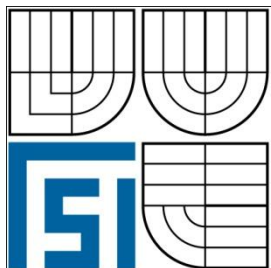


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

METODY VÝROBY OZUBENÍ

Method of the production of part with tooth system

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DALIBOR KUBLA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kubla Dalibor

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Metody výroby ozubení.

v anglickém jazyce:

Method of the production of part with tooth system.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpřehlednění způsobů výroby ozubení. Používané typy nástrojů. Standardní strojní park. Porovnání metod na vytipovaných ozubárenských výrobcích.

Cíle bakalářské práce:

Přehled ozubárenské výroby (nástroje, stroje, výrobky). Doložení technologií na typických ozubárenských součástkách. Porovnání výrobních metod.



Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

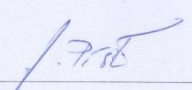
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

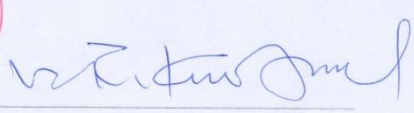
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 20.11.2009

L.S.




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je zpřehlednění metod výroby ozubení, strojů a nástrojů. Praktická část porovnává metody výroby u vytypovaných ozubených kol; metodu frézování odvalovacím způsobem a metodu frézování dělicím způsobem.

Klíčová slova

Ozubení, frézování odvalovacím způsobem, frézování dělicím způsobem, obrábění, obrobek, řezný pohyb .

ABSTRACT

The purpose of this bachelor thesis is to clarify the methods of production of gear, machinery and tools. The practical part compares the methods for the production of gears; method of hobbing milling and method of separating milling.

Key words

Gear, hobbing milling, separating milling, machining, workpiece, cutting movement.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUBLA, D. *Metody výroby ozubení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství, 2010. s. 41, příloh 8. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Metody výroby ozubení* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

28.5.2010

.....
Jméno a příjmení bakaláře

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Milanu Kalivodovi, za jeho odborné vedení při tvorbě práce a za cenné připomínky a rady. A také bych rád poděkoval svým rodičům, bratrovi a v neposlední řadě dědečkovi, kteří mě podporovali a pomáhali při studiu.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
Úvod	8
1. VÝROBA OZUBENÝCH KOL	9
1.1 Obrábění ozubení čelních kol	9
1.1.1 Základní pojmy a vztahy ozubení	10
1.1.2 Frézování dělicím způsobem	11
1.1.3 Frézování odvalovacím způsobem	12
1.1.4 Obrázení hřebenovým nožem	14
1.1.5 Obrázení kotoučovým nožem	15
1.1.6 Protahování	16
1.2 Obrábění kuželových kol s příkými a šikkými zuby	16
1.2.1 Obrázení ozubení	16
1.2.2 Frézování ozubení	18
1.2.3 Protahování ozubení	19
1.3 Obrábění ozubení kuželových kol se zakřivenými zuby	20
1.3.1 Způsob Gleason	20
1.3.2 Způsob Oerlikon	20
1.3.3 Způsob Klingenberg	21
1.4 Výroba šneků a šnekových kol	22
1.5 Dokončování ozubených kol	23
1.5.1 Ševingování	23
1.5.2 Honování	24
1.5.3 Broušení	24
1.5.4 Lapování	25
1.5.5 Dosahovaná veličina R_a a přesnost	26
2. STROJE PRO VÝROBU OZUBENÍ	26
3. POROVNÁNÍ METOD NA VYBRANÝCH OZUBÝRENSKÝCH VYROBCÍCH	29
3.1 Výpočet reálného ozubeného kola	30
3.2 Výpočet myšleného kola s menším počtem zubů	35
3.3 Výpočet myšleného kola s větším počtem zubů	36
3.4 Grafické vyhodnocení	37
Závěr	38
Seznam použitých zdrojů	39
Seznam použitých zkratk a symbolů	40
Seznam příloh	41

ÚVOD

Formulace problému

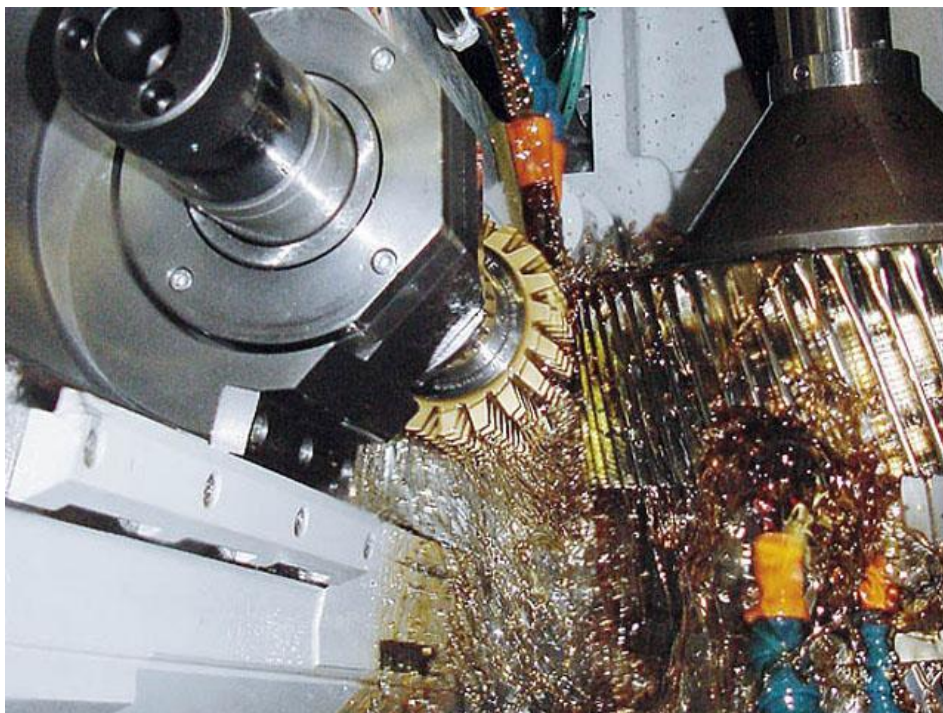
Výroba ozubených kol patří jednoznačně ve strojírenském průmyslu k jednomu z nejzajímavějších procesů obrábění jako takovému.

Samotná ozubená kola jsou základním prvkem, kterým se ve strojích realizuje přenos a transformace mechanické energie a pohybu. Ozubená kola patří mezi nejsložitější strojní součásti, a to jak po stránce teoretické a konstrukční, tak výrobní.

Prudký rozvoj v oblasti navrhování, výpočtů a výroby čelních ozubených kol s evolventním ozubením se odehrál v kontextu s rozvojem moderních technologií. Jde o neustálé rozšiřování a zdokonalování výpočetní techniky, která nabídla využití dokonalých programů k optimalizovaným návrhům geometrie ozubených kol. Dále rozvoj a rozšiřování číslíkové řízených obráběcích strojů (CNC), který vedl nejen k větší produktivitě a přesnější výrobě, ale především umožnil výrobu ozubených kol s různými nestandardními tvary zubů.

Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je zřehlednění metod výroby ozubení, strojů a nástrojů potřebných pro daný typ výroby. Praktickou částí bakalářské práce je srovnání dvou metod výroby ozubení na vybraných ozubárenských výrobcích.



Obr. 1 Ukázka pracovního prostoru stroje při obrábění ozubeného kola⁸

1 VÝROBA OZUBENÝCH KOL

Obrábění ozubení představuje jeden z nejnáročnějších procesů strojírenské výroby. Tento proces vyžaduje výkonné, přesné stroje a nástroje, vysokou kvalifikaci dělníků i techniků. Při obrábění ozubení je důležité dodržet vysokou přesnost, trvanlivost, účinnost a dále také bezhlučnost, jelikož ozubená kola jsou součástmi pohybových ústrojí většiny strojů, dopravních prostředků a zařízení.

Ozubená kola se vyrábějí v mnoha variantách dle způsobu provedení zubů:

- obrábění ozubení čelních kol,
- obrábění ozubení kuželových kol s přímými a šikmými zuby,
- obrábění ozubení kuželových kol se zakřivenými zuby.

Pokud se jedná o výrobu přesného ozubení, je potřeba použití dokončovacích metod. Tyto metody jsou blíže uvedeny v podkapitole 1.5.

1.1 Obrábění ozubení čelních kol

Čelní ozubená kola se obrábí různými způsoby v závislosti na dostupnosti technologie zejména strojů a na požadované přesnosti - viz. tab. 1

Tab.1.1 Dosahované přesnosti ozubení čelních kol pro dané metody obrábění

Metoda obrábění	Stupeň přesnosti
<i>Frézování</i> dělicí způsob odvalování	9 až 12 6 až 10
<i>Obrázení</i> odvalovací způsob: -kotoučový nůž -ozubený hřeben	5 až 9 4 až 7
<i>Ševingování</i>	5 až 7
<i>Broušení</i> tvarový kotouč odvalovací způsob	5 až 7 2 až 5
<i>Lapování</i>	2 až 4

1.1.1 Základní pojmy a vztahy ozubení

Pro výrobu a konstrukci ozubení jsou potřebné tyto vztahy:

- roztečná kružnice

$$d = m \cdot z \quad (1.1)$$

kde m je modul a z je počet zubů

Moduly čelních ozubení jsou normalizovány dle ČSN 01 4608.

- zubová rozteč

$$p = \pi \cdot m \quad (1.2)$$

- výška zubu

$$h = 2,25 \cdot m \quad (1.3)$$

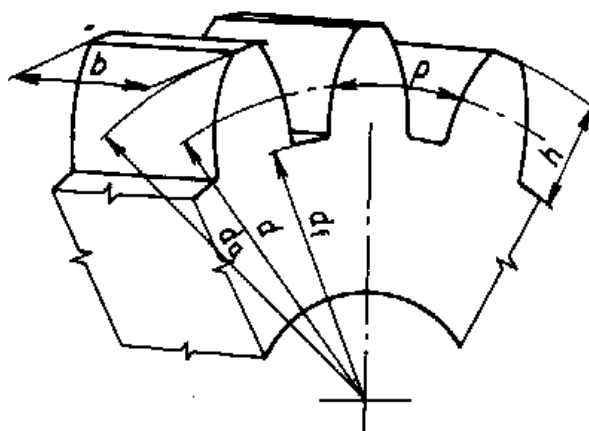
- hlavová kružnice

$$d_a = d + 2 \cdot m \quad (1.4)$$

- patní kružnice

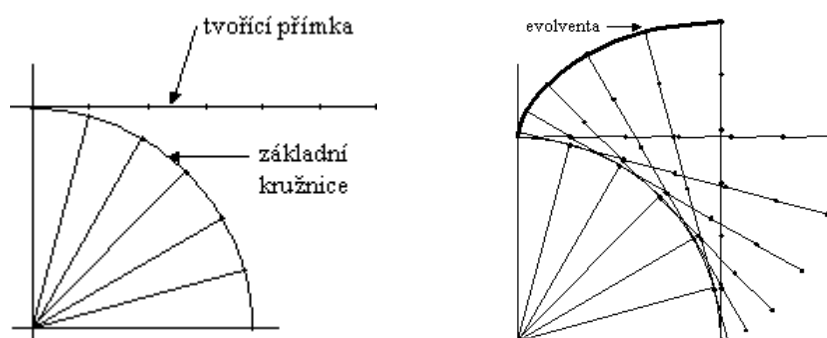
$$d_f = d - 2,5 \cdot m \quad (1.5)$$

Šířka ozubení b se volí podle výpočtu pevnosti ozubení podle ČSN 01 4686.



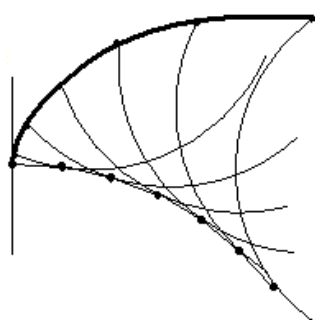
Obr. 1.1 Základní hodnoty ozubení

Boční profil zubu je nejčastěji tvořen evolventní křivkou. Tato křivka vznikne odvalováním tvořící přímky po pevné základní kružnici.

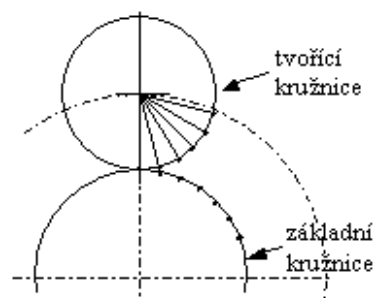


Obr. 1.2 Vznik evolventní křivky

Dále je možno vyrábět profily zubů i jiné, než-li evolventní. Jsou to například cykloidní ozubení. Cykloida vzniká jako křivka, kterou opisuje bod kružnice (tzv. tvořící) při jejím valení po přímce. Vnější cykloidní ozubení má obrys epicykloidy. Epicykloida (*epi* - má význam nad, na povrchu) je křivka, kterou opisuje bod tvořící kružnice při jejím valení zevně po jiné, základní kružnici. Při valení tvořící kružnice po základní kružnici zevnitř opisuje bod tvořící kružnice hypocykloidu (*hypo* - má význam pod, spodní).



