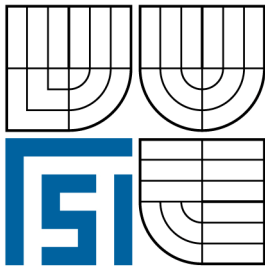


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA TECHNOLOGIE VÝROBY ŘETĚZOVÝCH KOL.

ANALYSIS OF CHAIN GEARS PRODUCTION.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

STANISLAV BŘEZINA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, CSc.

BRNO 2009

Abstrakt

Analýza technologie výroby ozubených kol s porovnáním a vyhodnocením. Popis jednotlivých druhů řetězových převodů a kol. Popis jednotlivých technologií a metod při výrobě řetězových kol a porovnání vhodnosti použití jednotlivých způsobů, nástrojů a parametrů.

Klíčová slova

Řetězové kolo, řetěz, metoda, ozubení, převod.

Abstract

Analysis of chain gears production including comparison and evaluation. Description of particular kinds of chain gears and wheels. Description of particular technologies and methods of production of chain gears and comparison of suitability of usage of particular methods, instruments and parameters.

Key words

Chain gear, chain, method, gearing, transmission.

Bibliografická citace

BŘEZINA, S. *Analýza technologie výroby řetězových kol.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Prohlášení

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

Datum 29.5.2009

.....

Stanislav Březina

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Obsah.....	6
Úvod.....	8
1. Druhy řetězových převodů a jejich použití.....	9
1.1 Převody s článkovými řetězy.....	9
1.1.1 Článekové řetězy.....	9
1.1.2 Zkoušené článkové řetězy.....	9
1.1.3 Řetězy nezkoušené.....	10
1.1.4 Kladky a kola pro článkové řetězy.....	10
1.2 Převody s kloubovými řetězy.....	11
1.2.1 Druhy kloubových řetězů.....	13
1.2.2 Gallovy řetězy.....	13
1.2.3 Pouzdrové (transmisivní) řetězy.....	13
1.2.4 Válečkové řetězy.....	15
1.2.5 Válečkové řetězy s dlouhou roztečí.....	16
1.2.6 Řetězová kola pro kloubové řetězy.....	16
1.3 Převody se zubovými řetězy.....	19
1.3.1 Zubové řetězy.....	19
1.3.2 Řetězová kola pro ozubené řetězy.....	19
1.4 Převody s lamelovými řetězy.....	19
1.4.1 Lamelový řetěz.....	20
1.5 Převody s Ewartovými řetězy.....	20
1.5.1 Ewartovy řetězy.....	20
1.5.2 řetězová kola pro Ewartovy řetězy.....	21
1.6 Rozdělení řetězových kol z hlediska konstrukce.....	22
2. Technologie výroby řetězových kol.....	23
2.1. Frézování ozubených kol.....	23
2.1.1 Frézování ozubených kol dělicím metodou.....	23
2.1.2 Obrábění zubů odvalovací frézou.....	24
2.2 Výroba řetězových kol přesným stříháním.....	25
2.2.1 Síly působící při stříhání.....	25
2.2.2 Určení šířky materiálu a délky podávání.....	26
2.2.3 Rozměrová přesnost.....	26
2.2.4 Drsnost.....	26
2.2.5 Vtažené hrany a otřep.....	26
2.2.6 Hranice geometrického tvaru.....	27
2.3 CNC výroba řetězových kol.....	27
3. Nástroje, stroje a parametry používané při výrobě řetězových kol u jednotlivých metod.....	28
3.1 Kotoučové frézy na ozubení řetězových kol.....	28
3.2 Stroj pro frézování dělicí metodou.....	30
3.3 Odvalovací frézy na ozubení řetězových kol.....	31
3.4 Stroj pro frézování odvalovací metodou.....	32
3.5 Nástroje pro přesné stříhání.....	34
3.6 Stroj pro metodu přesného stříhání.....	35
3.7 Nástroje pro výrobu řetězových kol CNC obráběním.....	37
3.8 Stroj pro výrobu řetězových kol cnc obráběním.....	38

4. Porovnání a vyhodnocení.....	40
Závěr.....	41
Seznam použitých zdrojů	42

Úvod

Není přesně známo, kdy byla poprvé představena myšlenka řetězového převodu, ačkoli již Leonardo da Vinci, vynálezce 15. století, předložil série návrhů ilustrujících válečkový řetěz.

Od druhé poloviny 19. století byl řetězový převod používán v hnacím mechanismu jízdních kol a začal se používat ve velkém. Další rozkvět přišel s vynálezem motocyklu, kde později řetězový převod nahradil převod řemenový.

V dnešní době jsou řetězové převody nedílnou součástí ve všech odvětvích strojírenství, kde slouží nejen pro převod krouťícího momentu, ale také jako dopravní element, polohovací zařízení a v poslední době i jako přesný zásobník nástrojů u CNC obráběcích strojů.

Hlavní výhody tohoto převodu jsou: převod bez skluzu, je použitelný i při značných vzdálenostech hřídelů, vysoká účinnost a možnost pohonu několika hřídelů jedním řetězem. Používají se k přenosu malých až středních výkonů (až do 1000kW).

Řetězové převody se používají jak při pohonu do pomala, tak i do rychla. Smysl otáčení se má volit tak, aby tažná větev řetězu byla nahoře. Obvykle se navrhuje řetězové převody pro stále stejný smysl otáčení.

Tato práce se zabývá přehledem jednotlivých řetězových převodů a kol, technologií a základními metodami výroby řetězových kol. Dále pak stroji a nástroji používanými při výrobě řetězových kol uvedenými metodami.

Na závěr je uvedeno porovnání jednotlivých metod.

1. Druhy řetězových převodů a jejich použití:

Řetězové převody obecně dělíme podle použitého řetězu do následujících skupin:

- Převody s článkovými řetězy (u zdvihadel)
- Převody s kloubovými řetězy (válečkové, pouzdrové)
- Převody se zubovými řetězy
- Převody s lamelovými řetězy
- Převody s Ewartovými řetězy

1.1 Převody s článkovými řetězy

Používají se především u zdvihadel na vázání břemen, ale i jako nosné řetězy. Dobře odolávají vysokým teplotám a podmínkám hrubého provozu. Lze pro ně používat kladek velmi malých průměrů, díky tomu je moment břemene malý. Celé zdvihadlo může být menší a tudíž lehčí. Nevýhoda spočívá ve značné hmotnosti a malé dovolené rychlosti (menší než 0,1m/s). Z tohoto důvodu nejsou článkové řetězy příliš vhodné pro transmisivní pohony. [1]

1.1.1 Článkové řetězy:

Řetězy jsou vyráběny v normalizovaných velikostech, a to s krátkými (obr.1.1) nebo dlouhými články (obr.1.2), obojí kalibrované nebo nekalibrované. Kalibrovaný řetěz je charakteristický normalizovanými mezními úchylkami délek dílů a vyšší přesností rozteče. U zdvihadel se zpravidla používají kalibrované řetězy s krátkými články. Články malých řetězů jsou většinou svařované na automatech, u velkých řetězů mohou být kované nebo i z lité oceli. Svařované řetězy se zkoušejí silou dvakrát větší než jaká se udává za dovolené zatížení a také na přetržení, zatížením čtyřnásobkem dovoleného zatížení. Hrubý provoz, při kterém je řetěz namáhán rázy, přetěžován, atd., způsobuje změnu struktury oceli a její zkřehnutí. Z tohoto důvodu se musí řetěz po určité době (1 až 2 roky) kontrolovat a vyžít. Žíhání při teplotě 850°C až 900°C má trvat asi hodinu. Při pomalém ochlazení vnitřní napětí vymizí a řetěz získá téměř původní vlastnosti. Pevnost řetězu se ale mírně zmenší.

Dále se článkové řetězy dělí na zkoušené a nezkoušené. [1]

1.1.2 Zkoušené článkové řetězy:

Vyrábějí se z oceli kruhového průřezu s nízkým obsahem uhlíku, s nejmenší pevností 340 MPa, se zaručitelnou svařitelností a nejmenší tažností 25%. Značku jakosti zvolí výrobce takovou, aby tepelně zpracovaný řetěz měl odpovídající požadované mechanické vlastnosti. Články se vyrábějí bez ohřevu do $d=28\text{mm}$, nad tento průměr s ohřevem. Svařují se odporově na tupo - do tloušťky 26mm stlačením, od 28mm odtavením. Řetězy s články tvářenými bez ohřevu je nutné tepelně zpracovat. Dojde-li při výrobě k nahrazení vadných článků za nové, je nutno tyto tepelně zpracovat stejně jako původní, přičemž nesmí dojít k ovlivnění článků sousedních. Výronek svaru je nutno odstranit po celém obvodu. Tloušťka

v opracovaném svaru nesmí být menší než rozměr výchozího materiálu a nesmí jej přesahovat o více než $0,1d$. Šířka svaru nesmí přesahovat $1,2d$. Povrch článků nesmí obsahovat trhliny, jsou dovoleny pouze vady povrchu připuštěné pro výchozí polotovary a otlaky od výrobních nástrojů. Po konečném tepelném zpracování jsou řetězy zkoušeny tahem. Je-li řetěz kalibrován zatížením vyšším než zkušební, pak zkoušení tahem odpadá.

Řetěz musí být označen značkou výrobce, jež je umístěna u řetězových úseků s délkou:

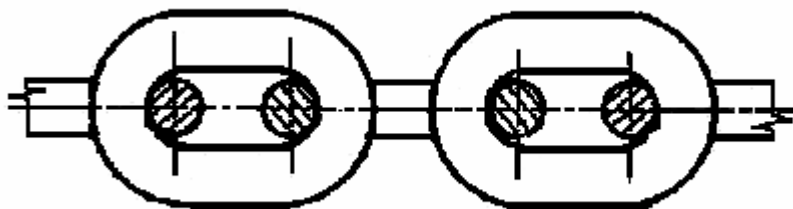
- do 2m na předposledním článku jednoho konce
- přes 2 do 10m na předposledních člancích obou konců a na jednom článku uprostřed
- přes 10m na předposledních člancích obou konců a na mezilehlých člancích v intervalu menším než 3m

Značky nesmějí být umístěny na svaru. [2]

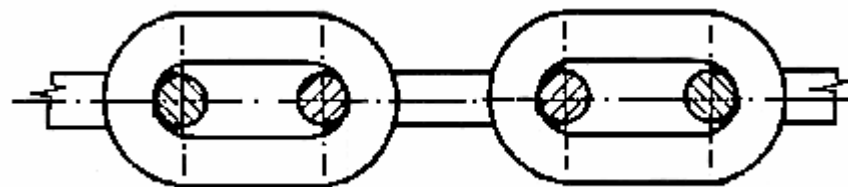
1.1.3 Řetězy nezkoušené:

Jsou vyráběny z oceli se zaručitelnou svařitelností, značku oceli volí výrobce. Mezní úchytky tloušťky d jsou od -4% do $+4\%$. Svařují se odporově natupo, tepelně se nezpracovávají, nekalibrují, nezkoušejí a neznačí. [2]

Obr. 1.1 Článkový řetěz s krátkými články [2]



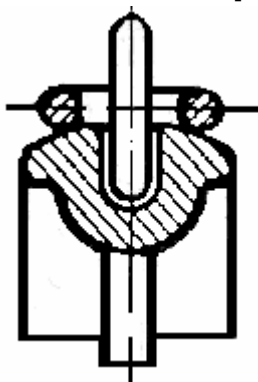
Obr. 1.2 Článkový řetěz s dlouhými články [2]



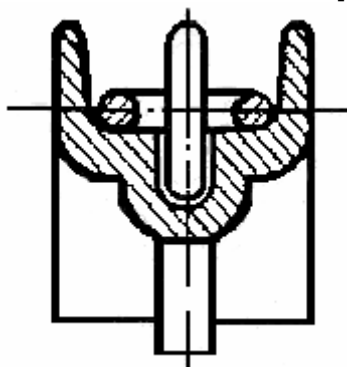
1.1.4 Kladky a kola pro článkové řetězy:

Jsou vyrobeny zpravidla z litiny, případně z lité oceli. Kladky, jejichž účelem je pouze vedení řetězu a nepřenášejí kroutící moment, mají tvar dle obrázku 1.3 a řetěz je zde veden tak, že liché články běží v drážce, jejíž šířka je o něco větší, než je tloušťka článku d a sudé články se kladou na plochu na obvod kladky. V některých případech má vodící věnec přírubby, jak je vidět na obr.1.4 [1]

Obr. 1.3 Kladka [3]

