

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Označování klínových a ozubených řemenů
bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pošta, CSc.
Autor práce: Adam Štěrbák

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Štěrbák

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Označování klínových a ozubených řemenů

Název anglicky

Labeling of V and timing belts

Cíle práce

Vypracovat přehled konstrukcí a technických parametrů současného sortimentu klínových a ozubených řemenů, přehled norem a doporučení pro jejich návrh a označování, srovnávací tabulku pro volbu správných rozměrů klínových řemenů při jejich výměnách.

Metodika

Provést literární rešerši na téma práce. Formou výkladu popsat konstrukci převodů klínovými a ozubenými řemeny různých druhů a provedení, uvést hlavní konstrukční zásady pro návrh převodů. Vypracovat přehled norem a technických doporučení pro návrh převodů a pro označování řemenů. Vypracovat srovnávací přehled různých používaných systémů označování řemenů a jejich vzájemných vztahů. Podle možnosti navrhnout softwarovou aplikaci pro volbu klínových řemenů.

Osnova

1. Úvod
2. Současný stav a vývoj v konstrukci a používání převodů s klínovými a ozubenými řemeny
3. Cíl práce a metodika zpracování
4. Vlastnosti a podmínky vhodného používání jednotlivých typů řemenů
5. Označování klínových a ozubených řemenů
6. Doporučení a metodika pro volbu náhradních řemenů
7. Závěry
8. Literatura

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

klínový řemen, ozubený řemen, označování řemenů, volba řemene

Doporučené zdroje informací

Černoch, S.: Strojně technická příručka. SNTL, Praha

Hnací řemeny. Dostupné z <http://www.pikron.cz/>

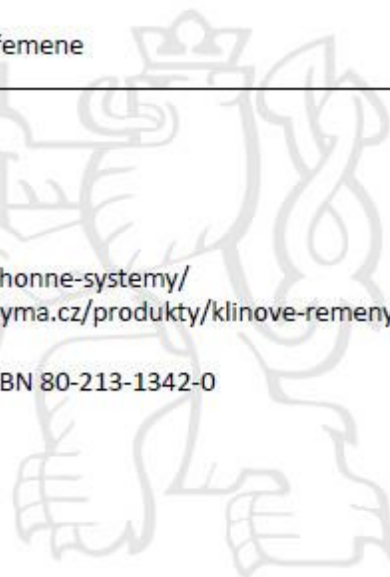
Klínové řemeny. Dostupné z <http://www.rubena.eu/>

Pohonné systémy. Dostupné z <http://www.haberkorn.cz/pohonne-systemy/>

Řemeny, převody a dopravní pásy. Dostupné z <http://www.tyma.cz/produkty/klinove-remeny/>

Webové stránky výrobců – vlastní průzkum

Zachariáš, L.: Části strojů. Učební texty, ČZU, Praha, 2005. ISBN 80-213-1342-0



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2017

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Označování klínových a ozubených řemenů vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze 29. března 2017

Adam Štěrbák

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Josefu Poštovi, CSc., za cenné rady a trpělivost, kterou se mnou měl. Napsání této práce by se v žádném případě neobešlo bez neutuchající podpory rodiny. Chtěl bych upřímně poděkovat svému otci, který mi v každé kritické chvíli dodával klid a přispěl k mému snažení nejedním odborným poznatkem.

Abstrakt: V této práci jsou popsány postupné vývojové tendence v konstrukcích řemenových pohonů. Bakalářská práce podrobně rozebírá pohony klínovými a ozubenými řemeny a seznamuje se specifiky a s přednostmi těchto pohonů. Jsou zde podány základní informace o konstrukcích a normách jednotlivých součástí pohonů klínovými a ozubenými řemeny a to včetně ukázky výpočtu pro návrh těchto pohonů. Práce předkládá přehled vlastností, konstrukčních specifik a konkrétního použití jednotlivých typů klínových a ozubených řemenů. Formou tabulek a praktických ukázek jsou zde vysvětleny systémy označování vybraných typů klínových a ozubených řemenů, které jsou vázány různými mezinárodními normami a mnohdy i jejich kombinací. V závěrečné fázi práce je představen návod pro volbu a výměnu klínových a ozubených řemenů, ve kterém je zachycen postup při určitých vzorových situacích. Celý proces výměny a servisování těchto pohonů je pak také zhodnocen z technicko-ekonomického hlediska, avšak tato problematika se jeví jako značně individuální.

Klíčová slova: klínový řemen, ozubený řemen, označování řemenů, volba řemenu

Labeling of V and timing belts

Summary: The bachelor's thesis describes the individual development phases and trends in belt drive constructions. V-belt and timing belt drives are explained in detail, highlighting the specifics and benefits of each type, covering the essential information about different constructions and standards for each of the V-belt and timing belt drive part, including exemplary calculation for the design of these drives. The thesis presents an overview of characteristics, special construction properties and specific use of the individual V-belt and timing belt drives. Tables and practical examples are presented to explain the different systems of labeling selected types of belt drives, which are bound by various international standards and often also by their combination. The final part of the thesis proposes a method for choosing and replacing V-belts and timing belts, capturing the technique in certain model situations. The entire process of replacement and servicing of these drives is assessed from technical and economical perspective, however individual this topic might seem.

Key words: V-belt, timing belt, belt labeling, belt choice

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika práce	2
4	Současný stav a vývoj v konstrukci a používání převodů s klínovými a ozubenými řemeny	3
4.1	Převody klínovým řemenem.....	4
4.1.1	Konstrukce klínových řemenů.....	4
4.1.2	Konstrukce klínových řemenic	6
4.1.3	Napínání klínového řemenu.....	7
4.1.4	Výpočet pohonu klínovým obalovaným řemenem dle ČSN 02 3111	8
4.2	Převody ozubeným řemenem	12
4.2.1	Konstrukce ozubených řemenů	13
4.2.2	Konstrukce ozubených řemenic.....	15
4.2.3	Napínání ozubeného řemenu	16
4.2.4	Výpočet pohonu ozubeným řemenem	17
5	Vlastnosti a použití jednotlivých typů řemenů	19
5.1	Klínové řemeny	19
5.1.1	Obalované.....	19
5.1.2	Řezané	21
5.1.3	Speciální	23
5.1.4	Žebrové.....	24
5.2	Ozubené řemeny	25
5.2.1	Palcové	25
5.2.2	Metrické.....	26
6	Označování klínových a ozubených řemenů	28
6.1	Klínové řemeny	28

6.1.1	Obalované úzké (DIN/ISO).....	31
6.1.2	Obalované úzké (RMA/MPTA)	33
6.1.3	Řezané úzké (DIN/ISO).....	34
6.1.4	Řezané úzké (RMA/MPTA).....	36
6.1.5	Žebrové.....	37
6.2	Ozubené řemeny.....	39
6.2.1	Palcové	40
6.2.2	HTD.....	41
7	Doporučení a metodika pro volbu náhradních řemenů	43
7.1	Klínový řemen	44
7.2	Ozubený řemen.....	46
8	Technicko-ekonomické zhodnocení	47
9	Závěr.....	49
10	Seznam literatury.....	51
11	Seznam obrázků.....	54
12	Seznam tabulek.....	55
13	Seznam příloh.....	57

1 Úvod

V dnešní době plné automobilů, továren a automatizace, kde je většina práce vykonávána pomocí strojů a kde je nutné měnit energii na mechanickou práci, jsou ve velké míře využívány řemenové převody se silovým a tvarovým stykem. Klínové a ozubené řemeny jsou tudíž mimořádně využívanými součástmi, které nalézají uplatnění v celé průmyslové výrobě a stále častěji se také uplatňují v konstrukcích spalovacích motorů. S těmito řemeny se lze mimo jiné běžně setkat v pohonech domácích spotřebičů a některých kancelářských zařízeních. Jinými slovy řečeno, s klínovými a ozubenými řemeny se setkáváme takřka na každém kroku, aniž bychom o tom mnohdy věděli.

Tyto řemeny jsou tedy klíčovými a také mimořádně namáhanými součástmi řemenových převodů a jako většina součástí mají omezenou životnost. Uživatelé zařízení, ve kterých je použit řemenový převod, se tedy dříve či později dostanou do situace, kdy je potřeba řemen nahradit. Nastane-li taková situace, kdy bude chtít uživatel svépomocí uvést pohon do bezproblémového, provozuschopného stavu, musí být původní řemen nahrazen vhodným řemenem určeným pro provoz v daném zařízení. K nákupu vhodného řemenu musí být uživatel obeznámen s poněkud krkolomnými systémy označování klínových nebo ozubených řemenů. Dále musí být poměrně podrobně seznámen s metodikou výměny těchto řemenů, s níž úzce souvisí znalosti jednotlivých konstrukcí řemenů a konstrukčních zásad týkajících se převodů klínovými a ozubenými řemeny.

Běžní uživatelé však nedisponují souhrnem tak podrobných výše zmíněných znalostí, a proto tato práce může sloužit jako určitá základní osvěta široké veřejnosti v problematice týkající se pohonů s klínovými a ozubenými řemeny.

2 Cíl práce

Cílem práce je vypracovat ucelený přehled sortimentu v současné době vyráběných klínových a ozubených řemenů včetně informací o jejich konstrukčních parametrech. V dalších bodech je úkolem vytvořit přehled norem a doporučení pro návrh pohonů těmito řemeny, shrnout a rozebrat normy a systémy používané k označování klínových a ozubených řemenů a v poslední fázi pak vytvořit srovnávací tabulku při volbě správných rozměrů klínových řemenů při jejich výměnách.

3 Metodika práce

Práce je vypracována formou výkladu, který zahrnuje informace o vývojových tendencích a v současné době používaných konstrukcích převodů klínovými a ozubenými řemeny. Jsou zde mimo jiné také obsaženy hlavní konstrukční zásady pro návrh těchto převodů. Dále jsou zde formou tabulek uvedeny a rozebrány normy pro označování různých typů klínových a ozubených řemenů. Veškeré informace jsou v závěrečné fázi uplatněny v návodu pro volbu vhodného náhradního řemenu.

4 Současný stav a vývoj v konstrukci a používání převodů s klínovými a ozubenými řemeny

Převody jsou obecně mechanismy, ve kterých je přenášen krouticí moment z hnacího hřídele na hřídel hnanou. Řemenové převody se používají z objektivních důvodů u zařízení, kde je mezi oběma hřídelemi větší osová vzdálenost a nelze již uplatnit převody třecími nebo ozubenými koly. Na hnací a hnanou hřídel jsou upevněny tzv. řemenice, které jsou propojeny pomocí řemenového opásání. Na stykové ploše vzniká mezi věncem hnací řemenice a řemenem plochých a klínových řemenů vláknové tření, u ozubených pak styk tvarový, a otáčky jsou přenášeny na řemenici hnanou. Aby byl řemen schopen přenést určitý výkon, musí být napjat určitou silou tak, aby byl v nezátíženém stavu přitlačen k oběma řemenovým kolům. Napnutím řemeny je pak zamezeno nežádoucímu prokluzu. (1)(2)

Pohony, u kterých není vyžadováno přesné dodržení převodu a kde je tolerován určitý prokluz, byly nejdříve realizovány prostřednictvím plochých hnacích řemenů vyrobených z hovězí usně. Tyto řemeny je možno vyrábět až do délky 60 m a to kombinací lepení a sešívání jednotlivých pásů. Pro úzké řemeny a pro přenos menších sil se pak pro spojování používají různé spony nebo zámky, které však při provozu negativně ovlivňují životnost řemenic. Podle druhu použitého činiva lze kožené hnací řemeny rozdělovat na řemeny z chromité nebo tříselné usně. Kvůli vyšší přilnavosti, ohebnosti a trvanlivosti se kožené řemeny mažou na vnitřní straně rybím tukem nebo lojem. V současné době se kožené řemeny stále používají u pohonů s vyžadovaným krátkodobým prokluzem a také u křížených a několikanásobných pohonů, kde má kůže po zahřátí vysokou mechanickou odolnost a životnost až 10 let. (2)(3)(4)

Zvyšujícími se požadavky na přenášený výkon a přesnost převodů byly kožené ploché řemeny postupně nahrazovány řemeny vyrobenými z pryže, případně z textilu. Pryžové řemeny se oproti koženým řemenům vyznačují především vyšší tepelnou a chemickou odolností, vyšší ohebností, menším prokluzem, přibližně dvakrát vyšší trvanlivostí a také nižšími nároky na napínání. Textilní řemeny jsou pak měkčí a méně citlivé na prach a vlhkost. Pryžové ploché řemeny se stále používají u pohonů, kde jsou vyžadovány následující vlastnosti: krátkodobý prokluz, nízké vibrace, tichý chod, vysoké rychlosti řemeny, malé průměry řemenic. Často se pak používají jako řemeny dopravní. Mimo kožených a pryžových plochých řemenů se také můžeme setkat s plochými řemeny vyrobenými z bavlny nebo oceli. (2)(3)(4)

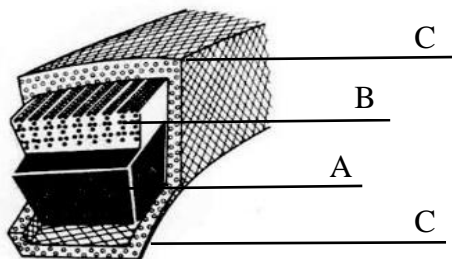
Ruku v ruce se zvyšováním produkce a stále výkonnějšími stroji se více prosazují klínové a ozubené řemeny. Oba typy těchto řemenů jsou podrobněji popsány v dalších kapitolách.

4.1 Převody klínovým řemenem

V posledních letech se ve velké míře k přenášení výkonu mezi hřídeli začaly používat klínové řemeny. Tyto řemeny jsou využívány mnohem častěji než řemeny ploché, a to díky schopnosti klínového řemenu přenášet až třikrát větší výkon při stejném napětí než u plochého řemenu. S touto vlastností souvisí i mnohem menší namáhání ložisek a také menší ohybové namáhání hřídele. Tím pádem pohony klínovými řemeny kladou menší nároky na průměry hřídelí a kvalitu ložisek. Mezi velmi ceněné vlastnosti patří klidný a tichý chod, výborné tlumení rázů přenášených mezi hnacím a hnaným strojem, v porovnání s plochými řemeny i nižší nároky na údržbu a také možnost uskutečňovat široké spektrum převodových poměrů ($i = 0,08 \div 13$) s krátkou osovou vzdáleností mezi hřídelemi. Klínové řemeny mají velmi široké uplatnění napříč celou průmyslovou výrobou. (2)

4.1.1 Konstrukce klínových řemenů

Klínové řemeny mají lichoběžníkový průřez a bývají zpravidla bezkoncevé (uzavřené). U klínových řemenů je tažná síla přenášena kordovými textilními vlákny, která jsou namočena v pryži a jsou uložena v horní části řemenu ve více vrstvách nad sebou. Spodní část řemenu je tvořena celopryžovou vložkou, viz Obrázek 1A, která zvětšuje stabilitu klínového řemenu a slouží jako flexibilní podložka části kordové. Celopryžová vložka tvoří spolu s pevnými šňůrami, viz Obrázek 1B, které jsou kvůli dobrému spojení s okolní pryží samy namočeny v pryži, jádro klínového řemenu. Jádro je pak obepnuto pryžovými nárazníky. Povrchová vrstva klínových řemenů je tvořena textilním obalem, který chrání řemeny proti chemickým a mechanickým vlivům, viz Obrázek 1C. V jeden celek jsou všechny části spojeny vulkanizací. (2)(3)



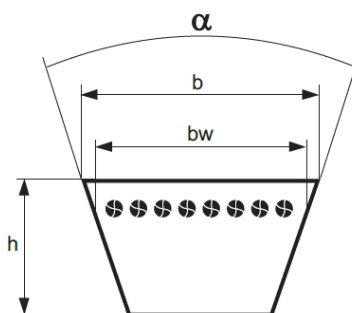
Obrázek 1 – Řez obalovaným klínovým řemenem (5)