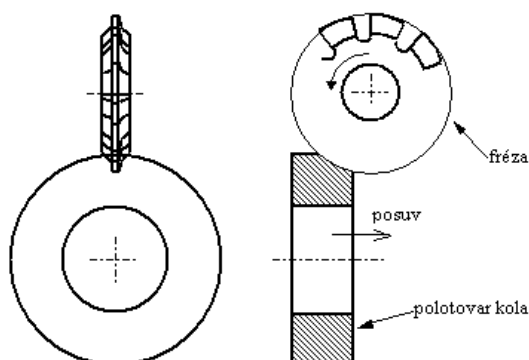
Obr. 1.3 Vznik cykloidní křivky



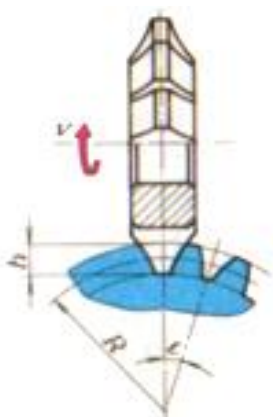
Obr. 1.4 Vznik epicykloidy a hypocykloidy

1.1.2 Frézování dělicím způsobem

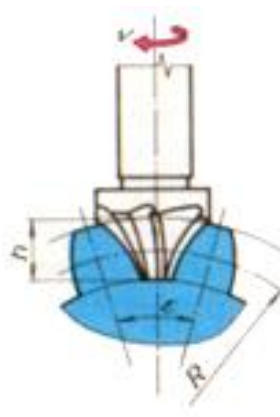
Frézování ozubení dělicím způsobem se provádí frézami, jejichž profil odpovídá tvaru zubové mezery. Používají se tvarové frézy kotoučové nebo čepové.



Obr. 1.5 Princip obrábění kotoučovou tvarovou frézou



Obr. 1.6 Kotoučová fréza na evolventní ozubení



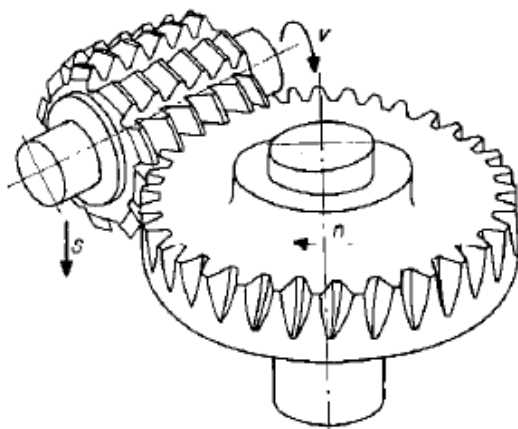
Obr. 1.7 Čepová fréza na evolventní ozubení

Při frézování se po obrobení jedné zubové mezery dělicím přístrojem pootočí obrobek o jednu rozteč a frézuje se další zubová mezera. Kotoučové modulové frézy jsou vyráběny pro moduly $m = 0,2$ až 16 mm. Pro hrubování ozubení větších modulů ($m > 20$ mm) slouží hrubovací kotoučové frézy s odstupňovaným profilem. Čepové frézy pro hrubování s modulem $m > 30$ mm mají lichoběžníkový profil a bříty ve šroubovici, což umožňuje použít větších posuvů. Při frézování šikmých zubů kotoučovou modulovou frézou je pracovní stůl stroje s obrobkem natočen vzhledem k ose vřetena o úhel sklonu zubu β_k . Šikmé zuby se vytvoří kombinací podélného posuvu stolu a rotačního pohybu obrobku. Frézování šikmého ozubení čepovou frézou je stejné, ale pracovní stůl se nenatáčí.

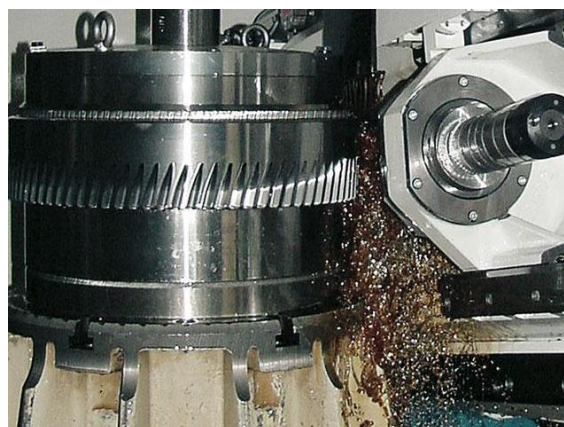
1.1.3 Frézování odvalovacím způsobem

Tento způsob výroby ozubení je nerozšířenější pro jeho vysokou produktivitu práce a dobrou přesnost ozubení. Nástrojem je odvalovací fréza, která má tvar evolventního šneku a jejíž profil je v normální rovině tvořen základním hřebenem. Frézování odvalovacím způsobem lze vyrábět ozubená kola s čelním ozubením a ozubení šnekových kol.

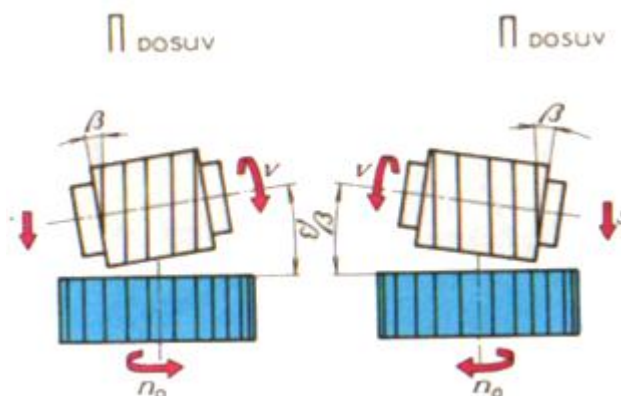
a) Frézování přímých zubů



Obr. 1.8 Princip metody frézování přímých zubů odvalem

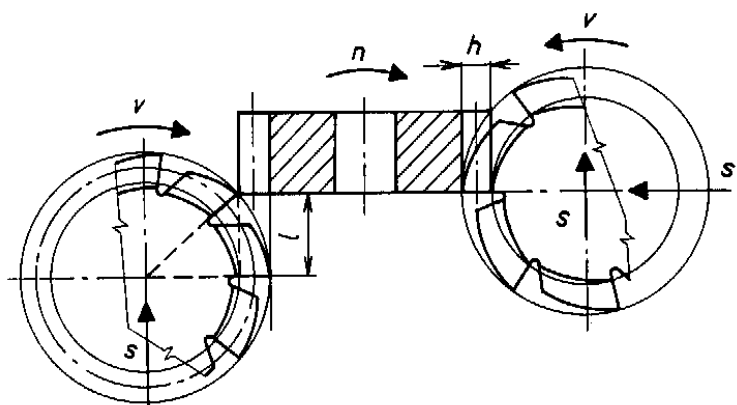
Obr. 1.9 Ukázka frézování ozubení odvalem³

Hlavní řezný pohyb koná odvalovací fréza, která se otáčí kolem své osy. Obrobek se přisune k fréze tak, aby se při svém otáčení jeho valivá kružnice odvalovala po valivé přímce hřebenu frézy. Při každé otáčce obrobku vykoná odvalovací fréza tolik otáček, kolik má zubů frézované kolo. Osa frézy musí být skloněna vzhledem k obrobku o úhel β , který je shodný jako úhel stoupání šroubovice na roztečném válci. Vyklánění frézy určujeme podle pravého nebo levého sklonu zubů.



Obr. 1.10 Poloha nástroje při frézování přímého ozubení

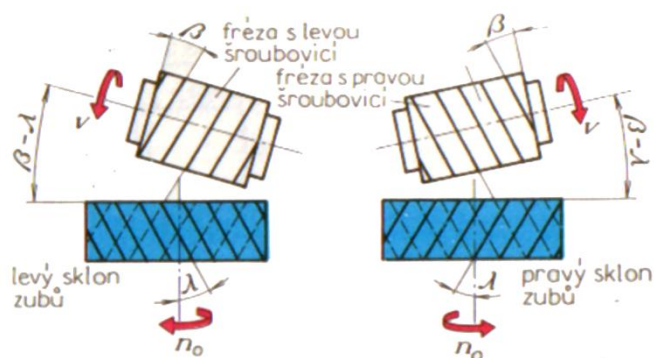
Mnoho starších frézek obrábí obrobek **nesousledným** způsobem. Nové odvalovací frézky jsou již upraveny pro **sousledné** frézování, kde je fréza ve výchozím postavení pod obrobkem a má směr posuvu zdola nahoru. Tento způsob obrábění umožňuje zvýšení řezné rychlosti a posuvu.



Obr. 1.11 Sousledné frézování ozubení a radiální najíždění na hloubku

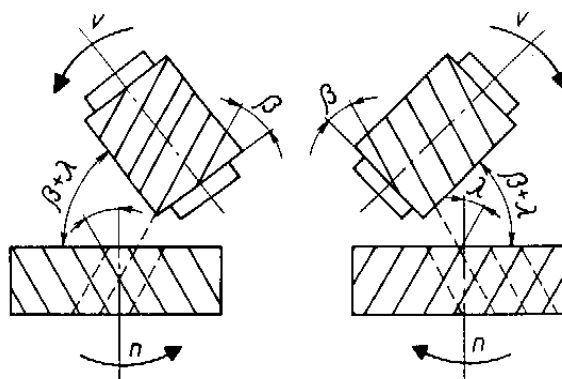
b) Frézování šikmých zubů

Způsob frézování šikmých zubů je téměř shodný jako frézování přímých zubů, s rozdílem v nastavení odvalovací frézy vzhledem k obrobku. U zubů, které mají pravý sklon se doporučuje používat fréz s pravou šroubovicí a pro zuby s levým sklonem fréz s levou šroubovicí, kde se osa frézy vykloní na úhel $\beta - \lambda$. Toto vede ke kvalitnějšímu frézování a odsraní se možnost zaseknutí nástroje.



Obr. 1.12 Frézování šikmého ozubení s levým sklonem levochodou frézou a s pravým sklonem pravochoďou frézou

V případě, když se obrábí pravý sklon ozubení s levou šroubovici a naopak, pak je tedy nutno nastavit osu frézy na úhel $\beta + \lambda$.

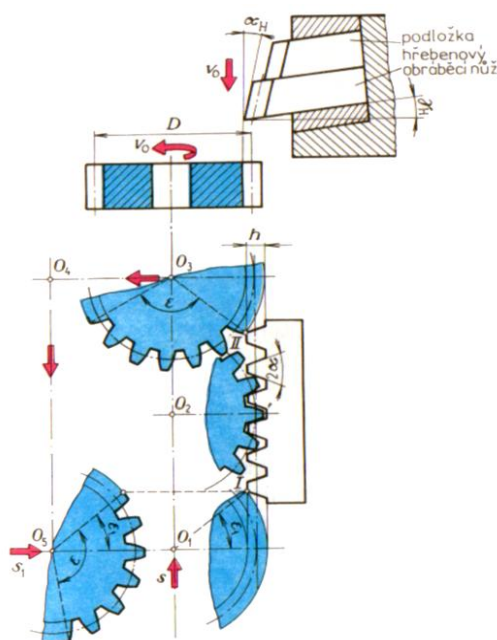


Obr. 1.13 Frézování šikmého ozubení s levým sklonem pravochoďou frézou a s pravým sklonem levochodou frézou

1.1.4 Obrážení hřebenovým nožem

Tento způsob pracuje na principu záběru nástroje s obrobkem. Nástrojem při obrážení ozubení čelních ozubených kol hřebenovým nožem je ozubený hřeben, který má lichoběžníkový profil. Řezný pohyb koná nástroj a je přímočarý vratný. Nástroj se nastaví na hloubku zubu a obrábění se provádí vřezáváním do obrobku. Po obrobení několika zubových mezer se posuv a otáčení zastaví, pak se obrobek přesune zpět do výchozí polohy. Počet vyrobených zubových mezer je dán délkou nástroje.

Uvedený způsob obrábění ozubených kol se také nazývá *způsob Maag*.

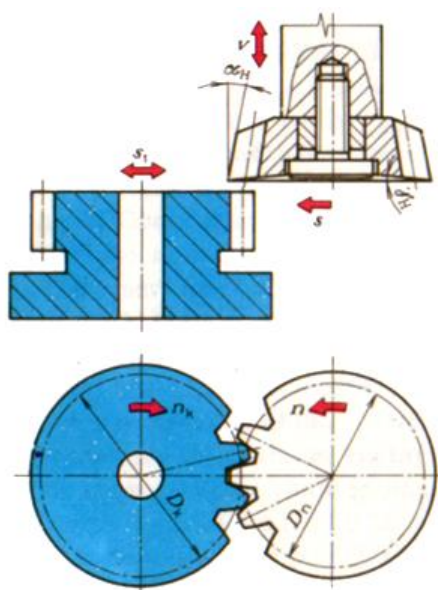


Obr. 1.14 Obrážení hřebenovým nožem

1.1.5 Obrážení kotoučovým nožem

Obrážení kotoučovým nožem pracuje na principu záběru dvou ozubených kol bez vůle. Nástroj a obrobek se po sobě odvalují tak, jako by spolu zabírala dvě čelní ozubená kola. Lze vyrábět kola s vnějším, ale i s vnitřním ozubením. Při tomto způsobu je možnost výroby několika kol naraz. Šikmé ozubení se obráží stejným způsobem, který se pak v průběhu pracovního závitu natáčí pod úhlem sklonu zubů prostřednictvím šroubových vodítek.

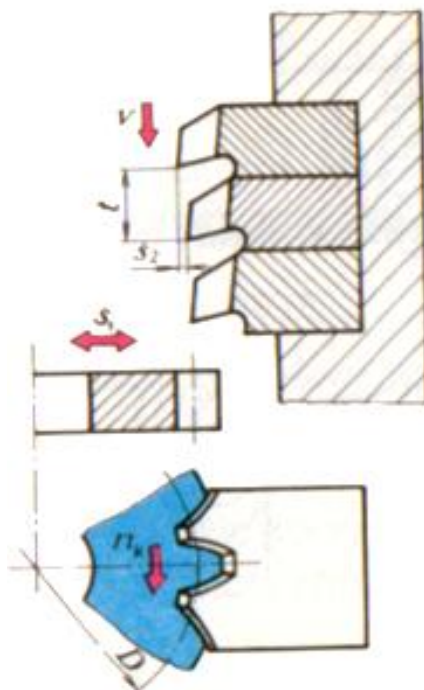
Obrážení kotoučovým nožem je také znám pod názvem *způsob Fellows*.



