.12 Operace 4 – nastavení nástroje na střed obrobku



Dělení univerzálního dělicího přístroje

Aby se dosáhlo požadovaného počtu roztečí, musí se zjistit počet otáček ruční kliky.

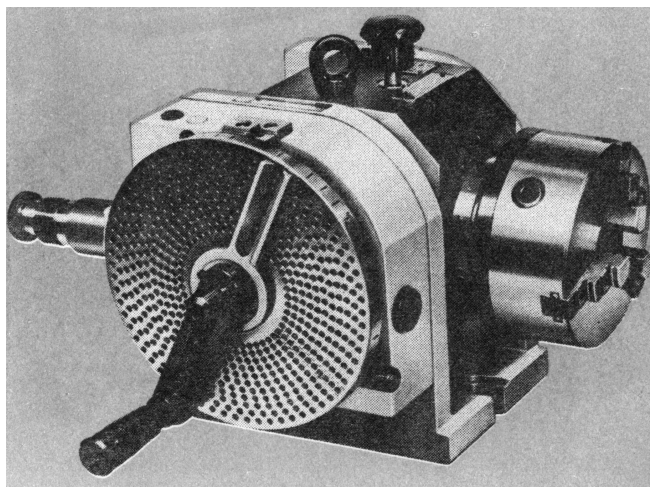
Označení:

nk — počet otáček kliky,

I — počet zubů šnekového kola (obvykle 40),

z — počet roztečí (např. 4, 6, 8, 10, 12 roztečí).

Počet otáček kliky dostaneme, dělíme-li počet zubů šnekového kola počtem roztečí.



Obr.12 Univerzální dělicí přístroj

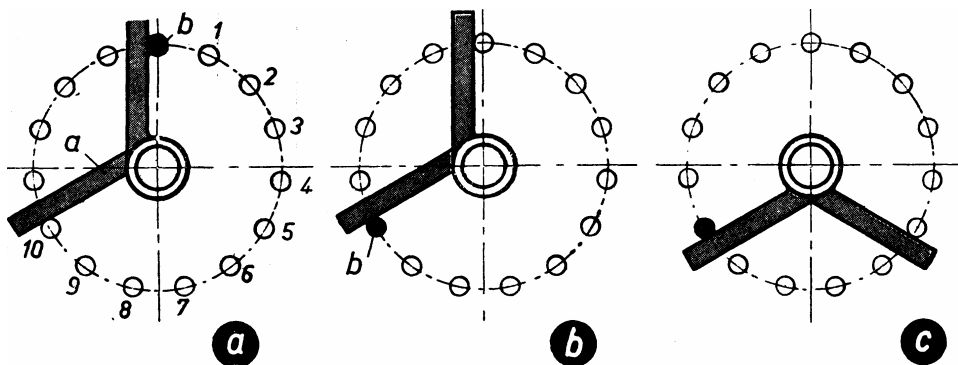
Příklad: Má se frézovat šestihran. Kolikrát musíme otočit klikou, aby se obrobek po každém frézování otočil o $\frac{1}{6}$ obvodu?

Řešení: Počet otáček kliky $n_k = \frac{1}{z}$; $n_k = \frac{40}{6} = 6 \frac{4}{6}$ otáček;

to znamená, že musíme klikou pootočit $6 \frac{4}{6} = 6 \frac{2}{3}$ krát.

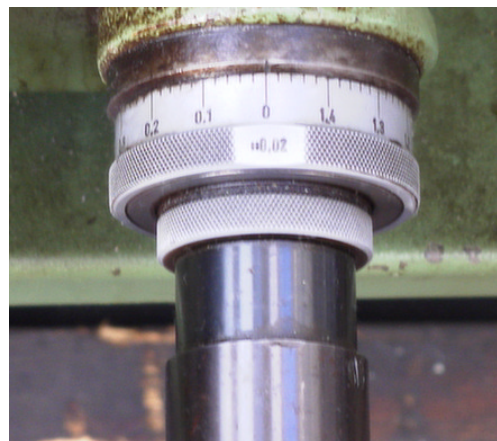
Pracovní postup:

Na kotouči zvolíme roztečnou kružnici s počtem otvoru, který je dělitelný třemi, např. roztečnou kružnici s 15 otvory, pak platí, že $\frac{2}{3}$ z 15 = 10 otvoru