A – celopryžová vložka

B – tažné šňůry

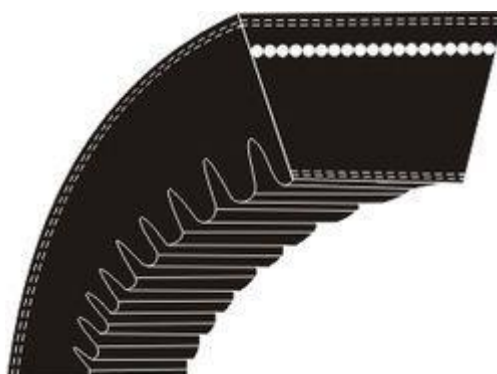
C – textilní obal

Průřezy klínových řemenů jsou dány rozměry $b \times h$, viz Obrázek 2, které vyjadřují šířku a výšku klínových řemenů. Klínové řemeny lze podle konstrukce rozdělit do dvou hlavních kategorií. Tou první jsou klínové řemeny obalované. Do druhé kategorie lze zařadit klínové řemeny řezané, viz Obrázek 3, které mají navíc oproti opláštěným na své spodní straně vroubkování zvyšující odolnost těchto řemenů vůči ohybovému namáhání. Jejich tělo však není opláštěné textilní tkaninou. (2)(4)



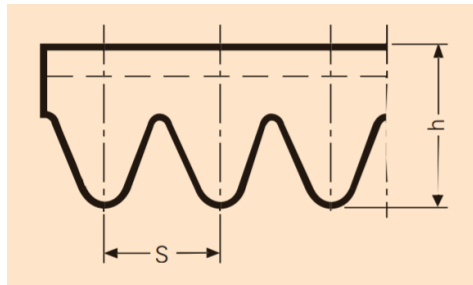
Obrázek 2 – Rozměry klínového řemenu (4)

α – úhel rozevření boků řemenu
 b – šířka řemenu
 b_w – výpočtová šířka řemenu
 h – výška řemenu



Obrázek 3 – Řezaný klínový řemen (6)

Speciální konstrukcí klínových řemenů jsou pak polyuretanové řemeny s úhlem boků řemenu $\alpha = 60^\circ$. Do kategorie klínových řemenů lze zařadit i řemeny žebrové (drážkové). Jejich průřez se však neznačí klasickým způsobem $b \times h$, nýbrž rozměry $h \times s$, které vyjadřují výšku řemenu a rozteč drážek žebrového řemenu, viz Obrázek 4. (4)



Obrázek 4 – Rozměry žebrového řemenu (7)

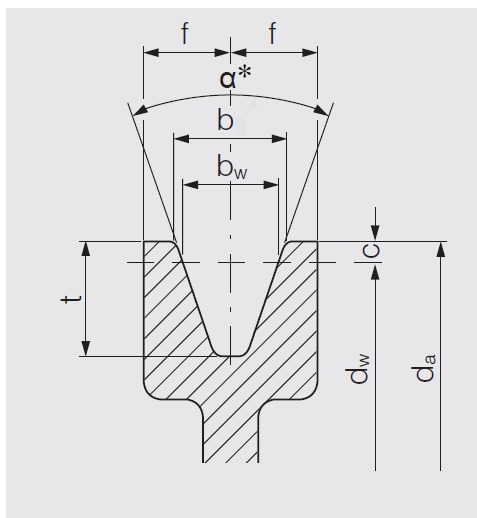
h – výška řemenu
s – rozteč drážek

Podmínkou správného přenosu výkonu je, aby klínový řemen po uvedení do provozního zatížení přiléhal celou svou boční plochou na bok drážky klínové řemenice. Proto se vyrábějí boční plochy klínových řemenů konkávního tvaru. Klínový řemen je poté za provozu vtlačován normálovou přitlačnou silou do drážky klínové řemenice. Tímto silovým působením následně dochází k deformaci bočních konkávních ploch do lichoběžníkového tvaru, čímž je docíleno těsného kontaktu řemenu s bočními stěnami drážek klínových řemenic. (2)

4.1.2 Konstrukce klínových řemenic

Nedílnou součástí pohonu klínovými řemeny jsou klínové řemenice. Tyto řemenice se pro větší výkony a rychlosti vyrábějí litím z litiny nebo oceli na odlitky. Pro menší výkony a rychlosti se přistupuje k výrobě z hliníkového plechu nebo z dřevoplastů. Ve větších klínových řemenic je drážka, jejíž rozměry, viz Obrázek 5, jsou závislé na profilu řemenice. Každá řemenice se musí po obrobění všech požadovaných ploch staticky vyvážit. Nebezpečí únavového lomu hřídele způsobeného kmitáním nevyvážené řemenice by mohlo mít fatální následky, a proto je pro řemenice s rychlostí řemenu v nad 25 m/s nezbytné také dynamické vyvážení. (2)(3)

Tyto a i další parametry týkající se klínových řemenic podléhají normalizaci ČSN 02 3180, DIN 2211 a ISO 4183.



Obrázek 5 – Schéma klínové řemenice (8)

- α^* – úhel drážky řemenice
- b – šířka drážky řemenice
- b_w – výpočtová šířka řemenice
- t – výška drážky řemenice
- c – výška drážky nad výpočtovým průměrem řemenice
- f – vzdálenost mezi osou drážky okrajem řemenice
- d_w – výpočtový průměr řemenice
- d_a – vnější průměr řemenice

Přenos sil mezi klínovými řemeny a řemenicemi je zajišťován pouze prostřednictvím bočních stran klínových řemenů, nikoli vnitřním obvodem řemenů. Na tento fakt je brán při konstrukci klínových řemenic ohled, a proto jsou vždy úhly rozevření α^* drážek klínových řemenic o $2 \div 4$ úhlové stupně menší než úhly rozevření α boků klínových řemenů. (2)

4.1.3 Napínání klínového řemenu

V praxi je nezbytné napínat řemen již za klidových podmínek tahovou silou T_0 , která je stejná v obou větvích řemenu. Vhodné napnutí řemenu má velký vliv na správný přenos výkonu a v neposlední řadě i na životnost řemenu. Pro nové řemeny se stanovuje napínací síla T_0 dle vztahu 1. Velikost napínací síly lze měřit mechanicky pomocí měřiče napnutí řemenu průhybovou metodou nebo elektronicky pomocí přístroje, který zaznamenává zvukové vlny vzniklé rozkmitáním nehybné větve řemenu. (2)(9)

$$T_0 = 0,65 \cdot \frac{P_c}{v} \quad 1$$

Kde: P_c = celkový výkon

v = rychlost řemenu

Při poklesu napínací síly T_0 na hodnotu dle vztahu 2 se musí pro zachování požadovaného přenosového výkonu a dlouhé životnosti přistoupit k opakovanému napnutí řemenu. (2)

$$T_0 = 0,52 \cdot \frac{P_c}{v} \quad 2$$

Konstrukce řemenových převodů je navrhována tak, aby bylo možné řemeny napínat, a tím zabezpečit správnou funkčnost řemenového převodu. Nejčastějším způsobem konstrukce převodů klínovými řemeny je aplikace posuvného hřídele, který má možnost pohybu ve vodorovném nebo svislém směru. Tento způsob řešení převodu s měnitelnou osou řemenic umožňuje ukládání klínových řemenů na řemenice bez napínání a jejich následné dopnutí za provozu. (2)

Další možností napínání řemenů je použití řemenového pohonu s napínací kladkou. K aplikaci tohoto převodu se přistupuje zejména při malé vzdálenosti osové vzdálenosti hřídelů a při velkém převodovém poměru. Kladka se většinou umísťuje v blízkosti menší řemenice na ramenu, které je otočné kolem osy menšího z řemenových kotoučů, nebo kolem osy s ní rovnoběžné. Nejčastěji se kladka ke klínovému řemenu přitlačuje vlastní tíhou nebo závažím. Je-li napínací kladkou napínána odlehčená větev řemenu, měla by mít kladka přibližně stejný průměr, jako je průměr menšího řemenového kotouče. (2)(3)

Hlavní výhodou zařazení napínací kladky do řemenového převodu je vyšší tření mezi řemenem a řemenicí, a tím pádem snížení hodnoty napínací síly T_0 v důsledku většího úhlu opásání. Negativem je zvýšení požadavků na kvalitu a ohebnost řemenu, protože dochází k ohýbání řemenu v obou směrech. (2)

4.1.4 Výpočet pohonu klínovým obalovaným řemenem dle ČSN 02 3111

- 1) Dle výkonu stroje P_c (při známých otáčkách menší řemenice n), pro který je pohon klínovým řemenem konstruován, se volí jeho profil, rozměry a modelový průměr malé řemenice. Jako podklad k návrhu převodového poměru slouží Tabulka 1. (2)

Tabulka 1 – Návrh profilu klínového řemenu klasického průřezu (2)

Označení profilu řemenu	Rozměry řemenu $b \times h$ [mm]	Modelový průměr malé řemenice d_{smin} [mm]	Pro celkový výkon P_c [kW]	Při otáčkách menší řemenice n [min^{-1}]
Z	10 × 6	63	0,4 ÷ 2,2	2500 ÷ 7000
A	13 × 8	90	1,5 ÷ 5,0	1500 ÷ 5000
B	17 × 11	125	2,5 ÷ 10	900 ÷ 3600
C	22 × 14	200	5,0 ÷ 20,0	600 ÷ 2250
D	32 × 20	355	10,0 ÷ 40,0	280 ÷ 1250
E	38 × 23,5	500	20,0 ÷ 80,0	160 ÷ 950
F	50 × 32	710	65,0 ÷ 160,0	80 ÷ 550

- 2) Dle poměru otáček na vstupní hřídeli n_1 a požadovaných otáček na koncové hřídeli n_2 je stanoven převod i dle vztahu 3. Podle výsledného převodového poměru i lze určit, kde se bude menší řemenice nacházet. (2)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} \quad 3$$

Kde: z_1 je počet zubů na ozubeném kole vstupní hřídele
 z_2 je počet zubů na ozubeném kole výstupní hřídele
 d_1 je průměr řemenice nebo ozubeného kola na vstupní hřídeli
 d_2 je průměr řemenice nebo ozubeného kola na výstupní hřídeli

Pokud je $i > 1$, jedná se o převod do pomala a menší řemenice je umístěna na vstupní hřídeli. Pokud je $i < 1$, jedná se o převod do rychla a menší hřídel je na koncové hřídeli. (2)

- 3) S přihlédnutím k požadavku co největších prostorových úspor se často volí skutečný střední průměr menší řemenice d_w menší, než je její modelový průměr d_{smin} . Při tom je dbáno na splnění podmínky $d_w > (2/3) \times d_{smin}$. Průměr d_w se volí podle zaokrouhlené řady R40. Výpočet řemenic podléhá normě ČSN 02 3180. (2)
- 4) Na základě vypočtených hodnot středního průměru d_w a převodového poměru i , které byly stanoveny v bodě 3, jsou provedeny následující výpočty:
- a) Zaokrouhlené řadě R40 musí vyhovovat také střední průměr velké řemenice D_w , který je určen podle vztahu 4. Následně je nezbytné podle vztahu 5 zkontrolovat otáčky n_2^* při zvoleném středním průměru velké řemenice (dle řady R40) a ověřit, zda se otáčky n_2^* neliší od n_2 více než o $\pm 3\%$. (2)

$$D_w = d_w \cdot i \cdot (1 - s) \quad 4$$

$$n^* = d_w \cdot n_1 \cdot \frac{(1 - s)}{D_w} \quad 5$$

Kde: $s = 0,015$

b) Rychlost řemenu v , se vypočte dle vztahu 6.

$$v = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_1}{60} \quad 6$$

c) Minimální osová vzdálenost a_{min} se vypočte dle vztahu 7 a po zaokrouhlení na nejbližší vyšší rozměr v milimetrech končící číslicí 0, nebo 5 je zvolena osová vzdálenost a . (2)

$$a_{min} = \frac{(D_w + d_w)}{2} + (100mm) \cdot e^y \quad 7$$

Kde: $e = 2,718$ je základ přirozených logaritmů

$$y = |i - 1| / (i + 1)$$

d) Dále se vypočte dle vztahu 8 úhel opásání menší řemenice α . (2)

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \left[\frac{(D_w - d_w)}{2 \cdot a} \right] \quad 8$$

e) Dle vztahu (9) je stanovena teoretická výpočtová délka řemenu L_{w^*} . (2)

$$L_{w^*} = \frac{2 \cdot a + \pi \cdot (D_w + d_w)}{\frac{2 + (D_w - d_w)^2}{4 \cdot a}} \quad 9$$

f) Pro nové napnutí řemenu se postupuje dle vztahu 1 a dodatečné napnutí bude vyžadováno až po poklesu síly pod hodnotu dle vztahu 2. (2)

5) Dle požadavků na daný pohon v závislosti na rychlosti řemenu v a průřezu řemenu $b \times h$ je vyhledán modelový výkon P_m , který vyjadřuje výkon přenášený jedním řemenem za

ideálních podmínek. Nicméně provoz v reálných podmínkách se od provozu v ideálních podmínkách značně liší, a proto jsou do výpočtu zahrnovány různé provozní činitele. Skutečný výkon P_1 , který může jeden řemen přenášet, je určen dle vztahu 10. (2)

$$P_1 = \frac{P_m \cdot c_\alpha \cdot c_d \cdot c_\varphi \cdot c_L}{c_p} \quad 10$$

Kde: c_α je činitel úhlu opásání

c_d je činitel vlivu $d_w < d_{smin}$

c_φ je činitel vlivu prostředí

c_L je činitel vlivu délky L_w^*

c_p je činitel krátkodobého přetížení

6) Dle vztahů 11 a 12 lze určit potřebný počet řemenů z . (2)

$$z^* = \frac{P_c}{P_1} \quad 11$$

$$z = \frac{P_c}{(P_c \cdot c_z)} \quad 12$$

Kde: z^* je výpočtový počet řemenů

c_z je opravný činitel počtu řemenů

7) V katalogu výrobce je třeba nalézt pro daný profil řemenu k teoretické výpočtové délce řemenu L_w^* nejbližší hodnotu skutečné výpočtové délky L_w . (2)

8) Aby bylo možno klínovým řemenem o skutečné výpočtové délce L_w osadit řemenice, je nezbytné upravit minimální osovou vzdálenost řemenic na jejich skutečnou vzdálenost a_0 a to dle vzorce 13. (2)

$$a_0 = 0,25 \cdot \left\{ 1,004 \cdot L_w - \frac{\pi \cdot (D_w + d_w)}{2} + \sqrt{1,004 \cdot L_w - \left[\frac{\pi \cdot (D_w + d_w)}{2} \right]^2 - 2 \cdot (D_w - d_w)^2} \right\} \quad 13$$

- 9) Nezbytnou vlastností řemenic je změna jejich osové vzdálenosti, která je nutná pro vkládání a napínání klínových řemenů. Rozsah jejich posunu je dán vztahem 14. (2)

$$(a_0 - 0,015 \cdot L_w) \leq a \leq (a_0 + 0,030 \cdot L_w) \quad 14$$

- 10) Pro naplnění požadavku dobré životnosti klínového řemenu je třeba splnit podmínku tzv. počtu ohybů O , který je dán dle vzorce 15. (2)

$$O = \frac{n}{(d_w \cdot L_w)} \leq 20000 \quad 15$$

Kde: n je počet otáček malé řemenice

4.2 Převody ozubeným řemenem

Nejnovějším druhem řemenů jsou řemeny ozubené, které se vyznačují přednostmi jak řemenů, tak i řetězů. Pohony ozubenými řemeny se používají tam, kde je nežádoucí jakýkoliv prokluz a kde je vyžadován přesný převodový poměr, a proto také mohou sloužit jako náhrada běžných pohonů ocelovými řetězy nebo ozubenými koly. Oproti nim lze pomocí ozubených řemenů pohánět i mimoběžné hřídele. Základem pohonu jsou dvě řemenice s roztečnými průměry d_1 a d_2 , které mají osovou vzdálenost a . Velikost převodového poměru i by neměla být větší než 1 : 10. Přenos sil je zajišťován prostřednictvím zubů umístěných na vnitřní, popř. i na vnější straně řemenu. Použitím oboustranného ozubení pak lze dosáhnout opačného smyslu otáčení řemenic. Hlavní devizou je vysoká účinnost až 98 %, protože prakticky celý tah je užitečný. Další předností pohonů ozubenými řemeny jsou menší nároky na napínání řemenu. Ve výsledku zde tedy vzniká menší ohybové namáhání hřídelí a také menší namáhání ložisek v porovnání s pohony plochými a klínovými řemeny. Pohony ozubenými řemeny se dále vyznačují tichým a klidným chodem, nenáročnou údržbou, pružným záběrem a nízkými náklady na údržbu. Ozubené řemeny se stále častěji využívají k pohonu ventilových rozvodů a dalších důležitých

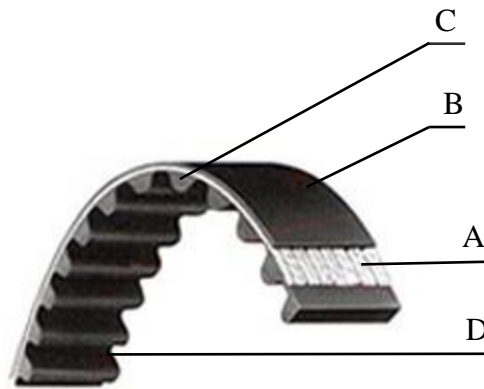
součástí čtyřdobých motorů, např.: vyvažovacích hřídelí, vstřikovacích čerpadel a čerpadel chladicí kapaliny. U motocyklů se také stále častěji využívají v sekundárních převodech.