Obr. 1.15 Obrážení kotoučovým nožem

1.1.6 Protahování

Protahování se používá ve velkosériové a hromadné výrobě, jelikož náklady na výrobu nástroje jsou velké. Obrábění se provádí sadou odstupňovaných nožů složených v blok protahovacího trnu – nástroje. Odstupňování nožů je provedeno v závislosti na druhu materiálu kola, tloušťce ubírané třísky a na řezné rychlosti. Protahování ozubených kol je hospodárný proces, jelikož odebíraná vrstva materiálu je rozdělena na velký počet břitů, tzn. že trvanlivost a životnost nástroje jsou poměrně velké.



Obr. 1.16 Protahování ozubení

1.2 Obrábění ozubení kuželových kol s přímými a šikmými zuby

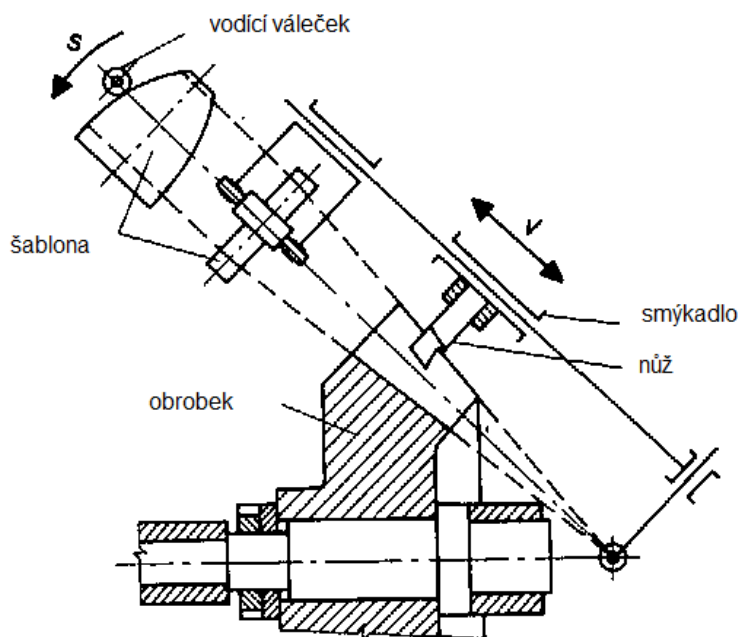
Obrábění kuželových ozubení patří k náročným způsobům strojírenské výroby. Kuželová kola mají zuby přímé, šikmé a zakřivené. Zuby kuželových kol se obrábějí obrážením, frézováním a protahováním.

Boky zubů se provádějí buď kopírováním, odvalováním, nebo tvarovými frézami. Odvalovací způsob patří mezi nejpřesnější a provádí se dělicím způsobem nebo plynulým odvalem.

1.2.1 Obrázení ozubení

a) Obrázení podle šablony

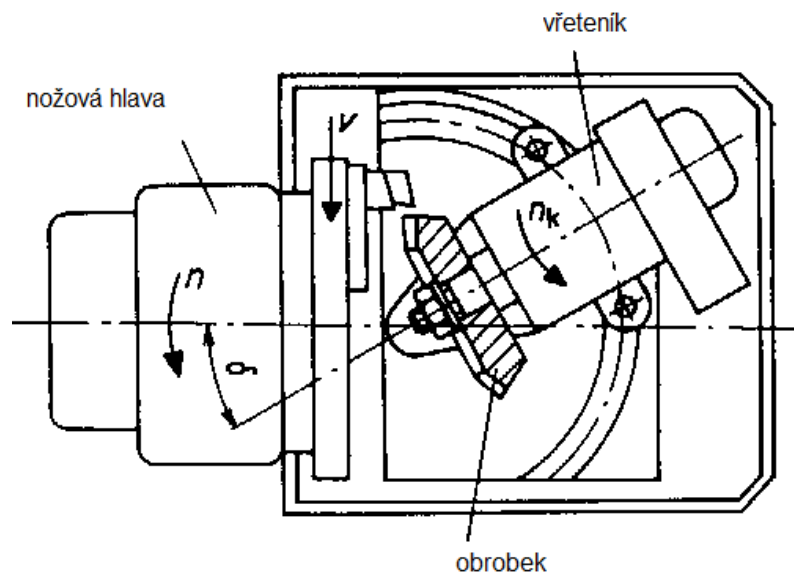
Po šabloně, jejíž tvar odpovídá tvaru boku zubu, se pohybuje kladka, která ovládá mechanismus s obrážecími noži. Nože jsou upevněny na smýkadlech kladky. Obráží se dvěma noži a díky tomu se obrábí oba boky zubu současně. Tímto způsobem se dosahuje vysoké jakosti povrchu, jelikož se obrábí jen špičkami nožů. Tvar šablony závisí na tvaru zubu a pro stejný počet zubů kuželových kol s různými moduly stačí jedna šablona.



Obr. 1.17 Obrázení ozubení kuželových kol kopírováním

b) Obrázení dvěma noži

Ve stroji jsou upnuty dva nože lichoběžníkového tvaru v nožových držácích otočné nožové hlavy. Nože konají řezný pohyb ve směru povrchových přímk boků zubů a zároveň se otáčejí s nožovou hlavou kolem její osy. Kuželové kolo je upnuto ve vřeteníku, který je nastaven v poloze odpovídající vrcholovému úhlu obráběného kola. Břity nožů se při současném natáčení nožové hlavy a obráběného kola vytvářejí boky zubů ve tvaru evolventy. Přitom se jedním nožem obrábí pravý a druhým nožem levý bok zubu. Poté se nožová hlava i obrobek vrátí do výchozí polohy a obrobek se dělicím zařízením pootočí o jednu rozteč.

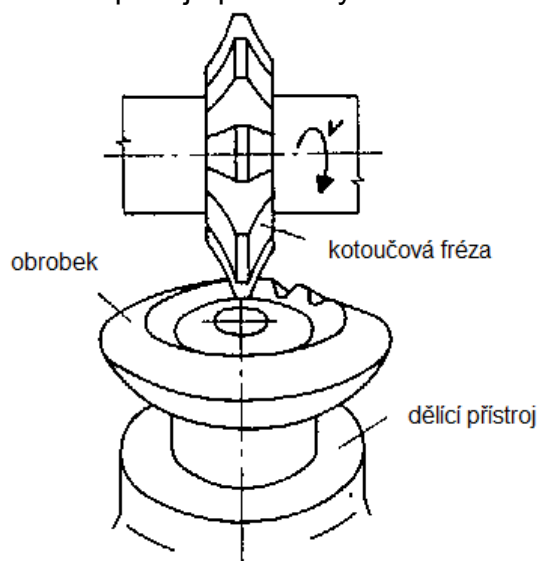
Obr. 1.18 Obrázení ozubení kuželových kol dvěma noži¹

1.2.2 Frézování ozubení

Přímá a šikmá ozubení se frézují tvarovými frézami dělicím způsobem, nebo dvěma kotoučovými nožovými hlavami.

a) Frézování tvarovými frézami

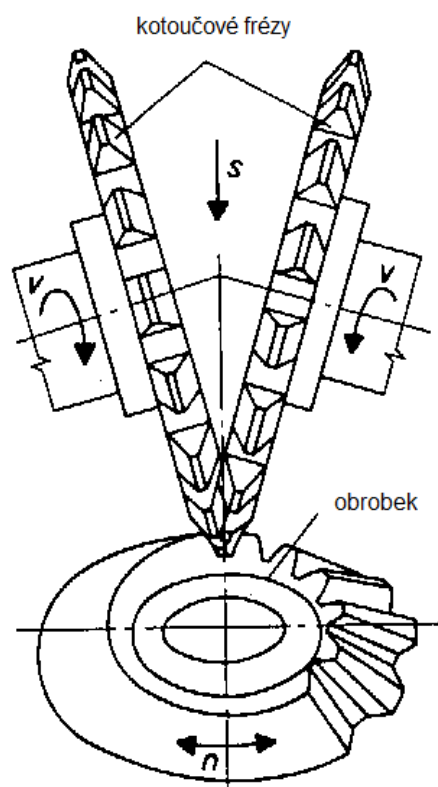
Frézování tvarovými frézami se používá pro výrobu kuželových kol nevyžadujících velkou přesnost a dále pro výrobu kol velkých modulů a průměrů. Nástrojem je tvarová kotoučová nebo čepová fréza. Zubová mezera se obrábí postupně, nejprve se hrubuje střed, poté se kolo pootočí a frézuje se jeden bok zubu a totéž se opakuje pro druhý bok zubu.



Obr. 1.19 Frézování ozubení kuželových kol tvarovou kotoučovou frézou

b) Frézování dvěma kotoučovými nožovými hlavami

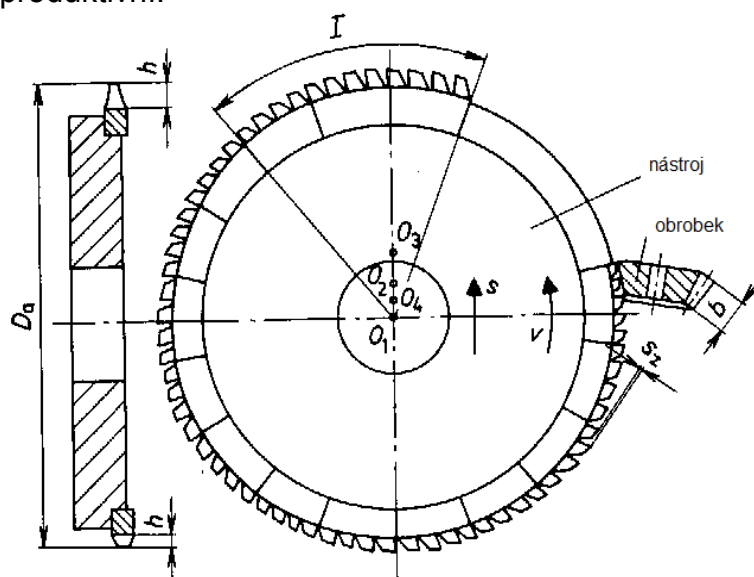
Nástrojem jsou dvě kotoučové hlavy se vzájemnými břity, které se v zubové mezeře překrývají. Obrobek vykonává radiální posuv na hloubku zubu. Ozubení se frézuje odvalovacím způsobem.



Obr. 1.20 Frézování ozubení kuželových kol dvěma kotoučovými nožovými hlavami

1.2.3 Protahování ozubení

Výroba kuželových kol v hromadné a sériové výrobě je nejproduktivnější protahováním kotoučovým protahovákem velkých průměrů (až 600 mm), který má na svém obvodu odstupňované břity s tvarem zubové mezery. Nástroj koná rotační pohyb a posouvá se podél zubu od menšího profilu k většímu. Protahení jedné zubové mezery trvá přibližně 4 až 6 sekund, čili tento proces je rychlý a produktivní.



Obr. 1.21 Protahování kuželových ozubení¹

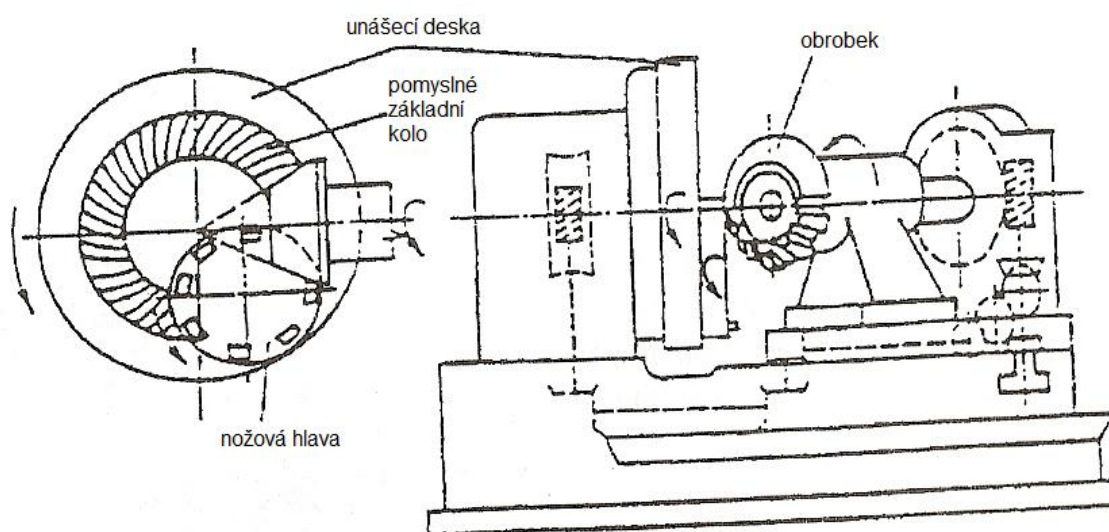
1.3 Obrábění ozubení kuželových kol se zakřivenými zuby

Obrábění zakřivených zubů ozubení kuželových kol se provádí odvalovacím frézováním těmito způsoby:

- Gleason – zuby jsou kruhově spirální,
- Oerlikon – zuby zakřiveny podle cykloidy,
- Klinglenber – zuby jsou zakřiveny podle evolventy.

1.3.1 Způsob Gleason

Tento způsob výroby je charakterizován jako frézování kuželových kol dělicím způsobem čelní nožovou hlavou. Princip spočívá v záběru obráběného kola a základního kola. Čelní nožová hlava se otáčí nezávisle na ostatních pohybech mechanismu. Řezný pohyb vzniká točivým pohybem obrobku a natáčením unášecí desky s nožovou hlavou. Obrobek se přisune na hloubku zubové mezery a opět se frézuje zubová mezera. Poté se obrobek odsune, nožová hlava se přesune do počáteční polohy a tím se uskuteční dělení na další zub a proces se opakuje.