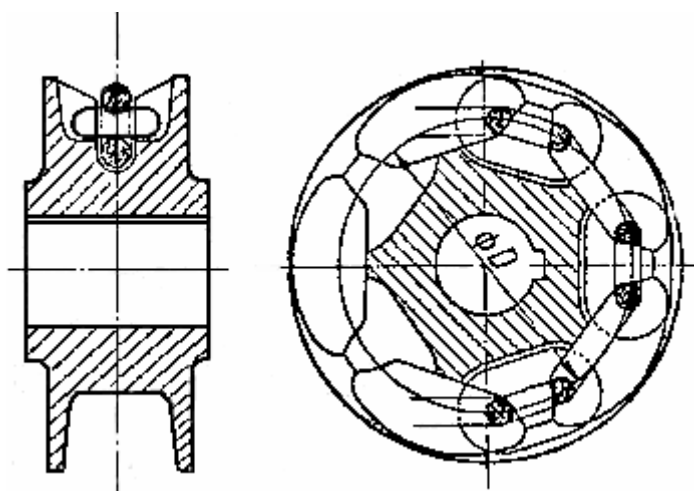


Obr. 1.4 Kladka [3]



Průměr kladky se při ručním pohonu volí. Je větší nebo roven $20d$. Při strojním pohonu 25 až $30d$. Účinnost vodících kladek i uložení bývá až 96% . Hnací kladky přenášejí kroutící moment, musí mít věnec se zuby, jenž zapadají mezi dva stejnoohlé články, viz obr. 1.5 [1]

Obr. 1.5 Hnací kladka [1]



Pro pohon zdvihacího řetězu mívají hnací kladky pouze 5 až 8 zubů a jsou tedy malé, lehké, levné a celý převod je malých rozměrů. Takovéto kladky bývají odlévány vcelku, s čelním nebo šnekovým kolem. Při nízkém počtu zubů ale při otáčení kladky dochází ke změně ramena síly a klesá účinnost a dochází k rychlejšímu opotřebení řetězu. Kladky pro ruční pohon článkovým řetízem mají 30 až 60 zubů a jsou zpravidla nasazeny na hřídel. [1]

1.2 Převody s kloubovými řetězy

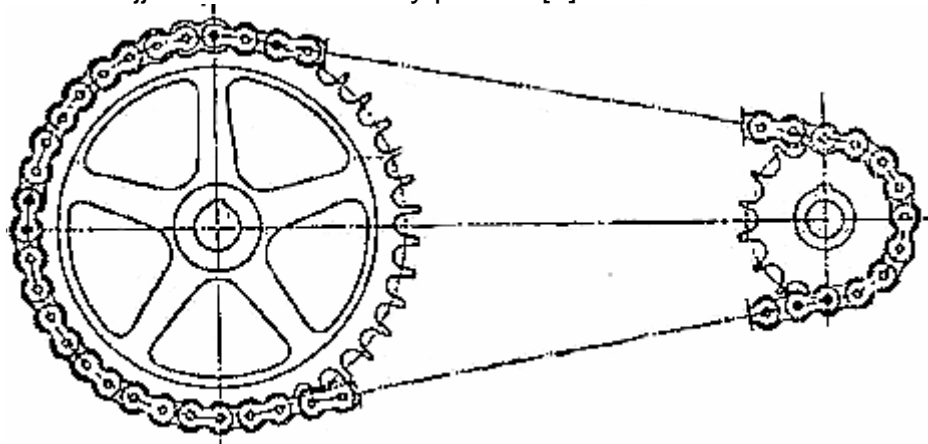
Vynalezl je v roce 1832 Francouzský konstruktér Galle. Řetězový pohon se používá k vytvoření vázaného převodu (bezskluzového převodu) mezi dvěma rovnoběžnými hřídeli, jejichž vzdálenost je větší než vyhovuje pro jedno ozubené soukolí a vzdálenost malá pro řemenový převod. Je možné jím přenášet i značné síly a dosáhnout vysokého převodového poměru. Řetězový pohon má jisté výhody proti převodům ozubenými koly, i proti pohonu řemenovému. Při větší

vzdálenosti os není zapotřebí vložených kol, tudíž je převod lehký. Není nutná tak přesná výroba a montáž jako je tomu u ozubených kol. Řetěz neklouže, má vázaný záběr, a proto jej je možno použít k pohonu rozvodového ústrojí spalovacích motorů apod. Převod je přesto do jisté míry pružný. V každém kloubu se nachází tenká vrstva maziva, a jelikož počet kloubů je nemalý, dává mazivo řetězu dostatečnou pružnost a tlumí rázy. Jelikož řetězový převod oproti řemenovému nevyžaduje předpětí, nedochází zde k takovému opotřebení ložisek hřídelů. Chod řetězu je relativně tichý, zejména pokud je úhel opásání dost velký a řetěz dostatečně mazaný (než doběhne na pastorek).

Nevýhoda řetězových převodů spočívá v tom, že vlivem opotřebenosti článků dochází k jejich prodloužení a tím i k nárůstu délky celého řetězu. Je proto nutné, aby vzdálenost os byla seřizovatelná. Při velké vzdálenosti os a malé rozteči řetězu dochází snadno k jeho rozkmitání. Výhodné je použití převodu s napínací kladkou.

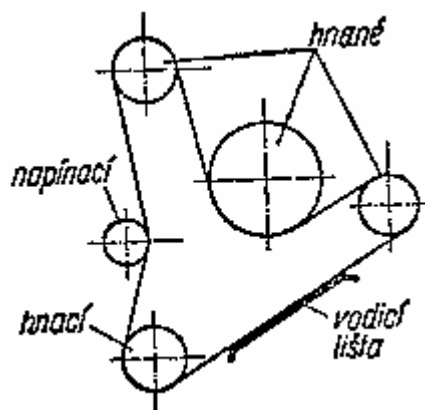
Nejjednodušší řetězový převod je složen ze dvou řetězových kol a řetězu. Jelikož je příčně neohebný, je možno provádět pouze vnější opásání. Kola musí být namontována v jedné rovině a hřídele musí být rovnoběžné viz obr. 1.6.

Obr. 1.6 Nejjednodušší řetězový pohon. [1]



Jedním řetězem je možno také pohánět několik hřídelů viz obr. 1.7, na němž je znázorněn pohon tří hřídelů, hřídelem spalovacího motoru. Uspořádání převodu má být vždy takové, aby volná část řetězu byla dole, při nejmenším úhlu opásání 110° až 120° . [1]

Obr. 1.7 Pohon tří hřídelů od klikového hřídele spalovacího motoru. [1]

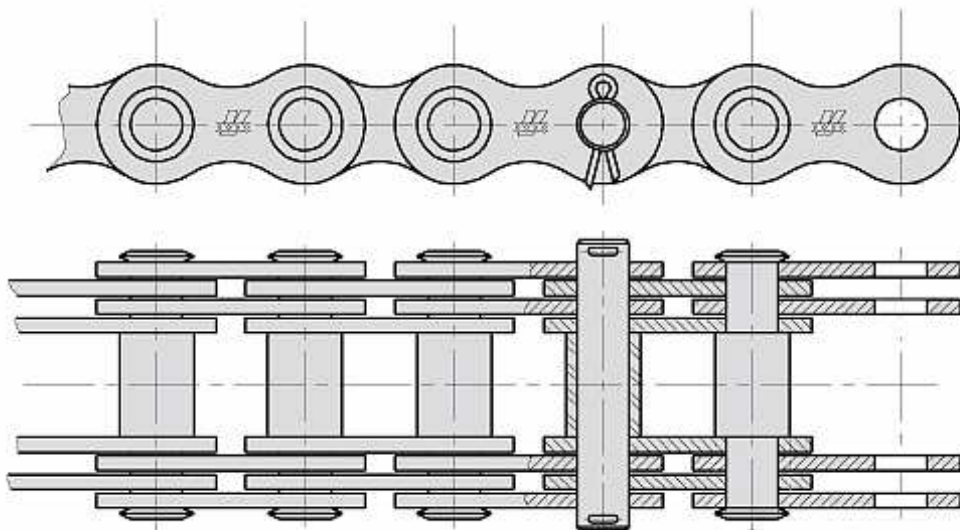


1.2.1 Druhy kloubových řetězů:

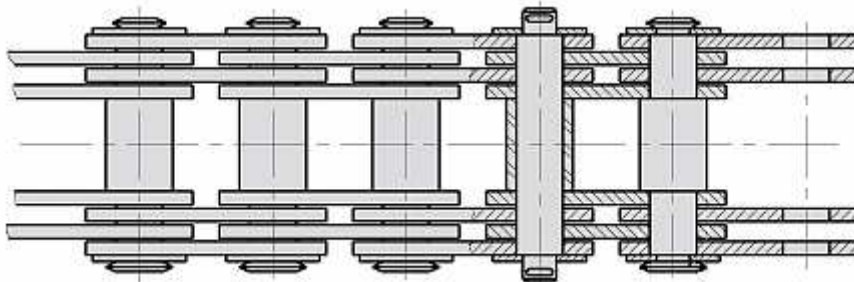
1.2.2 Gallovy řetězy:

Články Gallových řetězů mají čepy, na jejichž osazené konce jsou střídavě navlečeny vnitřní a vnější destičky, jež jsou na čepích volně otočné. Jeden článek má 2-10 destiček a čepy jsou na koncích rozkýtovány. U řetězů s roztečí větší než 50mm jsou pod rozkýtovanými hlavami čepů podložky. Používají se pro pomalé výtahy, ruční kladkostroje s velkým zatížením a u jeřábů na velká břemena. Jsou spolehlivé a výhodné pro možnost řešení kladek malého průměru. Dovolené zatížení závisí na počtu zubů řetězových kol a na obvodové rychlosti řetězu. [1]

Obr. 1.8 Gallův řetěz bez podložek [18]



Obr. 1.9 Gallův řetěz s podložkami [18]

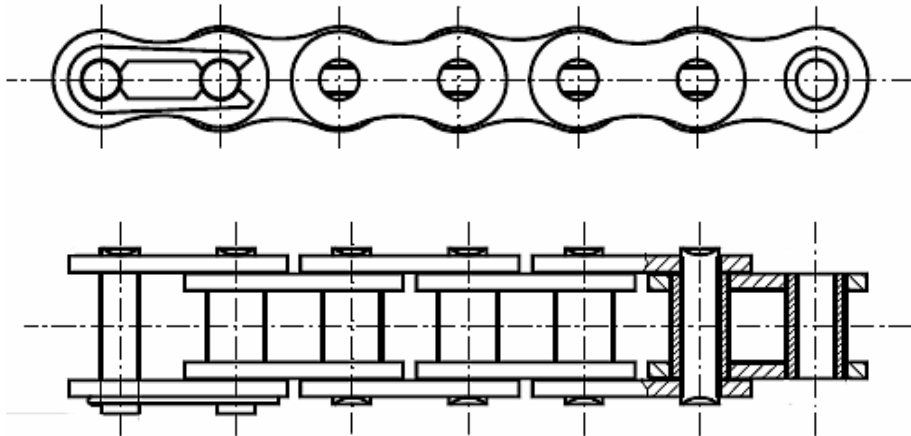


1.2.3 Pouzdrové (transmisivní) řetězy

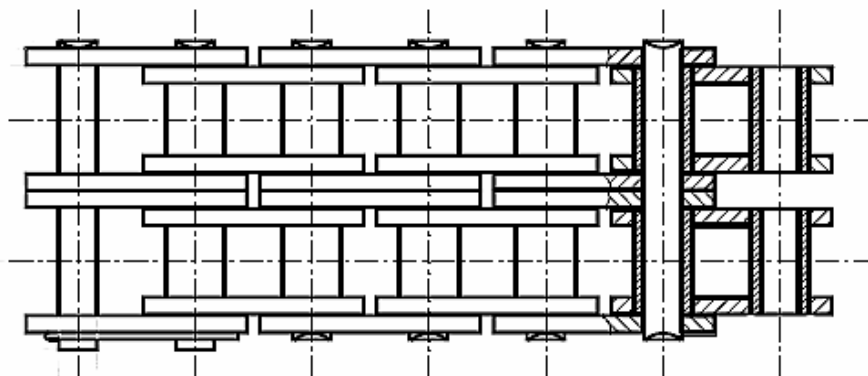
Destičky vnitřních článků jsou spojeny pevně s ocelovými pouzdry, která jsou nalisována do děr v destičkách. Destičky vnějších článků jsou spojeny s čepy (svorníky), které volně otočně procházejí dírou pouzdra. Konce čepů jsou rozkýtovány. Všechny součásti pouzdrových řetězů se vyrábějí z oceli o pevnosti

500 MPa (např. ocel 11500). Pouzdra svorníků jsou zpravidla kalená. Dovolená rychlost kaleného řetězu je do 0,9m/s. U nekalených do 0,7m/s. [1]

