

# VÝROBA OZUBENÝCH KOL

## Ozubení se provádí dvěma způsoby:

- a) Dělicím způsobem
- b) Odvalovacím způsobem

### a) Dělicí způsob

- Profily zubových mezer ozubeného kola se obrábí tvarovou frézou postupně - jedna zubová mezera za druhou pomocí přesného dělicího přístroje.
- Při tomto způsobu výroby ozubených kol se frézování provádí tvarovou frézou jejíž profil odpovídá tvaru zubové mezery. Používají se frézy stopkové nebo kotoučové.

### Použití:

- Při menším počtu vyráběných kol
- Při menších nárocích na přesnost ozubení
- Pro ozubená kola větších rozměrů
- Pro výrobu šípového ozubení

### Výhody:

- Výroba na běžných univerzálních frézkách
- Možnost výroby kol s velkým modulem - levnější nástroj

### Nevýhody:

- Malá přesnost ( 7 - 8 stupeň IT  $\Rightarrow$  použití pro přenos  $M_k$  při malých obvodových rychlostech,  $v_o < 5 \text{ m/s}$  )
- Obtížné nastavení vzájemné polohy obrobku a nástroje

Kotoučové tvarové frézy na výrobu ozubení mají úhel  $\gamma = 0$ , a úhel  $\alpha_H = 10^\circ - 16^\circ$  ( na bocích zubu  $\alpha_B = 2^\circ - 4^\circ$  ) jsou normalizovány. Podle použití mohou být dokončovací, pro korigované ozubení apod. Jsou vyráběny podsoustružením.

### b) Odvalovací způsob

- Profily zubových mezer se vytváří plynulým odvalováním tvořícího profilu po valivé kružnici ozubeného kola.
- Při tomto způsobu je nástrojem odvalovací fréza, která má tvar evonveltního šneku a její profil v normálové rovině je tvořen hřebenem. Fréza s obráběcím kolem představuje záběr šnekového soukolí. Záběr odvalovací frézy je plynulý, všechny zuby se obrobí současně

### Výhody:

- Vysoká produktivita
- Dobrá přesnost

### Nevýhody:

- Nutnost speciálního nástroje
- Drahý nástroj

## **1. Frézování přímých zubů**

Obrobek se nastaví vzhledem k nástroji tak, aby se při svém otáčení jeho valivá kružnice odvalovala po valivé přímce hřebenu frézy. Při každé otočce obrobku vykoná odvalovací fréza tolik otoček kolik zubů má frézované kolo. Při frézování přímých zubů musí být fréza skloněna k ose obrobku o úhel  $\beta$ , který odpovídá úhlu stoupání šroubovice na roztečném válci. Fréza se vyklání podle pravého nebo levého sklonu zubů.

Vazba mezi otáčkami frézy a obráběného kola se dosahuje sadou výměnných ozubených kol. Můžeme frézovat nesousledným způsobem ( starší způsob ), nebo sousledným způsobem ( novější způsob,  $v_{řez}$  o 40% větší, posuv o 80 větší ).

## 2. Frézování šikmého ozubení

Princip je stejný jako u frézování přímých zubů a rozdílné je nastavení obrobku a nástroje. Je - li sklon zubu ozubeného kola pravý a odvalovací fréza má levou šroubovici platí pro nastavení frézy, že musíme sečíst úhel  $\beta + \lambda$ .

Je - li úhel stoupání šroubovice ozub. Kola i frézy stejný platí pro úhel nastavení frézy  $\beta - \lambda$ .

Doporučuje se, aby se pro zuby s pravým sklonem používala fréza s pravou šroubovici a naopak. Frézování je klidnější, bez rázů.

## 3. Obrázení hřebenovým nožem

Je to jeden z nejpřesnějších způsobů obrábění ozubených kol. nástroj ve tvaru ozubeného hřebene má lichoběžníkový profil a vykonává řezný pohyb ve směru kolmém k čelní ploše obráběného kola.

### Systém MAÁG

U nás se nejčastěji používají odvalovací stroje systému MAÁG. Obrobek při tomto způsobu koná sdružený odvalovací pohyb otáčivý i přímočarý. Nástroj typu MAÁG koná jen řezný pohyb vratný. Délka obrážecího hřebene  $\Rightarrow$  4 - 8 zubů, stačí na několik zubů kola  $\Rightarrow$  kolo se musí obrábět po částech.

Obrázení začíná v krajní poloze posuvem  $S$  na plnou hloubku ozubení  $h$  na začátku obrábění. Před každým pracovním pohybem se obráběné kolo pootočí kolem své osy o určitý úhel a zároveň posune podél hřebene o určitou vzdálenost. Hodnota pootočení a posuvu je závislá na zvolené tloušťce třísky.