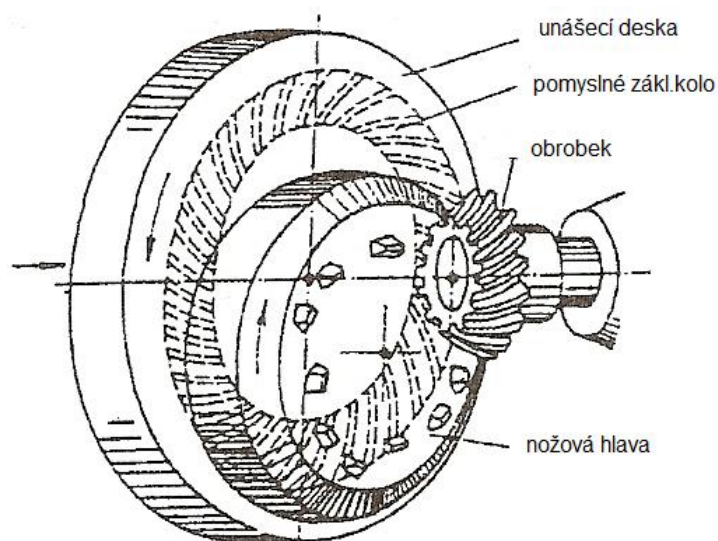
Obr. 1.22 Způsob Gleason¹

1.3.2 Způsob Oerlikon

Ozubení vzniká třemi pohyby:

1. rotační pohyb nožové hlavy
2. otáčení obrobku
3. natáčením kolébky – zde se nachází upnutá čelní nožová hlava

Břity s přímkovým ostřím jsou uspořádány tak, že se tvoří části samostatných spirál.

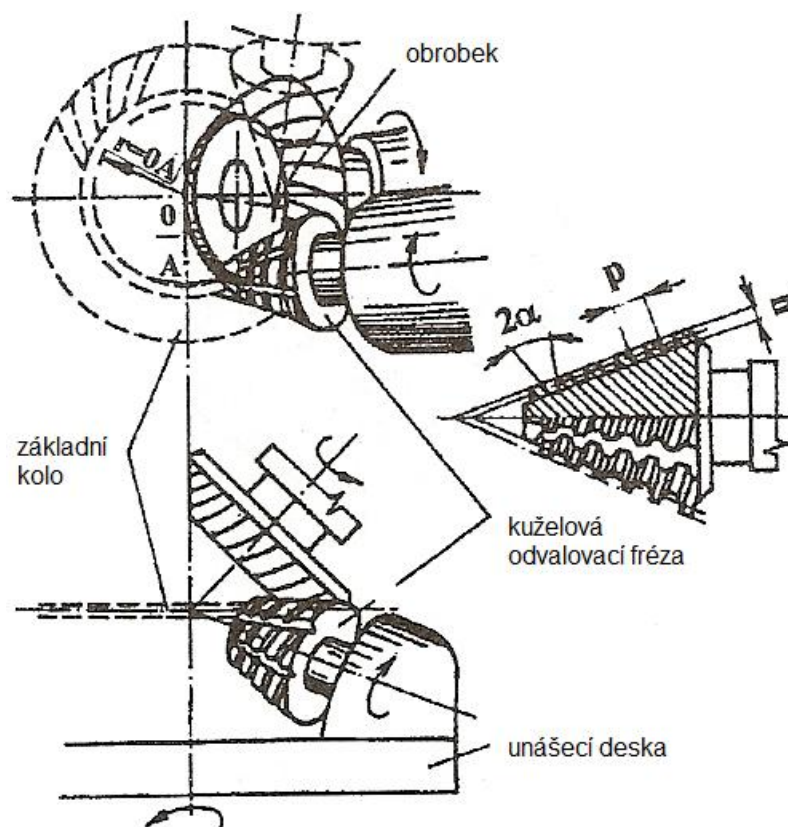
Obr. 1.23 Způsob Oerlikon¹

1.3.3 Způsob Klingenberg

Ozubení vzniká třemi pohyby:

1. rotační pohyb
2. otáčení obrobku
3. odvalování frézy na unášené desce

Tento způsob se používá pro kusovou a malosériovou výrobu.

Obr. 1.24 Způsob Klingenberg¹

1.4 Výroba šneků a šnekových kol

Výroba šneků se provádí buď soustružením pomocí tvarového nože, podobně jako výroba závitů, nebo kotoučovou frézou odvalovacím způsobem na univerzálních frézách.



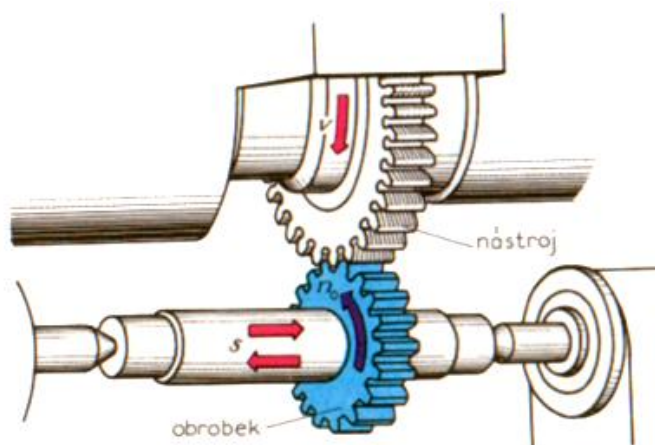
Obr. 1.25 Příklad vyfrézování šneku³

Šneková soukolí se vyrábějí obvykle odvalovací frézou, která má profil šneku. Osa frézy je kolmá na osu obráběného kola a leží přesně v polovině tloušťky kola.



Obr. 1.26 Šnekové soukolí

Obr. 1.27 Ševingování ozubených čelních kol



Obr. 1.28 Tvar zubu švingovacího kola

1.5.2 Honování

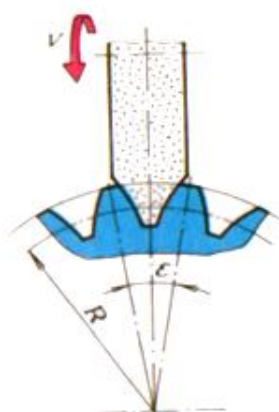
Je to velmi podobný způsob švingování. Rozdíl je v tom, že švingovací kolo je nahrazeno kolem ze směsi plastu a brusiva. Honování se používá ke zlepšení geometrických vlastností a drsnosti povrchu kalených ozubených kol.

1.5.3 Broušení

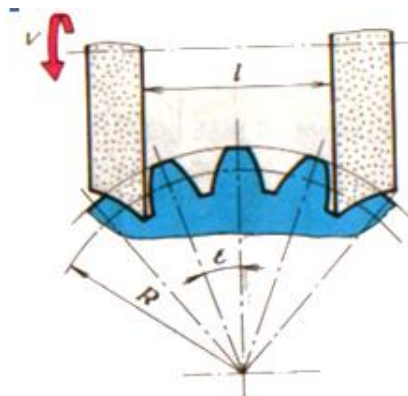
Broušením se odstraňují nepřesnosti po obrábění a deformace po tepelném zpracování ozubených kol. Broušení ozubených kol se provádí dělicím způsobem tvarovými kotouči, dělicím způsobem s odvalem boku zubu a odvalovacím způsobem.

a) Broušení dělicím způsobem tvarovými kotouči

Při dělicím způsobu se brousí boky zubů jednostranným, nebo oboustranným tvarovým brusným kotoučem. Tvar profilu brusného kotouče odpovídá tvaru boku zubu. Používá se buď broušení jedním nebo dvěma kotouči. Při broušení dvěma nástroji, každý nástroj brousí jeden bok zubu. Broušení dělicím způsobem je méně přesné a jeho další nevýhodou je obtížné srovnání brusných kotoučů do přesného tvaru.



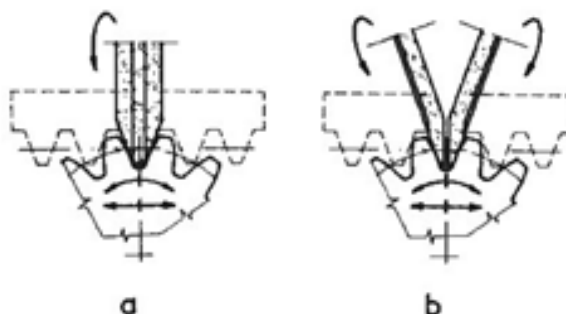
Obr. 1.29 Broušení zubů tvarovým kotoučem



Obr. 1.30 Broušení dvěma tvarovými kotouči

b) Broušení dělicím způsobem s odvalem boku zubu

Tento způsob se v závislosti na uspořádání brusek realizuje pro případ, kdy se broušený zub odvaluje po jednom nebo dvou brusných kotoučích. Broušení tímto způsobem má negativní jevy.



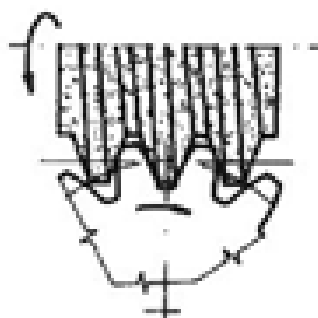
Obr. 1.31 Broušení dělicím způsobem s odvalem boku zubu

a) jedním brusným kotoučem

b) dvěma talířovými brusnými kotouči

c) Broušení odvalovacím způsobem

Broušení odvalovacím způsobem je přesnější než dělicím způsobem. Broušené ozubené kolo vykonává odvalovací pohyb po myšleném ozubeném hřebenu. Část toho hřebenu může tvořit brusný kotouč lichoběžníkového tvaru nebo dva talířové kotouče. Nejvýkonnější způsob je broušení kotoučem tvaru evolventního šneku, který pracuje na stejném principu jako při odvalovacím způsobu frézování.



Obr. 1.32 Odvalovací způsob broušení brusným kotoučem tvaru evolventního šneku

1.5.4 Lapování

Lapováním se odstraňují poslední nerovnosti povrchu boku zubů. Často se lapování používá pro dokončování kuželových ozubených kol se zakřivenými zuby, které se nedají brousit. Lapované kolo je v záběru s litinovým kolem stejného modulu. Do záběru kol se přidává lapovací pasta nebo směs oleje s brusivem. Přídavky na lapování jsou okolo 0,02 až 0,05 mm.

1.5.5 Dosahovaná veličina R_a a přesnost

Jelikož na ozubená kola jsou kladeny velké požadavky, rozlišujeme 8 stupňů přesnosti. Abychom dosáhli určitého stupně přesnosti, je třeba zvolit určitý druh výroby, ale zároveň je nutno dodržet průměrnou aritmetickou úchylku profilu boku zubů.

Tab. 1.2 Dosahované tvrdosti a veličin R_a při výrobě

IT	Způsob výroby	Veličina R_a [μm]
1.	Broušení na nejpresnějších odvalovacích bruskách a lapování	0,1 až 0,2
2.	Broušení na nejpresnějších odvalovacích bruskách	0,2
3.	Broušení na velmi přesných odvalovacích bruskách, frézování na speciálních odvalovacích frézách určených k frézování přesných kol	0,2 až 0,4
4.	Broušení na přesných odvalovacích bruskách, frézování na speciálních odvalovacích frézách	0,2 až 0,4
5.	Broušení na přesných odvalovacích a profilových bruskách, obrážení, ševingování, frézování na přesných odvalovacích frézách	0,2 až 0,8
6.	Frézování a obrážení na běžných, pečlivě seřízených strojích, nekalená kola	0,8 až 1,6
7.	Na běžných strojích odvalovacím způsobem. Pro obrobení zubů mohou být tepelně zpracována	1,6 až 6,3
8.	Frézováním nebo obrážením tvarovými stroji	6,3 až 12,5

2 STROJE PRO VÝROBU OZUBENÍ

Stroje, na kterých se výroba ozubení provádí:

- obrážečky na čelní ozubená kola, způsob odvalovací,
- obrážečky na kuželová ozubená kola, dělicí i odvalovací způsob,
- frézky na čelní, šroubová a šneková kola, způsob odvalovací,
- frézky na kuželová kola se spirálovým ozubením, způsob dělicí i odvalovací,
- stroje na čelní a kuželová kola s rovnými zuby, různý způsob,
- univerzální frézky na čelní a kuželová kola, pracující stopkovou frézou – dělicí,
- brusky na ozubení,
- zvláštní stroje na ozubení.