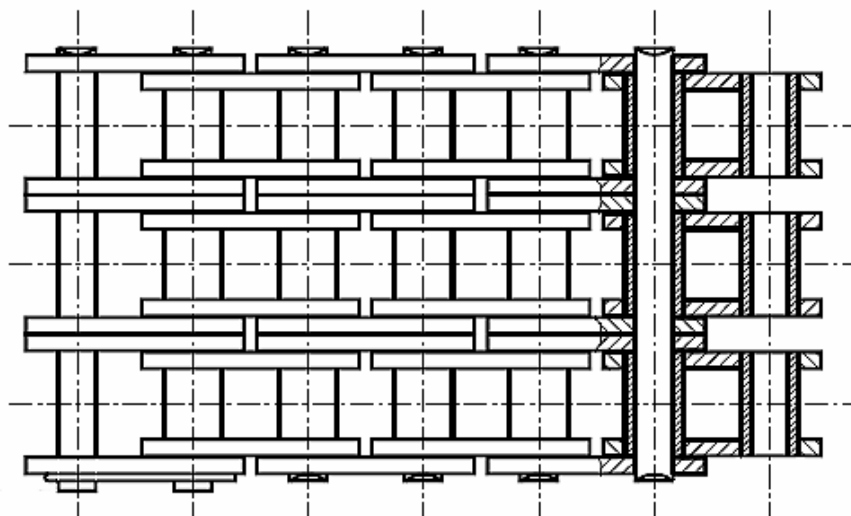
Obr. 1.10 Pouzdrový řetěz jednořadý: [19]



Obr. 1.11 Pouzdrový řetěz dvouřadý [19]



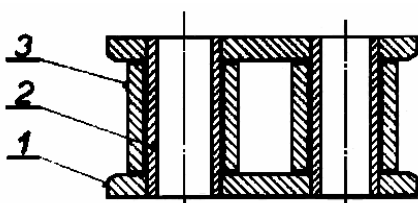
Obr. 1.12 Pouzdrový řetěz třířadý [19]



1.2.4 Válečkové řetězy:

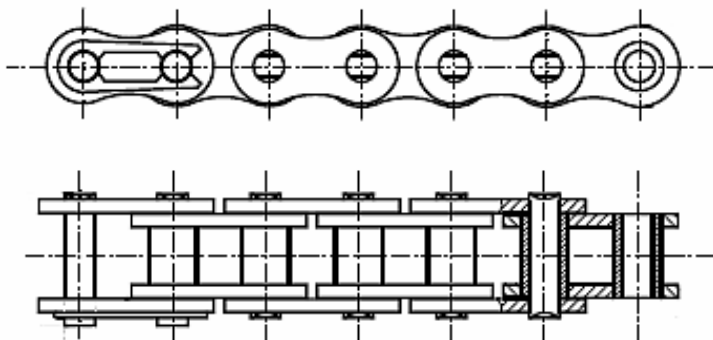
Výhodou těchto řetězů je vysoká účinnost, která při dobrém mazání a správné údržbě dosahuje až 98%, běžně se pohybuje v rozsahu 92-96%. Nevýhodou je nerovnoměrný chod, zejména při použití řetězového kola s malým počtem zubů. Je složen z vnitřních článků, čepů a vnějších destiček. Všechny díly řetězů jsou vyráběny přesně ve stanovených mezích a to z hlediska rozměrového i materiálového. Vnitřní články jsou sestaveny ze dvou vnitřních destiček, pouzder, popř. válečků. Každá destička poz.1. má dva otvory ve vzdálenosti rovnající se velikosti rozteči válečkového řetězu. Do těchto otvorů obou destiček jsou zalisována pouzdra, poz. 2. na pouzdrech je volně uložen mezi destičkami otočný váleček poz. 3. [4]

Obr. 1.13 Vnitřní článek řetězu . [4]

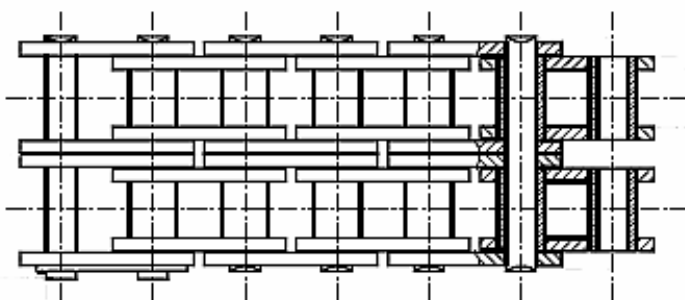


Pro přenos velkých sil se používají víceřadé válečkové řetězy. Dvouřadé se nazývají duplex, třířadé triplex. Tyto řetězy je možno použít také pro větší rychlosti, jelikož se při nich méně opotřebují a řetězový převod je méně hlučný. [4]

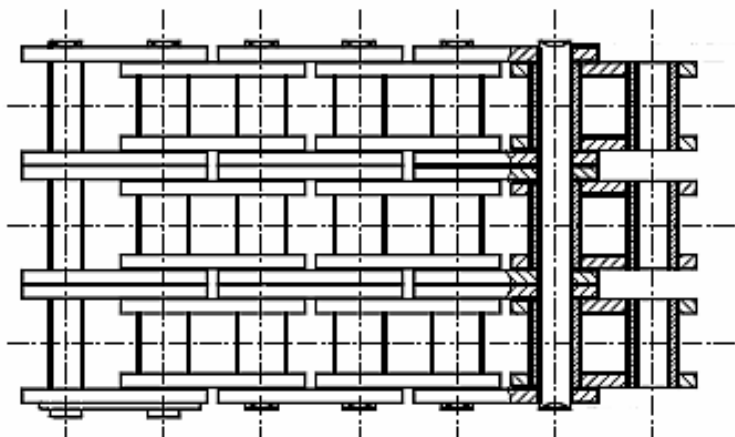
Obr. 1.14 Válečkový řetěz jednořadý . [20]



Obr. 1.15 Válečkový řetěz dvouřadý [20]



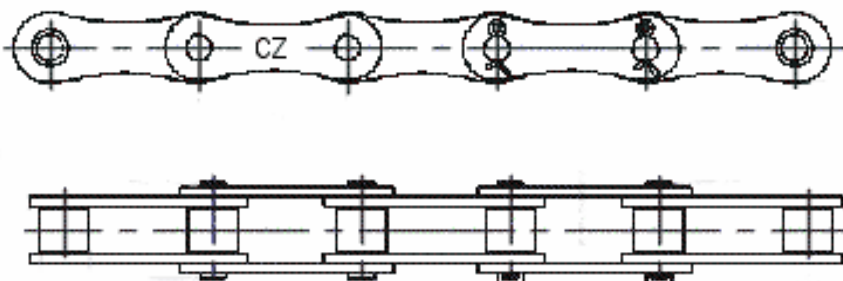
Obr. 1.16 Válečkový řetěz třířadý [20]



1.2.5 Válečkové řetězy s dlouhou roztečí

Jsou konstrukčně shodné s řetězy válečkovými, včetně hlavních rozměr, jen rozteč destiček je větší. Používají se hlavně u řetězových dopravníků, zvláště je-li velká vzdálenost os. Dále se používají u málo zatěžovaných převodů s malou obvodovou rychlostí a velkými řetězovými koly. Vzhledem k menšímu počtu článků dochází také k menšímu opotřebení a oproti standardním válečkovým řetězům jsou lehčí. [5]

Obr. 1.17 Válečkový řetěz s dlouhou roztečí: [21]



1.2.6 Řetězová kola pro kloubové řetězy:

Pro válečkové a pouzdrové řetězy mají normalizovaný profil zubů. Počet zubů malého kola má být lichý, kdežto u velkého kola sudý. Na obvodu řetězových kol jsou zuby, které zabírají do mezer mezi články řetězu. Tím je docíleno vzájemného pohybu řetězových kol bez ztráty na obvodové rychlosti. Mezi zuby řetězového kola jsou na jeho obvodu zubní mezery v stejných vzájemných vzdálenostech. Tyto vzdálenosti vypočtené na roztečné kružnici se nazývají rozteče, jenž jsou shodné s roztečí příslušného řetězu. Správný profil zubu a zubové mezery je výsledkem dlouholetých zkušeností a studií pohybu řetězu na řetězovém kole, při různých rychlostech. Vhodně zvolený tvar zubu a zubové mezery umožňuje maximální využití řetězu. Má vliv na jeho životnost i na

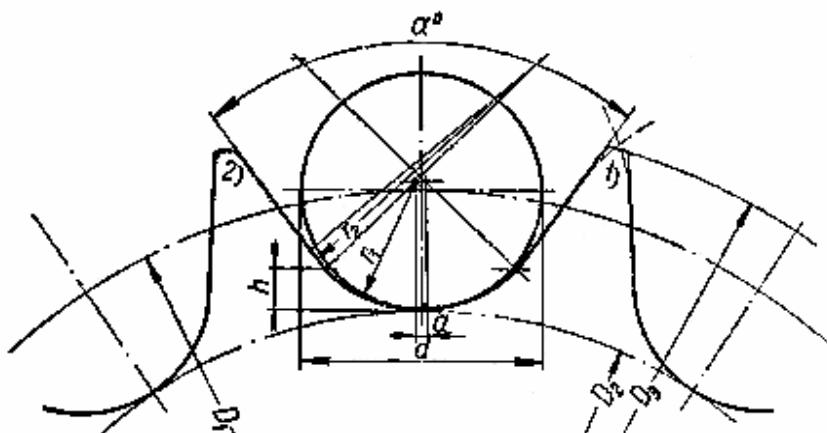
životnost celého řetězového převodu. Zajišťuje širší uplatnění řetězových převodů ve strojírenství.

Řetězová kola s rovnými zuby, frézovaná zub po zubu, mají výhodu v tom, že řetěz jednodušeji nabíhá na ozubení a snáze opouští zuby. Váleček klouže po celém boku zubu a může se přizpůsobit vytažení řetězu. Zubová mezera je zde tvořena dvěma poloměry, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny o vzdálenost, jejíž hodnota je úměrná rozteči. Řetězový převod s takto realizovanými zuby má větší životnost a netrpí kmitáním v nezátížené větvi.

Na obvod správně vyrobeného řetězového kola je možno řetěz opásat (vložit). Je-li řetězové kolo vyrobeno nepřesně, pak lze řetěz zatlačit do mezer pouze při použití násilí.

Příklady tvaru zubů řetězových kol jsou znázorněny na obrázcích 1.18 až 1.20. [4]

Obr. 1.18 Řetězové kolo s rovnými zuby [1]



Legenda k Obr. 1.17

α - úhel boku zubů

a - úchylka středů $a = 0,004.t + 0,15mm$ (1.1)

r_1 - poloměr dna zubu $r_1 = 0,503.d$ (1.2), kde d je průměr válečku nebo pouzdra

r_2 - poloměr přechodové kružnice $r_2 = 1,3.d$ (1.3)

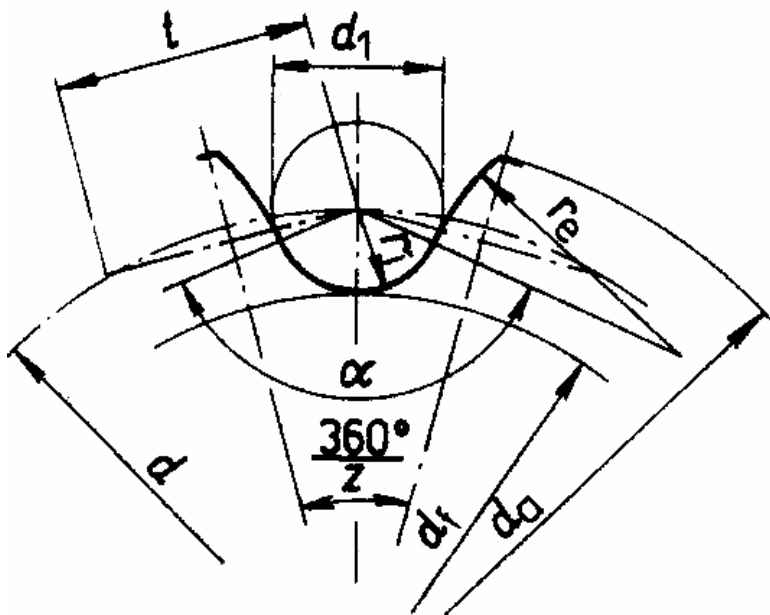
D_1 - roztečný průměr $D_1 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$ (1.4), kde z je počet zubů

D_3 - vnější průměr kola $D_3 = D_1 + 0,6.d$ (1.5)

D_2 - patní průměr $D_2 = D_1 - d$ (1.6)

h - vzdálenost $h = 0,8.d$ (1.7)

Obr. 1.19 Řetězové kolo dle ČSN 01 4811 [2]



Legenda:

t – rozteč řetězu

d_1 - průměr válečku nebo pouzdra řetězu

d – průměr roztečné kružnice $d = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$ (1.8), kde z je počet zubů

d_f - průměr patní kružnice $d_f = d - 2 \cdot r_i$ (1.9)

d_a - průměr hlavové kružnice

r_i - poloměr dna zubní mezery

r_e - poloměr boku zubu

α - úhel otevření

Pro mezeru s nejmenší šířkou:

$$r_{i \min} = 0,505d_1 \quad (1.10)$$

$$r_{e \min} = 0,12d_1(z+2) \quad (1.11)$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z} \quad (1.12)$$

$$d_{a \min} = d + 0,5d_1 \quad (1.13)$$

Pro mezeru s největší šířkou:

$$r_{i \max} = 0,505d_1 + 0,69 \cdot \sqrt[3]{d_1} \quad (1.14)$$

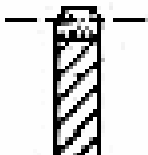
$$r_{e \max} = 0,008d_1(z^2 + 180) \quad (1.15)$$

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z} \quad (1.16)$$

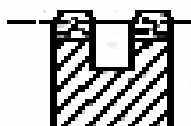
$$d_{a \max} = d + 1,25t - d_1 \quad (1.17)$$

Obr. 1.20 Varianty provedení řetězových kol pro pouzdrové a válečkové řetězy [2]

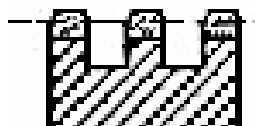
Jednořadé



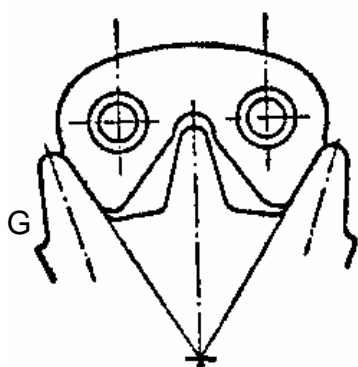
Dvouřadé



Třířadé



1.3 Převody se zubovými řetězy



Zubový řetěz byl vynalezen v roce 1900 Hansem Renoldem v Anglii. Výhodou převodu zubovými řetězy je jeho tichý chod. Převody zubovými řetězy nejsou příliš používány pro jejich náchylnost k namáhání odstředivými silami při vyšších rychlostech a vyšší pořizovací cenu.