(3)(10)(11)

4.2.1 Konstrukce ozubených řemenů

Ozubené řemeny jsou ploché hnací řemeny, které bývají zpravidla uzavřené. Výkon mezi ozubeným řemenem a ozubenou řemenicí je přenášen tvarovým záběrem zubů řemenu a řemenice. Lze rozlišovat dvě základní konstrukce ozubených řemenů, a to řemeny jednostranné a řemeny dvoustranné. Dvoustranné řemeny mohou být v provedení se symetrickými zuby (řemeny palcové) nebo se zuby přesazenými (řemeny metrické). (4)

Tažná síla je přenášena nejdůležitější částí ozubeného řemenu a tou jsou tažné kordy vyrobené ze skleněných vláken nebo z jemných ocelových lanek, viz Obrázek 6A, případně z kevlarových vláken. Tažné kordy ovlivňují pevnost, ohebnost a délkovou stabilitu ozubených řemenů. Povrchová část překrývající tažné kordy se nazývá hřbet, viz Obrázek 6B, a bývá nejčastěji vyrobena z vysoce odolného polyuretanu, nebo z neoprenové směsi. Zuby ozubeného řemenu, viz Obrázek 6C, jsou vyrobeny ze stejného materiálu jako hřbet a v případě neoprenového provedení jsou navíc potaženy polyamidovou tkaninou, viz Obrázek 6D. Ozubené řemeny se nejčastěji vyrábí jako rukáv, ze kterého se následně odřezávají jednotlivé řemeny požadovaných šířek. Další možností je výroba v ozubené metráži. Ozubené metráže jsou dodávány v rolích o stejných profilech jako končené ozubené řemeny, ze kterých lze vyrobit řemeny libovolné délky. (4)(8)



Obrázek 6 – Prvky ozubeného řemenu (12)

A – tažný kord

B – hřbet

C – zub

D – ochranná vrstva

Dle konstrukce zubů řemenu lze rozlišovat několik tvarů ozubení. Nejjednodušší konstrukcí je lichoběžníkový tvar ozubení, viz Obrázek 7. K moderním konstrukcím ozubení patří půlkulatý tvar, viz Obrázek 8, a tvar parabolický, viz Obrázek 9, které mají oproti řemenům s lichoběžníkovým tvarem ozubení lepší přenos výkonu, tišší chod a přesnější časování. Speciálním tvarem ozubení je samovodící ozubení (self track). (4)



Obrázek 7 – Lichoběžníkový tvar ozubení (13)

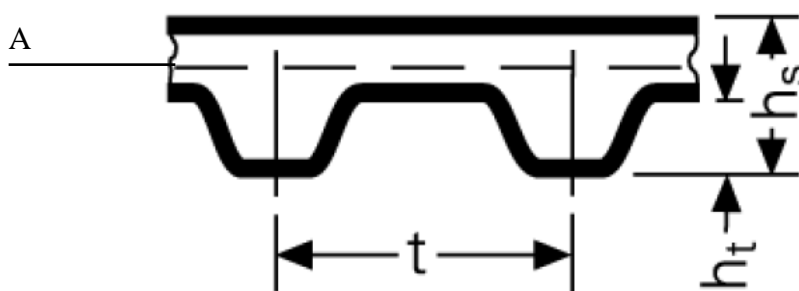


Obrázek 8 – Půlkulatý tvar ozubení (13)



Obrázek 9 – Parabolický tvar ozubení se strženým vrcholem (13)

Základními veličinami udávajícími profil ozubených řemenů, viz Obrázek 10, jsou rozteč zubu t , celková výška řemenu h_s a výška zubu h_t . U řemenů s lichoběžníkovým tvarem ozubení někteří prodejci též uvádí rozměr základny zubu S a úhel zubu β . (4)



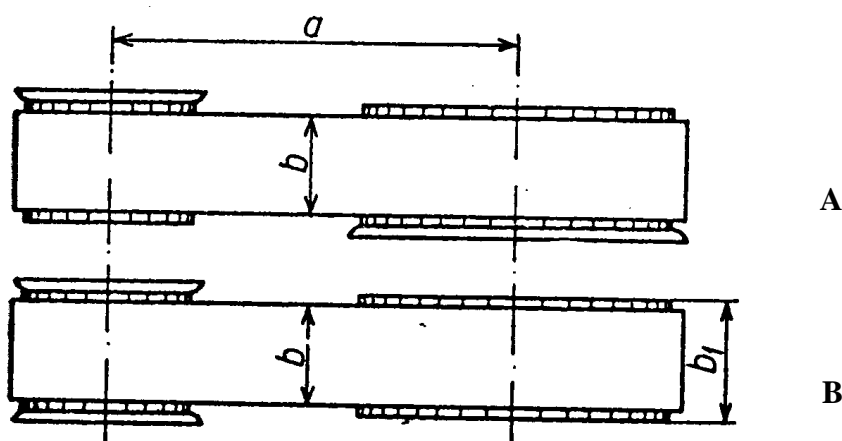
Obrázek 10 – Rozměry profilu ozubeného řemenu (14)

- A – neutrální osa řemenu
- t – rozteč zubů
- h_s – celková výška řemenu
- h_t – výška zubu

4.2.2 Konstrukce ozubených řemenic

Základní součástí pohonů ozubenými řemeny jsou ozubené řemenice, které mají po svém obvodu ozubení. Pro rozdílné typy ozubených řemenů, které se od sebe odlišují různými profily a roztečemi ozubení, je tudíž nezbytné vyrábět ozubené řemenice s odpovídajícími rozměry zubů. Roztečná kružnice ozubené řemenice je oproti ozubeným kolům s čelním ozubením shodná s neutrální osou řemenu a leží vně řemenice. Řemenice může mít nejméně 10 zubů a vyžaduje se, aby bylo v záběru nejméně 4 až 5 zubů. Ozubené řemenice podléhají normám DIN ISO 5294 a DIN 7721. (3)(9)(11)

Tyto řemenice se obvykle vyrábějí frézováním. Běžně se ozubené řemenice vyrábějí z oceli, litiny nebo hliníkové slitiny. Drsnost povrchu podléhá normalizaci dle ISO 254 a řemenice jsou vyváženy dle ISO 1940. Správnou pozici řemenu na řemenici zajišťují postranní okrajové příruby, které zamezují axiálnímu posuvu řemenu. Okrajové příruby mohou být v převodu umístěny na řemenicích střídavě proti sobě, viz Obrázek 11A, nebo po obou stranách jedné řemenice, viz Obrázek 11B. Při konstrukčním návrhu převodu by měla být dodržena vodorovná pozice hřídelí s průměrnou přípustnou odchylkou $\pm 0,25^\circ$, protože jinak hrozí nežádoucí opotřebení boční strany řemenu o okrajovou přírubu. (3)(9)(11)



Obrázek 11 – Řemenice s postranními přírubami (3)

A – příruba na jedné straně řemenice
 B – příruba na obou stranách řemenice

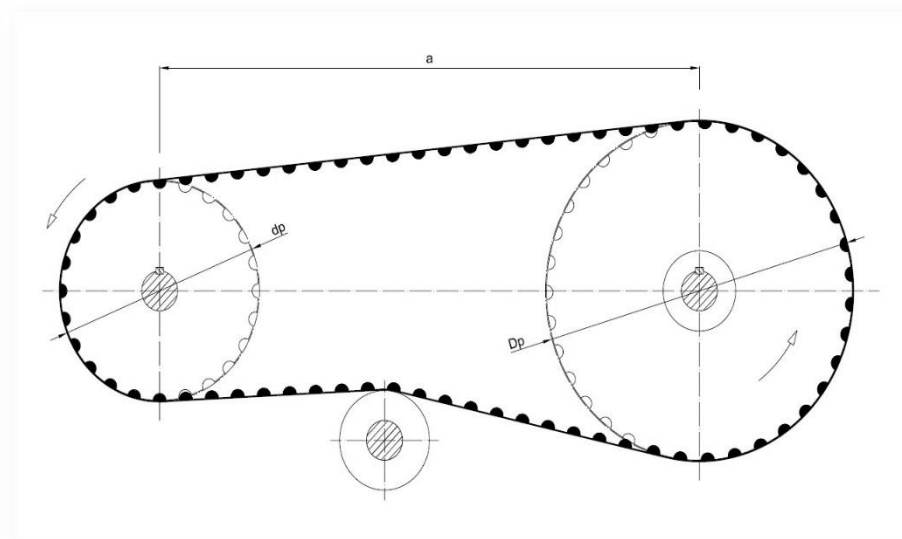
4.2.3 Napínání ozubeného řemenu

K zajištění správného chodu ozubených řemenů je nutno tyto řemeny předepínat. Správnou velikostí napínací síly je zamezeno nežádoucímu kmitání odlehčené větve řemenu, které může být zdrojem hluku a vibrací. Špatně napnutý řemen může vést v krajním případě k přeskokům zubů na ozubené řemenici, což může způsobit vážné poškození stroje. Například nesoulad otáček vačkové a klikové hřídele u čtyřdobého spalovacího motoru by mohl vést až ke „střetu“ ventilu s pístem, a tím k destrukci motoru. (11)

Napínací síla řemenu se obecně pohybuje v rozmezí hodnot $1,2 \div 1,4$ násobku maximální pracovní obvodové síly (přesnější hodnoty bývají uvedeny v konstrukčních katalozích výrobce daného řemenu). Většinou se při instalaci nastaví předpětí v rozmezí ideálních hodnot, poté se v provozu provede kontrola a napínací síla se upraví tak, aby bylo kmitání volné větve ozubeného řemenu co nejmenší. U rychloběžných převodů se napínací síla upraví s ohledem na

optimální hlukovou frekvenci. Velikost napínací síly lze kontrolovat stejně jako u klínových řemenů mechanicky pomocí měřiče napnutí řemenu průhybovou metodou nebo elektronicky pomocí přístroje, který zaznamenává zvukové vlny vzniklé rozkmitáním nehybné větve řemenu. (8)(11)

Měnitelná osová vzdálenost řemenic umožňuje kromě dopínání i pohodlnou montáž řemenu. Již při konstrukci převodu by mělo být dodrženo pravidlo minimální montážní osové vzdálenosti, která bývá obvykle o $15 \div 30$ mm menší, než je výsledná osová vzdálenost řemenic a . V případě, že nelze osovou vzdálenost řemenic přizpůsobit vyráběné délce řemenu, využívají se pak z konstrukčních důvodů napínací kladky. Tyto kladky mohou být umístěny uvnitř nebo vně řemenu, viz Obrázek 12. (10)(11)



Obrázek 12 – Převod ozubeným řemenem s napínací kladkou

d_p – roztečný průměr malé řemenice
 D_p – roztečný průměr velké řemenice
 a – osová vzdálenost řemenic

4.2.4 Výpočet pohonu ozubeným řemenem

Při návrhu převodu ozubeným řemenem se musí vycházet z pokynů výrobce ozubených řemenů, který dodává i řemenice dle příslušného katalogu, protože tato problematika doposud není řešena normou. (10)

- 1) Podle přenášeného výkonu a otáček menší řemenice přísluší zvolenému druhu řemenu rozteč zubů t , viz Příloha 1, a minimální roztečný průměr hnací řemenice d_{p1} dle doporučení výrobce. Při výpočtu roztečného průměru hnané řemenice d_{p2} se na základě požadovaného

převodového poměru vychází ze vztahu 3. Roztečné průměry řemenic jsou závislé na rozteči zubů dle vztahů 16 a 17. (10)

$$d_{p1} = \frac{z_1 \cdot t}{\pi} \quad 16$$

Kde: z_1 je počet zubů na hnací řemenici

$$d_{p2} = \frac{z_2 \cdot t}{\pi} \quad 17$$

Kde: z_2 je počet zubů na hnané řemenici

- 2) Na základě požadavku dané osové vzdálenosti a je nejprve určen úhel opásání menší řemenice α dle vztahu 18. Při znalosti úhlu α je vypočtena podle vztahu 19 evolventní funkce E_v . Poté je hledaná délka řemenu L_{w*} určena dle vztahu 20. V katalogu výrobce se podle výpočtové délky najde vhodná vyráběná délka řemenu L_w dle vztahu 21. (2)(10)

$$\alpha = 2 \arccos \left[\frac{(D_p - d_p)}{2a} \right] \quad 18$$

$$E_v \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad 19$$

$$L_{w*} = \pi \cdot D_p + (D_p - d_p) \cdot E_v \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad 20$$

$$L_w = t \cdot z_R \quad 21$$

Kde: z_R je vyráběný počet zubů řemenu, který je nejbližší hodnotě zlomku L_{w*} / t

- 3) Počet spoluzabírajících zubů z_{z1} řemenu a řemenice, určený dle vztahu 22, je důležitým faktorem pro stanovení šířky řemenu b . Jeho šířku lze vypočíst dosazením hodnot do vztahu 23. Tato šířka se poté zaokrouhlí na nejbližší vyšší katalogovou hodnotu. Šířku řemenu lze zvýšit i s ohledem na provozní bezpečnost. (10)

$$z_{z1} = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot z_1 \quad 22$$

$$b = \frac{P_1}{P_s \cdot z_{z1}}$$

Kde: P_1 je výkon motoru

P_s je výrobcem udávaný výkon řemenu vztažený na jednotku šířky řemenu a spoluzabírající pár zubů řemenu a řemenice

5 Vlastnosti a použití jednotlivých typů řemenů

Klínové i ozubené řemeny lze rozdělit dle konstrukce do několika základních kategorií. Jednotlivé kategorie se mezi sebou liší především svým profilem a velikostí přenášeného výkonu, který určuje oblast jejich použití, a také dalšími činiteli, jako jsou teplotní odolnost, odolnost proti prachu a oleji, odolnost proti rázům a ohybu. (4)

5.1 Klínové řemeny

Konstrukčním vývojem vznikaly z jednoduchých obalovaných a řezaných řemenů také další typy řemenů. V současné době je tedy možno kromě dvou základních typů rozlišovat také několik dalších druhů profilů. (4)

5.1.1 Obalované

Jedná se o starší, avšak velmi spolehlivé a rozšířené provedení klínových řemenů vyráběných technologií obalování. Vnější obal řemenu je pak tvořen tkaninou, která je z vulkanizovaná. S touto konstrukcí klínových řemenů se lze setkat ve velkém množství zemědělských a průmyslových odvětví, především pak u pohonů, kde je vyžadován určitý prokluz řemenu v řemenici. Tato vlastnost umožňuje využívat obalované řemeny jako rozběhové třecí spojky. Obalované neboli opláštěné klínové řemeny jsou také vhodné pro řemenové pohony s napínací kladkou. Obalovaná konstrukce se mimo jiné vyznačuje především výbornou odolností vůči olejům a teplotě. Pracovní teplota většiny obalovaných řemenů se pohybuje okolo $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Elektrická vodivost pak podléhá normě ISO 1813. (4)(8)

5.1.1.1 Klasický profil

Klasické (tzv. širší) profily jsou levné a univerzální profily vhodné pro běžné použití. Jsou vůbec prvním vývojovým typem profilu klínových řemenů. Širší profily se uplatňují spíše ve

starších pohonech a hodí se zejména pro pohony s nižšími nároky na přenosový výkon, jako jsou například čerpadla, kompresory, agregáty, pily, zpracovatelské stroje a frézy. U novějších pohonů se doporučují spíše modernější druhy profilů. (4)(15)