Stroje na výrobu ozubení jsou univerzální nebo s CNC řízením. Univerzální stroje jsou i v dnešní době často využívané, ale z hlediska možností provedení tvaru zubů jsou preferovány stroje s CNC řízením, které mohou pracovat ve víceosém systému. Ukázky některých typů CNC strojů viz. příloha 6, 7 a 8.

a) Obrážečky na čelní ozubená kola, způsob odvalovací

- svislé, pracující hřebenovým nožem (Maag), jedno smýkadlo:
 - $\varnothing$ kola do 500 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 1000 do 2000 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 2000 mm.
- svislé, pracující hřebenovým nožem (Maag), dvě smýkadla (např. obrážečky Maag typ DSH 20)
- svislé, pracující kolečkovým nožem (Fellows):
 - $\varnothing$ kola do 315 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 315 do 630 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 630 mm.
- vodorovné na rovné zuby, pracující jedním nožem

b) Obrážečky na kuželová ozubená kola, dělicí i odvalovací způsob

- odvalovací způsob, rovné i šikmé zuby:
 - $\varnothing$ kola do 315 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 315 mm do 630 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 630 mm.

c) Frézky na čelní, šroubová a šneková kola, způsob odvalovací

- bez diferenciálu (jen rovné zuby) $\varnothing$ kola do 400 mm
- s diferenciálem (rovné šroubové a šnekové zuby):
 - $\varnothing$ kola přes 160 do 400 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 400 do 1000 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 1000 do 2500 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 2500 mm.

d) Frézky na kuželová kola se spirálovým ozubením, způsob dělicí i odvalovací

- odvalovací způsob speciální, na hrubování pastorku
- odvalovací způsob speciální, na dokončování pastorku
- dělicí způsob speciální, na hrubování talířových kol
- dělicí způsob speciální, na dokončování talířových kol
- odvalovací způsob všech konstrukcí (Gleason, Klingenberg, Spiromatic, F.M.):
 - $\varnothing$ kola do 160 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 160 do 250 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 250 do 400 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 400 do 630 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 630 mm.

e) Stroje na čelní a kuželová kola s rovnými zuby, různý způsob

f) Universální frézky na čelní a kuželová kola, pracující stopkovou frézou – dělicí

g) Brusky na ozubení

- pracující s odvalovacím obloukem, rovné a šroubové zuby:
 - $\varnothing$ kola přes 315 do 630 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 630 mm.
- bez odvalovacího oblouku, rovné a šroubové zuby:
 - $\varnothing$ kola do 400 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 400 do 800 mm,
 - $\varnothing$ kola přes 800 mm.
- brusky na vnitřní ozubení

h) Zvláštní stroje na ozubení

- frézky na zaoblování zubů
- frézky na srážení hran zubů
- lapovací a zaběhávací stroje na čelní kola
- lapovací a zaběhávací stroje na kuželová kola
- zaškrabávací stroje shaving:
 - $\varnothing$ kola do 315 mm (např. stroj SSSR typ „571“),
 - $\varnothing$ kola přes 315 mm (např. stroj SSSR typ „5715“).

Konkrétní typy strojů:

Frézky – FO 6, FO 8, FO 10, OFA 16A, OFA 71, 5B 312, 5K 324 A, 53 A 20, RA 300, CNC Höffler HF900

Obrážecy – OH 6, OHA 16B, OHA 50, OHA 50A, OHO 20, OHO 50, DSH 20, MAAG SH 75, FELLOWS 10-5 CNC, K4a, S526

Poznámka: Vyobrazení některých typů strojů v přílohách 2, 3, 4 a 5.

3 POROVNÁNÍ METOD NA VYBRANÝCH OZUBÁRENSKÝCH VÝROBCÍCH

Praktickou částí bakalářské práce je porovnání metod výroby čelního ozubení. Jedná se o metodu odvalovacího frézování a frézování dělicím způsobem.

Porovnání bude probíhat tak, že se určí strojní časy výroby reálného ozubeného kola a dále dvou myšlených kol, která se liší počtem zubů. Takto se budou určovat strojní časy pro obě zvolené metody výroby ozubení. Pro všechna tři kola budou stejné nástroje, tj. odvalovací fréza a kotoučová fréza. Frézování kola se bude provádět na odvalovací frézce FO 10.

Reálné ozubené kolo pochází z firmy C.O.K. Farm, kde bylo součástí stíracího bubnu amerického lisu na výrobu kulatých balíků New Holland NH 648 a důsledkem velkého opotřebení muselo být vyřazeno z provozu a nahrazeno novým ozubeným kolem.



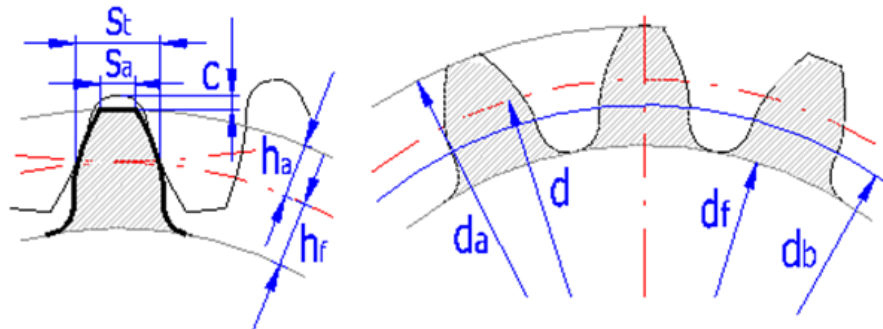
Obr. 3.1 Reálné ozubené kolo s přímými zuby

Parametry kola:

- materiál 14220(mangan chromová ocel k cementování a zušlechťení s velkou pevností v jádře)
- 24 zubů
- modul 8
- úhel záběru boku zubů 20°

3.1 Výpočet reálného ozubeného kola

Výpočet rozměrů kola:



Obr. 3.2 Základní rozměry ozubeného kola

Zubová rozteč

$$P = \pi \cdot m \quad (3.1)$$

$$P = \pi \cdot 8 = 28,133 \text{ mm}$$

Základní rozteč

$$P_b = P \cdot \cos \alpha \quad (3.2)$$

$$P_b = 28,133 \cdot \cos 20^\circ = 23,617 \text{ mm}$$

Průměr roztečné kružnice

$$d = m \cdot z \quad (3.3)$$

$$d = 8 \cdot 24 = 192 \text{ mm}$$

Průměr základní kružnice

$$d_b = m \cdot z \cdot \cos \alpha \quad (3.4)$$

$$d_b = 8 \cdot 24 \cdot \cos 20^\circ = 180,421 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice

$$d_a = d + 2 \cdot m \quad (3.5)$$

$$d_a = 192 + 2 \cdot 8 = 208 \text{ mm}$$

Hlavová vůle

$$c = 0,25 \cdot m \quad (3.6)$$

$$c = 0,25 \cdot 8 = 2 \text{ mm}$$

Jednotková vůle

$$c^* = \frac{c}{m} \quad (3.7)$$

$$c^* = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ mm}$$

Průměr patní kružnice

$$d_f = d - 2 \cdot m \cdot (1 + c^*) \quad (3.8)$$

$$d_f = 192 - 2 \cdot 8 \cdot (1 + 0,25) = 172 \text{ mm}$$

Tloušťka zubu

$$s_t = 0,5 \cdot \pi \cdot m \quad (3.9)$$
$$s_t = 0,5 \cdot \pi \cdot 8 = 12,566 \text{ mm}$$

Šířka zubové mezery

$$t = 0,5 \cdot \pi \cdot m \quad (3.10)$$
$$t = 0,5 \cdot \pi \cdot 8 = 12,566 \text{ mm}$$

Výška hlavy zubu

$$h_a = m \quad (3.11)$$
$$h_a = 8 \text{ mm}$$

Výška paty zubu

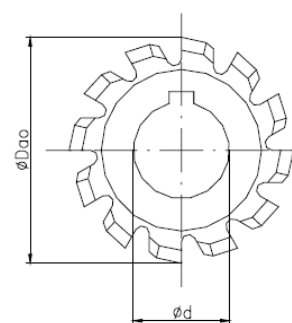
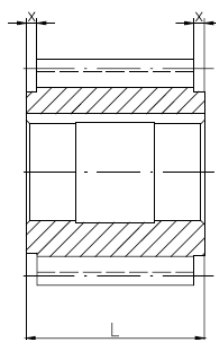
$$h_f = 1,25 \cdot m \quad (3.12)$$
$$h_f = 1,25 \cdot 8 = 10 \text{ mm}$$

Výška zubu

$$h = h_a + h_f \quad (3.13)$$
$$h = 8 + 10 = 18 \text{ mm}$$

a) Frézování odvalovacím způsobem**Nástroj:**

-odvalovací fréza na evolventní ozubení KHSS-E, PM, ČSN 22 2551,
viz. Obr. 3.3



Obr. 3.3 Odvalovací fréza⁴

Parametry frézy:

$\varnothing D_a = 125 \text{ mm}$
 $\varnothing d = 40 \text{ mm}$
 $L_f = 132 \text{ mm}$
 $x = 5 \text{ mm}$
 $m = 8$
 $\alpha = 20^\circ$
počet zubových drážek = 10
 $f_z = 0,96 \text{ mm}$
 $v_c = 20,6 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Celkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z \cdot i}{f_z \cdot n_w \cdot u_w} \quad (3.14)$$

L..... celková délka frézování

z..... počet zubů obrobku

i..... počet třísek obrábění na jedno upnutí

f_z posuv frézy

n_w počet otáček frézy

u_w počet chodů frézy (1)

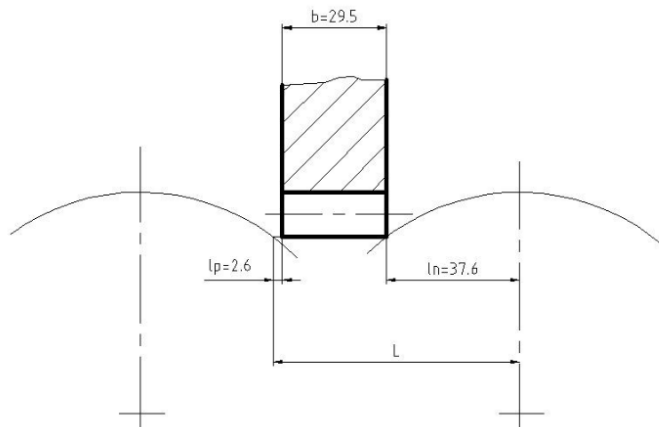
$$L = b + l_n + l_p + l_z \quad (3.15)$$

b..... šířka ozubení obrobku

l_n náběh

l_p přeběh

l_z zabezpečovací vzdálenost pro $\beta = 0$ až 5°



Obr. 3.4 Grafické vyobrazení celkové dráhy L nástroje v programu AutoCad 2009

$$L = 29,5 + (37,6 + 3) + 2,6 + 3,5 = 76,2 \text{ mm}$$

Poznámka: délky náběhu l_n a přeběhu l_p je daný rozměrem konkrétního nástroje na ozubení.

Otáčky frézy:

$$n_w = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_a} \quad (3.16)$$

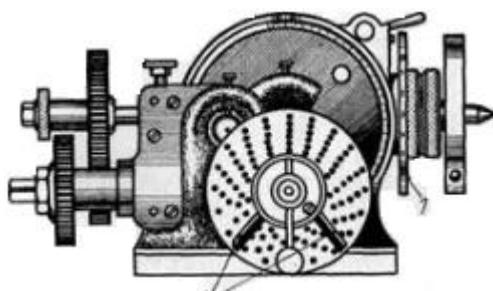
$$n_w = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_a} = \frac{1000 \cdot 20,6}{\pi \cdot 125} = 52,4 \text{ min}^{-1}$$

Celkový čas bude:

$$t_{AS} = \frac{76,2 \cdot 24 \cdot 2}{0,96 \cdot 52,4 \cdot 1} = \frac{3657,6}{50,3} = 72,7 \text{ min}$$

b) Frézování dělicím způsobem

Jelikož reálné ozubené kolo má 24 zubů, použije se metoda přímého dělení. K přímému dělení lze použít univerzální dělicí přístroj. K tomu účelu se na hlavu dělicího vřetena přístroje namontuje místo dělicího kotouče se zářezy, jehož se používá u ručního dělicího přístroje, dělicí kotouč se 24 dírkami. Lze tu tedy přímo dělit při vyřazení šnekového soukolí 1 : 40 ze záběru a bez použití tří vzájemně vyměnitelných dělicích kotoučů s dírkami na 2, 3, 4, 6, 8, 12 a 24 stejných roztečí.⁵



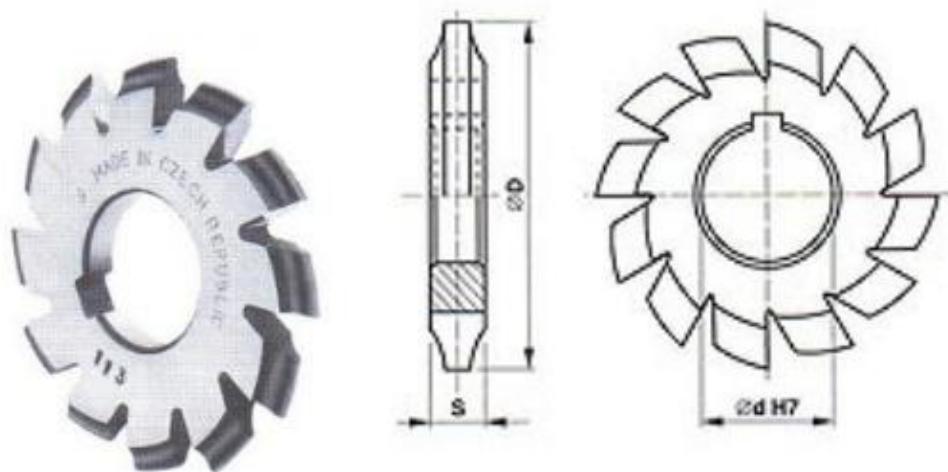
Obr. 3.5 Univerzální dělicí přístroj s třemi výměnnými a jedním nevýměnným dělicím kotoučem se 24 dírkami⁵

Výpočet dělicího přístroje:

$$i = \frac{24}{z} = \frac{24}{24} = 1 \text{ - Dělicí klikou se otočí 1x o } 360^\circ.$$

Nástroj:

-kotoučová tvarová fréza na evolventní ozubení m8 x 20, ČSN 22 2510, viz. Obr. 3.6



Obr. 3.6 Kotoučová tvarová fréza⁶

Parametry frézy:

$$\varnothing D_a = 112 \text{ mm}$$

$$\varnothing d = 32 \text{ mm}$$

$$s = 28 \text{ mm}$$

$$z = 12$$

$$f_z = 0,05 \text{ mm}$$

$$v_c = 20,6 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

Celkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z}{f_z \cdot n_w \cdot z_f \cdot u_w} \quad (3.17)$$

L..... celková délka frézování

z..... počet zubů obrobku

z_f.....počet zubů frézy

f_z..... posuv frézy

n_w..... počet otáček frézy

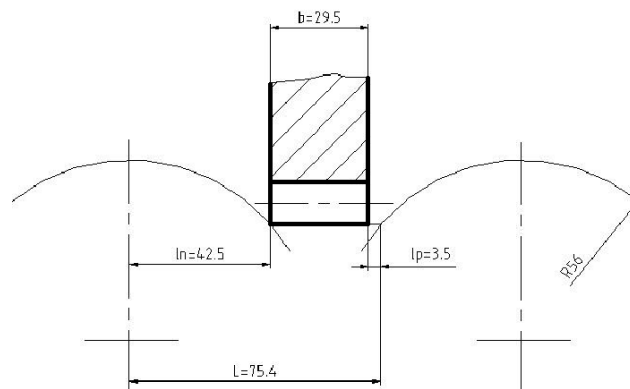
u_w.....počet chodů frézy (1)

$$L = b + l_n + l_p \quad (3.18)$$

b.....šířka ozubení obrobku

l_n..... náběh

l_p.....přeběh



Obr. 3.7 Grafický vyobrazení celkové dráhy L nástroje v programu AutoCad 2009

$$L = 29,5 + (42,5 + 3) + 3,5 = 78,5 \text{ mm}$$

Otáčky frézy se stanoví dle vztahu 3.16:

$$n_w = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

$$n_w = \frac{1000 \cdot 20,6}{\pi \cdot 112} = 58,5 \text{ min}^{-1}$$

Celkový čas bude:

$$t_{AS} = \frac{78,5 \cdot 24}{0,05 \cdot 58,5 \cdot 12 \cdot 1} = \frac{1884}{35,1} = 53,7 \text{ min}$$

3.2 Výpočet myšleného kola s menším počtem zubů

Jelikož se jedná o ozubené kolo se stejným modulem, je zřejmé, že rozdílné hodnoty od kola reálného budou pouze v průměru roztečné kružnice, průměru základní kružnice, průměru hlavové kružnice a průměru patní kružnice. Pro výpočet rozměrů se použije vzorců 3.3, 3.4, 3.5 a 3.8.