Obr. 1.21 Zubový řetěz v záběru s ozubeným kolem [1]

1.3.1 Zubové řetězy:

Tyto řetězy mají kalené svorníky, na kterých je střídavě navlečeno několik destiček, jejichž spodní strana vybíhá ve dva zuby. Řetěz zabírá do mezer řetězového kola svými zuby. Je-li to možné, pak volíme sudý počet článků řetězu, jelikož při lichém počtu článků je nutno použít pro spojení řetězu ohnuté články, které jsou slabší než přímé a tím zeslabují celý řetěz. Řetěz musí být nasazen vždy ve stejném směru, v kterém byl provozován.

1.3.2 Řetězová kola pro ozubené řetězy:

Řetězová ozubená kola se vyrábějí s věncem pro vedení vnitřním článkem nebo vnějšími vodícími články nebo i pomocí okrajů. Počet zubů řetězového kola by měl být lichý. Při provozu dochází k velmi malému opotřebení zubů řetězového kola, jelikož mezi kolem a řetězem nedochází ke smykovému pohybu.

1.4 Převody s lamelovými řetězy

Lamelové řetězy pro variátory s drážkovaným povrchem kuželových kotoučů jsou součástí převodových mechanismů pro kontinuální změnu otáček. V dnešní době jsou variátory nepostradatelné pro pohon většiny pracovních strojů.

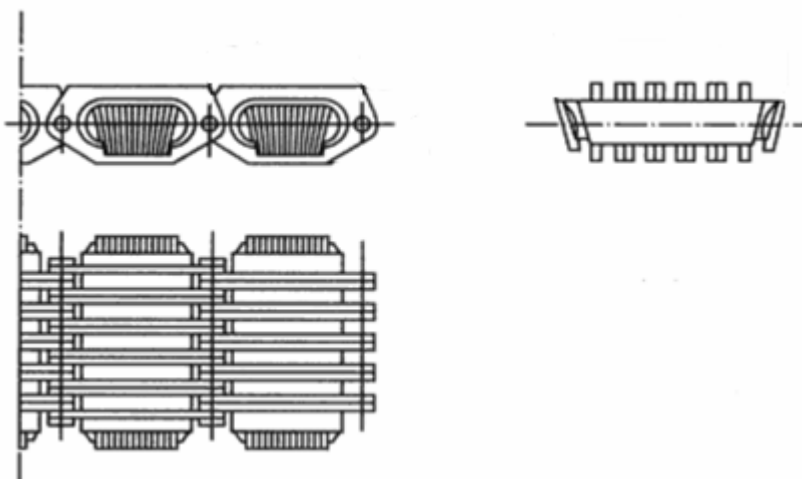
Mechanické řetězové variátory se obzvláště používají zejména v oblasti malých a středních výkonů (od 0,5 do 18kW), se ztíženým pracovním prostředím.

Jedná se o převodové ústrojí, ve kterém speciální konstrukce opásává dva páry kuželových kotoučů, ustavených proti sobě na hřídelích tak, že vytvářejí klínovou drážku. V této klínové drážce řetěz zabírá. Axiálními posuvy kotoučů na hřídelích dochází ke změně velikosti klínových drážek na obou párech kotoučů, čímž se mění převodový poměr, při konstantní osové vzdálenosti kotoučů. Každý z kotoučů je radiálně drážkován na funkčním kuželovém povrchu. Kotouče jsou proti sobě ustaveny na hřídelích tak, aby řetěz vytvářel při záběru lamel s kotouči fiktivní zubové spojení. Tímto zubovým spojením je při přenosu kroutícího momentu z hnacího hřídele na hnaný zajištěna tuhost převodu, tzn. nízká změna nastavených otáček se změnou zatížení. Přenosové vlastnosti řetězových variátorů jsou tedy převážně limitovány lamelovým řetězem.

1.4.1 Lamelový řetěz:

Skládá se z článků, jejichž počet je závislý na regulačním rozsahu a velikosti variátoru, pro nějž je určen. Články řetězu jsou složeny z lisovaných destiček. Tyto destičky se spojují čepem. Konce řetězu jsou spojeny uzavíracím čepem a proti vypadnutí čepu jsou zajištěny závlačkou. Otvory pro čepy jsou osazeny kalenými pouzdry. V člancích řetězu kolmo na jeho osu je zafixován plášť, v němž je uložen svazek lamel. V axiálním směru jsou lamely uloženy posuvně, přičemž pohyb lamel je určen funkční plochou variátoru.

Obr. 1.22 Lamelový řetěz [6]



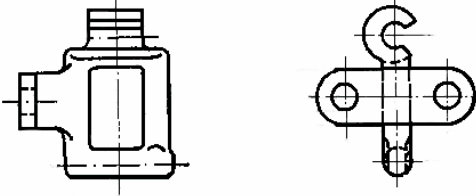
1.5 Převody s Ewartovými řetězy

1.5.1 Ewartovy řetězy

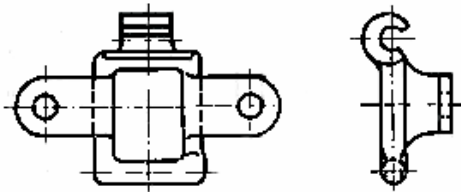
Články Ewartových řetězů jsou odlity z temperované litiny. Jsou celistvé a řetěz z nich sestavený je možno rozebírat pootočením jednoho článku oproti druhému o 90° a jeho vysunutím ve směru osy čepu. Ewartovy řetězy se hodí pro

pohony, kde rychlost řetězu nepřesahuje 1m/s, pro transportéry a elevátory. Dobře odolávají nečistotám a vlhkosti. [1] [3]

Obr. 1.23 Klasický Ewartův řetěz [1]



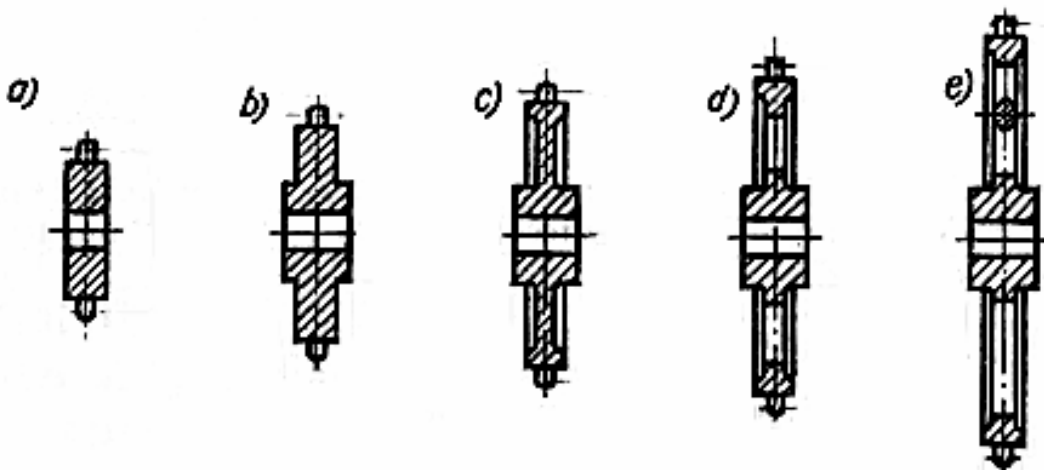
Obr. 1.23 Ewartův řetěz s příchytkami na boční straně [1]



1.5.2 řetězová kola pro Ewartovy řetězy:

Tato ozubená kola se dodávají čistě odlitá ze šedé litiny již s dírami v náboji a s obrobenými čely nábojů. Rozměry kol jsou závislé na rozteči zubů. [1]

Obr. 1.24 Varianty provedení řetězových kol pro Ewartovy řetězy [1]

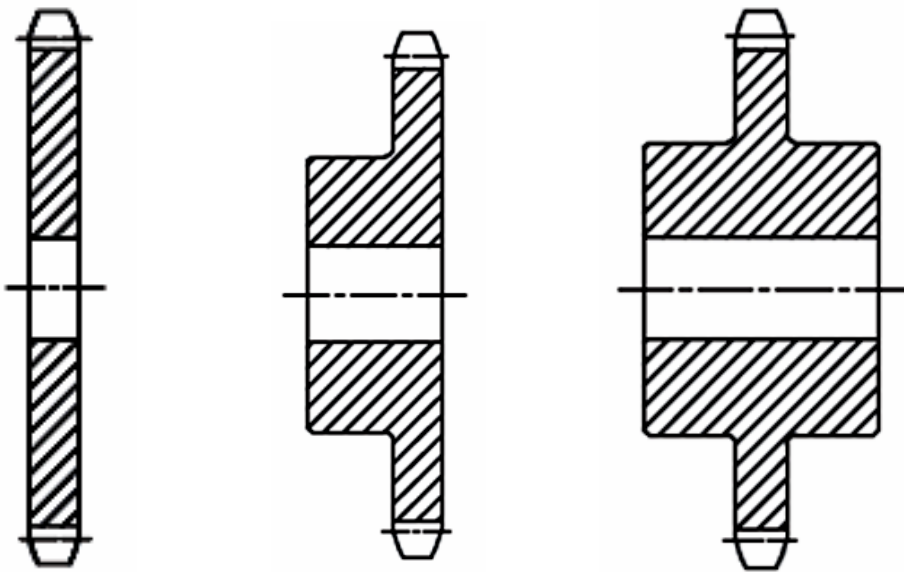


1.6 Rozdělení řetězových kol z hlediska konstrukce

Z hlediska konstrukce dělíme řetězová kola na: jednoduchá plochá řetězová kola, řetězová kola s nábojem (jednostranným nebo oboustranným); zde uvedené druhy kol mohou být vyrobeny z jednoho kusu materiálu.

Dále mohou být řetězová kola složena z více kusů, přičemž ke spojení ozubení a těla řetězového kola dojde nalisováním, šroubovým spojem, případně navařením.

Obr. 1.25 Základní typy řetězových kol [4]



Obr. 1.26 Řetězové kolo se šroubovým spojem



2. Technologie výroby řetězových kol

Z hlediska obrábění rozlišujeme beztřískové a třískové obrábění.

Do třískového obrábění zahrnujeme tyto metody výroby: frézování řetězových kol dělicí metodou, odvalovacím způsobem a výroba ozubených kol pomocí CNC.

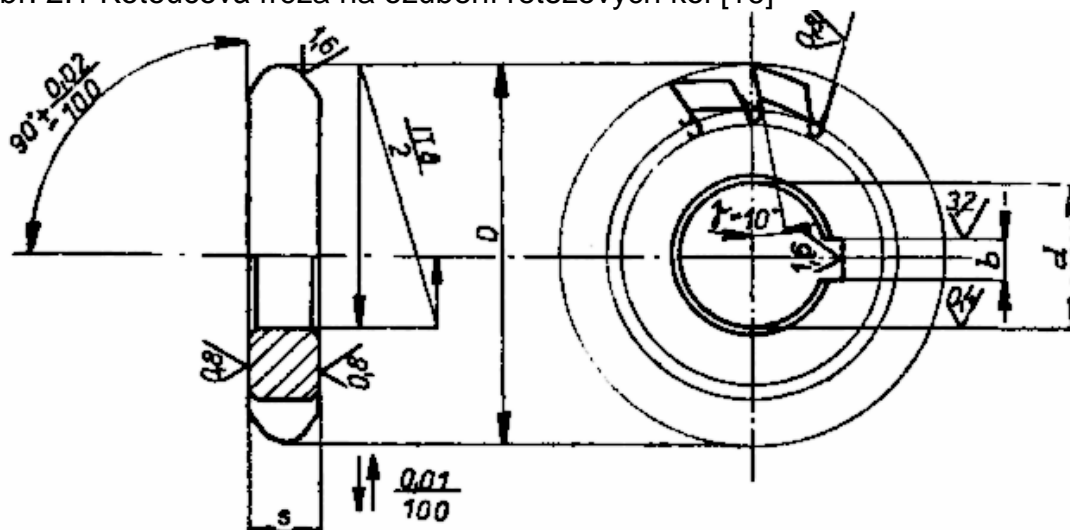
Beztřískové obrábění ozubených kol je zajištěno metodou přesného stříhání.