5.1.1.2 Úzký profil

Stále se zvyšující požadavky na přenosový výkon vedly výrobce k vytvoření nového úzkého profilu klínových řemenů. Úzký profil je vyvinut z klasického profilu a jednotlivé průřezy jsou vzájemně zaměnitelné, tudíž jimi lze nahrazovat řemeny klasického profilu bez nutnosti výměny řemenic. Například ke klasickému řemenu o šíři 10 mm je vyráběna také jeho úzká varianta o šíři 9,7 mm. Oproti klasickému profilu je úzký profil schopen přenést až o 100 % větší výkon, čímž se podstatně sníží počet řemenů potřebných k přenosu výkonu. Tímto profilem řemenů se osazují především konstrukce novějších strojů a to tam, kde se nehodí použít řezaný klínový řemen s vroubkováním. Uplatnění nachází v širokém spektru pohonů. Hodí se například pro použití v drtičích nebo mlýnech a u strojů, u kterých se musí řemen vyrovnávat s rázovým zatížením. Úzké obalované profily lze vyrábět dle normy ISO nebo dle normy US Standard RMA/MPTA. Řemeny vyráběné dle amerických norem se doporučují používat u strojů vyvážených do zemí, jako jsou Spojené státy americké nebo Kanada, kde jsou tyto profily standardizovány. (4)(15)

5.1.1.3 Insta-Power

Jedná se o speciální druh vysoce odolných řemenů, které jsou vyrobeny z kevlarového vlákna a odolné pryže, vhodných pro přenos výkonů do 15 kW. Jsou primárně určeny pro použití ve strojích, kde je nutné přenášet nestálý výkon a kde dochází k rázům a prokluzům. Využití nachází v sekačkách a zahradních strojích. Řemeny Insta-Power jsou vyráběny podle normy US Standard RMA/MPTA, ale mohou být použity i jako náhrada některých klasických a úzkých profilů vyráběných dle normy ISO. (4)

5.1.1.4 Násobné

Násobné řemeny jsou řemeny, které jsou tvořeny z několika jednoduchých obalovaných řemenů, jejichž hřbety jsou spojeny společným pásem v jeden celek. Lze je vyrábět ve dvou variantách, a to buď jako klasické obalované násobné nebo úzké obalované násobné řemeny, které jsou schopny přenést až o 100 % vyšší výkon než ty klasické. Násobné obalované řemeny se vyrábí ve 2 až 8 násobném provedení. Násobné řemeny jsou určeny pro vícenásobné

řemenové pohony, které mohou být osazeny i samostatnými řemeny, avšak složitější aplikace se doporučuje osazovat právě řemeny násobnými. Oproti samostatným řemenům se násobné řemeny vyznačují větší stabilitou (nepřetáčí se), jejich provoz je tišší, zajišťují rovnoměrnější tah a jsou lépe chráněny před mechanickým poškozením, avšak přenášený výkon je u obou druhů řemenů stejný. (4)

5.1.1.5 Oboustranné

Oboustranné řemeny jsou tvořeny dvěma hřbetními částmi na sobě spojenými lichoběžníkovými klínovými řemeny. V řezu tvoří oboustranný (dvojitý) klínový řemen šestiúhelník, který má tažná vlákna umístěna uprostřed řemenu. Díky tomuto umístění tažných kordů jsou oboustranné řemeny s minimálním protažením maximálně ohebné, což je předurčuje k použití v aplikacích se střídavým ohybem řemenu. Ideální jsou pak pro serpentínové pohony. Dvojité klínové řemeny se mohou používat v pohonech, kde se více řemenic nachází v jedné rovině a část z nich se otáčí v opačném směru než zbylé řemenice. Výhodou je, že pro dvojité řemeny nejsou vyžadovány žádné speciální řemenice. V praxi se s tímto typem řemenů lze setkat např. u zemědělských strojů, sekaček, spřádacích strojů, drtičů a dopravníků. (8)

5.1.1.6 Variátorové

Variátorové řemeny jsou řemeny určené přímo pro pohony s proměnlivou rychlostí, např. pro variátory zemědělských strojů. Mají vysokou účinnost a schopnost přenášet vyšší výkony při vysokém rozsahu otáček. Vyznačují se dlouhou životností a odolností proti protažení, velkou odolností proti deformaci řemenu v řemenici. Variátorové obalované řemeny pro zemědělské stroje Rubena mají tepelnou odolnost přibližně -45 °C až 80 °C a v některých provedeních i zvýšenou odolnost proti minerálním olejům a obrušování. (8)(16)

5.1.2 Řezané

Novějším typem klínových řemenů jsou řemeny řezané. Jejich výroba spočívá v rozřezání řemenového rukávu na jednotlivé řemeny a následném obroušení boků řemenů s cílem dosažení přesných rozměrů. Broušením upravené boky řemenů mají mnohem lepší přilnavost ke stěnám drážek klínových řemenic, což pozitivně ovlivňuje přenášený výkon a životnost řemenu. Oproti obalovaným se řezané řemeny vyznačují lepší konstrukcí tažných vláken, kvalitnější pracovní plochou a přesnějšími rozměry. Velkou předností pohonů řezanými řemeny je jejich kompaktnost a nízká hmotnost, protože u těchto řemenů lze používat menší řemenice

než u řemenů obalovaných. Řezané řemeny mají oproti obalovaným až o 20 % vyšší životnost, o 60 % vyšší přenosový výkon, jsou schopny snést o 30 % vyšší obvodovou rychlost a jejich provoz je podstatně tišší. Řezané řemeny se naopak nehodí pro pohony s napínací kladkou, protože zde hrozí tvoření prasklin na odlehčené straně řemenu. Značka Rubena pro své řezané řemeny udává teplotní odolnost -45 °C až 80 °C a antistatickou úpravu dle ISO 1813. (4)(8)(16)(17)

5.1.2.1 Klasický profil

Klasický profil řezaného řemenu je moderní variantou obalovaného klasického klínového řemenu, který je pro svou nižší účinnost a životnost v pohonech postupně nahrazován právě tímto typem řezaného řemenu. Použití klasických řezaných řemenů je tím pádem stejné jako u obalovaných klasických řemenů, viz 5.1.1.1. (4)

5.1.2.2 Úzký profil

Úzký profil řezaného řemenu je v současné době nejvýkonnějším typem klínových řemenů. Tímto moderním profilem se osazují nové, vysoce namáhané pohony, které kladou vysoké požadavky na přenášený výkon, na dlouhou životnost. Dále se tyto řemeny užívají tam, kde jsou vyžadovány vyšší převodové poměry a menší průměry řemenic. Úzké řezané jsou oproti klasickým řezaným řemenům schopny přenést až o 100 % vyšší výkon a lze je vzájemně zaměňovat, proto také mohou sloužit jako jejich náhrada v případě zvýšení požadavků na přenášený výkon nebo při problémech s životností. Uplatnění nachází v širokém spektru strojírenských aplikací. Stejně jako u úzkých obalovaných řemenů lze i úzké řezané řemeny vyrábět dle normy ISO nebo dle normy US Standard RMA/MPTA. Pro použití řemenů dle amerických norem platí stejné doporučení, viz 5.1.1.2. (4)

5.1.2.3 FHP

FHP řemeny jsou řemeny vyráběné dle normy US Standard RMA/MPTA, které jsou určeny pro lehké pohony do 1 HP (horsepower). Mezi přednosti tohoto typu řemenů patří dobrá délková stabilita, olejvzdornost a antistatické vlastnosti. Běžně se používají např. v domácích spotřebičích nebo robotických systémech. (4)

5.1.2.4 Násobné

Násobné řezané řemeny mají de facto stejnou konstrukci a oblast použití jako násobné řemeny obalované, viz 5.1.1.4. Hlavním rozdílem je velikost přenášeného výkonu, pro který platí stejná podmínka jako při srovnání jednoduchých řezaných řemenů a jednoduchých obalovaných řemenů, tzn., že násobné řezané řemeny jsou schopny přenášet až o 60 % vyšší výkon než násobné řemeny obalované. Úzké řezané násobné řemeny jsou pak schopny přenášet až o 100 % vyšší výkon než klasické řezané násobné řemeny. (4)

5.1.2.5 Úzký profil pro automobily

Úzké řezané řemeny určené pro automobily jsou vhodné k dlouhodobému používání ve spalovacích motorech. Způsob jejich výroby je shodný s výrobou průmyslových řemenů. Jejich konstrukce je však upravena pro vysoký výkon a otáčky, dále pro bezúdržbový provoz a velmi dlouhou životnost. Mají zvýšenou odolnost vůči minerálním olejům a obroušování. Pro vícekotoučové pohony je pak nezbytné, aby měly všechny řemeny v sadě stejnou délku a stejnou toleranci, což zaručuje stejnoměrné rozdělení výkonu mezi jednotlivé řemeny. Pomocí úzkých řezaných řemenů určených pro automobily, jsou u spalovacích motorů poháněny pomocné agregáty, jako jsou kompresor klimatizace, ventilátor chladiče, servořízení a alternátor. (4)(18)

5.1.2.6 Variátorové

Řezané variátorové řemeny se používají stejně jako obalované variátorové řemeny u pohonů s plynulou změnou otáček. Variátorové řemeny s vnitřním vroubkováním se vyznačují zvýšenou flexibilitou a výbornou příčnou tuhostí v řemenicích i při změnách průměru opásání. Vnitřní vroubkování zlepšuje ohebnost řemenu a zajišťuje velkou stykovou plochu s drážkou řemenice, což má pozitivní vliv na odvod tepla. (4)(8)

5.1.3 Speciální

Mezi speciální řemeny lze zařadit polyuretanové řemeny se širokým klínem, které mohou být vyráběny v samostatném nebo v násobném provedení. Jsou to řemeny vhodné pro malé vysokootáčkové stroje s otáčkami až 30 tis. ot/min. V praxi se s nimi můžeme setkat v pohonech ručního nářadí, soustruzích, CNC strojích a u dřevoobráběcích a kovoobráběcích strojů. (8)

5.1.3.1 Polyuretanové 60° klasické

Tyto polyuretanové řemeny mají úhel boků 60°, což zajišťuje dobré rozložení tahových sil při velkých obvodových rychlostech. Vyznačují se nízkou hmotností, tichým a stabilním chodem bez vibrací až do rychlosti 90 m/s. Jsou vhodné pro malé rozměry řemenic a krátké osové vzdálenosti. Horní strana řemenu je tvořena vroubkovaným povrchem, který snižuje ohybové namáhání řemenu a zvyšuje jeho příčnou tuhost. Jejich kord je vysoce odolný proti délkovým změnám, a jako takové jsou tyto řemeny odolné vůči ozónu, olejům, teple a také vůči většině chemikálií. Např. polyuretanové řemeny Polyflex od firmy Gates jsou teplotně odolné v rozmezí -54 °C až 80 °C. (4)(8)

5.1.3.2 Polyuretanové 60° násobné

Hlavní výhodou násobných polyuretanových řemenů je lepší stabilita než u jejich klasického provedení. Co se týká konstrukce, vlastností, přenášeného výkonu a použití, tak jsou násobné polyuretanové řemeny shodné s klasickými polyuretanovými řemeny, viz 5.1.3.1. Počet klínů je závislý na délce řemenu, např. firma Pikron nabízí tyto řemeny až ve 22 násobném provedení. (4)

5.1.4 Žebrové

Žebrové neboli drážkové řemeny jsou řemeny, které nesou vlastnosti plochých a klínových řemenů. Jejich spodní strana je osazena podélnými klínovými žebry, jenž tvoří velkou stykovou plochu. Tím pádem jsou drážkové řemeny schopny přenášet vysoký výkon bez nežádoucího prokluzu. Jsou tudíž vhodné pro kompaktní pohony s obvodovou rychlostí řemenu do 60 m/s a vysoké převodové poměry až 1 : 40. Žebrové řemeny mohou být vyrobeny z pryže, nebo polyuretanu. Některé profily mohou být též nabízeny v elastickém nebo vysokovýkonném provedení. Elastické žebrové řemeny obsahují pružná polyamidová vlákna, kdežto vysokovýkonné jsou vybaveny pevnými aramidovými vlákny. (4)

5.1.4.1 Průmyslové

Průmyslové žebrové řemeny jsou vyráběny ve formě rukávu s 33 až 210 žebry, a až následně se u prodejce z rukávu odřezává požadovaný počet žeber. Vyznačují se dlouhou životností a chodem téměř bez vibrací. Hodí se také pro pohony, ve kterých jsou aplikovány vnější napínací kladky. Teplotní odolnost průmyslových žebrových řemenů se pohybuje v rozmezí-

30 °C až 80 °C. V praxi se s nimi lze setkat v různých odvětvích lehkého i těžkého průmyslu a také u některých domácích spotřebičů. (4)

5.1.4.2 Automobilové

Automobilové žebrové řemeny postupně v automobilovém průmyslu nahrazují obyčejné klínové řemeny. Jedním z předních výrobců automobilových žebrových řemenů je společnost Dayco, která tyto řemeny vyrábí ze speciálního EPDM (ethylene-propylene-diene-monomer) materiálu. Tento materiál splňuje požadavky na velmi dlouhou životnost, tichý chod a teplotní odolnost až 130 °C. Firma Dayco nabízí žebrové řemeny i v oboustranném a elastickém provedení. Elastické žebrové řemeny pak v pohonech nepotřebují žádné pomocné napínací systémy. Výrobci většinou dodávají automobilové žebrové řemeny již odříznuté z rukávu. (4)

5.2 Ozubené řemeny

Hlavním faktorem ovlivňujícím vlastnosti a použití synchronních řemenů je jejich konstrukce, tzn. materiály, ze kterých jsou vyrobeny. Dalším důležitým měřítkem je profil ozubení, který výrazně ovlivňuje velikost přenášeného výkonu a životnost řemenu. Podle soustavy, ve které je stanovena rozteč zubů, lze rozlišovat ozubené řemeny palcové a metrické.