Výpočet rozměrů kola:

Průměr roztečné kružnice

$$d = 8 \cdot 18 = 144 \text{ mm}$$

Průměr základní kružnice

$$d_b = 8 \cdot 18 \cdot \cos 20^\circ = 135,316 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice

$$d_a = 144 + 2 \cdot 8 = 160 \text{ mm}$$

Průměr patní kružnice

$$d_f = 144 - 2 \cdot 8 \cdot (1 + 0,25) = 124 \text{ mm}$$

a) Frézování odvalovacím způsobem

Řezné podmínky nástrojů jsou stejné jako v podkapitole 3.1 a také celková obráběná délka zůstane stejná, jedinou hodnotou, která se liší od reálného ozubeného kola je počet zubů.

Určení strojního času dle vztahu 3.14:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z \cdot i}{fz \cdot n_w \cdot u_w}$$

$$t_{AS} = \frac{76,2 \cdot 18 \cdot 2}{0,96 \cdot 52,4 \cdot 1} = \frac{2743,2}{50,3} = 54,5 \text{ min}$$

b) Frézování dělicím způsobem

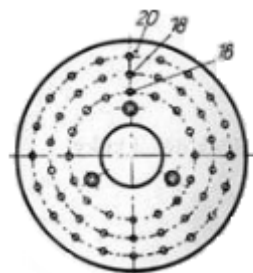
Zde se použije metoda nepřímého dělení. Nepřímo dělíme zařazením převodového ozubeného soukolí. Takové soukolí se skládá ze šneku a šnekového kola, jejichž převod bývá většinou 1 : 40.

Dělicí přístroj se šnekovým soukolím pracuje takto:

Dělicího pohybu se dosahuje dělicí klikou, která je spojena s hřídelem šneku. Do dírek dělicího kotouče zapadá přitom kolík uložený v rukojeti dělicí kliky, který zajišťuje správné nastavení rozteče. Dělicí kotouč se ve své poloze udržuje západkovým čepem. Na roztečných kružnicích dírek tří dělicích kotoučů bývá tento počet dírek:⁵

1. 15, 16, 17, 18, 19, 20
2. 21, 23, 27, 29, 31, 33
3. 37, 39, 41, 43, 47, 49

$$i = \frac{40}{z} = \frac{40}{18} = 2 + \frac{4}{18}$$

Obr. 3.8 Dělicí kotouč⁵

Určení strojního času dle vztahu 3.17:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z}{fz \cdot n_w \cdot z_f \cdot u_w}$$

$$t_{AS} = \frac{78,5 \cdot 18}{0,05 \cdot 58,5 \cdot 12 \cdot 1} = \frac{1413}{35,1} = 40,3 \text{ min}$$

3.3 Výpočet myšleného kola s větším počtem zubů

Postup určení rozměrů kola a strojních časů výroby je totožný jako v podkapitole 3.2.

Výpočet rozměrů kola:

Průměr roztečné kružnice

$$d = 8 \cdot 26 = 208 \text{ mm}$$

Průměr základní kružnice

$$d_b = 8 \cdot 18 \cdot \cos 20^\circ = 195,456 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice

$$d_a = 208 + 2 \cdot 8 = 224 \text{ mm}$$

Průměr patní kružnice

$$d_f = 208 - 2 \cdot 8 \cdot (1 + 0,25) = 188 \text{ mm}$$

a) Frézování odvalovacím způsobem

Určení strojního času dle vztahu 3.14:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z \cdot i}{fz \cdot n_w \cdot u_w}$$

$$t_{AS} = \frac{76,2 \cdot 26 \cdot 2}{0,96 \cdot 52,4 \cdot 1} = \frac{3962,4}{50,3} = 78,8 \text{ min}$$

b) Frézování dělicím způsobem

V tomto případě se zde opět použije metoda nepřímého dělení.

$$i = \frac{40}{z} = \frac{40}{26} = 1 + \frac{14}{26}$$

Určení strojního času dle vztahu 3.17:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z}{fz \cdot n_w \cdot z_f \cdot u_w}$$

$$t_{AS} = \frac{78,5 \cdot 26}{0,05 \cdot 58,5 \cdot 12 \cdot 1} = \frac{2041}{35,1} = 58,1 \text{ min}$$

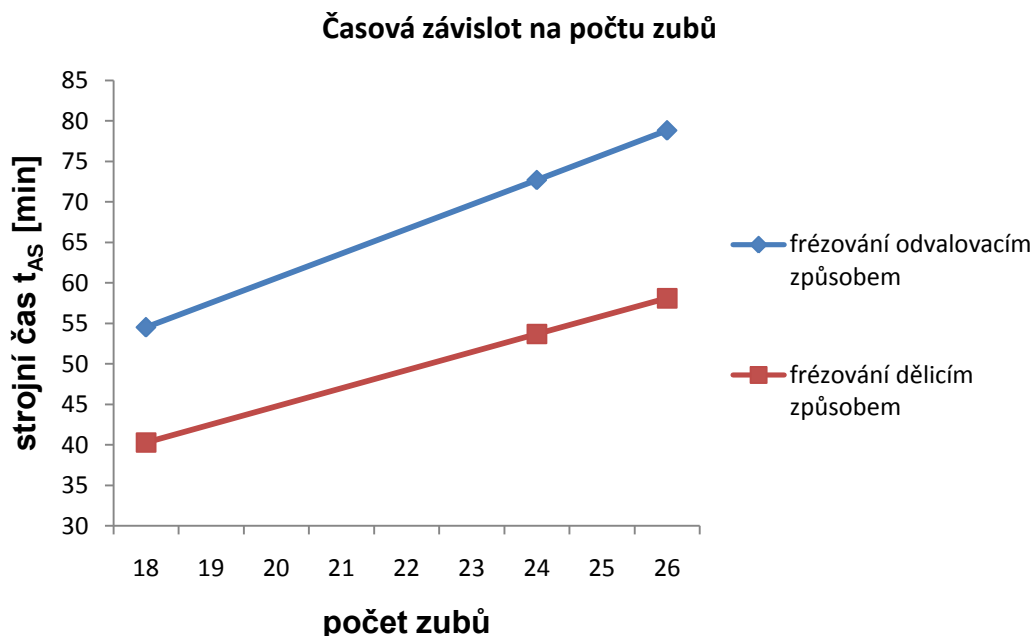
3.4 Grafické vyhodnocení

Ze vzorců vyplývá, že průběh grafického vyjádření je lineární, jelikož jedinou proměnnou jsou zde počty zubů. Čili celkový strojní čas je přímo úměrný počtu frézovaných zubů obrobku.

Tab. 3.1 Vypočtené strojní časy

Počet zubů kola	Odvalovací způsob $t_{AS}[\text{min}]$	Dělicí způsob $t_{AS}[\text{min}]$
18	54,5	40,3
24	72,7	53,7
26	78,8	58,1

Grafické vyjádření:



Obr. 3.9 Grafická závislost strojního času na počtu obráběných zubů

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce udává komplexní přehled způsobů výroby a výpočtů rozměrů ozubených kol. Celá problematika je rozdělena do podkapitol podle provedení ozubení (čelní ozubená kola s příkými a šikkými zuby, kuželová kola s příkými, šikkými a zakřivenými zuby).

Praktickou částí práce bylo porovnání metod výroby u vytypovaného ozubeného kola frézováním odvalovacím způsobem a frézováním dělicím způsobem. Jednalo se o kolo poměrně velkého modulu (8) s počtem 24 zubů a dále dvou myšlených kol, která se lišila pouze počtem zubů (jedno myšlené ozubené kolo mělo méně a druhé více zubů, oproti kolu reálnému).

Po provedení výpočtů rozměrů kol a celkových strojních časů výroby byl graficky znázorněn průběh těchto strojních časů v závislosti na počtu zubů kola. Z něj vyplývá, že se jedná o průběh lineární, důsledkem pouhých změn počtu zubů u daných kol. Je to způsobeno tím, že do určitého počtu zubů (30) se mohou použít stejné řezné podmínky nástrojů. Kdyby se počty zubů kol lišily většími rozdíly, tak by pak řezné podmínky jako posuv na zub f_z a otáčky frézy n_w byly odlišné. V praxi je známo, že čím větší počet obráběných zubů, tím jsou otáčky frézy menší.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOCMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
2. *Obrábění ozubení*. CELOSTÁTNÍ NORMY A NORMATIVY – Jednotné normativy. Vydání I. Praha 1964. 209 s. CNN 10-25-0-0/1
3. *S800/1200/1600/2000* [online]. 2010 [cit. 2010-05-26]. SAMPUTENSILI. Dostupné z WWW: http://www.samputensili.com/media/SU/Machines/S900-2000/S_800_S_1200_S_1600_S_2000_en.pdf.
4. *Zakázková výroba nástrojů na ozubení, speciálních i standardních* [online]. 2010 [cit. 2010-05-26]. KASIKTOOLS. Dostupné z WWW: <http://www.kasiktools.cz/files/katalog.pdf>.
5. *Dělení obvodu kruhu* [online]. 2001 [cit. 2010-05-26]. PAICHL, J. Dostupné z WWW: http://www.paichl.cz/paichl/knihy/Schulze_10.htm.
6. *E-shop frézovacích nástrojů* [online]. 2010 [cit. 2010-05-26]. MT Nástroje. Dostupné z WWW: <http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop/11-1-Tvarove-kotoucove-frezy/48-3-Na-evolventni-ozubeni-kol/5/1069-CSN22-2510-modulova-freza-m8x20-c1>.
7. *Obráběcí stroje* [online]. 2010 [cit. 2010-05-26]. TOS a.s. člen skupiny CTY GROUP. Dostupné z WWW: <http://www.tosas.cz/lang/produkty/ozubarenske-stroje>.
8. *HG series gear centres* [online]. 2006 [cit. 2010-05-26]. SAMPUTENSILI. Dostupné z WWW: http://www.samputensili.com/nqcontent.cfm?a_id=12980&lang=uk.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

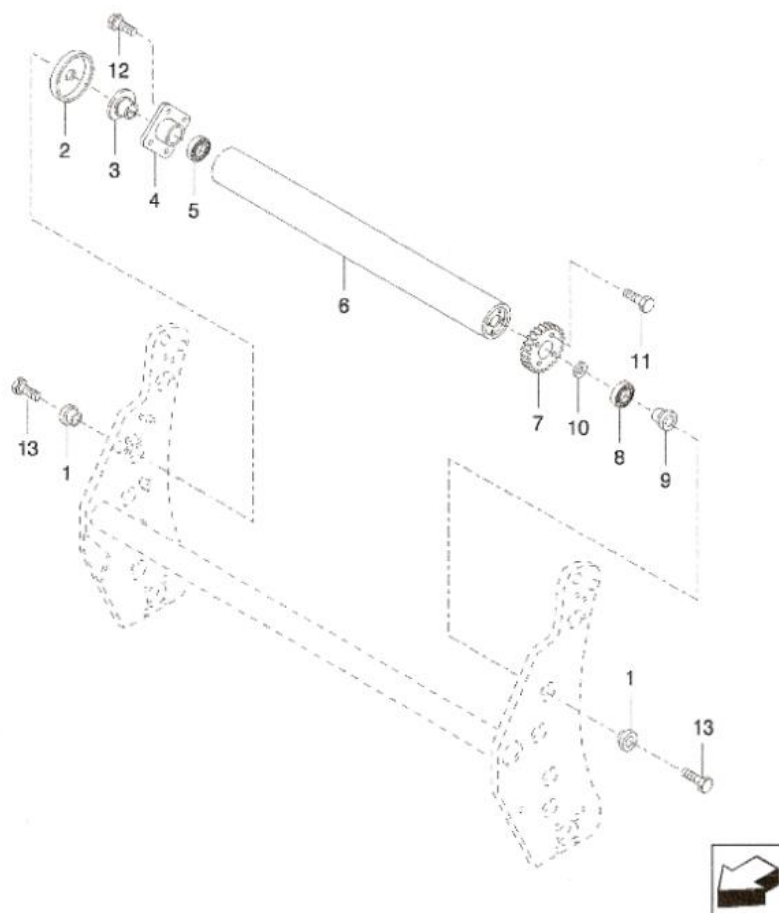
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
b	mm	šířka ozubení kola
c	mm	hlavová vůle
c*	mm	jednotková vůle
d	mm	průměr roztečné kružnice
d _a	mm	průměr hlavové kružnice
d _b	mm	průměr základní kružnice
d _f	mm	průměr patní kružnice
f _z	mm	posuv na zub
h	mm	výška zubu
h _a	mm	výška hlavy zubu
h _f	mm	výška paty zubu
i	-	počet třisek na jedno upnutí
l _n	mm	náběh
l _p	mm	přeběh
l _z	mm	zabezpečovací vzdálenost
m	-	modul
n _o	min ⁻¹	otáčky obrobku
n _w	min ⁻¹	otáčky frézy
s	mm	směr posuvu
s _t	mm	tloušťka zubu
t	mm	výška zubu
t _{AS}	min	strojní čas
u _w	-	počet chodů frézy
v _c	mm·min ⁻¹	řezná rychlost
z	-	počet zubů obrobku
z _f	-	počet zubů frézy
CNC		computer numerical control
D _a	mm	průměr frézy
L	mm	celková obráběná délka
L _f	mm	délka odvalovací frézy
P	mm	zubová rozteč
R	mm	poloměr
α	°	úhel záběru
β	°	úhel nastavení polohy nástroje
λ	°	úhel odklonění polohy nástroje
π	-	Ludolfovo číslo