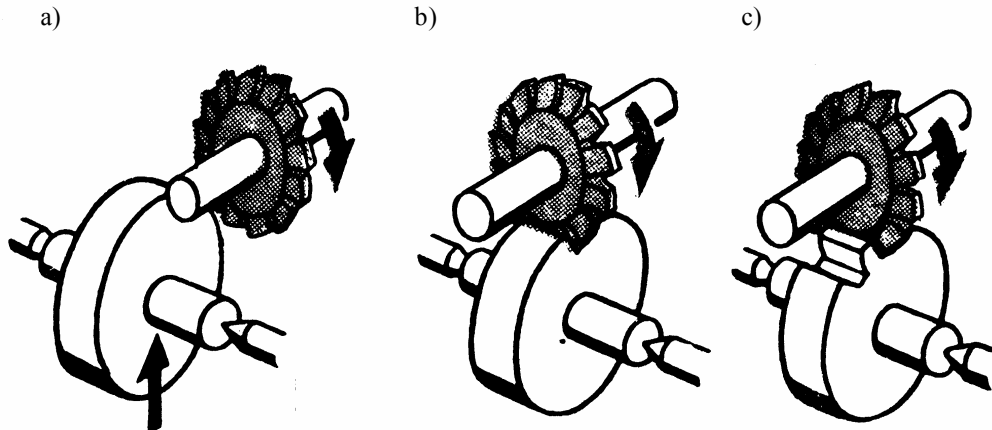
Obr. 141,1. Dělení dělicího přístroje: a - nůžky, b - dělicí kolik na klice

Obr.12 Operce č. 6: Nastavení výchozí nulové polohy



Operace č. 7 – 9 Frézování zubových mezer v zadaném počtu

- a) nastavení hloubky třísky
- b) frézování zubové mezery
- c) pootočení o další zubovou rozteč



Měření a kontrola ozubení kol:

Vadná ozubení lze rozpoznat podle silného hluku za chodu zabírajících kol; kola pracují s rázy a předčasně se opotřebovávají. Špatný záběr ozubených kol v převodu může mít různé příčiny, např. nesprávnou tloušťku a směr zubů, chyby v profilu zubů a házení kola. K měření a kontrole ozubení se používá speciálních přístrojů, z nichž jen některé zde můžeme popsat.

Měření tloušťky zubu. Jako měřidla lze použít posuvného měřítka na tloušťku zubů sdruženého s hloubkoměrem (**obr. 219,1**).

I. Měření ozubeného kola pomocí zuboměru – výpočet parametrů

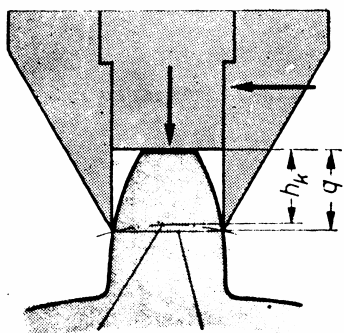
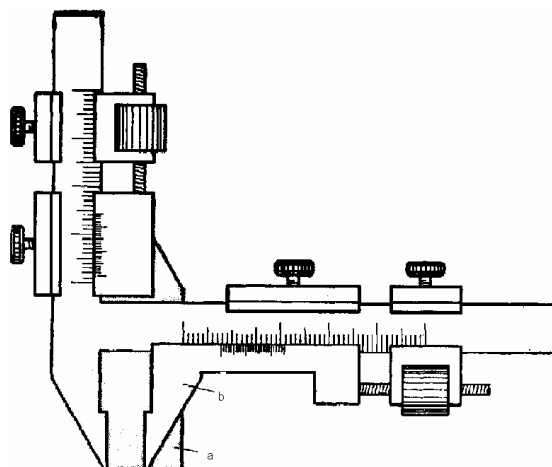
jmenovitá konstantní tloušťka zubu (tětiva) - s_k

$$s_k = \frac{\pi * m * \cos^2 \alpha}{2}$$

jmenovitá konstantní hloubka zubu - h_k

$$h_k = m * \left(1 - \frac{\pi * \cos \alpha * \sin \alpha}{4} \right)$$

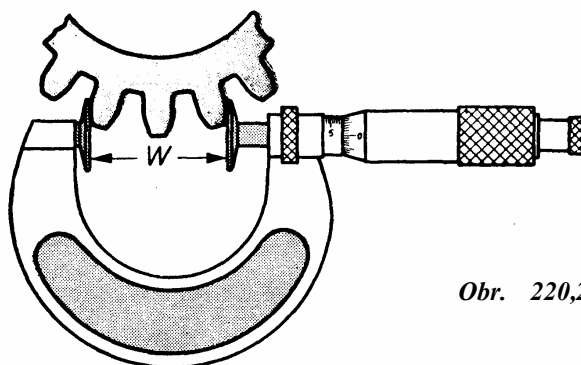
Obr. 2194. Posuvné měřítko na tloušťku zubů:
a - hloubkoměr; b - vodorovné posuvné měřítko



tloušťka zubu těliva

Obr. 219,2. Měření tloušťky posuvným měřítkem na tloušťku zubů:
h_k - výška hlavy, q - nastavení hloubkoměru

II. Měření ozubeného kola pomocí talířkového mikrometru



Obr. 220,2. Měření rozteče přes tři zuby talířkovým mikrometrem

K měření zubů přes několik zubů slouží talířkový mikrometr (obr. 22092). Přitom se dostane tloušťka zubu a rozteč. Rozteč odpovídající rozměru W lze vypočítat.