5.2.1 Palcové

Palcové řemeny mají lichoběžníkový profil zubů, který je dnes považován za zastaralý, protože je schopen přenášet menší výkony než řemeny s novějšími profily zubů. Tyto řemeny jsou vyráběny ve variantě jednostranné nebo dvoustranné se symetrickými zuby. Podle materiálu, ze kterého jsou palcové řemeny vyráběny, lze rozlišovat dvě provedení, a to buď neoprenové, nebo polyuretanové. Neoprenové řemeny mají tělo a zuby z chloroprenového kaučuku, které jsou chráněny polyamidovou tkaninou. Tažné vlákno pak bývá skelné. Polyuretanové provedení má tělo a zuby z polyuretanu a tažné vlákno bývá ocelové nebo kevlarové. Co se týká výkonových parametrů, tak je polyuretanové provedení výkonnější než provedení neoprenové a je schopno přenášet až 150 kW. Palcové řemeny jsou levným a dostupným řešením pohonů, používaným hlavně ve starších průmyslových aplikacích nebo u pohonů s běžnými nároky na přenášený výkon. Běžně se s nimi lze setkat i v pohonech různých kancelářských strojů. (4)(8)(13)

5.2.2 Metrické

Oproti konstrukčně starším palcovým řemenům mají metrické řemeny stanovenou rozteč zubů v metrické soustavě. Metrické ozubené řemeny jsou vyráběny s různými profily ozubení, které se mezi sebou liší velikostí přenášeného výkonu. Většina profilů metrických řemenů je pak vyráběna v jednostranném i dvoustranném provedení, které má přesazené zuby. Obecně pro metrické řemeny platí, že jsou schopny přenášet větší výkony než řemeny palcové a mají též větší životnost. (13)

5.2.2.1 Lichoběžníkový tvar ozubení

Pro svou výbornou mechanickou odolnost v tahu byl lichoběžníkový tvar ozubení převzat od palcových řemenů i k modernějším metrickým ozubeným řemenům. Mezi metrické řemeny s lichoběžníkovým profilem ozubení se řadí ozubené řemeny s označením T, AT a ATP. Tyto řemeny mají polyuretanovou konstrukci, která je zpevněna kostrou z ocelových nebo kevlarových tažných vláken. (4)

5.2.2.1.1 T profil

Řemeny s označením T jsou základním typem metrických řemenů, které nacházejí uplatnění v aplikacích s širokým rozsahem přenášeného výkonu. Jsou vysoce odolné proti otěru a také vůči oleji, benzínu, UV záření a ozónu. Teplotní odolnost se pohybuje mezi $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Podle velikosti profilu je lze použít jak pro pohony malých pohonů kancelářské techniky, tak i pro pohony ručních zařízení, čerpadel a obráběcích strojů. Polyuretanové tělo mimo jiné zajišťuje bezprašný provoz, což umožňuje použití také v potravinářství. (4)

5.2.2.1.2 AT profil

AT profil je optimalizovaným provedením ozubení konstrukčně vycházejícím z T profilu, viz 5.2.2.1.1. Ozubení AT profilu má oproti svému předchůdci širší základnu a vrchol zubu, což zvyšuje velikost přenášeného výkonu až o 50 %. Uplatnění nachází v pohonech středních a velkých strojů, jako jsou např.: čerpadla, kompresory, obráběcí a textilní stroje nebo pohony transportních aplikací. (4)

5.2.2.1.3 ATP profil

ATP profil je dalším vývojovým typem konstrukce lichoběžníkového ozubení. Tento profil má oproti T a AT profilům jednotlivé zuby rozdělené na dva menší, čímž je celkový povrch zubu zvýšen o 70 %. Tato konstrukční úprava vede ke zvýšení přenášeného výkonu až o 60 % při současném prodloužení životnosti a snížení hlučnosti o 10 dB. Tento profil se doporučuje použít v aplikacích s požadavky na přesné časování a používá se také v pohonech tiskových, obráběcích a textilních strojů. (4)

5.2.2.2 Půlkulatý a parabolický tvar ozubení

Křivkový tvar zubu potlačuje soustředění napětí v kořenech zubů, čímž je zvýšena životnost a výkonnost řemenu. Ozubením čistě půlkulatého tvaru, viz Obrázek 8, jsou osazeny ozubené řemeny profilu HTD. Nicméně u některých výrobců nabyl čistě půlkulatý tvar drobných změn. S těmito modifikovanými řemeny půlkulatého profilu se lze setkat pod označením RPP, případně HTD P a HPPD. Další změnou vznikl, s již více upraveným tvarem zubů vycházejícím ze základního půlkulatého typu, parabolický tvar zubů. Tento typ profilu je použit u řemenů s označením STD. Půlkulatým nebo jinak upravenými profilem jsou vybaveny také všechny vysokovýkonné ozubené řemeny. (4)(8)

5.2.2.2.1 HTD a RPP profily

S označením HTD vstoupil na trh výrobce Gates a jedná se o v současné době nejvšestrannější typ ozubených řemenů. Označení RPP zavedla na trh společnost Dayco a jsou to řemeny s mírně odlehčeným vrcholem zubu. Tato úprava by měla zajišťovat lepší časování náběhu zubu v porovnání s čistě půlkulatým profilem zubu. Obě provedení jsou schopna pracovat při vysokých otáčkách až do 20000 ot./min a přenášet výkony do 1000 kW. Tělo těchto řemenů je vyrobeno z neoprenu. Zuby jsou z téhož materiálu jako tělo, a pro větší odolnost jsou navíc potaženy polyamidovou tkaninou. Tažný prvek je vyroben ze skelného vlákna. HTD a RPP řemeny jsou vysoce odolné vůči otěru a jejich provoz je tichý. Odolávají též oleji, ozónu a vlhkosti a v některých provedeních jsou antistatické. Oproti palcovým řemenům mají HTD řemeny až o 25 % vyšší odolnost proti přeskočení zubu. V praxi je možno je použít podle velikosti rozteče zubů jak v malých zařízeních, jako jsou domácí spotřebiče a kancelářská technika, tak i ve velkých zařízeních, jako jsou automobily, zemědělské stroje a průmyslové pohony. (4)(8)(13)

5.2.2.2.2 STD profil

Řemeny nesoucí označení STD byly vyvinuty firmou GoodYear a jsou vybaveny ozubením speciálního parabolického tvaru se strženým vrcholem. Tento tvar zajišťuje tichý a přesný náběh zubů. STD řemeny jsou vyrobeny ze stejných materiálů jako HTD řemeny, viz 5.2.2.2.1. V porovnání s klasickými HTD řemeny jsou schopny přenášet vyšší výkony a doporučuje se používat je v zařízeních s požadavky na přesné časování, jako jsou soustruhy, kompresory a rozvodové pohony u spalovacích motorů. (4)

5.2.2.2.3 Vysokovýkonné

Vysokovýkonné řemeny jsou vyrobeny z ještě odolnějších materiálů než klasické HTD a STD řemeny, což je předurčuje k přenosu nadstandardních výkonů. V případě řemenů Powergrip od výrobce Gates se jedná až o 130 % výkonu oproti klasickému HTD profilu. Některé typy vysokovýkonných řemenů mají univerzální profil půlkulatého ozubení a lze je tak používat v klasických HTD a RPP řemenicích. Jedná se např. o řemeny řady Blackhawk výrobce GoodYear nebo již výše zmíněné řemeny Powergrip. Pro některé typy vysokovýkonných řemenů, jako jsou např. řemeny Falcon (GoodYear) nebo Poly Chain (Gates), je nutné používat speciální HTC řemenice nebo k nim kompatibilní řemenice Poly Chain. Vysokovýkonné řemeny lze používat v širokém spektru průmyslových aplikací, kde jsou kladeny vysoké požadavky na životnost a přenášený výkon. Např. řemeny Falcon a Poly Chain jsou v praxi výbornou alternativou řetězových pohonů. (4)(8)

6 Označování klínových a ozubených řemenů

Pro potencionálního zákazníka je při nákupu a výměnách klínových a ozubených řemenů jedním z hlavních úskalí právě jejich označování, protože jednotlivé profily podléhají různým normám, a tím pádem i různým systémům označování. V označení řemenu bývají zahrnuty informace o jeho profilu, délce, šířce, případně počtu zubů, klínů a žeber, což jsou nezbytné parametry pro nákup řemenu. Označování vybraných druhů klínových řemenů je podrobněji rozebráno v kapitolách 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4, 6.1.5., 6.2.1 a 6.2.2.

6.1 Klínové řemeny

Specifikace jednotlivých klínových řemenů se řídí různými mezinárodními standardy, které udávají, v jakých mírách a délkách se daný průřez řemenu označuje. V katalogích výrobců se

lze např. běžně setkat s rozměry řemenů udávanými jak v anglických jednotkách palcích ("), tak i v jednotkách metrických, kterými jsou milimetry (mm). Palcovými mírami se označují řemeny podléhající normalizaci dle amerického standardu RMA (Rubber Manufacturers Association). Jednotky metrické jsou pak používány u řemenů normalizovaných dle norem ISO (International Organization for Standardization), DIN (Deutsches Institut für Normung) a amerického standardu MPTA (Mechanical Power Transmission Association). Přepočet z palců na milimetry je dán vztahem 24. (4)(19)

$$1" = 25,4\text{mm} \quad 24$$

Prvním krokem k porozumění označení klínového řemenu je identifikace profilu. Profil je označován běžnému člověku na první pohled nic neříkajícími velkými písmeny mnohdy kombinovanými s čísly. Nicméně označení profilu podává velmi důležité informace o konstrukci a průřezu konkrétního řemenu, viz 4.1.1. Znalost těchto dat je tudíž pro volbu vhodného řemenu nezbytná. Základní profily klínových řemenů jsou uvedeny, viz Tabulka 2 a Tabulka 3, kde lze zpozorovat jistou shodu mezi vyráběnými průřezy klasických profilů obou konstrukcí. Průřezy úzkých klínových řemenů jsou u obou konstrukcích totožné. Profily žebrových řemenů jsou uvedeny níže, viz Tabulka 4. Jednotlivé průřezy žebrových řemenů se mohou mezi jednotlivými výrobci drobně odlišovat výškou h , viz Tabulka 23, rozteč drážek je však u většiny výrobců shodná.

Tabulka 2 – Základní profily klínových obalovaných řemenů (4)(8)(14)

Klínové řemeny obalované					
Klasický profil		Úzký profil		Dvoustranné	
Označení profilu	Průřez $b \times h$ (mm)	Označení profilu	Průřez $b \times h$ (mm)	Označení profilu	Průřez $b \times h$ (mm)
5	5 × 3	SPZ	9,7 × 8	HAA/AA	13 × 10
Y/6	6 × 4	SPA	12,7 × 10	HBB/BB	17 × 13
8	8 × 5	SPB	16,3 × 13	HCC/CC	22 × 17
Z/10	10 × 6	SPC	22 × 18	HDD/DD	32 × 25
A/13	13 × 8	3V/9N	9 × 8		
B/17	17 × 11	5V/15N	15 × 13		
20	20 × 12,5	8V/25N	25 × 23		
C/22	22 × 14				
25	25 × 16				
D/32	32 × 20				
E/40	40 × 25				

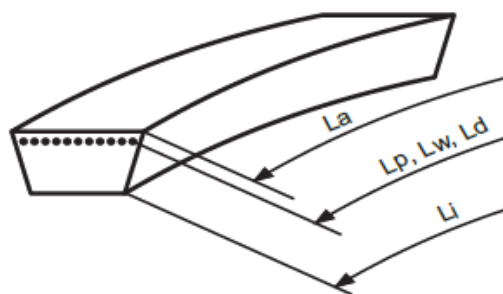
Tabulka 3 – Základní profily klínových řezaných řemenů (4)(14)(16)

Klínové řemeny řezané			
Klasický profil		Úzký profil	
Označení profilu	Průřez b × h (mm)	Označení profilu	Průřez b × h (mm)
X5	5 × 3	XPZ	9,7 × 8
YX	6 × 4	XPA	12,7 × 10
X8	8 × 5	XPB	16,3 × 13
ZX	10 × 6	XPC	22 × 18
AX	13 × 8	3VX/9NX	9 × 8
BX	17 × 11	5VX/15NX	15 × 13
X20	20 × 12,5	8VX25NX	25 × 23
CX	22 × 14		

Tabulka 4 – Profily žebrového řemenu (14)

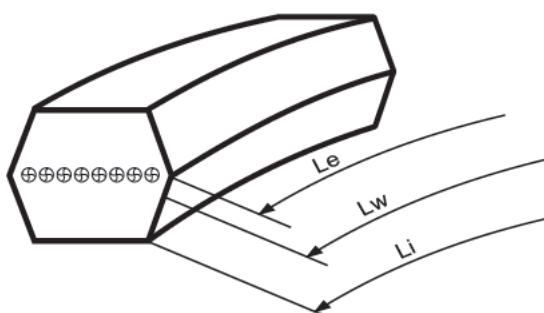
Žebrový řemen	
Označení profilu	Průřez h × s (mm)
PH/H	3,00 × 1,60
PJ/J	3,80 × 2,34
PK/K	5,00 × 3,56
PL/L	7,50 × 4,70
PM/M	14,50 × 9,40

Při výběru klínového řemenu je kromě označení profilu velmi důležitým faktorem také délka řemenu. U klínových řemenů lze rozlišovat různé délky, viz Obrázek 13. Vnější délka L_a představuje obvod měřený na vnější straně řemenu. Oproti tomu obvod měřený na vnitřní straně řemenu vyjadřuje vnitřní délku L_i . Výpočtová délka řemenu L_p , L_w , L_d (dále jen L_w) představuje obvod neutrálních vláken řemenu, které mají při ohybu řemenu stále stejnou délku a jsou umístěna přibližně ve $2/3$ jeho výšky. U žebrových a oboustranných klínových řemenů se navíc uvádí tzv. efektivní neboli tažná délka L_e , viz Obrázek 14, která odpovídá přibližně střední délce oboustranného klínového řemenu. Jedna z výše zmíněných délek, která je primárně uváděna v označení řemenu daného profilu a je délkou hlavní, se nazývá délka nominální nebo také jmenovitá. (4)(8)



Obrázek 13 – Délky klínového řemenu (4)

L_a – vnější délka
 L_w – výpočtová délka
 L_i – vnitřní délka



Obrázek 14 – Délky oboustranného klínového řemenu (4)

L_e – efektivní délka
 L_w – výpočtová délka
 L_i – vnitřní délka

6.1.1 Obalované úzké (DIN/ISO)

Označování úzkých obalovaných řemenů podléhá evropské normalizaci dle DIN 7753/1 a ISO4184. Tyto normy předepisují uvádět v označení výpočtovou délku L_w , která je též délkou nominální, viz Tabulka 5. V nabídkách jednotlivých výrobců lze nalézt tento druh řemenů pod různými obchodními názvy, viz Tabulka 5, avšak klíčovým parametrem při vyhledávání řemenu je označení profilu klínového řemenu, viz Tabulka 6. (14)

Tabulka 5 – Výrobci úzkých obalovaných klínových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO (5)(14)(20)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy		Nominální délka
		DIN 7753/1	ISO 4184	
Continental - ContiTech	Conti-V Narrow	Lw (mm)	Lw (mm)	Lw (mm)
Gates	Delta Narrow			
	Super HC			
Optibelt	SK			
	Red Power3			
Rubena	Profi Plus			

Tabulka 6 – Profily úzkých obalovaných řemenů dle DIN/ISO a přepočty délky (14)

Profil	DIN 7753/1	SPZ	SPA	SPB	SPC
	ISO 4184				
Průřez $b \times h$ (mm)		9,7 × 8	12,7 × 10	16,3 × 13	22 × 18
Přepočet délky na L_a (mm)		Lw + 13	Lw + 18	Lw + 22	Lw + 30

Normy DIN a ISO používají k pojmenování profilu úzkého obalovaného klínového řemenu písmena „SP“, která v kombinaci s dalším písmenem (např. „A“) určují i konkrétní průřez řemenu. Délka je pak dle normy vyjádřena nominální délkou L_w . Označení dle DIN a ISO je vysvětleno níže, viz Tabulka 7.

Tabulka 7 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle DIN/ISO

Norma	DIN 7753/1 a ISO 4181
Označení	SPA 1332 L_w
Vysvětlení	SPA = profil
	1332 L_w = výpočtová délka

U některých prodejců se lze setkat se „starým značením“, ve kterém je profil určen číselně rozměrem b . Např. rozměr $b = 12,7$ odpovídá profilu SPA. Přepočet z L_w na L_a , viz Tabulka 6, lze využít, neoznačuje-li prodejce řemeny dle norem DIN a ISO, ale právě tímto původním označením, ve kterém je délka řemenu vyjádřena délkou L_a . Ekvivalentní „staré značení“ řemenu SPA 1332 L_w je popsáno níže, viz Tabulka 8.

Tabulka 8 – Příklad „starého značení“ úzkého obalovaného řemenu

Norma	Staré značení
Označení	12,7 x 1350 La
Vysvětlení	12,7 = rozměr b = 12,7 mm
	1350 La = vnější délka

6.1.2 Obalované úzké (RMA/MPTA)

Tyto řemeny podléhající normalizacím dle amerických standardů RMA a MPTA. U obou norem je délka uváděna ve vnější délce La , ovšem pokaždé v odlišných jednotkách. Norma RMA používá pro označování palcové míry, kdežto norma MPTA využívá jednotky metrické. Nominální délkou je pak délka La měřená v palcích. Výrobci a obchodní názvy těchto řemenů včetně normovaných délek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 9. Profily a průřezy úzkých obalovaných klínových řemenů dle norem RMA a MPTA jsou také uvedeny níže, viz Tabulka 10. (20)

Tabulka 9 – Výrobci úzkých obalovaných klínových řemenů a jejich délky dle norem RMA/MPTA (14)(20)(21)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy		Nominální délka
		RMA	MPTA	
Continental - ContiTech	Conti-V Narrow	La/10 (")	La (mm)	La/10 (")
Megadyne	Kompatex			
Optibelt	SK			
	Red Power3			

Tabulka 10 – Profily úzkých obalovaných řemenů dle RMA/MPTA

Profil	RMA	3V	5V	8V
	MPTA	9N	15N	25N
Průřez $b \times h$	RMA	3/8 " \times 21/64 "	5/8 " \times 35/64 "	1 " \times 7/8 "
	MPTA (mm)	9 \times 8	15 \times 13	25 \times 23

Americká norma RMA používá k pojmenování profilu úzkého obalovaného klínového řemenu kombinaci číslo-písmeno např. „5V.“ Číslo v označení profilu vyjadřuje velikost rozměru b

klínového obalovaného řemenu. Délka je poté uvedena hodnotou desetkrát větší, než je skutečná vnější délka L_a řemenu a tato délka je též délkou nominální. Označení dle normy RMA je znázorněno níže, viz Tabulka 11.