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Sestava stíracího bubnu
Příloha 2	Odvalovací frézka na ozubení TOS FO 6
Příloha 3	Obrážekčka na ozubení TOS OH 4
Příloha 4	Obrážekčka na ozubení TOS OH 6
Příloha 5	Obrážekčka na ozubení MAAG SH 75
Příloha 6	Odvalovací frézka na ozubení OFA 75 CNC 6
Příloha 7	Odvalovací frézka na ozubení OFA 32 CNC 6
Příloha 8	Odvalovací obrážekčka na ozubeni OHA 50 CNC 5

Příloha 1

Sestava stíracího bubnu



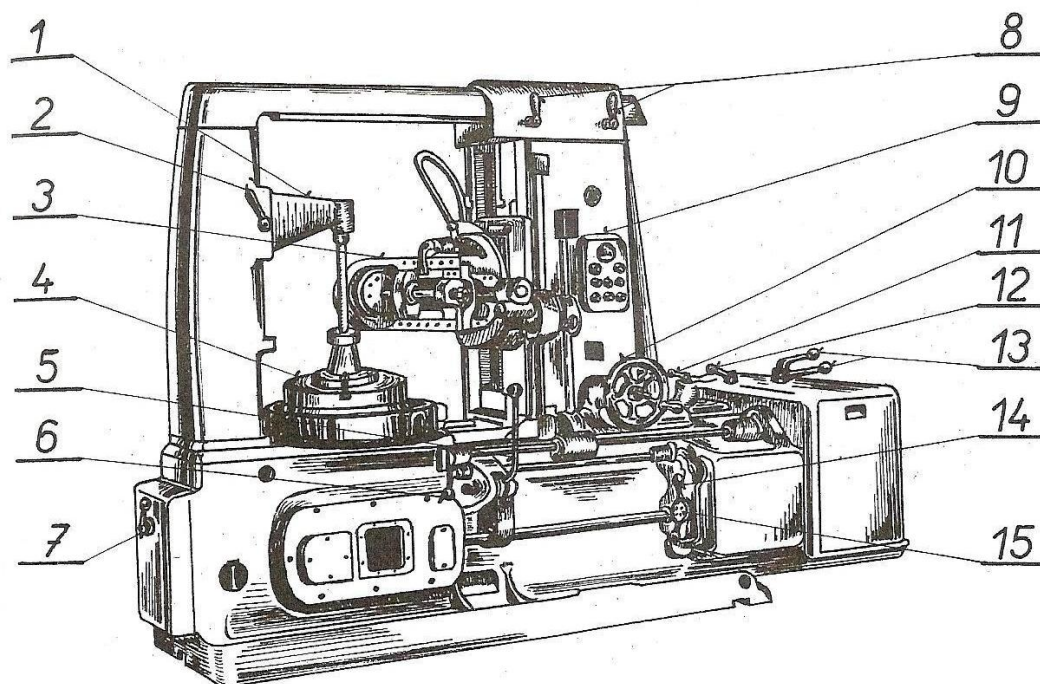
648 NH ROUND BALER (8/98-6/02)
016 STRIPPER ROLLER

Key	Qty	Part Number	Part Name	Description
1	2	87030468	Hub	
2	1	86628107	Shield	
3	1	9806396	Support	
4	1	9808270	Bearing Housing	Includes: Ref. 5
5	1	133941	Ball Bearing	
6	1	86508145	Roller	Stripper, Bsn 982537 (Italy Only); 984044 (Europe)
6	1	86508145	Roller	Stripper, Bsn 989342 (North America)
6	1	86512146	Roller	Stripper, Bsn 989342 (Australia)
6	1	86637309	Roller	Stripper, Australia & North America, Asn 989343
6	1	86508145	Roller	Stripper, Asn 982538 (Italy); 984045 (Europe), Europe
6	1	86503274	Roller	Stripper, For Baling Hemp In Europe & Canada
7	1	86614686	Gear	24T, Includes: Ref. 8, Bearing & Gear Are Select-fit., Necessitating Ordering The Complete Assy.
8	1	NSS	Not Serviced Separately	
9	1	9803325	Support	
10	1	168104	Snap Ring	#177, Ext.
11	AR	81972	Screw	Hex Soc Hd, 5/16"-18 X 1 3/4",
12	AR	43140	Bolt	Hex, M10 X 30, 8.8, Full Thd,
13	2	9628065	Screw	Hex, M12 X 45, 8.8,

Příloha 2 (1/3)

Odvalovací frézka na ozubení TOS FO 6²

FRÉZKA NA OZUBENÍ T O S F O 6



- 1 - Opěrné ložisko upínacího trnu
- 2 - Zajišťovací páka opěrného ložiska upínacího trnu
- 3 - Těleso vřeteníku /fréz. suportu/
- 4 - Upínací stůl s upínacím trnem
- 5 - Páka k zapínání rychloposuvu
- 6 - Páka k zapínání a vypínání padacího šneku
- 7 - Volicí přepínač
- 8 - Páky ke zpevnění polohy příčného ramena stojanu frézky

- 9 - Tlačítka pro spouštění hlavního elektromotoru a elektročerpadla
- 10 - Ruční kolo k přestavení stojanu a frézovacího suportu
- 11 - Páka k zapínání svislého nebo podélného posuvu
- 12 - Páka k vypínání svislého posuvu při ručním přestavení vřeteníku
- 13 - Páky k řazení rychlostí frézovacího vřetena
- 14 - Páka k řazení posuvů
- 15 - Štítek k řazení posuvů

Příloha 2 (2/3)

Technické údaje strojů TOS FO6 a FO 8²

TECHNICKÉ ÚDAJE STROJŮ NA OZUBENÍ

Odvalovací frézky	Výrobce a typ stroje:	
	T O S F O 6	T O S F O 8
Pracovní rozsah – největší modul	6	8
Max. Ø fréz. s opěrou (bez opěry)	600/800	600/800
Max. šířka frézování	200-280	270
Úhel sklonu ozubení – šikmé	0° – 60°	10° – 60°
Max. Ø frézování	450	450
Max. šířka frézování	290-100	290-100
Frézovací vřeteno – kužel vřetena	Morse č. 4	Morse č. 32
Max. průměr frézy	120	120
Max. šířka frézy	130	130
Průměr frézovacího trnu	22-32	22-32
Maxim. přípustné otáčky vřetena	$\frac{10 \times z}{8}$	$\frac{10 \times z}{8}$
Posuv frézovacího vřet. strojně-ručně	100	100
Posuv saní vřetena strojně-ručně	350	350
Natočení frézovacích saní	± 180°	± 180°
Vypínání pohybu	strojně/ručně	strojně/ručně
Upínací stůl – průměr upín. plochy	420	420
Průměr upínacího trnu	30	30
Příkon elektromotoru	4 KW	4,5 KW
Otáčky motoru za 1 minutu	1500/3000	1500/3000
Otáčky frézovacího vřetena za 1 minutu	15 – 19 – 24 – 30 – 38 48 – 60 – 75 – 95 – 120 150 – 190	15 – 19 – 24 – 30 – 38 48 – 60 – 75 – 95 – 120 150 – 190
Posuv za jednu otáčku upínacího stolu – – svislý	0,33 – 0,47 – 0,66 – 0,92 – 1,32 – 1,85 – 2,62 – 3,75 – 5,24	0,33 – 0,47 – 0,66 – 0,92 – 1,32 – 1,85 – 2,62 – 3,75 – 5,24
Posuv za jednu otáčku upínacího stolu – – radiální	9 stupňů/1/3 svisl./ 0,1 – 1,5	9 stupňů/1/3 svisl./ 0,1 – 1,5
Posuv axiální (osový – tangenciální)	1/2 svislého	1/2 svislého
Rychloposuv fréz. saní v mm za 1 minutu	630	630
Dělicí konstanta diferenciálu	5,96831	5,96831
Zvláštní příslušenství	neovlivňuje údaje sborníku	

Příloha 2 (3/3)

Technické údaje stroje TOS FO 10²

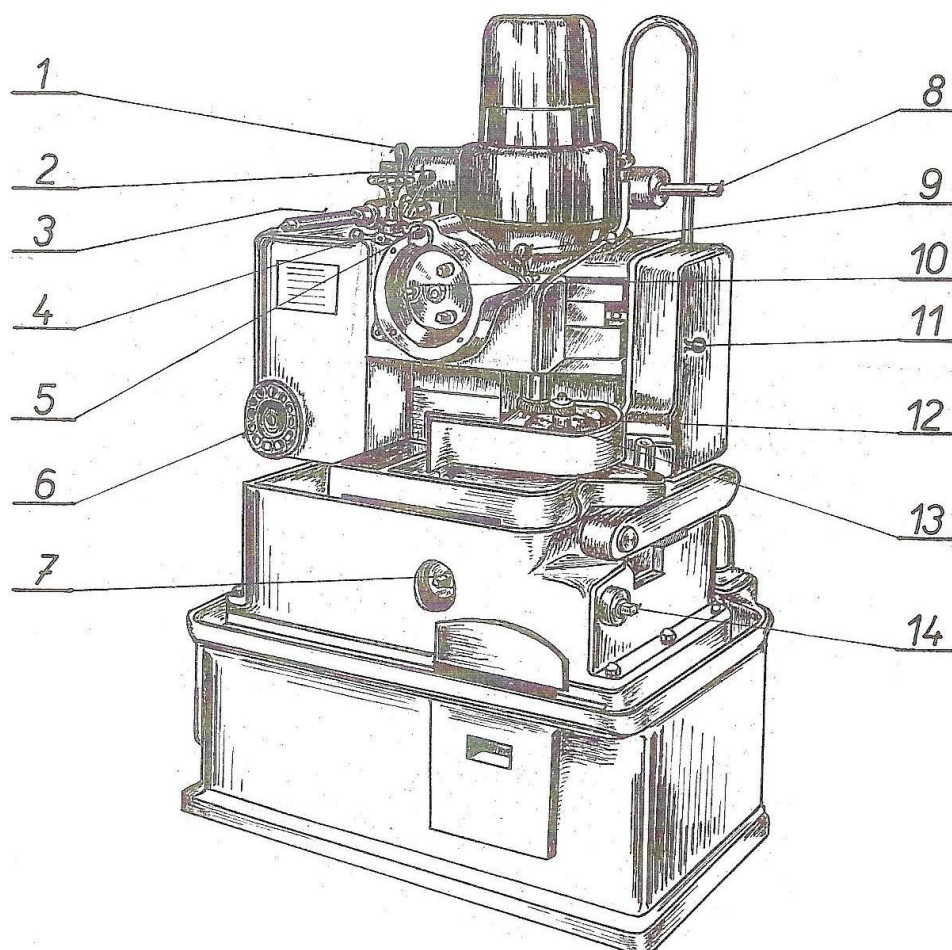
TECHNICKÉ ÚDAJE STROJŮ NA OZUBENÍ

O d v a l o v a c í f r é z k y :	Výrobce a typ stroje:
	T O S F O 1 0
Pracovní rozsah - největší modul	10
Max. průměr fréz. s opěrou (bez opěry)	1000/1250
Max. šířka frézování	350-450
Úhel sklonu ozubení - šikmé	0° - 60°
Max. průměr frézování	1000
Max. šířka frézování	400-280
Frézovací vřeteno - kužel vřetena	Morse č. 40
Max. průměr frézy	150
Max. šířka frézy	190
Průměr frézovacího trnu	32-40
Maxim. přípustné otáčky vřetena	$\frac{5 \times z}{g}$
Posuv frézovacího vřet. strojně-ručně	60
Posuv saní vřetena strojně-ručně	60
Natočení frézovacích saní	+ 180°
Vypínání pohybu	strojně/ručně
Upínací stůl - průměr upín. plochy	850
Průměr upínacího trnu	50
Příkon elektromotoru	10,68 KW
Otáčky motoru za 1 minutu	1420
Otáčky frézovacího vřetena za 1 minutu	20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 110 - 125
Posuv za 1 otáčku upínacího stolu - - svislý	0,20-0,25-0,315-0,40-0,50-0,63-0,80-1,00-1,25- 1,60-2,00-2,50-3,15-4,00-5,00-6,30-8,00-10,00-12,5- 1,34-1,70-2,00-2,50-3,15-4,00-5,00-6,30-8,00-10,00-12,5- 0,96-1,20-1,53-1,92-2,40-3,00-3,84-4,80-6,00
Posuv za 1 otáčku upínacího stolu - - radiální	0,05-0,06-0,08-0,1-0,125-0,156-0,2-0,25-0,315- 0,4-0,5-0,625-0,8-1,0-1,25-1,56-2,0-2,5-3,15- 0,335-0,425-0,5-0,625-0,8-1,0-1,25-1,56-2,0-2,5-3,15- 0,24-0,30-0,38-0,48-0,60-0,75-0,96-1,20-1,50
Rychloposuv fréz. saní v mm za 1 minutu	630
Dělicí konstanta - diferenciálu	8,25059
Zvláštní příslušenství	neovlivňuje údaje sborníku