počet zubů, přes které se měří - z'

$$z' = \frac{z + \alpha}{180} + 0,5$$

výsledek zaokrouhlit na celý počet zubů $< 0,2 <$

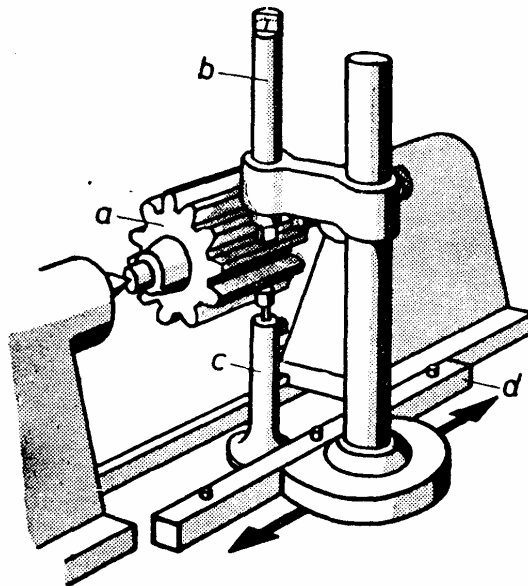
jmenovitý rozměr přes zuby - W

$$W = m * [\pi * \cos \alpha * (z' - 0,5) + z * \cos \alpha * \text{ev } \alpha]$$

$$\text{ev } \alpha = \text{tg } \alpha - \text{arc } \alpha$$

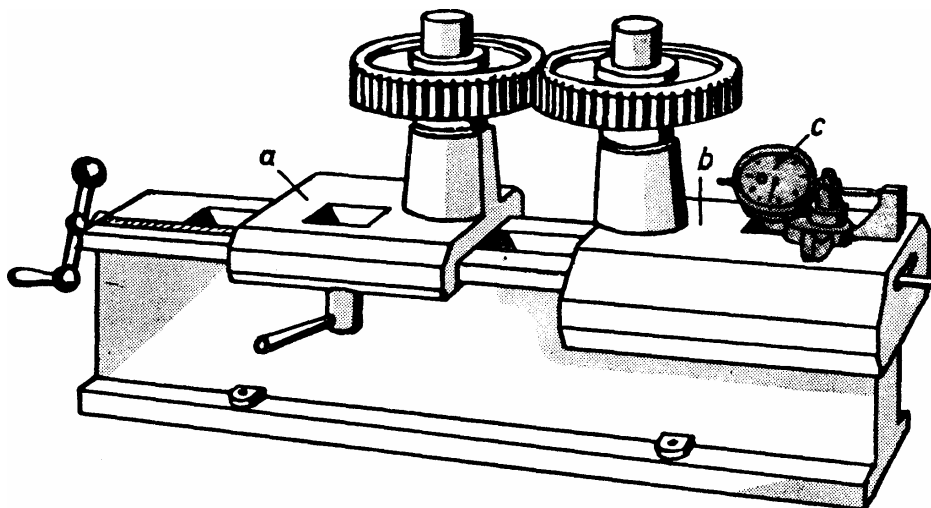
$$\text{arc } \alpha = \frac{\pi}{180} * \alpha$$

Kontrola směru zubů (obr. 220,3). U kol s přímými zuby se směr kontroluje tak, že se bok zubu objede jemným měřicím dotykem. Chyby ve směru zubů se projeví výchylkou ručičky.

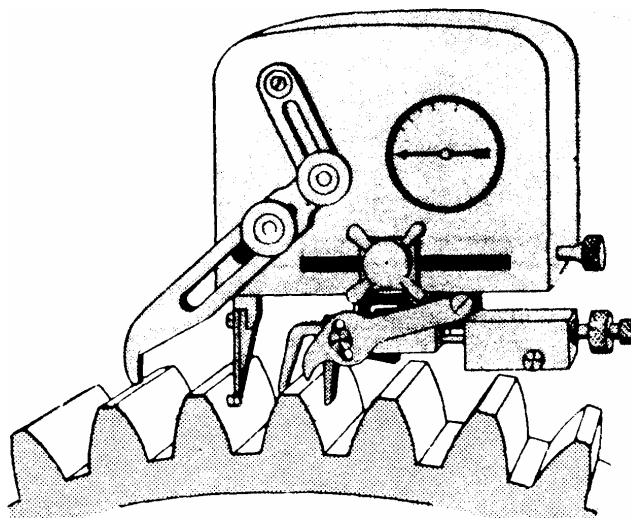


Obr. 220,3. *Kontrola směru zubu:*

a • kontrolované kolo; b-jemný měřicí dotyk; c-opera; d - posuvné pravítko



Obr. 220,4. Odvalovací přístroj: a - nehybné saně; b - pohyblivé saně; c - úchylkoměr



Obr. 220,1 Měří roztečí: měřicími se přístroji na rozteče