Tabulka 11 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle RMA

Norma	RMA
Označení	5V 1000
Vysvětlení	5V = rozměr $b = 5/8$ "
	1000 = $L_a/10$ ("

Označení úzkých obalovaných řemenů dle normy MPTA využívá k označení podobnou kombinaci číslo-písmeno jako norma RMA. Ekvivalentním značením k profilu „5V“ je dle normy MPTA označení „15N“. Číslo v označení profilu vyjadřuje oproti normě RMA velikost rozměru b klínového obalovaného řemenu v metrických jednotkách. Délka uváděná v označení odpovídá vnější délce L_a . Označení dle normy MPTA je znázorněno níže, viz Tabulka 12.

Tabulka 12 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle MPTA

Norma	MPTA
Označení	15N 2540
Vysvětlení	15N = rozměr $b = 15$ mm
	2540 = L_a (mm)

6.1.3 Řezané úzké (DIN/ISO)

Úzké řezané řemeny podléhají normám DIN 7753/1 a ISO 4184, tudíž stejným normám jako obalované úzké řemeny, viz 6.1.1. Výrobci a obchodní názvy řezaných úzkých řemenů včetně normovaných délek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 13. Vyráběné profily jsou pak také popsány níže, viz Tabulka 14. (14)

Tabulka 13 – Výrobci úzkých řezaných klínových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO (8)(14)(16)(20)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy		Nominální délka
		DIN 7753/1	ISO 4184	
Continental - ContiTech	Conti-V FO Advanced	Ld/Lw (mm)	Ld/Lw (mm)	Ld/Lw (mm)
Gates	Quad Power III			
	Quad Power 4			
	Super HC MN			
Optibelt	Super X- Power			
	Super E- Power			
Rubena	Profi Plus-X			

Tabulka 14 – Profily úzkých řezaných řemenů dle DIN/ISO a přepočet délky

Profil	DIN 7753/1	XPZ	XPA	XPB	XPC
	ISO 4184				
Průřez b × h (mm)		9,7 × 8	12,7 × 10	16,3 × 13	22 × 18
Přepočet délky na La (mm)		Lw + 13	Lw + 18	Lw + 22	Lw + 30

Dle norem DIN a ISO se profily úzkých řezaných řemenů označují písmeny „XP.“ Další písmeno v označení profilu (např. „A“) představuje konkrétní průřez řemenu. Délka je pak dle normy vyjádřena nominální délkou L_w . Označení dle DIN a ISO je vysvětleno níže, viz Tabulka 15.

Tabulka 15 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle DIN/ISO

Norma	DIN 7753/1 a ISO 4181
Označení	XPA 1450 L_w
Vysvětlení	XPA = profil
	1450 L_w = výpočtová délka

6.1.4 Řezané úzké (RMA/MPTA)

Pravidla pro označování délky úzkých řezaných řemenů podléhajících normalizacím dle amerických standardů RMA a MPTA se řídí stejnými podmínkami, jako u obalovaných úzkých řemenů, viz 6.1.2. Výrobci a obchodní názvy úzkých řezaných řemenů včetně normovaných délek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 16. Profily a průřezy úzkých řezaných řemenů dle norem RMA a MPTA jsou také uvedeny níže, viz Tabulka 17. (20)

Tabulka 16 – Výrobci úzkých řezaných klínových řemenů a jejich délky dle norem RMA/MPTA (14)(20)(22)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy		Nominální délka
		RMA	MPTA	
Continental - ContiTech	Conti-V FO Advanced	La/10 (")	La (mm)	La/10 (")
Megadyne	Kompatex Cog Belt			
Optibelt	Super X- Power			
	Super E- Power			

Tabulka 17 – Profily úzkých řezaných řemenů dle RMA/MPTA

Profil	RMA	3VX	5VX	8VX*
	MPTA	9NX	15NX	25NX
Průřez b × h	RMA	3/8 " × 21/64 "	5/8 " × 35/64 "	1 " × 7/8 "
	MPTA (mm)	9 × 8	15 × 13	25 × 23
*profil 8VX/25NX je nabízen pouze výrobcem Megadyne				

Označování profilu a délky úzkých řezaných řemenů dle americké normy RMA se řídí stejnými pravidly jako u úzkých obalových řemenů (RMA), viz 6.1.2., navíc je ale v označení obsaženo písmeno „X“, které vyjadřuje, že se jedná o řezanou variantu řemenu. Ve výsledku může vypadat označení profilu např. takto: „5VX“. Celé označení úzkého řezaného řemenu dle normy RMA je znázorněno níže, viz Tabulka 18.

Tabulka 18 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle RMA

Norma	RMA
Označení	5VX 1000
Vysvětlení	5VX = rozměr b = 5/8 "
	1000 = La/10 (")

Ekvivalentním značením k profilu „5VX“ je dle normy MPTA označení „15NX“. Označování profilu a délky úzkých řezaných řemenů dle americké normy MPTA se pak řídí stejnými pravidly jako u úzkých obalových řemenů (MPTA), viz 6.1.2. Označení úzkého řezaného řemenu dle normy MPTA je znázorněno níže, viz Tabulka 19.

Tabulka 19 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle MPTA

Norma	MPTA
Označení	15NX 2540
Vysvětlení	15NX = rozměr b = 15 mm
	2540 = La (mm)

6.1.5 Žebrové

Žebrové řemeny podléhají normalizaci dle DIN 7867 a ISO 9982. Tyto normy předepisují uvádět v označení efektivní délku Le , která je též délkou nominální, viz Tabulka 20. U některých výrobců, např. u výrobce Gates, se lze setkat též s efektivní délkou Le vyjádřenou dle americké normy RMA v palcových jednotkách. Obchodní názvy jednotlivých výrobců včetně normovaných délek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 20. Názvy profilů a jejich konkrétní průřezy včetně různých konstrukčních variant jsou také uvedeny níže, viz Tabulka 21. (4)

Tabulka 20 – Výrobci žebrových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO/RMA (16)(23)(24)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy			Nominální délka
		DIN 7867	ISO 9982	RMA	
Continental - ContiTech	Conti-V Multirib Standard/Power/Elast/ Automotive	Le (mm)	Le (mm)	Le (")	Le (mm)
Optibelt	RB/ERB				
	Car Power RBK				
Rubena	MultiVRC				

Tabulka 21 – Profily žebrových řemenů dle DIN/ISO/RMA (16)(23)(24)

Profil	DIN 7867/ISO 9982	PH*	PJ	PK	PL	PM	
	RMA	H	J	K	L	M	
Rozměr (mm)	ContiTech/Rubena**	h	3	3,8	5	7,5	14,5
		s	1,6	2,34	3,56	4,7	9,4
	Optibelt	h	≈ 2,50	≈ 3,30	≈ 4,60	≈ 7,0	≈ 13,0
		s	1,6	2,34	3,56	4,7	9,4

Profily PJ, PK jsou nabízeny i ve variantách určených pro automobilový průmysl.
Profil PK určený pro automobilový průmysl je nabízen i v oboustranném provedení.
Profily PH, PJ, PK jsou nabízeny i v elastickém provedení.
Profily PH, PJ jsou nabízeny i v polyuretanovém provedení.
 *profil PH je standardně nabízen pouze výrobcem Optibelt
 **výrobce Rubena nabízí pouze profil PK

Žebrové řemeny označované dle norem DIN 7867 a ISO 9982 používají k pojmenování profilu žebrového řemenu písmeno „P“, které v kombinaci s dalším písmenem (např. „K“) určuje i konkrétní průřez řemenu. Délka je pak dle normy vyjádřena efektivní délkou *Le*. Označení žebrového řemenu dle DIN a ISO je vysvětleno níže, viz Tabulka 22.

Tabulka 22 – Příklad označení žebrového řemenu dle DIN/ISO

Norma	DIN 7867 a ISO 9982
Označení	6 PK 630
Vysvětlení	6 = počet žeber
	PK = profil
	630 = <i>Le</i> (mm)

V označení žebrových řemenů dle normy RMA je délka uvedena hodnotou desetkrát větší, než je jeho skutečná efektivní délka *Le*. Ekvivalentním značením k profilu „PK“ je dle normy RMA označení „K“. Kompletní označení žebrového řemenu dle normy RMA je znázorněno níže, viz Tabulka 23.

Tabulka 23 – Příklad označení žebrového řemenu dle RMA

Norma	RMA
Označení	248K
Vysvětlení	248 = <i>Le</i> /10 (")
	K = profil

6.2 Ozubené řemeny

Mezi ozubené řemeny, jejichž označování se řídí mezinárodními normami DIN, případně ISO, se řadí pouze ozubené řemeny palcové nebo ozubené řemeny metrické s lichoběžníkovým tvarem ozubení. Pacové řemeny se konkrétně řídí normou ISO 5296, a protože se jedná o synchronní řemeny původně vyvinuté v Americe, tak je rozteč jejich zubů stanovena v palcové soustavě, nicméně výrobci standardně uvádí jejich rozměry i v metrických jednotkách. Metrické řemeny s lichoběžníkovým tvarem ozubení jsou normalizovány dle DIN 7721. Výroba a označování ostatních typů metrických řemenů je v režii jednotlivých výrobců a prodejců konkrétních značek ozubených řemenů. (4)

Označení profilu ozubených řemenů je velmi důležitým faktorem při určování konstrukce daného typu řemenu. Jednotlivé profily ozubených bývají označovány velkými písmeny, která jsou mnohdy doplněna o číselný údaj. Samotný název profilu zákazníkovi podává informaci o tvaru a rozteči ozubení. Bližší informace o konstrukci ozubených řemenů, viz kapitola 4.2.1. Základní profily ozubených řemenů různých tvarů ozubení s konkrétními roztečemi zubů jsou uvedeny níže, viz Tabulka 24 a Tabulka 25.

Tabulka 24 – Základní profily ozubených řemenů s lichoběžníkovým tvarem ozubení (4)(14)

Lichoběžníkový tvar ozubení			
Palcové řemeny		Metrické řemeny	
Označení profilu	Rozteč t (mm)	Označení profilu	Rozteč t (mm)
MXL	2,032	T2,5	2,5
XL	5,08	T5	5
L	9,525	T10	10
H	12,7	T20	20
XH	22,225	AT5	5
XXH	31,75	AT10	10
		AT20	20

Tabulka 25 – Základní profily ozubených řemenů s půlkulatým a parabolickým tvarem ozubení (4)

Půlkulatý tvar ozubení HTD		Parabolický tvar ozubení STD	
Metrické řemeny			
Označení profilu	Rozteč t (mm)	Označení profilu	Rozteč t (mm)
2M	2	S2M	2
3M	3	S3M	3
5M	5	S4,5M	4,5
8M	8	S5M	5
14M	14	S8M	8
20M	20	S14M	14

Délka ozubených řemenů L_w (tzv. pitch length) je vyjádřena obvodem měřeným po neutrální ose řemenu, viz Obrázek 10 (A). Tato délka je zároveň nominální délkou pro označování ozubených řemenů.

6.2.1 Palcové

Označování palcových řemenů se řídí mezinárodní normou ISO 5296. Tato norma předepisuje uvádět v označení řemenu výpočtovou délku L_w , která je vyjádřena v palcích. Výpočtová délka L_w je tudíž u palcových řemenů také délkou nominální. Informace o vybraných výrobcích, obchodních názvech a normované délce těchto řemenů jsou uvedeny níže, viz Tabulka 26. Nejdůležitějšími parametry při vyhledávání palcového řemenu jsou označení profilu, viz Tabulka 27. Všechny standardizované šířky jednotlivých profilů jsou uvedeny v přílohách k této práci, viz Příloha 2.

Tabulka 26 – Výrobci palcových ozubených řemenů a jejich délka dle normy ISO (25)(26)

Výrobce	Obchodní název	Délka dle normy	Nominální délka
		ISO 5296	
Continental - ContiTech	Synchrobelt Trapez	Lw/10 (")	Lw/10 (")
Optibelt	ZR		

Tabulka 27 – Profily palcových řemenů dle ISO (26)

Profil		MXL	XL	L	H	XH	XXH
Rozměr (mm)	t	2,032	5,800	9,525	12,700	22,225	31,750
	hs	1,20	2,30	3,60	4,00	11,20	15,7
	ht	0,51	1,27	1,91	2,29	6,35	9,53

Palcové řemeny označované dle normy ISO 5296 používají k pojmenování profilu písmena, např. „XL.“ V označení palcového řemenu však na prvním místě stojí výpočtová délka, která je uvedena hodnotou desetkrát větší, než je skutečná výpočtová délka L_w . Šířka řemenu je pak uvedena hodnotou stokrát větší, než je jeho skutečná šířka b ("). Označení palcového řemenu dle normy ISO je vysvětleno níže, viz Tabulka 28.

Tabulka 28 – Příklad označení palcového řemenu dle ISO

Norma	ISO 5296
Označení	90 XL 025
Vysvětlení	90 = $L_a/10$ (")
	XL = profil
	025 = $b/100$ (")

6.2.2 HTD

Protože ozubené řemeny HTD nepodléhají žádné mezinárodní normě, tak je jejich označování čistě v režii jednotlivých výrobců. V katalogu výrobce nebo prodejce konkrétní značky těchto řemenů pak lze většinou nalézt příklad kompletního označení daného profilu včetně údajů o délce a šířce řemenu. Označení profilu, skládajícího se z čísla vyjadřujícího rozteč zubů t v kombinaci s písmenem „M“, se však drží všichni výrobci HTD řemenů. Některé výrobce těchto řemenů a obchodní názvy pojmenování řemenů včetně informace o uváděné délce lze nalézt níže, viz Tabulka 29.

Tabulka 29 – Výrobci ozubených řemenů HTD a jejich délka (14)(25)

Výrobce	Obchodní název	Nominální délka
Continental - ContiTech	Synchrobelt HTD	Lw (mm)
	Synchroforce HTD	
Optibelt	HTD	
	Omega	

Profily HTD řemenů vyráběných firmou Continental včetně jejich rozměrů a poskytovaných šířek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 30. Označení HTD řemenu používané prodejcem řemenů Continental je také popsáno níže, viz Tabulka 31.

Tabulka 30 – Profily HTD řemenů Continental (14)

Profil		3M	5M	8M	14M	20M
Rozměr (mm)	t	3,00	5,00	8,00	14,00	20,00
	hs	2,40	3,60	5,60	10,00	13,20
	ht	1,20	2,10	3,40	6,10	8,40
	b	6;9;15	9;15;25	20;30;50;85	40;55;85;115; 170	115;170;230 ;290;340
Profily 5M, 8M, 14M jsou nabízeny i v oboustranném provedení						

Tabulka 31 – Příklad označení HTD řemenu dle prodejce řemenů značky Continental (14)

Výrobce	Continental
Označení	05M-0270-15
Vysvětlení	05M = profil 5M
	0270 = Lw 270 mm
	15 = b

Profily HTD řemenů vyráběných firmou Optibelt včetně jejich rozměrů a poskytovaných šířek jsou uvedeny níže, viz Tabulka 32. Označení HTD řemenu firmy Optibelt je také popsáno níže, viz Tabulka 33. Jedná se o řemen se shodnými parametry, které má řemen výrobce Continental popsány také níže, viz Tabulka 31.

Tabulka 32 – Profily HTD řemenů Optibelt (25)

Profil		2M*	3M	5M	8M	14M
Rozměr (mm)	t	2,00	3,00	5,00	8,00	14,00
	hs	1,30	2,30	3,40	5,40	9,50
	ht	0,70	1,10	1,90	3,20	5,60
	b	3;6;9	6;9;15	9;15;25	20;30;50;85	40;55;85;115; 170
*nestandardní rozměr Profily 5M, 8M, 14M jsou nabízeny i v oboustranném provedení						

Tabulka 33 – Příklad označení HTD řemenu dle výrobce Optibelt (25)

Výrobce	Optibelt
Označení	270 5M 15
Vysvětlení	270 = Lw (mm)
	5M = profil
	15 = b

7 Doporučení a metodika pro volbu náhradních řemenů

K výměnám klínových nebo ozubených řemenů může dojít z různých objektivních důvodů. Ať už se jedná o výměnu preventivní, kdy je maximální doporučená doba provozu řemenu stanovena výrobcem, nebo o výměnu vynucenou, kdy už řemen není schopen plnit svou funkci z důvodu poškození, je třeba řemen nahradit vhodnou variantou řemen, která zajistí bezproblémovou funkci pohonu, viz kapitoly 7.1. a 7.2.