2.1. Frézování ozubených kol

2.1.1 Frézování ozubených kol dělicím metodou

Tato metoda je nejjednodušší metodou frézování zubů kol. Tvar boků zubů se frézuje kotoučovou frézou. Kotoučovou frézou se frézují zuby na univerzální nebo na vodorovné konzolové frézce. Fréza má také profil odpovídající tvaru zubové mezery a má obvykle podsoustružené zuby. Obrobek kola je nasazen na trnu, jenž se upíná mezi hroty koníku a dělicího přístroje, kterým se obrobek otáčí vždy o jednu rozteč. Tento způsob obrábění je nevýhodný v tom, že je časově náročný a dosahujeme menší přesnosti než jinými způsoby. Dále také tím, že potřebujeme velké množství fréz. Podle požadované přesnosti v praxi slučujeme kola s různými počty zubů do menších nebo větších skupin, pro které pak používáme jednoho druhu frézy. Tím získáme sady fréz, které obsáhnou všechny počty zubů. Dělicím způsobem frézujeme zuby tehdy, jestliže nemáme k dispozici speciální stroj na ozubení nebo pokud potřebujeme obrobit zuby kol velkých průměrů. Zuby se obrábějí kotoučovou modulovou frézou při podélném posuvu stolu frézky, a to jednoduchou dělicí hlavou. [7]

Obr. 2.1 Kotoučová fréza na ozubení řetězových kol [16]



Řezná rychlost se vypočte z rovnice $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ [m/min] (2.1)

Kde: π - je Ludolfovo číslo, D – průměr frézy v mm, n – počet otáček frézy za minutu.

Posuv za minutu: $S_{\min} = n \cdot S_z \cdot z$ (2.2)

Kde: S_z - je posuv na zub v mm, n – otáčky frézy, z – počet zubů frézy

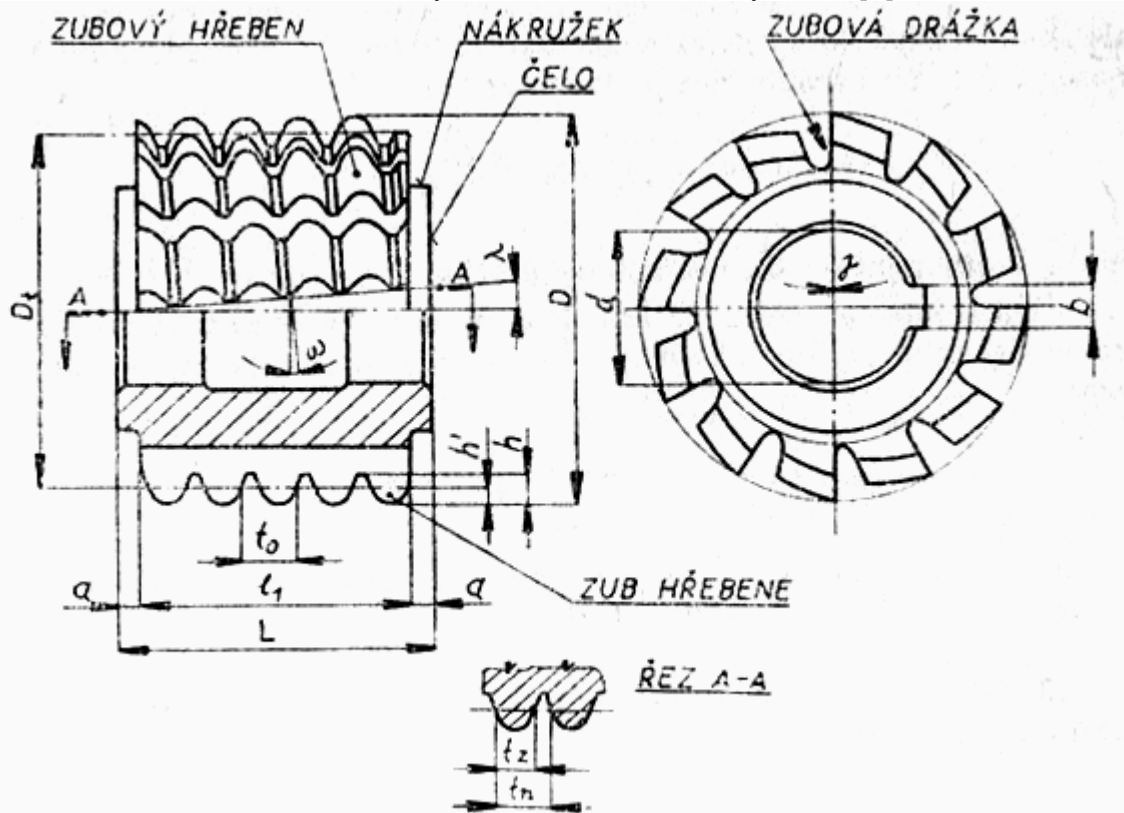
$$\text{Strojní čas: } T_{As} = \frac{L \cdot i}{f_{\min}} \text{ [min]} \quad (2.3)$$

Kde: f_{\min} - je posuv v m/min, L – dráha, i – počet záběrů [7]

2.1.2 Obrábění zubů odvalovací frézou:

Tato metoda je založena na principu odvalování ozubeného hřebenu s ozubeným kolem. K záběru ozubeného kola s hřebenem dochází, jestliže se ozubené kolo otáčí a hřeben se relativně posouvá ve směru tangenty k ozubenému kolu. Při obrábění zubů odvałem je hřeben nahrazen odvalovací frézou. Zuby této frézy jsou vytvořeny navinutím rovného profilu zubu na válec. Zub nástroje má lichoběžníkový profil a úhel tohoto profilu zubu je totožný jako úhel záběrové přímky frézovaného kola. Posuv hřebenu je při záběru odvalovací frézy nahrazen navinutím profilu zubu ve šroubovici. Břity odvalovací frézy jsou tvořeny podélnými drážkami, které jsou kolmé ke směru stoupání šroubovice. Plocha hřbetu zubů je podsoustružena, pro vznik úhlu hřbetu α . Jednou frézou se stoupáním určeným roztečí t je možno frézovat ozubená kola stejné geometrie zubu s libovolným počtem zubů. [7]

Obr. 2.2 Odvalovací fréza na výrobu ozubení řetězových kol [8]



Před započítím obrábění se odvalovací fréza ustaví nad kotoučem, ve kterém se má frézovat ozubení, a to tím způsobem, aby vzdálenost os kola a frézy odpovídaly osovým vzdálenostem kola a frézy v záběru. Fréza přitom musí být

nakloněna vzhledem k ose frézovaného kola o úhel stoupání šroubovice. V okamžiku, kdy fréza projde celou šířkou kola, je ozubení vyrobeno.

Jednotlivé frézy zabírají plného materiálu obráběného kola postupně. [7]

2.2 Výroba řetězových kol přesným stříháním

Přesné stříhání je jedním z pracovních postupů lisovací techniky, při níž dílce vykazují vysokou tvarovou a rozměrovou přesnost a hladké střížné plochy. Nejčastěji se tyto dílce vyrábějí automaticky a je možno je po odstranění otřepu ihned použít k montáži.

Pro výrobu dílců v kvalitě přesného stříhání musí být k dispozici tyto prostředky:

- přesně stříhací lis
- přesně stříhací nástroj
- materiál vhodný k tváření

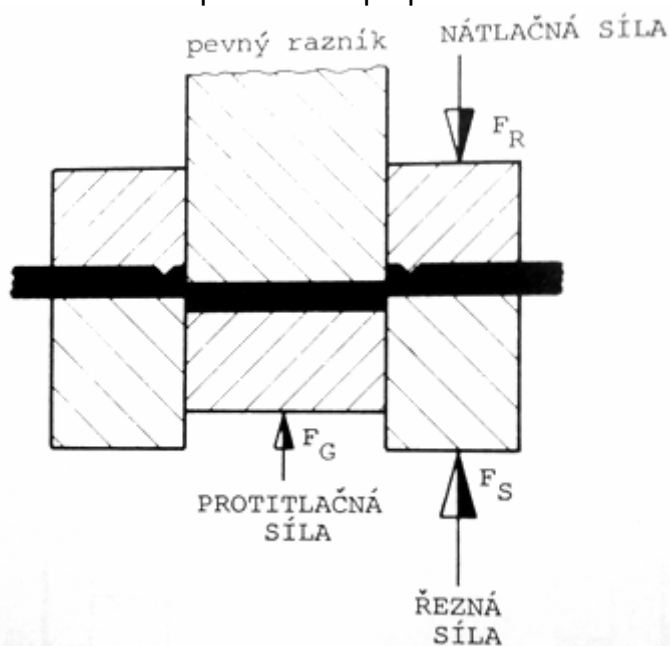
Před vlastním stříhem je materiál pevně sevřen. Tímto je docíleno, že materiál může téct pouze ve směru stříhu. Vně stříhaného tvaru je materiál pevně držen pomocí nátláčné hrany. Uvnitř stříhaného tvaru je materiál přidržován pomocí vyhazovače.

Střížná rychlost je relativně malá a řezná vůle mezi razníkem a střížnou deskou je pouze několik setin mm. [10]

2.2.1 Síly působící při stříhání:

Při přesném stříhání působí na materiál síly dle obr. 2.3

Obr. 2.3 Náčrt sil působících při přesném stříhání



Celková síla jež musí být ze strany stříhacího lisu k dispozici $F_T = F_S + F_R + F_G$ (2.4)

Při čemž:

$$\text{Střížná síla } F_S = \frac{0,9 \cdot L_t \cdot s \cdot R_m}{1000} \quad (2.5)$$

$$\text{Síla potřebná pro nátláčnou hranu } F_R = \frac{L_a \cdot 2h \cdot R_m \cdot f}{1000} \quad (2.6)$$

Protitlačná síla $F_G =$ přibližně 20% z F_S

Legenda:

L_a - vnější obrys v mm

L_t - celková řezná délka

R_m - pevnost v tahu v MPa

s – tloušťka materiálu

h – výška nátláčnej hrany (je odvozena od tloušťky materiálu)

f – faktor (závisí na pevnosti materiálu v tahu) [10]

2.2.2 Určení šířky materiálu a délky podávání:

Pro určení těchto hodnot se nakreslí krokové schéma. Vhodná šířka materiálu mezi dílci a též šířka okraje mezi dílcem a hranou pásu musí být volena tak, aby byl dostatečný prostor pro nátláčnou hranu. [10]

2.2.3 Rozměrová přesnost

Rozměrová přesnost je závislá na:

- přesnosti a technickém stavu nástroje
- jakosti a provedení materiálu
- tloušťce materiálu
- složitosti geometrického tvaru dílce

Tolerance se pohybují v rozsahu setin mm. [10]

2.2.4 Drsnost

Drsnost střížených ploch je závislá na:

- technickém stavu nástroje
- materiálu dílce
- mazacím prostředkem

Drsnost je nejnižší ve vtaženém místě zvětšuje se ve směru ke straně otřepu. [10]

2.2.5 Vtažené hrany a otřep

Při přesném stříhání vznikne vlivem tečení materiálu na jedné straně dílce vtaženina a na straně druhé malý otřep. Vtaženina hrany se zvětšuje:

- s rostoucí tloušťkou materiálu
- se zmenšujícím se úhlem

- s rostoucím rádiusem

Velikost otřepu je nejmenší s nově naostřeným nástrojem a při pokračující výrobě se zvětšuje až do několika desetin mm. Jelikož se na přesně stříhaných dílcích otřepy pravidelně odstraňují buď broušením na pásových bruskách nebo v omílacích bubnech, není tento jev rozhodující. [10]

2.2.6 Hranice geometrického tvaru

Značný vliv na hospodárnost při použití metody přesného stříhání má posouzení hranice geometrických tvarů při konstrukci dílců. Závislosti na sílu materiálu dělíme do tří oblastí:

Jednoduché – velice dobrá životnost nástroje

Střední – dobrá životnost nástroje

Obtížná – přijatelná životnost nástroje (materiál by neměl přesahovat pevnost v tahu 600 MPa)

2.3 CNC výroba řetězových kol

Další metodou pro výrobu řetězových kol je využití CNC obráběcího centra. Možnosti programování jsou zde v zásadě dvě.

První možnost je naprogramovat tvar jedné zubové mezery a po jejím obrobení vyjet s nástrojem mimo řez, a potočit pracovní stůl o příslušnou rozteč, poté opět vyrobí zubovou mezeru a tímto způsobem pokračovat do obrobení celého kola.