Příloha 3

Obrážek na ozubení TOS OH 4²

OBRAŽEČKA NA OZUBENÍ T O S O H 4



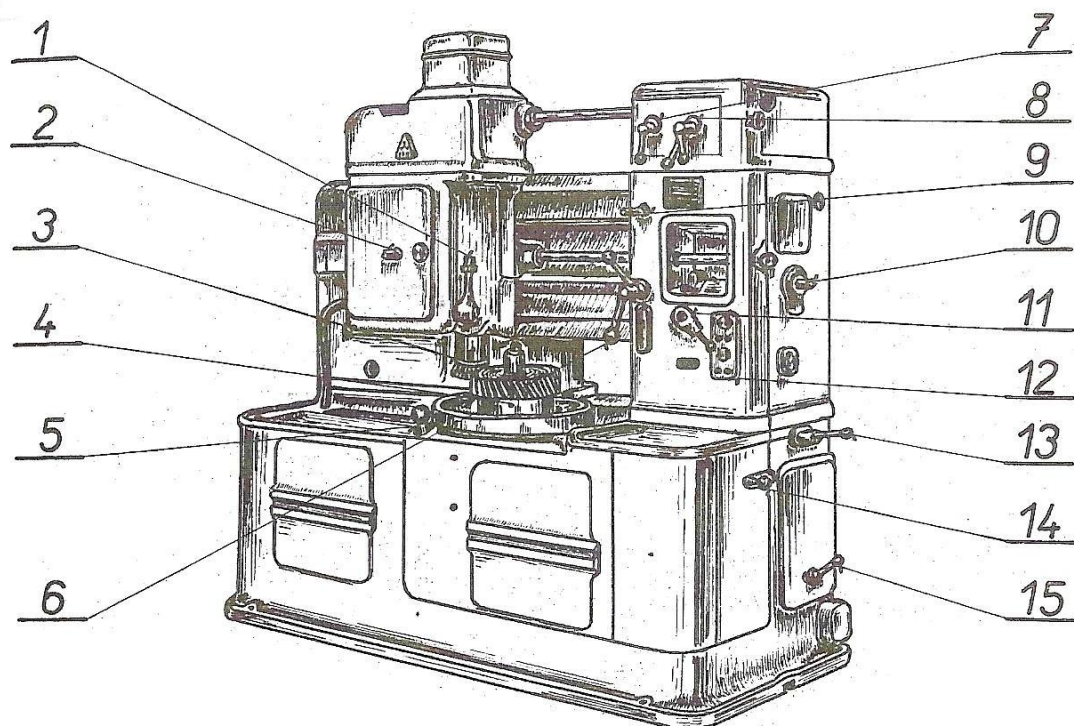
- 1 – Kolečko pro jemné nastavení hloubky řezu
- 2 – Páka k převodu pro obrácení směru
- 3 – Hřídel na ruční natáčení posuvové vačky
- 4 – Zajišťovací klíka pro polohu posice č. 1
- 5 – Hřídel pro ruční hloubkové přestavení smýkadla
- 6 – Kolečko pro svislé přestavení smýkadla

- 7 – Šnekový hřídel pro ruční otáčení upínacího stolu
- 8 – Šnekový hřídel pro ruční otáčení smýkadla
- 9 – Zajišťovací klíka pro polohu posice č. 5
- 10 – Zpevňovací šrouby
- 11 – Víko dílčích výměnných kol
- 12 – Upínací stůl s dílci
- 13 – Smýkadlo s nástrojem
- 14 – Šroub pro vynezení vůle šneku upínacího stolu

Příloha 4 (1/2)

Obrázek na ozubení TOS OH 6²

OBRÁZEČKA NA OZUBENÍ T O S O H 6



- 1 - Sklopná hubice chladicí tekutiny
- 2 - Hřídel pro nastavení smýkadla na hloubku řezu
- 3 - Smýkadlo s nástrojem
- 4 - Upínací stůl s dílcem
- 5 - Páka pro vyklápění stolu
- 6 - Páka pro nastavení dvojzdvíhů smýkadla za minutu
- 7 - Páka posuvových převodů
- 8 - Páky pro nastavení směru otáčení smýkadla a upínacího stolu

- 9 - Hřídel pro spojení posuvových mechanismů s náhonem
- 10 - Hřídel pro natáčení posuvové vačky
- 11 - Páka pro zasunutí hloubkového rychloposuvu
- 12 - Tlačítka pro spouštění hlavního elektromotoru a elektročerpadla
- 13 - Páka pro vysouvání vačky při odklápění upínacího stolu
- 14 - Páka pro odemýkání upín. stolu
- 15 - Páka síťového vypínače

Příloha 4 (2/2)

Technické údaje strojů TOS OH 4 a OH 6²

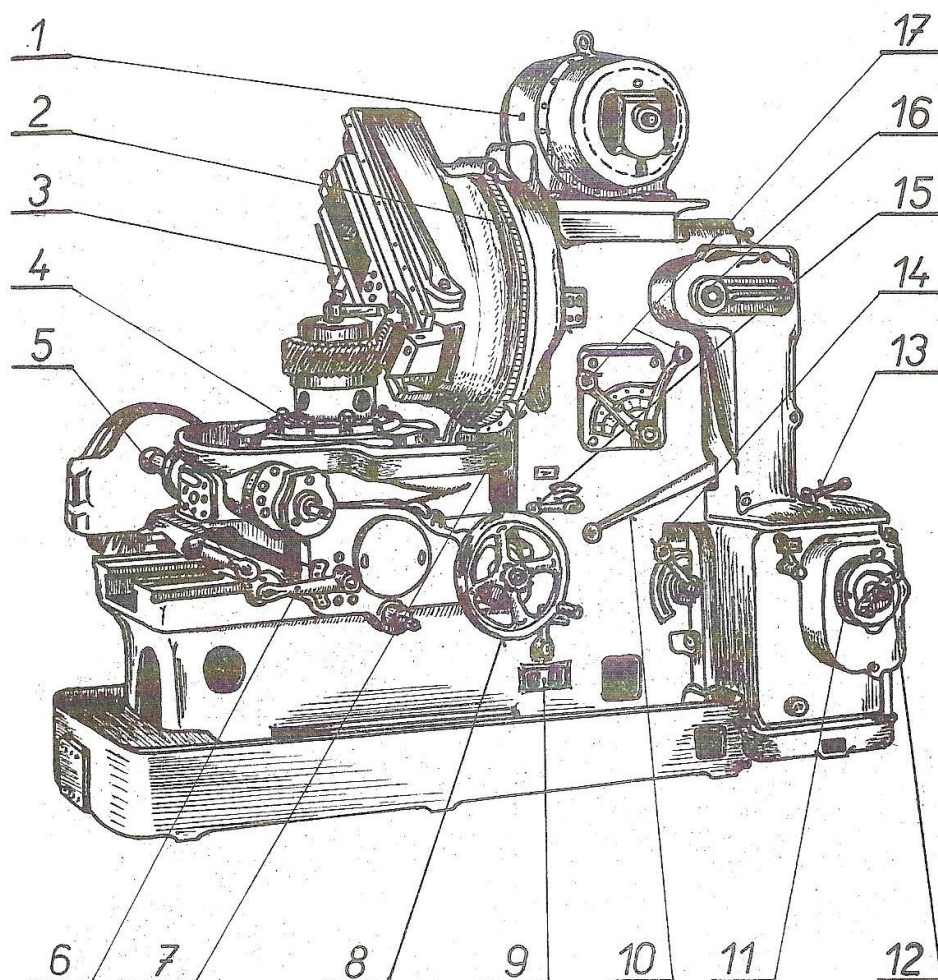
TECHNICKÉ ÚDAJE STROJŮ NA OZUBENÍ

ODVALOVACÍ OBRÁŽEČKY	Výrobce a. typ stroje			
	TOS OH 4		TOS OH 6	
	vnější	vnitřní	vnější	vnitřní
Pracovní rozsah - největší modul	4		6	
Úhel sklonu ozubení	0°		0°	
Nejmenší vnější průměr kola	10	10	50	50
Max. vnější $\varnothing$ kola - ozubení	200	195	500	500
Max. zdvih	40	40	100	100
Min. $\varnothing$ ozubení při min. modulu	30	30	50	50
Max. $\varnothing$ předmětu - vnitřní ozubení	-	165	-	450
Max. šířka ozubeného věnce	36	36	90	90
Průměr upínacího stolu	100		-	
Min. - max. zdvih smýkadla	7 - 45		-	
Přestavitelnost polohy zdvihu	15		-	
$\varnothing$ čepů obrážecího kolečka	3" - 31,75 H4 4" - 44,45 H4		4" - 44,45 H4	
Vzdálenost osy upínacího čepu od stoj.	10		-	
Průměr obrážecího kolečkového nože	3" a 4"		4"	
Příkon elektromotoru v kW	0,606/0,91		3,2	
Hlubkový posut na 1 stupeň	od 0,67 do 0,10		-	
Zvláštní příslušenství (TOS OH4 i TOS OH6)	- posuvová vačka pro 1 a 3 řazy (1 řaz pro malé moduly a přesnost), 3 řazy pro pevnost materiálu větší než 80 kp/mm², tj. 785 MPa nebo modul větší 2,75 - úprava vřetene smýkadla pro upnutí stopkových obrážecích nožů (vnitřní ozubení) - zařízení pro obrážení ozubení se šikmými zuby			
Počet dvojjzdvihů smýkadla za minutu	224 - 315 - 450 - 630		50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315	
Posuv pro nástroj $\varnothing$ 4" v mm/dv.	0,13-0,17-0,21-0,26-0,33 - 0,42 - 0,53 - 0,67		0,16 - 0,20 - 0,25 - 0,315 - 0,40 - 0,50	
Maximální řezná rychlost v m/min. rychlost smýkadla	40		40	

Příloha 5 (1/2)

Obrážekka na ozubení MAAG SH 75²

OBRAŽEKKA NA OZUBENÍ MAAG SH 75²



- | | |
|---|--|
| 1 – Hlavní hnací motor | 11 – Počítadlo |
| 2 – Úhlová stupnice smýkadla | 12 – Páka pro nastavení potřebného počtu zubů dílce |
| 3 – Smýkadlo | 13 – Páka pro zapojení počítadla do pracovního okruhu stroje |
| 4 – Upínací stůl | 14 – Páka posuvu |
| 5 – Páka pro zajištění polohy upínacího stolu | 15 – Páka pro uzavření (otevření) přívodu chladicí kapaliny |
| 6 – Páka pro změnu směru odvalu | 16 – Ruční kolečko pro plynulé nastavení posuvu (dvojjzd. na rozteč) |
| 7 – Tlačítkový vypínač hlavního motoru | 17 – Páky pro nastavení počtu dvojjzdvihů za minutu |
| 8 – Kolo pro ruční přisunutí dílce k nástroji | |
| 9 – Hlavní spínač | |
| 10 – Páka hlavní spojky | |

Příloha 5 (2/2)

Technické údaje strojů MAAG SH 45 a MAAG SH 75²

TECHNICKÉ ÚDAJE STROJŮ NA OZUBENÍ

O d v a l o v a c í o b r á ž e č k y	Výrobce a typ stroje:	
	Maag SH 45	Maag SH 75
Největší hlavový průměr čelních kol s rovnými zuby	450	750
Nejmenší hlavový průměr bez výsuvného odklápacího nástrojového držáku	20	30
Největší šířka rovných zubů	120	200
Největší šířka šikmých zubů - úhel sklonu zubů 15°	110	185
Dtto pro sklon zubů 30°	95	155
Dtto pro sklon zubů 45°	70	120
Dtto pro sklon zubů 60°	45	75
Největší/nejmenší modul nástroje	6/1	10/1
Největší/nejmenší počet zubů obráběného dílce	250/6	300/6
Největší přípustné zatížení upínacího stolu stroje v kg	400	800
Největší/nejmenší délka zdvihu obrážecího smýkadla	145/0	225/0
Počet možných převodů v rychlostní převodovce pro dvojzdvihy smýkadla	9	9
Max. nutná rychlost v m/min. (rychlost smýkadla)		
Počet dvojzdvihů obrážecího smýkadla za minutu nastavitelný v převodovce	37,5 - 47,5 - 60 - 75 95 - 118 - 150 - 190 - 235	23 - 30 - 37 - 47 - 60 - 75 - 90 - 118 - 150
Počet dvojzdvihů na 1 rozteč ozubení nastavitelný v rozsahu	9 - 80	9 - 80
Příkon hlavního motoru v kW	8,5	8,5
Délka stroje	2 270	2 270
Šířka stroje	1 500	1 650
Výška stroje	2 000	2 000
Váha stroje s příslušenstvím netto	3 800	4 000

Příloha 6

Odvalovací frézka na ozubení OFA 75 CNC 6⁷



Příloha 7

Odvalovací frézka na ozubení OFA 32 CNC 6⁷



Příloha 8

Odvalovací obrážečka na ozubení OHA 50 CNC 5⁷