V případech, kdy je řemen vyměňován např. z důvodu nestandardního chodu, znečištění, nadměrného opotřebení nebo v krajním případě prasknutí, je nutné provést kromě samotné výměny řemenu i další opatření, protože jinak se bude daný problém s nejvyšší pravděpodobností opakovat. Životnost řemenu může být ovlivněna např. špatným skladováním, nesprávným napnutím, vydřenou nebo vylomenou řemenicí, nesouosostí řemenic, špatným vyvážením řemenic nebo nesprávnou montáží řemenu. Pokud je řemen kontaminován olejem nebo jinými nečistotami, tak se přistupuje k jeho očištění směsí glycerinu a denaturovaného lihu v poměru 1 : 10. Důležitým pravidlem je, že dojde-li u pohonu složeného z více řemenů k poškození byť jen jediného z nich, doporučuje se nahradit všechny řemeny sadou řemenů shodného typu od stejného výrobce. Požadavky na skladování, čištění a údržbu produktů z gumy jsou normalizovány dle DIN 7716. (27)(28)

7.1 Klínový řemen

Velkou výhodou pohonů uskutečňovaných pomocí klínových řemenů je jejich poměrně velká variabilita. Různé profily jednoduchých a v některých případech i násobných řemenů, které lze použít v řemenicích podléhajících normám DIN 2211 a ISO 4183, jsou znázorněny níže, viz Tabulka 34. V jednom typu řemenice lze tudíž použít hned několik různých profilů a zaleží jen na zákazníkovi, který z daných profilů zvolí. Konstrukčně nejstarší klasické obalované řemeny bývají většinou nahrazovány výkonnějšími a odolnějšími úzkými řemeny, a to v obalovaném nebo řezaném provedení. Řemeny úzkých profilů 3V/9N, 5V/15N, resp. 3VX/9NX a 5VX/15NX, podléhající americkým standardům RMA/MPTA bývají standardně nahrazovány k nim ekvivalentními profily podléhajícími normám DIN/ISO, tzn. profily SPZ, SPB, resp. XPZ a XPB. (9)(29)

Tabulka 34 – Kompatibilita řemenic dle DIN 2211 a ISO 4183 (9)

Kompatibilita řemenů v řemenicích dle DIN 2211 a ISO 4183*				
Typ řemenice	SPZ	SPA	SPB	SPC
Profil řemenu	Z/10	A/13	B/17	C/22
	SPZ	SPA	SPB	SPC
	3V/9N	-	5V/15N	-
	ZX	AX	BX	CX
	XPZ	XPA	XPB	XPC
	-	HAA/AA	HBB/BB	HCC/CC
	3VX/9NX	-	5VX/15NX	-
*platí pro všechny zmíněné profily jednoduchých řemenů a pro násobné řemeny v profilech SPZ, SPA, SPB, SPC				

Profily klínových řemenů, které zde nejsou uvedeny, viz Tabulka 34, je možno provozovat pouze v řemenicích vyrobených na zakázku. Všechny násobné řemeny s výjimkou profilů SPZ, SPA, SPB, SPC, je možno používat z důvodů jiné vzdálenosti drážek e pouze ve speciálních řemenicích. (29)

V praxi se obsluha stroje může setkat při výměně řemenu s několika situacemi:

1. Řemen je neporušen a označení je čitelné

Jedná se o nejméně komplikovanou situaci, při které stačí odečíst označení původního řemenu a objednat řemen stejného profilu a délky. Jedná-li se o řemen, který lze nahradit jiným profilem, viz Tabulka 34, a obsluha stroje se rozhodne pro jinou variantu řemenu,

pak je nezbytné porovnávat délky řemenů v jejich výpočtových délkách L_w . Hodnoty L_w jednotlivých profilů nebo případně návody na přepočet z L_a a L_i , bývají standardně uvedeny v katalogích prodejců, viz Příloha 3. (4)

2. Řemen je neporušen a označení je nečitelné

V této situaci je v první řadě nezbytné určit konstrukci řemenu. Po prvním vizuálním kontaktu s řemenem je možno snadno rozeznat, zda se jedná o řemen jednoduchý nebo násobný. Po podrobnějším ohledání lze určit, zda je to řemen obalovaný, který má hladký povrch, nebo řemen řezaný, který má broušené boční strany a vroubkování na spodní straně řemenu. Dalším krokem je stanovení hodnot šířky řemenu b a výšky řemenu h , které je možno změřit např. pomocí posuvného měřítka. Znalost těchto hodnot umožní zákazníkovi určit profil řemenu, viz Tabulka 2 a Tabulka 3. Délku řemenu lze změřit např. pomocí krejčovského metru, který obtočíme kolem vnějšího obvodu řemenu. Naměřená hodnota představuje vnější délku L_a . Délku L_a lze podle potřeby přepočítat i na jiné délky, viz Příloha 3. Poté lze v katalogu výrobce vyhledat řemen adekvátních rozměrů.

Jedná-li se o řemen profilu, který je kompatibilní s řemenicemi dle DIN 2211 a ISO 4183, viz Tabulka 34, postupuje se stejně jako v předchozím bodě. (30)

3. Řemen je zničený, označení je nečitelné a řemen nelze změřit

Nastane-li taková situace, při které není možno změřit přímo rozměry řemenu, musí se přistoupit k měření rozměrů řemenic. Aby byl zákazník schopen určit, který řemen do původních řemenic koupit, musí být provedeno několik měření. V první řadě je nezbytné stanovit šířku b a výšku t drážky klínové řemenice, viz Obrázek 5. Jedná-li se o násobnou řemenici, tak i vzdálenost drážek e . Shodují-li se tyto hodnoty s rozměry řemenice některého z profilů normalizovaných dle norem DIN 2211 a ISO 4183, viz Příloha 4, může být v pohonu aplikován řemen některého z profilů, viz Tabulka 34. Dle charakteru pohonu se v těchto řemenicích doporučuje použít úzké řemeny buď to obalované, nebo řezané konstrukce. (4)

Za předpokladu, že se jedná o převod využívající řemenice normalizované dle DIN 2211 a ISO 4183, které mají měnitelnou vzdálenost hřídelí, viz 4.1.3., a je splněna podmínka dle vzorce 14, lze výpočtovou délku řemenu L_w vyjádřit ze vzorce 13. K určení této délky je třeba znát výpočtové průměry řemenic d_w a D_w , které lze po změření celkových průměru d_a a D_a snadno vypočítat ze vztahů 25 a 26.

$$d_w = d_a - 2c \quad 25$$

$$D_w = D_a - 2c \quad 26$$

7.2 Ozubený řemen

Při výměnách ozubených řemenů je variabilita vzájemných záměn značně omezena tvarem zubů. Výjimkou jsou jen řemeny o profilech HTD a RPP, které sice mají odlišný tvar zubů, ale lze je provozovat na shodných řemenicích. Ale i za předpokladu, že se jedná o dva stejně široké řemeny se zuby shodného tvaru, jejich záměna může ztroskotat na odlišné rozteči zubů. Z toho vyplývá, že na daném typu řemenice lze používat pouze odpovídající profil řemenů.

Stejně jako u výměny klínového řemenu, tak i u výměny toho ozubeného se může obsluha stroje setkat s různými situacemi:

1. Řemen je neporušen a označení je čitelné

V této situaci pouze stačí odečíst označení původního řemenu a objednat (nejlépe od stejného výrobce) řemen původních rozměrů.

2. Řemen je neporušen a označení je nečitelné

Pokud je již označení řemenu nečitelné, řemen je třeba identifikovat podrobnějším ohledáním. V první řadě je třeba určit, z jakého materiálu je řemen vyroben. Základním vodítkem k určení materiálu je barva řemenu. Černé řemeny jsou vyrobeny z pryže a ty světlé jsou polyuretanové. Vysokovýkonné řemeny mají navíc oproti standardním řemenům z boční strany viditelná kevlarová tažná vlákna, která jsou podobná provázkům. K určení profilu je třeba zjistit, jaký tvar má ozubení, viz kapitola 4.2.1., a dále v jaké vzdálenosti od sebe jednotlivé zuby leží. Rozteč zubů t , lze měřit např. od pravé hrany zubu k pravé hraně toho sousedního. Dále je třeba změřit šířku řemenu. K úplnosti jen stačí spočítat počet zubů na spodní straně řemenu a vynásobit tuto hodnotu roztečí zubů t , čímž je stanovena celková délka řemenu. Zvýšené opatrnosti je třeba dbát u metrických polyuretanových ozubených řemenů s lichoběžníkovým tvarem zubů, protože konkrétně profily T a AT se od sebe liší šířkou základny a vrcholu zubu. Tyto řemeny od sebe lze odlišit rychlým způsobem a to takovým, že pokud k sobě přitlačíme ozubení T profilu, tak do sebe ozubení zapadá, kdežto u AT profilu ne. (31)

3. Řemen je zničený, označení je nečitelné a řemen nelze změřit

Pokud se řemen ztratil nebo doznal takových poškození, že nelze změřit jeho rozměry, je třeba provést rozměrovou a tvarovou analýzu řemenic.

Materiál, ze kterého jsou vyrobené řemenice, většinou přímo souvisí s materiálem řemenu. Řemenice vyrobené z oceli nebo šedé litiny, jsou určeny pro pryžové řemeny, kdežto hliníkové řemenice jsou vhodné pro řemeny polyuretanové. Dále je třeba určit tvar zubu řemenice, protože řemen provozovaný v řemenici musí být vybaven ozubením stejného tvaru. Rozteč zubů řemenu t lze stanovit změřením vzdálenosti sousedních zubů řemenice, např. od pravé hrany zubu k pravé hraně sousedního zubu. Je-li znám tvar zubu a je-li známa rozteč ozubení, lze přesně stanovit profil ozubeného řemenu. Další neznámou je šířka řemenu, kterou lze stanovit změřením šířky řemenice F a vyhledáním pro daný profil nejbližší menší vyráběné šířky b . Např. pokud je u řemenice určené pro řemen o profilu 8M naměřena šířka 38 mm, tak do této řemenice patří řemen šířky 30 mm, viz Tabulka 30. Všechny vyráběné šířky lze běžně dohledat v katalogu výrobce ozubených řemenů. (32)

Následujícím krokem je stanovení hlavového průměru d_e (řemenice bez bočnic) a průměru řemenice přes bočnice D_f . V katalogu výrobce, kterým jsou nabízeny řemenice normalizované dle DIN ISO 5294 a DIN 7721, lze při znalosti těchto hodnot odečíst i roztečné průměry řemenic d_p , respektive D_p , které jsou spolu s osovou vzdáleností řemenic a nezbytné pro výpočet délky řemenu. Osová vzdálenost a je závislá na konstrukci převodu, ale při volbě této vzdálenosti by měly být dodrženy zásady umožňující montáž a následné dopnutí řemenu, viz 4.2.3. Délku řemenu pak lze stanovit pomocí vztahů 18, 19, 20, 21. (8)(32)

8 Technicko-ekonomické zhodnocení

Posouzení ekonomické výhodnosti investovat do nových klínových řemenů je značně individuální záležitostí. Každý podnik či uživatel musí zhodnotit, zda vkládat nebo nevkładat finanční prostředky do servisního zabezpečení řemenových pohonů a do preventivních výměn řemenů. Vezmou-li se v úvahu finanční náklady spojené se samotným nákupem klínového nebo ozubeného řemenu, které se většinou pohybují v řádech stovek korun, dalo by se říci, že se tato investice rozhodně vyplatí. V některých případech je však ke správnému výběru řemenu a jeho

následné instalaci nezbytný odborně vyškolený personál, který musí podnik najmout nebo přímo zaměstnávat, čímž celkové náklady na servisní zabezpečení výrazně rostou.

Velkou roli v tomto rozhodování sehrává charakter a pořizovací cena konkrétního zařízení. Jedná-li se např. o běžnou kancelářskou kopírku s pořizovací cenou pár tisíců korun, která slouží k administrativní činnosti, tak se ani neočekává, že bude jejímu řemenovému pohonu věnována nějaká pozornost. Na druhou stranu, jedná-li se o zařízení zastávající ve výrobním procesu klíčovou funkci, jehož pořizovací cena se pohybuje např. v řádech milionů korun, a ušlé zisky způsobené jeho provozním výpadkem by mohly výrazně ovlivnit hospodaření podniku, tak má investice do odborného personálu, servisního zabezpečení a případně i do skladování náhradních dílů své opodstatnění.

9 Závěr

Tato bakalářská práce se primárně zaměřuje na klínové a ozubené řemeny, avšak pro lepší proniknutí do této poměrně rozsáhlé a komplikované problematiky jsou v první části práce podávány také základní informace o řemenových převodech obecně. V lidské povaze je snad od pradávna zakódována vlastnost, neustále vylepšovat své pracovní nástroje a nejinak tomu bylo u řemenových převodů. Proto je zde zachycen progresivní vývoj v konstrukcích řemenů, kdy stále zvyšující se nároky na přenášené výkony vedly u řemenů k zásadním konstrukčním změnám. Dále jsou zde popsány jednotlivé součásti klínových a ozubených pohonů a je zde také uveden vzorový návod pro jejich výpočet.

Díky své všestrannosti a různorodému uplatnění klínových a ozubených řemenů se na trhu objevuje mnoho různých variant. Každá z nich má určitá specifika, která je předurčují pro uplatnění v různých odvětvích. Ozubené řemeny jsou dokonce pro své jedinečné vlastnosti stále častěji používány jako plnohodnotný zástupce řetězů. Nicméně klínové řemeny těm ozubeným zdatně sekundují a v řemenových pohonech mají stále své nezastupitelné místo. A proto je ve druhé části této práce čtenář seznámen právě s vlastnostmi a uplatněním nejpoužívanějších typů klínových a ozubených řemenů.

V praktické části této práce jsou rozebrány různé systémy označování klínových a ozubených řemenů. Bohužel v současné době neexistuje jednotná norma stanovující jeden konkrétní systém značení, kterým by byly celoplošně označovány všechny typy řemenů. Zdálo by se být logickým krokem, kdyby byly všechny klínové řemeny normalizovány dle jedné konkrétní mezinárodní normy a všechny ozubené řemeny dle té druhé. Nicméně tomu tak není a stává se poměrně často, že i v rámci jednoho typu řemenu je používáno více druhů označení, které se řídí různými mezinárodními normami. U ozubených řemenů pak není výjimkou, že některé typy řemenů nejsou normalizovány vůbec. Konkrétně řemeny HTD jsou označovány systémy, které si stanovují sami výrobci. Z důvodu obsáhlosti a komplikovanosti této problematiky je v kapitole 6 vysvětleno označování pouze těch nejvýznamnějších a nejpoužívanějších typů klínových a ozubených řemenů. Pro srovnání jsou zde zařazeny i některé typy klínových řemenů podléhající americkým normám.

Veškeré informace získané v předchozích kapitolách lze prakticky využít při výměnách klínových a ozubených řemenů. Je tudíž zřejmé, že složitost tohoto úkonu vyžaduje poměrně obsáhlé znalosti nejenom v oblasti klínových a ozubených řemenů samotných, o označování řemenů nemluvě, ale také v oblasti konstrukcí řemenových pohonů. V poslední kapitole jsou

tudíž aplikovány veškeré získané informace a je zde vytvořen návod, kterým by se měl při určitých vybraných situacích uživatel řídit, aby zdárně nahradil starý či poničený řemen novým řemenem adekvátního typu a správné délky. Jsou zde brány v potaz pouze řemeny určené pro provoz ve standardně vyráběných řemenicích.

Je-li přistupováno k celé řešené problematice z ekonomického hlediska, rozhodnutí zda investovat čas a peníze do servisu klínových a ozubených řemenů, je již na každém uživateli zvlášť. Významnou roli v posouzení investic na opravy a udržování pak sehrává pořizovací cena stroje a funkce, kterou konkrétní zařízení ve výrobním procesu zastává.