Druhou možností naprogramovat tvar celého řetězového kola a obrobí jej najednou. Program bude sice složitější, ale obrábění proběhne rychleji.

V dnešní době je k dispozici mnoho CNC řídicích programů, např.: Heidenhein, SinuTrain.

3. Nástroje, stroje a parametry používané při výrobě řetězových kol u jednotlivých metod.

3.1 Kotoučové frézy na ozubení řetězových kol

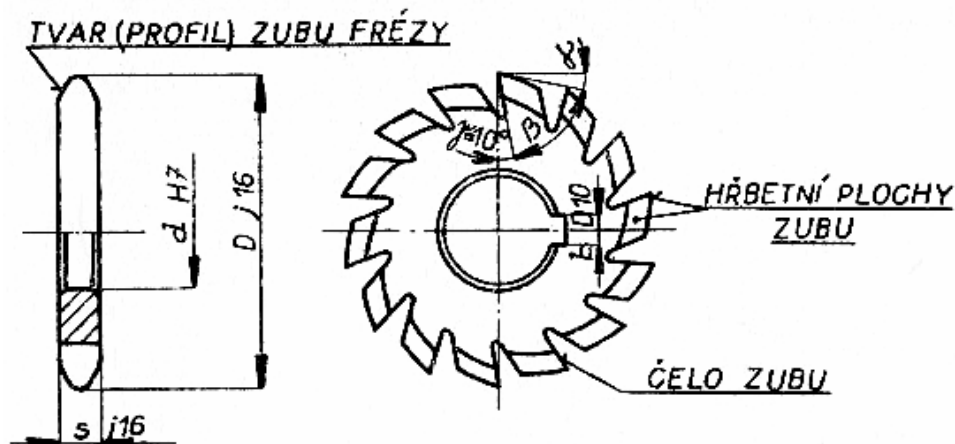
Kotoučová fréza na výrobu ozubení řetězových kol: je mnohobřítý nástroj, jenž se při práci otáčí kolem své osy a relativně se posouvá ve směru frézovaného kola. Tvar ostří frézy je totožný s tvarem zubních mezer řetězového kola. Tyto frézy pracují dělicím způsobem, to znamená že vytvářejí zuby kola jeden po druhém. Tvar zubní mezery pro jeden rozměr řetězu by měl být rozdílný podle počtu zubů kola.

Dodržení teoretické zásady by znamenalo finančně neúnosný počet fréz. Z tohoto důvodu byly počty zubů frézovaných kol odstupňovány podle vhodně volených rozsahů, při kterých se vystačí se sadou tří fréz:

- fréza č.1 pro počet zubů 11 až 16
- fréza č.2 pro počet zubů 17 až 40
- fréza č.3 pro počet zubů 41 a více

Tvar ostří zubů frézy souhlasí jen s profilem zubní mezery, která přísluší nejmenšímu počtu zubů kola daného rozsahu (např. fréza č. 2 odpovídá zubní mezeře kola se 17 zuby). Úchylky, k jejichž vzniku dochází při frézování jiného počtu zubů daného rozsahu zůstávají v přiměřených mezích, tudíž nemají praktický vliv na jakost záběru řetězu s kolem. [17]

Obr. 3.1 Kotoučová fréza na ozubení řetězových kol [17] [9]



Průměr D je předepsaný průměr frézy. Šířka frézy je vzdálenost mezi oběma čelními plochami frézy, naměřena rovnoběžně s osou frézy. Na fréze rozeznáváme následující úhly:

Úhel hřbetu $\alpha = 8^\circ$ až 10°

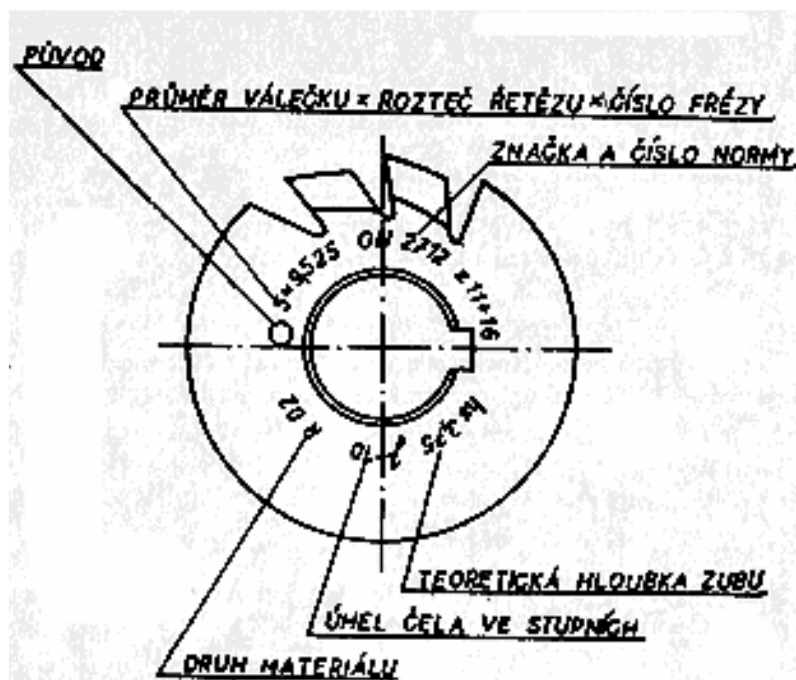
Úhel břitu β

Úhel čela $\gamma = 10^\circ$

Zuby fréz jsou rovné a jsou frézovány z plného materiálu. Tvar zubu fréz je čistě podsoustružen. Obrobené části fréz musí mít čistý povrch beze skvrn, trhlin, důlků a stop rzi. Z nebroušených částí musí být odstraněny okuje. Řezné hrany a broušené části nesmějí být poškozeny. Hrany vrtání jsou sraženy dle ČSN 22 2105. Rozměry fréz musí vyhovovat ČSN 22 2712. Profil tvaru zubů se kontroluje projektorem. [17]

Frézy se vyrábějí z nástrojové oceli (rychlořezné, např. 19 802). Mimo to mohou být frézy vyrobeny též z lité nástrojové oceli rychlořezné. Musejí být tepelně zpracovány. Na pracovních místech se nesmějí vyskytovat oduhlíčená ani měkká místa. Tvrdost břitů musí být v rozsahu 62 až 64 HRC. Kontroluje se na čele nebo hřbetě zubů, co nejbližže ostří. [17]

Obr. 3.2 Značení na kotoučové fréze [17]



Na čelní ploše každé frézy, případně na obou čelních plochách (u malých fréz) je čitelně a trvanlivě vyznačeno: původ, průměr válečku řetězu, rozteč řetězu, číslo frézy, poslední čtyři číslice čísla normy, rozsah počtu zubů frézovaných kol, hloubka frézování, úhel čela $\gamma = 10^\circ$, značka R je a poslední dvojčíslí značky materiálu (např. R 02). [17]

3.2 Stroj pro frézování dělicí metodou

Pro tento způsob obrábění volím Konzolovou frézku FA3C od firmy Pilart.

Obr. 3.3 Konzolová frézka FA3C [14]

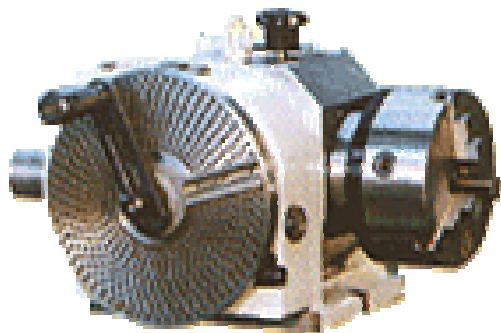


Tab. 3.1 Technické parametry [14]

STŮL			VŘETENO		
rozměr pracovní plochy	mm	300×1375	vzdálenost osy vřetene od vedení trámu	mm	140
upínací drážky			vzdálenost osy vřetene od upínací plochy stolu	mm	18
počet		5	max.	mm	465
šířka a rozteč	mm	14×50	min.	mm	65
natočení	°	±45	otáčky		
max. zatížení stolu	kg	250	počet stupňů		18
pracovní zdvih			rozsah	ot/min.	45 - 2240
podélný (X)	mm	890	výkon hlavního motoru	kW	5,5
příčný (Y)	mm	225			
svislý (Z)	mm	400			
posuvy					
počet stupňů		plynule			
rozsah X, Y	mm/min	15 – 1000	STROJ		
rozsah Z	mm/min	4,5 – 280	celkový příkon	kVA	11,5
rychloposuv			hmotnost	kg	2000
X, Y	mm/min	2100	zastavěná plocha	mm	2715×2000
Z	mm/min	600	výška	mm	1650

K výše uvedené frézce je třeba při výrobě ozubení dělicí metodou použít dělicí přístroj. Volím dělicí přístroj DU 250 jenž dodává též firma Pilart.

Obr. 3.4 Dělicí přístroj [14]



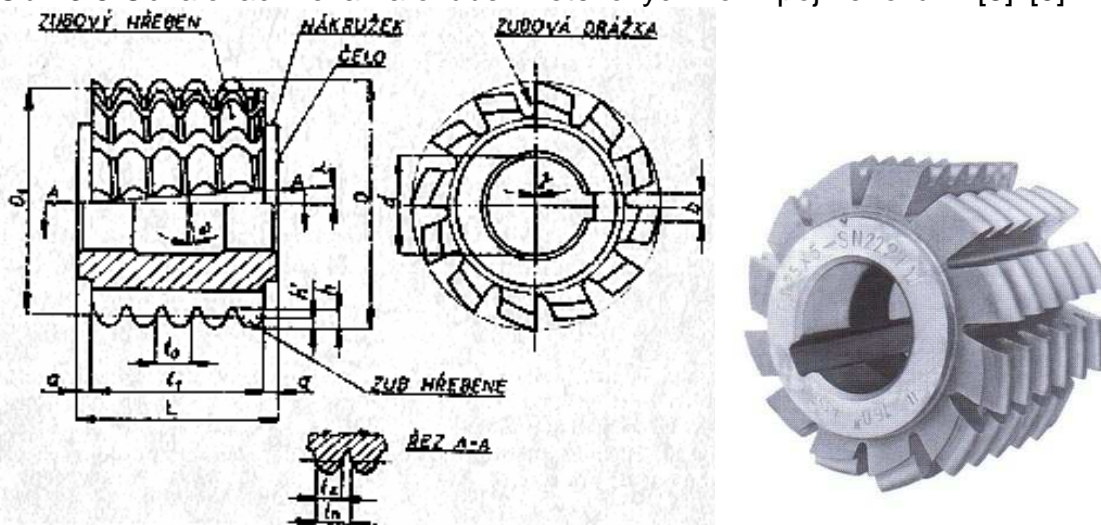
DU 250

3.3 Odvalovací frézy na ozubení řetězových kol

Odvalovací fréza na ozubení řetězových kol (dále pouze fréza) je mnohobřítý řezný nástroj, jenž se při práci otáčí kolem své osy a posouvá se relativně ve směru osy řetězového kola, přičemž se kolo otáčí kolem své osy. Profilové zuby frézy uspořádané ve šroubovici vytvoří při současném otáčení frézy i kola požadované mezery ozubení řetězových kol, a to postupně odvalováním.

Základní rozměry se vztahem k ozubení jsou: Průměr frézy D (největší průměr válcové plochy obalující obvodová ostří zubů frézy), roztečný průměr D_t (průměr, na kterém se měří rozteč zubů hřebene t_n), celková výška zubu frézy h , výška hlavy zubu frézy h' , řezná délka l_1 (činná délka frézy se zuby) a celková délka frézy L (vzdálenost obou čel frézy). [8]

Obr. 3.5 Odvalovací fréza na ozubení řetězových kol – pojmenování [8] [9]



Zubové hřebeny jsou šroubovité a skládají se ze zubů, které jsou v celém profilu podsoustružené nebo podbroušené. Zuby jsou vždy ve šroubovici a mají ostří v takovém tvaru, aby se jím při odvalování vytvořila požadovaná zubová mezera na řetězovém kole.

Úhel šroubovice zubového hřebene λ – úhel jenž svírá tečna vedená k čelu hřebene na průměru D_t s osou frézy. Tento úhel je dán vzorcem:
$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\pi \cdot D_t}{s} \quad (3.1)$$

, kde s je stoupání šroubovice zubové drážky.