### Systém Parkinson

Je velmi podobný, rozdíl je v tom, že obrobek se otáčí kolem středu a nástroj koná sdružený pohyb odvalovací a přímočarý.

Úhel  $\alpha = 6^\circ$

úhel  $\gamma = 0^\circ - 5^\circ$

## 4. Obrázení kotoučovým nožem (systém Fellows)

Používá se pro výrobu čelních kol s přímými a šikmými zuby, s několika věnci ozubení za sebou (systém dovoluje jen malý výběh nástroje  $\Rightarrow$  výroba vnitřních ozubení).

Princip je založen na vzájemném odvalování dvou ozubených kol po valivých kružnicích (nástroj plus obrobek). Nástroj i obrobek se otáčejí kolem svých os při opačných smyslech. Pootočení nastane při poloze nástroje v horní úvrti. Na začátku obrázení má nástroj posuv na hloubku ozubení. Posuv se děje současně s odvalováním. Při zpětném chodu naprázdno se nástroj vysune, aby nedošlo k jeho poškození a zhoršení obrobene plochy. Toto se děje pomocí vačky. Vačka také řídí přísuv smykadla do řezu. Za 1 otočení vačky se ozubení obrobí a obrobek vykoná 1,5 - 3 otáčky.

Obvodová rychlost nástroje a obráběného kola je stejná.

$n$  - otáčky nástroje

$n_k$  - otáčky ozubeného kola

$z$  - počet zubů nástroje

$z_k$  - počet zubů kola

### Protahování

Velmi výkonný a přesný způsob obrábění zubů čelních ozubených kol. Nástrojem je sada odstupňovaných tvarových nožů složených v blok protahování. Výhodou je, že přídavek je odebrán velkým počtem břitů nástroje  $\Rightarrow$  velká životnost a trvanlivost nástroje.

### Nevýhody:

- Cena protahováku  $\Rightarrow$  proto se používá hlavně ve velkosériové výrobě.

## Obrábění ozubení kuželových kol

Můžeme provádět buď frézováním, protahováním nebo obrážením.

### Frézování kuželového ozubení tvarovou frézou

- používá se dělicí způsob, když se nepožaduje velká přesnost nebo pro velké moduly ozubení. Zubová mezera se frézuje na několikrát ( postupně ), nejčastěji na třikrát.

### Protahování kuželových kol s přímými zuby

- je to nejproduktivnější metoda výroby kuželových kol pomocí kotoučového protahováku. Kotoučový protahovák má na svém obvodu odstupňované zuby tvaru zubové mezery, které na jedno otočení nástroje obrobí úplně jednu zubovou mezery. Při tom se nástroj posouvá z polohy  $O_1$  do polohy  $O_2$  a nakonec  $O_3$ . Dokončení zubové mezery se provede částí obvodu protahováku I. Během průchodu části nástroje bez zubů se obrobek pootočí o jednu zubovou rozteč, nástroj se přestaví do polohy  $O_1$  a celý cyklus se opakuje.

## Obrábění ozubení šnekových kol

### Radiální způsob

- je to podobný způsob jako odvalovací způsob frézování čelních ozubených kol. Posuv do záběru s se děje tak dlouho až má fréza polohu odpovídající poloze šneku.

### Tangenciální způsob výroby ozubených kol

- při tomto způsobu výroby šnekových kol má odvalovací fréza náběhový kužel a již dopředu se nastavuje na celou hloubku zubové mezery. Posuv je ve směru tečny k roztečné kružnici šnekového kola. Drahý odvalovací nástroj lze nahradit tyčí s jedno-profilovým nožem  $\Rightarrow$  menší produktivita  $\Rightarrow$  ale menší náklady na nástroj, použití při kusové výrobě.

## Dokončovací metody výroby ozubených kol

Hlavním úkolem těchto metod je zvýšit přesnost a zmenšit drsnost funkčních ploch ozubení, díky tomu má ozubení menší vůli, větší životnost a je méně hlučné.

### Ševingování ozubených kol

- je to dokončovací operace pro tzv. „měkká ozubení“ ( nekalená ), přídavek pro obrábění je max. 0,15 mm na zub. Ševingovacím nástrojem je korigované ozubené kolo, na jehož bocích jsou drážky pro vytvoření řezných hran a odvod třísek. Při ševingování jsou osy kola a nástroje zkříženy pod úhlem  $5^\circ - 15^\circ$  a obvodová rychlost ševingovaného kola je 60 - 140 m/min. Obráběné kolo se otáčí a zároveň posouvá.

### Broušení ozubených kol

- broušení se používá pro kalená ozubená kola nebo ozubení pro velké obvodové rychlosti. Způsob broušení může být buď dělicí nebo odvalovací.