10 Seznam literatury

1. Řemenové převody. *Střední průmyslová škola, Ostrava - Vítkovice* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/SPS/SPS%203%20%20%20C5%98emenov%C3%A9%20p%C5%99evody-UT.pdf>
2. ZACHARIÁŠ, Ladislav. *Části strojů*. 2 přep. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. ISBN 978-80-213-1622-5.
3. ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka*. Svazek 1. 13. uprav. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1977.
4. Hnací řemeny. *Pikron* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/admin/images/884.pdf>
5. Řemenové převody. *ELUC* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1902>
6. Fenner Powerflex Raw Edge Cogged Wedge Belt SPAX1250. *OfBusiness* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.ofbusiness.com/product/fenner-powerflex-raw-edge-cogged-wedge-belt-spax1250/6122641197262443389>
7. Conti-V Multirib. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: https://www.tyma.cz/files/katalogy/contitech_v_multirib_d_e.pdf
8. Pohonné elementy: Hlavní katalog 2013. *Haberkorn* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/dyndoc/view/se-pohony-katalog.pdf/>
9. Řemenice a upínací pouzdra. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/files/katalogy/tyma-remenice-pulleys.pdf>
10. PĚŠÍK, Lubomír. *Části strojů*. 2. díl. 3. dopl. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-320-0.
11. Převody ozubenými řemeny. *Walther Flender* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.walther-flender.cz/catalogs/Prevody-ozubenymi-remeny.pdf>
12. 225-3M-15 / HDT Timing Belt 225 mm pitch length. *GPR Industrial* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.gprindustrial.com/en/3mm-pitch-3m-timing-belts/9119-225-3M-15-htd-timing-belt.html>
13. Řemeny ploché ozubené. *K&F TECHNICKÁ GUMA* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.guma.cz/remeny_ploche_ozubene.htm

14. Tyma Katalog řemenů. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/files/katalogy/tyma-remeny-belts.pdf>
15. Delta Classic a Delta Narrow. *Haberkorn* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.haberkorn.cz/dyndoc/view/se-letaky-delta_classic_narrow.pdf
16. Klínové řemeny: Rubena. *Rubena* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.rubena.cz/underwood/download/files/v-belts_2015.pdf
17. Řemeny klínové (jednoduché): Přehled klínových řemenů. *K&F TECHNICKÁ GUMA* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.guma.cz/remeny_klinove.htm
18. Klínový řemen. *Continental* [online]. 2015 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://aam-europe.contitech.de/pages/antriebsriemen/keilriemen/keilriemen_cz.html
19. Pitfalls of interchanging U.S. and metric standard V-belts. *Machine design* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://machinedesign.com/mechanical-drives/pitfalls-interchanging-us-and-metric-standard-v-belts>
20. Optibelt Technical manual V-Belts drives. *Optibelt* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.optibelt.com/fileadmin/content/pdf/Produkte/EN/Optibelt-TH-v-belt-drives.pdf>
21. Megadyne Kompattex. *Megadyne* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.megadyne.cz/kompattex-p14/>
22. Megadyne Kompattex COG-BELT. *Megadyne* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.megadyne.cz/kompattex-cog-belt-p19/>
23. Drážkové řemeny Multirib. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/klinove-remeny/drazkove/>
24. Optibelt Technical manual ribbed belts drives. *Optibelt* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.optibelt.com/fileadmin/content/pdf/Produkte/EN/OPTIBELT-TM-Ribbed-Belt-Drives.pdf>
25. Optibelt Technical manual rubber timing belt drives. *Optibelt* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://www.optibelt.com/fileadmin/extranet/power_transmission/technische_Unterlagen/OPTIBELT-TM-Rubber-Timing-Belt-Drives.pdf
26. CONTI SYNCHROBELT Synchronus drive belts. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: https://www.tyma.cz/files/katalogy/contitech_trapez_e.pdf

27. Životnost, skladování, montáž a údržba řemenů. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/files/technicke-informace/Udrzba-montaz-skladovani-remenu.pdf>
28. Příčiny poruch klínových řemenů a jejich řešení. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/technicke-informace/priciny-poruch-remenu/klinove-remeny/>
29. Jaké klínové řemenice použít na klasické řemeny? *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/caste-dotazy/jake-klinove-remenice/>
30. Klínové řemeny – postup při identifikaci řemenu *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/technicke-informace/co-s-prasklym-remenem/klinovy-remen-identifikace/>
31. Ozubené řemeny – postup při identifikaci řemenu. *Tyma* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/technicke-informace/co-s-prasklym-remenem/ozubeny-remen-identifikace/>
32. Řemenice: HTD. *Pikron* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/admin/images/1315.pdf>
33. Řetězové a řemenové převody. *Matis* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: http://www.matis.cz/data/pdf-katalogy/Katalog%202009%20Retezove%20a%20remenove%20prevody/Retezove_remenove_prevody.pdf

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Řez obalovaným klínovým řemenem (5).....	4
Obrázek 2 – Rozměry klínového řemenu (4)	5
Obrázek 3 – Řezaný klínový řemen (6).....	5
Obrázek 4 – Rozměry žebrového řemenu (7).....	6
Obrázek 5 – Schéma klínové řemenice (8).....	7
Obrázek 6 – Prvky ozubeného řemenu (12)	14
Obrázek 7 – Lichoběžníkový tvar ozubení (13)	14
Obrázek 8 – Půlkulatý tvar ozubení (13).....	14
Obrázek 9 – Parabolický tvar ozubení se strženým vrcholem (13).....	15
Obrázek 10 – Rozměry profilu ozubeného řemenu (14)	15
Obrázek 11 – Řemenice s postranními přírubami (3).....	16
Obrázek 12 – Převod ozubeným řemenem s napínací kladkou.....	17
Obrázek 13 – Délky klínového řemenu (4)	31
Obrázek 14 – Délky oboustranného klínového řemenu (4).....	31

12 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Návrh profilu klínového řemenu klasického průřezu (2)	9
Tabulka 2 – Základní profily klínových obalovaných řemenů (4)(8)(14).....	29
Tabulka 3 – Základní profily klínových řezaných řemenů (4)(14)(16).....	30
Tabulka 4 – Profily žebrového řemenu (14).....	30
Tabulka 5 – Výrobci úzkých obalovaných klínových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO (5)(14)(20)	32
Tabulka 6 – Profily úzkých obalovaných řemenů dle DIN/ISO a přepočet délky (14)	32
Tabulka 7 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle DIN/ISO	32
Tabulka 8 – Příklad „starého značení“ úzkého obalovaného řemenu	33
Tabulka 9 – Výrobci úzkých obalovaných klínových řemenů a jejich délky dle norem RMA/MPTA (14)(20)(21).....	33
Tabulka 10 – Profily úzkých obalovaných řemenů dle RMA/MPTA.....	33
Tabulka 11 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle RMA	34
Tabulka 12 – Příklad označení úzkého obalovaného řemenu dle MPTA	34
Tabulka 13 – Výrobci úzkých řezaných klínových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO (8)(14)(16)(20).....	35
Tabulka 14 – Profily úzkých řezaných řemenů dle DIN/ISO a přepočet délky	35
Tabulka 15 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle DIN/ISO	35
Tabulka 16 – Výrobci úzkých řezaných klínových řemenů a jejich délky dle norem RMA/MPTA (14)(20)(22).....	36
Tabulka 17 – Profily úzkých řezaných řemenů dle RMA/MPTA.....	36
Tabulka 18 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle RMA	36
Tabulka 19 – Příklad označení úzkého řezaného řemenu dle MPTA	37
Tabulka 20 – Výrobci žebrových řemenů a jejich délky dle norem DIN/ISO/RMA (16)(23)(24)	37
Tabulka 21 – Profily žebrových řemenů dle DIN/ISO/RMA (16)(23)(24).....	38
Tabulka 22 – Příklad označení žebrového řemenu dle DIN/ISO	38
Tabulka 23 – Příklad označení žebrového řemenu dle RMA.....	38
Tabulka 24 – Základní profily ozubených řemenů s lichoběžníkovým tvarem ozubení (4)(14)	39
Tabulka 25 – Základní profily ozubených řemenů s půlkulatým a parabolickým tvarem ozubení (4)	40

Tabulka 26 – Výrobci palcových ozubených řemenů a jejich délka dle normy ISO (25)(26).	40
Tabulka 27 – Profily palcových řemenů dle ISO (26).....	41
Tabulka 28 – Příklad označení palcového řemenu dle ISO.....	41
Tabulka 29 – Výrobci ozubených řemenů HTD a jejich délka (14)(25).....	42
Tabulka 30 – Profily HTD řemenů Continental (14)	42
Tabulka 31 – Příklad označení HTD řemenu dle prodejce řemenů značky Continental (14)..	42
Tabulka 32 – Profily HTD řemenů Optibelt (25).....	43
Tabulka 33 – Příklad označení HTD řemenu dle výrobce Optibelt (25).....	43
Tabulka 34 – Kompatibilita řemenic dle DIN 2211 a ISO 4183 (9).....	44

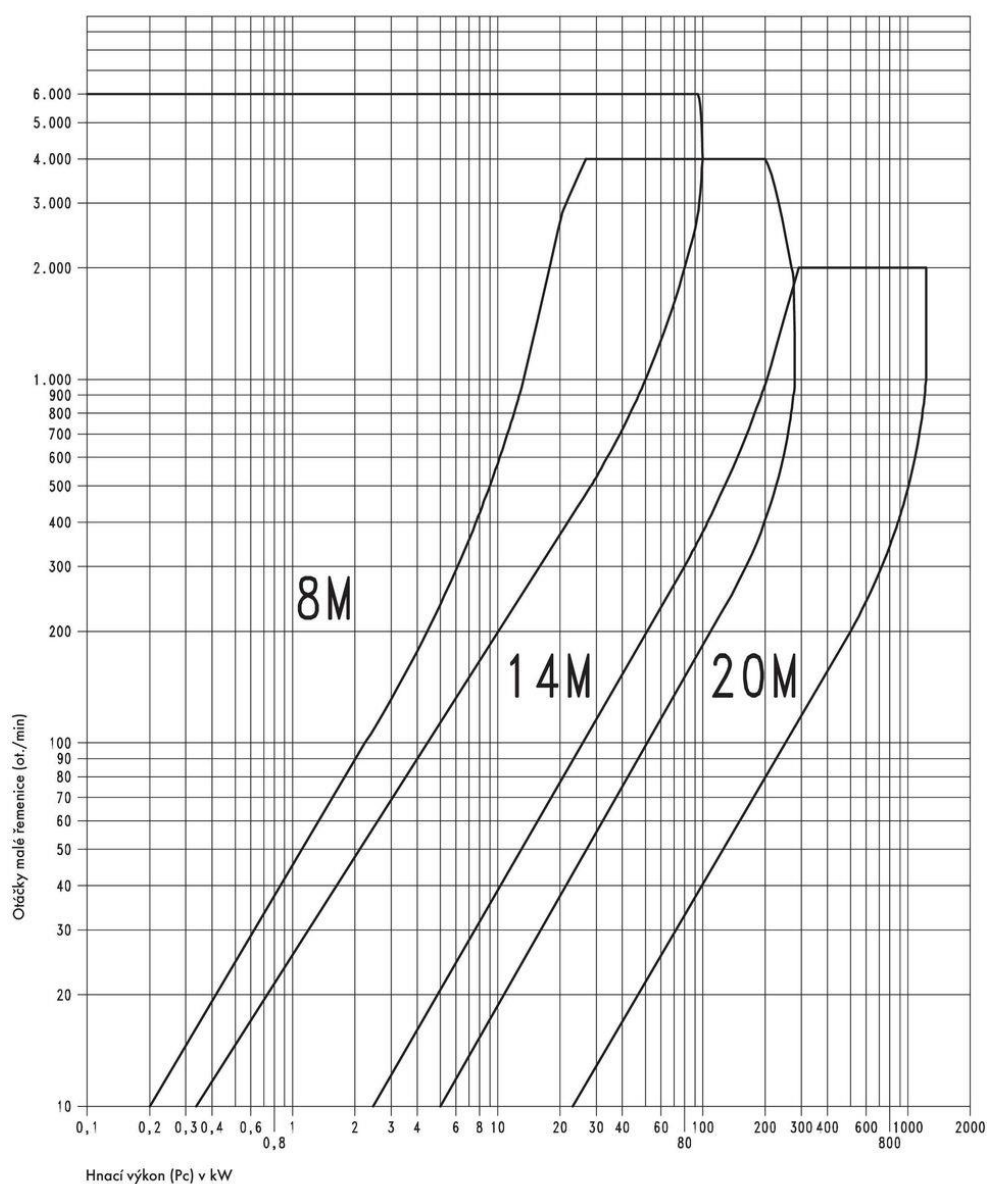
13 Seznam příloh

Příloha 1 – Nomogram pro volbu řemenů HTD (33)

Ozubené řemeny

HTD®

Nomogram pro volbu řemenů s metrickou roztečí – HTD®



Tiskové chyby vyhrazeny. Obrázky mají informativní charakter.

135

matís s.r.o., Kaštanová 34, 620 00 Brno, tel.: +420 548 214 438, fax: +420 548 214 439, e-mail: info@matís.cz, www.matís.cz

Příloha 2 – Přehled vyráběných šířek palcových ozubených řemenů (25)

Standardní šířky palcových řemenů											
Profil											
MXL		XL		L		H		XH		XXH	
b (mm)	kód	b (mm)	kód	b (mm)	kód	b (mm)	kód	b (mm)	kód	b (mm)	kód
3,2	12	6,4	25	12,7	50	19,1	75	50,8	200	50,8	200
4,8	19	7,9	31	19,1	75	25,4	100	76,2	300	76,2	300
6,4	25	9,5	37	25,4	100	38,1	150	101,6	400	101,6	400
*	*	12,7	50	38,1	150	50,8	200	127,0	500	127,0	500
*	*	19,1	75	50,8	200	76,2	300	*	*	*	*
*	*	25,4	100	76,2	300	*	*	*	*	*	*

Příloha 3 – Tabulka přepočtu délek při výměnách klínových řemenů (4)(14)

Přepočet délek klínových řemenů kompatibilních s řemenicemi dle DIN 2211 a ISO 4183						
Profil	La (mm)		Lw (mm)		Li (mm)	
Z/10	Lw + 16	Li + 38	Li + 22	La - 16	Nominální délka	
A/13	Lw + 20	Li + 50	Li + 30	La - 20		
B/17	Lw + 26	Li + 69	Li + 43	La - 26		
C/22	Lw + 36	Li + 88	Li + 52	La - 36		
SPZ	Lw + 13	Li + 51	Nominální délka		Lw - 38	La - 51
SPA	Lw + 18	Li + 63			Lw - 45	La - 63
SPB	Lw + 22	Li + 82			Lw - 60	La - 82
SPC	Lw + 30	Li + 113			Lw - 83	La - 113
3V/9N	Nominální délka		Li + 38	La - 4	La - 42	
5V/15N			Li + 60	La - 11	La - 71	
ZX	Lw + 16	Li + 38	Li + 22	La - 16	Nominální délka	
AX	Lw + 10	Li + 50	Li + 30	La - 10		
BX	Lw + 26	Li + 69	Li + 43	La - 26		
CX	Lw + 36	Li + 88	Li + 52	La - 36		
XPZ	Lw + 13	Li + 51	Nominální délka		Lw - 38	La - 51
XPA	Lw + 18	Li + 57			Lw - 39	La - 57
XPB	Lw + 22	Li + 82			Lw - 60	La - 82
XPC	Lw + 30	Li + 107			Lw - 77	La - 107
3VX/9NX	Nominální délka		Li + 38	La - 4	Lw - 38	La - 42
5VX/9NX			Li + 60	La - 11	Lw - 60	La - 71

Příloha 4 – Rozměry klínových řemenic (8)

Rozměry řemenic dle DIN 2211 a ISO 4183					
Typ řemenice		SPZ	SPA	SPB	SPC
Rozměr (mm)	b	9,7	12,7	16,3	22,0
	b_w	8,5	11,0	14,0	19,0
	t	11,0	13,8	17,5	23,8
	c	2,0	2,8	3,5	4,8
	f	8,0 ± 0,6	10,0 ± 0,6	12,5 ± 0,8	17,0 ± 1,0
	e	12,0 ± 0,3	15 ± 0,3	19,0 ± 0,4	25,5 ± 0,5