Úhel šroubovice zubů hřebene ω – úhel jenž svírá tečna vedená ke šroubovici zubů s rovinou kolmo k ose frézy. Určí se ze vztahu:
$$\sin \omega = \frac{t_n}{\pi \cdot D_t} \quad (3.2)$$

Zubová drážka je prostor mezi hřebeny zubů, kterým odchází třísky. Hloubka zubové drážky je radiální vzdálenost obvodových ostří zubů ode dna drážky. Čelo zubu a hřbetu zubu – úhel čela $\gamma=0^\circ$, úhel hřbetu $\alpha_h=10$ až 12° . [8]

Odvalovací frézy na ozubení řetězových kol se dělí na:

- a) frézy podsoustružené (zuby mají podsoustružené v celém profilu)
- b) frézy podbroušené (zuby mají v celém profilu podbroušené)

Šroubovice zubů je zpravidla pravá. [8]

Dále dle konstrukce rozlišujeme:

- a) frézy celistvé – těleso i zubové hřebeny jsou z jednoho kusu nebo mají zubové hřebeny, případně jednotlivé zuby hřebene za tepla nerozebíratelně spojeny s tělesem frézy.
- b) frézy složené konstrukce s jednotlivými vyměnitelnými zuby nebo hřebeny, jenž jsou do tělesa vsazeny a mechanicky upevněny. [8]

3.4 Stroj pro frézování odvalovací metodou

Pro výrobu ozubení odvalovací metodou volím například stroj od firmy TOS Čelákovice typ OFA 32 CNC6.

Užití stroje:

Svislá odvalovací frézka na ozubení OFA 32 CNC 6 je určena pro frézování ozubených kol. Čelních, s přímými i šikmými zuby, řetězových kol, šnekových kol frézovaných radiálním i tangenciálním způsobem, ozubených kol s podélnou modifikací, drážkových hřídelí a jiných druhů ozubení frézovaných odvalovacím způsobem. Moderní konstrukce s vymezením vůlí frézovacího suportu a stolu umožňuje frézování kalených kol a rychlostní frézování nekalených kol tvrdokovovými nástroji. Stroj je vhodný pro sériovou i kusovou výrobu. Obsluha, seřizování a údržba stroje jsou řešeny tak, aby byly jednoduché, rychlé a bezsilově ovládané. Automatický pracovní cyklus stroje a případně vybavení stroje zásobníkem obrobků umožňuje vícestrojovou obsluhu. V základním provedení je stroj vybaven řídicím systémem Sinumerik 840 D a pohony od firmy Siemens. Má šest řízených os. [12]

Obr. 3.6 Odvalovací frézka OFA 32 CNC6 [12]



Tab. 3.2 Technické parametry: [12]

Max. modul frézovaného ozubení	7 mm
Max. průměr frézovaného ozubení	320 mm
Min. počet zubů frézovaného kola	3
Max. úhel sklonu zubů	+ - 45 °
Max./min. vzdálenost osy nástroje:	
od osy stolu	300/40 mm
od plochy stolu	505/205 mm
Max. průměr nástroje	160 mm
Max. délka nástroje	220 mm
Rozsah otáček nástroje	71-700 min ⁻¹
Výkon hlavního motoru	12 kW
Pracovní posuv - axiální	1-1 000 mm.min ⁻¹
Pracovní posuv - radiální	0,5 -1 000 mm.min ⁻¹
Pracovní posuv - tangenciální	0,25 -1 000 mm.min ⁻¹
Rychloposuv - axiální	2 000 mm.min ⁻¹
Rychloposuv - radialní	3 000 mm.min ⁻¹
Rychloposuv - tangenciální	2 000 mm.min ⁻¹
Celkový příkon	45 kVA
Rozměry - délka	3 870 mm
Rozměry - šířka	2 990 mm
Rozměry - výška	2 126 mm
Hmotnost	8 000 kg

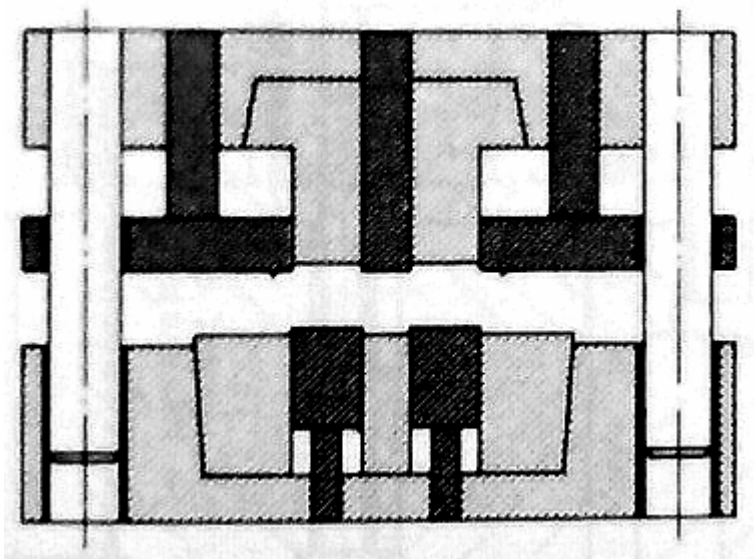
3.5 Nástroje pro přesné stříhání

Při přesném stříhání se používají nástroje dvojího druhu.

- a) Nástroje s pevným razníkem – jsou univerzální
- b) Nástroje s pohyblivým razníkem – pouze na tenké dílce s malým množstvím otvorů

Z důvodu jednodušší konstrukce a výroby přesně stříhacích nástrojů volím systém s pevným razníkem. [10]

Obr. 3.7 Nástroj s pevným razníkem [10]



Při přesném stříhání vznikají značné síly, proto má značný význam používat silně dimenzované sloupkové stojany s kluznými nebo kuličkovými vodítky. Střížná síla působí na spodní díl nástroje a přes něj přímo na řeznou desku. Síla na nátláčnou hranu je přenášena pomocí tlačných čepů na přidržovací desku. Protiběžná (vyhazovací) síla je taktéž přenášena přes tlačné čepy na vyhazovač. Výroba přesně stříhacích nástrojů je hospodárná jen tehdy, jestliže stojánky jakož i montážní elementy budou vyrobeny hromadně. [10]

Výroba nástrojů

Řezné elementy vyráběny ve stavu kaleném elektroerozivní cestou, nebo broušeny, aby nedocházelo k deformacím tvaru při tepelném zpracování. Ostatní komponenty jsou vyráběny soustružením, frézováním, hoblováním nebo broušením.

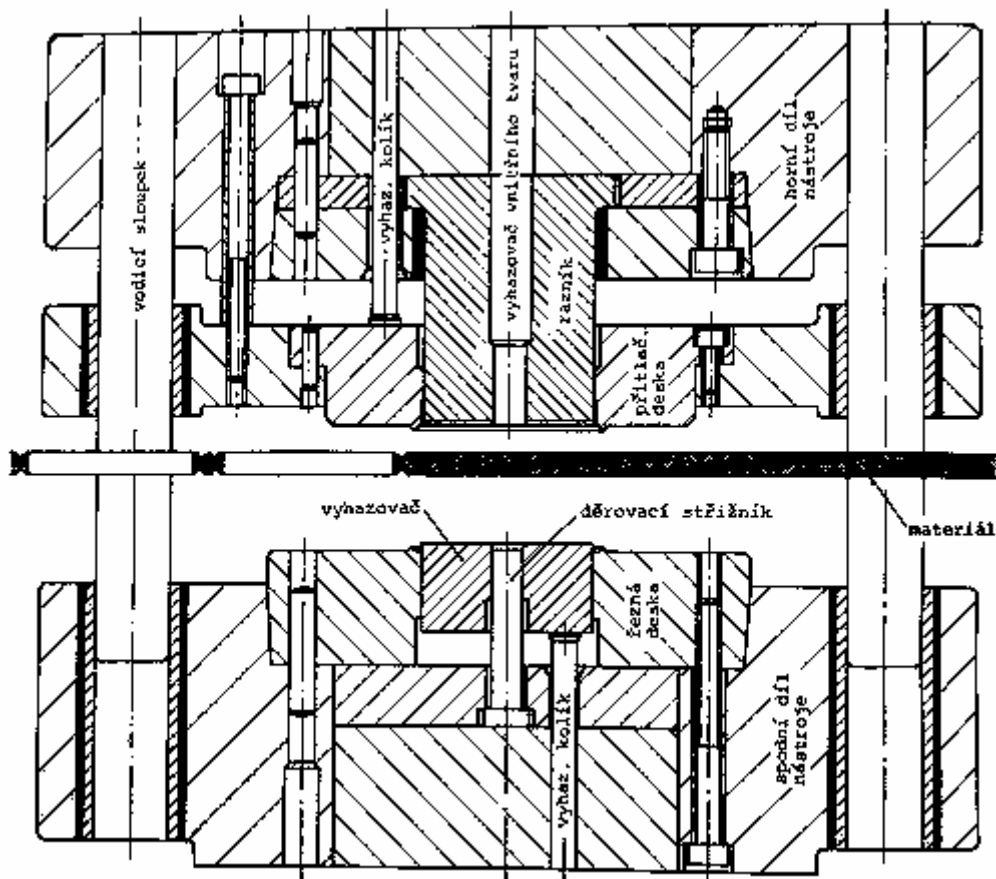
Rozhodující řezné elementy jsou:

- pro vnější tvar – řezná deska
- pro vnitřní tvar – vnitřní tvarový razník (děrovač)

Pro dosažení tvarově správných a čistých dílců je důležité dodržení správné a rovnoběžné řezné vůle. [10]

Nátláčná hrana se při tloušťce dílců do 3mm vyrábí pouze na přidržovací desce. Při tloušťce dílců větší než 3mm se vyrábí nátláčná hrana i na řezné desce. [10]

Obr. 3.8 Konstrukce přesně stříhacího nástroje s pevným razníkem [10]



3.6 Stroj pro metodu přesného stříhání

Pro účel výroba řetězového kola volím niverzální hydraulický stolní lis z řady **CUPS xx DEU** od firmy HŠV stroje Polička

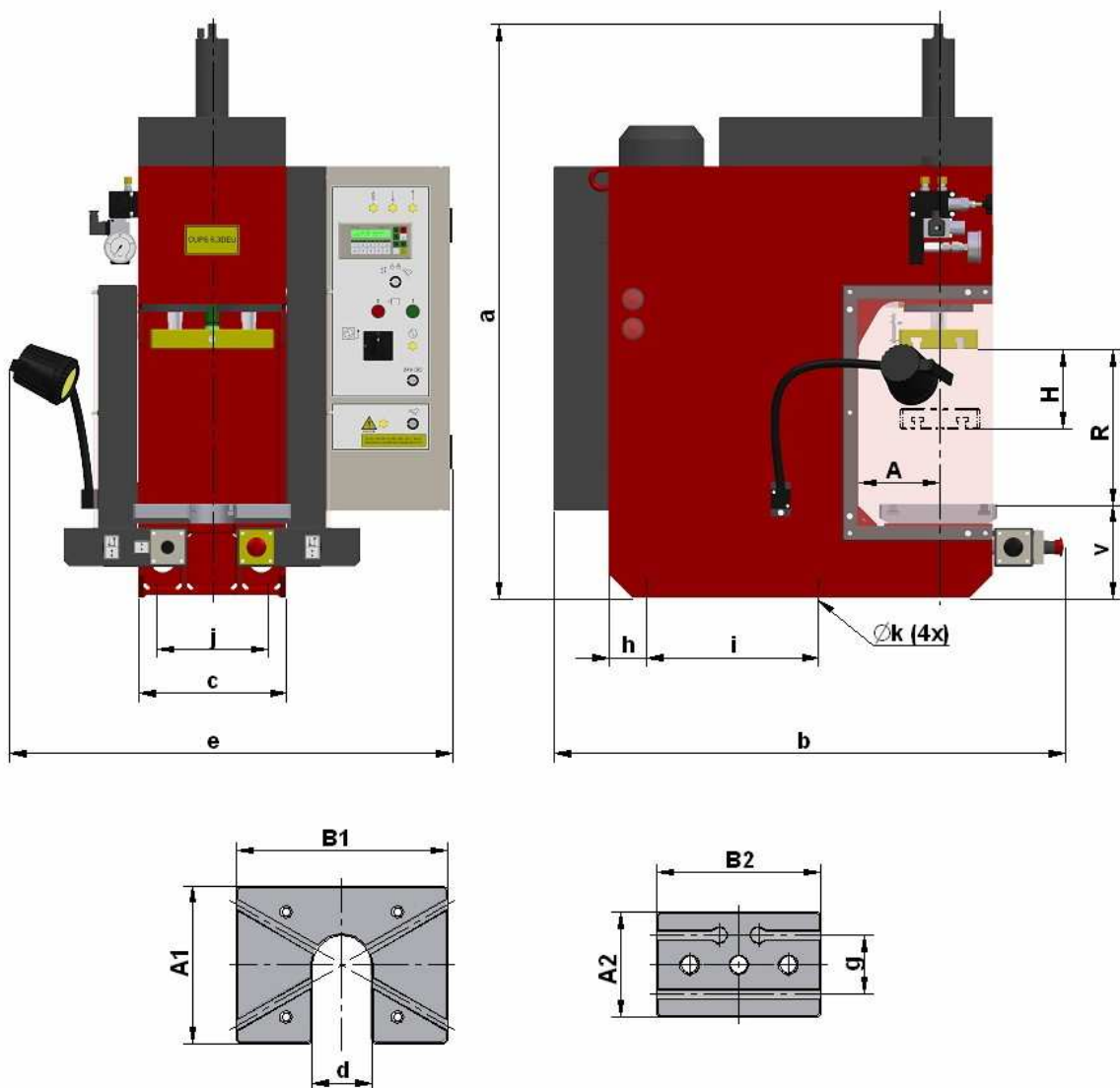
Základní charakteristika:

- bezpečnost, vysoká přesnost, tuhost a pohodlná obsluha jedním pracovníkem
- nízké nároky na spotřebu energie, nepotřebují stavební základ
- jednoduchá obsluha nabízí širokou možnost nastavení technologických parametrů
- jsou vhodné pro použití řemeslných dílnách, sériové i hromadné výrobě
- jsou vybaveny elektronickým řídicím systémem SIEMENS S7-200 a operačním panelem OP3
- paměť a uložení deseti nastavených technologických parametrů
- pracovní cyklus sestává z rychloposuvu beranu dolů, lisování a návratu do horní úvratí
- uzamykatelný přepínač pracovních režimů
- jednotlivé rychlosti beranu při rychloposuvu, lisování a návratu do horní úvratí jsou nastavitelné ve třech stupních
- plynulé absolutní odměřování polohy beranu
- programově nastavitelná prodleva v dolní úvratí [11]

Standardní vybavení stroje:

- elektrické dvouruční ovládání
- řídicí systém SIEMENS S7-200
- operační panel OP3
- plynulé absolutní odměřování polohy beranu
- mechanický doraz beranu
- programově nastavitelná prodleva v dolní úvrati
- plynulá regulace tlaku
- programově nastavitelná regulace rychlosti beranu ve třech stupních při rychloposuvu dolů, lisování a návratu do horní úvrati
- programově nastavitelné počítadlo zdvihů
- osvětlení pracovního prostoru [11]

obr. 3.9 Náčrt stroje [11]



Tab. 3.3 Technické parametry [11]

Parametr	Jedn.	velikost lisu CUPS xx DEU						
		6,3	10	16	25	40	63	
Jmenovitá síla	kN	63	100	160	250	400	630	
Jmenovitý tlak	MPa	16	13	20	20	23	27	
Pojišťovací tlak	MPa	17	14	21	21	24	27	
Jmenovitý příkon	kW	2	2,7	4,5	6	8	8	
Rychlost beranu	rychloposuv	mm/s	75 / 55 / 20	80 / 50 / 25	85 / 55 / 25	90 / 60 / 25	70 / 50 / 20	75 / 50 / 35
	pracovní posuv	mm/s	30 / 20 / 8	25 / 15 / 9	27 / 18 / 9	27 / 18 / 8	25 / 18 / 8	20 / 13 / 8
	návrat do HU	mm/s	52 / 38 / 12	38 / 25 / 12	40 / 25 / 12	40 / 27 / 12	42 / 30 / 13	80 / 55 / 40
Rozevření	R	mm	315	350	350	400	450	500
Zdvih beranu	H	mm	160	200	200	250	250	250
Výložení	A	mm	160	200	200	250	315	315
Rozměry stolu	A1xB1	mm	240x320	320x400	320x400	400x500	480x600	480x660
Rozměry beranu	A2xB2	mm	160x250	180x280	180x280	250x350	250x470	250x530
Výška	a	mm	1160	1320	1320	1570	1710	2005
Hloubka	b	mm	1050	1110	1110	1340	1620	1720
Síťka stojanu	c	mm	300	308	308	380	500	590
Propad ve stole	d	mm	90	100	100	120	120	120
Síťka lisu	e	mm	880	890	890	940	1020	1160
T-drážka		mm	14	18	18	18	22	22
Rozt. drážek beranu	g	mm	90	100	100	120	150	150
Připojovací rozměry	h	mm	75	90	90	100	150	150
	i	mm	350	350	350	450	750	950
	j	mm	225	225	225	280	340	400
	k	mm	12	12	12	20	20	20
Výška stolu	v	mm	190	205	205	260	355	430
Hmotnost	kg		360	500	560	940	1500	2230
Objem nádrže	litr		25	35	35	85	110	150
Hlučnost	dB(A)		max. 85					
Obsluha			1 pracovník (muž nebo žena)					
Prostředí			Průmyslové					

3.7 Nástroje pro výrobu řetězových kol CNC obráběním

Pro účel výroby ozubení řetězových kol volím například univerzální frézu od firmy Sumitomo. Z technologického hlediska je nutno při volbě velikosti použité frézy dbát, aby průměr frézy byl stejně veliký jako je rádius zubové mezery, pro výrobu na jednu třísku nebo menší pro vícetřískové obrábění.

Obr. 3.10 Fréza pro CNC obrábění [15]



Tab. 3.4 Technické parametry [15]

Objednací číslo	Rozměry (mm)				
	D1	D2	L1	L2	břity
F8600.3.V3.39.6.Z4	3	3	39	6	4
F8600.4.V4.51.8.Z4	4	4	51	8	4
F8600.5.V5.51.10.Z4	5	5	51	10	4
F8600.6.V6.58.12.Z4	6	6	58	12	4
F8600.7.V7.60.14.Z4	7	7	60	14	4
F8600.8.V8.64.16.Z4	8	8	64	16	4
F8600.9.V9.67.18.Z4	9	9	67	18	4
F8600.10.V10.73.20.Z4	10	10	73	20	4
F8600.12.V12.84.24.Z4	12	12	84	24	4
F8600.14.V14.84.28.Z4	14	14	84	28	4
F8600.16.V16.93.32.Z4	16	16	93	32	4
F8600.18.V18.93.36.Z4	18	18	93	36	4
F8600.20.V20.105.40.Z4	20	20	105	40	4
F8600.25.V25.121.50.Z4	25	25	121	50	4
F8600.32.V32.133.64.Z4	32	32	133	64	4

3.8 Stroj pro výrobu řetězových kol cnc obráběním

Pro účel výroby řetězového kola volím obráběcí centrum MCV 754 QUICK

Obr. 3.11 Obráběcí centrum MCV 754 QUICK [13]



Příslušenství:

Středové chlazení nástroje

Ruční oplach pracovního prostoru

Držáky nástrojů

Elektronické a ruční kolečko

Spínací sondy

Nástrojová sonda

Přenosový SW mezi CNC a PC

Kompensace teplot a deformací [13]

Tab. 3.5 Technické parametry [13]

Stůl		
Upínací plocha stolu	1000 x 500	mm
Maximální zatížení stolu	400	kg
Pracovní rozsah		
X-osa	754	mm
Y-osa	500	mm
Z-osa	550	mm
Vřeteno		
Výkon motoru SIEMENS (S1/S6 - 40%)	9 /13	kW
Max. otáčky vřetena	10000	ot/min
Kuželová dutina vřetena	ISO 40	-
Zásobník nástrojů		
Počet míst v zásobníku	24	-
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška	2590 x 2320 x 2560	mm
Hmotnost stroje	4000	kg

4. Porovnání a vyhodnocení

Frézování dělicí metodou

Tato metoda není příliš používaná. Hodí se spíše pro kusovou dílenskou výrobu. Vyžaduje vysokou kvalifikaci a zkušenost obsluhy. Přesnost a produktivita dosahovaná touto metodou je nízká.

Frézování odvalovací metodou

Tato metoda je zcela univerzální a umožňuje finální úpravu tvaru zubu s ideálním tvarem, při snadnější výrobě a vysoké produktivitě práce. Tímto způsobem je možno vytvořit jakýkoli tvar zubů. Lze obrábět i několik kusů současně. Hodí se pro sériovou výrobu i hromadnou.

Přesné stříhání

Tato metoda je velice hospodárná. Lze ji automatizovat. Po stříhání není nutno žádných dalších operací s výjimkou omílání nebo odjehlení. Kvalita výlisků je velmi vysoká a stále stejná. Hospodárnost této metody roste s rostoucím počtem vyrobených dílců. Relativně vysoké počáteční investiční náklady se v krátké době vrátí. Je vhodná pro hromadnou výrobu.

CNC výroba řetězových kol

U této metody dosahujeme velmi dobré přesnosti. Výhodou je možnost simulace výroby před její realizací a tím pádem možnost odstranění nedostatků v programu a nastavení stroje bez vyrobení zmetku. Je vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu.

Tab. 4.1 Orientační řezné rychlosti u jednotlivých metod výroby řetězových kol

Metoda obrábění	Řezná rychlost [m/min]
Frézování odvalem	15-55
Frézování dělicí metodou	20-35
CNC obrábění	120-200

U přesného stříhání neudáváme řeznou rychlost, ale počet vyrobených kusů za minutu.

Závěr:

V této práci, jejíž název je: Analýza technologie výroby řetězových kol, jsou v jednotlivých kapitolách popsány druhy řetězových převodů a řetězových kol. Dále jsou zde uvedeny technologie a metody výroby řetězových kol, stroje, nástroje a parametry používané při výrobě řetězových kol u jednotlivých metod. V poslední kapitole jsou porovnány jednotlivé technologie výroby řetězových kol, s ohledem na uplatnění ve výrobě v závislosti na počtu vyráběných kusů.

Výše uvedené metody výroby řetězových kol se neustále vyvíjí díky neustále se zlepšujícímu strojovému vybavení a rostoucí kvalitě materiálů nástrojů a tedy i nástrojů. Vlivem vývoje kvalitnějších strojů a nástrojů dochází k nárůstu produktivity práce, zvýšení přesnosti obrábění a zkrácení času výroby.

V této práci jsou popsány metody používané v současné době při výrobě řetězových kol. Konstrukce a výroba řetězového kola je náročný proces, jenž klade vysoké nároky na teoretické znalosti a dlouhodobé zkušenosti při výrobě.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČERNOCH , Svatopluk. *Strojně technická příručka*. 11. přeprac. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1959. 1868 s.
- [2] FIALA, Jaromír, SVOBODA, Pavel, ŠŤASTNÝ, Karel. *Strojnické tabulky 3 : Základní strojní součásti a montážní jednotky*. Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 700 s.
- [3] ČERNOCH , Svatopluk. *Strojně technická příručka : Druhý díl*. 10. přeprac. vyd. Praha : Práce, 1949. 919 s.
- [4] ROUŠAL, Václav. *Válečkové řetězy a řetězová kola*. 2. přeprac. vyd. Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1972. 171 s.
- [5] *Lamelové řetězy pro variátory* [online]. [2004] [cit. 2009-04-06]. Dostupný z WWW: <http://www.goos.cz/chain_tech.asp>.
- [6] *TOS Znojmo, a.s.* [online]. [1997] [cit. 2009-04-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tos-znojmo.cz/produkce/va-b/cz/sklad.htm>>.
- [7] PŘIKRYL, Zdeněk. *Nauka o obrábění*. 1. vyd. Praha : SNTL -Státní nakladatelství technické literatury, 1959. 298 s.
- [8] *ČSN 22 2702 : Odvalovací frézy na ozubení řetězových kol. 1 : ZJŠ* Brno, 1963. 8 s.
- [9] *OLPRO* [online]. 2006 [cit. 2009-04-06]. Dostupný z WWW: <<http://project.optimus.cz/olpro/detail.php?id=11108>>.
- [10] SCHMID, Heinrich. *Přesné stříhání : Hospodárná výrobní metoda*. Rapperswil : SCHMID, [2000?]. 52 s.
- [11] *HŠV Stroje, a.s.* [online]. [2008] [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.hsvpolicka.cz/3fe628d0_b2f4_4c55_9528_91f2a5ab241e.aspx>.
- [12] *TOS a.s. : Tradiční výrobce obráběcích strojů* [online]. c2008 [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.tosas.cz/lang/produkty/ozubarenske-stroje/odvalovaci-stroje/ofa-32-cnc-6>>.
- [13] *Kovosvit MAS a.s. : Obráběcí stroje* [online]. c2008 [cit. 2009-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.kovosvit.cz/2008/cs/technologie-frezovani/vertikalni/mcv-754-quick/>>.
- [14] *Pilart s.r.o. : Kovoobráběcí stroje* [online]. 2003-2005 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.pilart.cz/tables.php?section=1&manufacturer=8>>.
- [15] *TSG : nástroje-stroje-technologické služby* [online]. 2006 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.tgs.cz/cs/download/katalog+tgs.pdf>>.

- [16] ČSN 22 2712 : *Kotoučové frézy na ozubení řetězových kol. 1* : ZJŠ Brno, 1962. 4 s.
- [17] ČSN 22 2701 : *Kotoučové frézy na ozubení řetězových kol. 1* : ZJŠ Brno, 1965. 8 s.
- [18] KOVOS [online]. 2008 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.kovos-retezy.cz/retezy-gallovy-s-podlozkami.asp>>.
- [19] *Contra.cz : Pouzdrové řetězy* [online]. 2008 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <http://www.contra.cz/produkty_cz/pouzdrove_retezy.html>.
- [20] *Contra.cz : Válečkové řetězy* [online]. 2008 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <http://www.contra.cz/produkty_cz/valeckove_retezy/valeckove_retezy_standardni.html>.
- [21] *ČZ řetězy* [online]. 2006 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.frikoretezy.cz/valeckove-a-pouzdrove-retezy/valeckove-retezy-s-dlouhou-rozteci.htm>>.