

Aplikace 3D modelů jako předloh sestav výrobních celků jízdních kol

František Vochozka

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František VOCHOZKA**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Téma práce: **Aplikace 3D modelů jako předloh sestav výrobních celků jízdních kol**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši na dané téma
2. Vypracujte 3D modely součástí těchto celků, proveďte jejich animaci. Zadání zpracujte v software Inventor a Catia

Rozsah práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle doporučení vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2009**

Ve Zlíně dne 16. února 2009


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Teoretická část práce se zabývá druhy cyklistiky, jízdními koly se zaměřením na horská kola a BMX a na důležité součásti k přenosu otáčivého pohybu.

Praktická část obsahuje úvod do programu Autodesk Inventor a postup tvorby částí a sestav použitých ke tvorbě modelu kola BMX.

ABSTRACT

Theoretical part of bachelor thesis considers of kinds of cycling, bicycles with sign on mountain bikes and BMX and on important parts which carry rotating movement.

Practical part includes introduction to software Autodesk Investor and process of creation of parts and assembler used to make BMX bicycle.

Tímto bych chtěl poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Libuši Sýkorové Ph.D. za příjemnou spolupráci, ale hlavně za trpělivost a ochotu.

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.”

Ve Zlíně, dne 24. srpna 2009

.....

podpis

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 CYKLISTIKA | 11 |
| 1.1 HISTORIE CYKLISTIKY..... | 11 |
| 1.1.1 Vynález jízdního kola..... | 11 |
| 1.1.2 Od vysokého kola k moderním bicyklům | 12 |
| 1.2 DRUHY CYKLISTIKY..... | 14 |
| 1.3 HORSKÁ KOLA | 14 |
| 1.3.1 Horská kola - základní rozdělení..... | 14 |
| 1.3.2 Horská kola - pevná nebo celo-odpružená? | 15 |
| 1.3.2.1 Horská kola pevná – tzv. Hardtail..... | 15 |
| 1.3.2.2 Celoodpružená horská kola – tzv. Full | 16 |
| 1.3.3 Horská kola a jejich hodnoty zdvihu | 16 |
| 1.3.3.1 Rozmezí zdvihu od 80 do 100 mm (vpředu i vzadu)..... | 16 |
| 1.3.3.2 Rozmezí zdvihu od 80 do 130 mm..... | 17 |
| 1.3.3.3 Zdvih vyšší než 130 mm | 17 |
| 1.3.4 Dámská horská kola | 18 |
| 1.3.5 Horská kola a výběr jejich velikosti..... | 18 |
| 1.3.6 Rozměry vlastních horských kol..... | 18 |
| 1.4 BMX..... | 19 |
| 1.4.1 Rozdělení disciplín..... | 20 |
| 1.4.1.1 Bikros..... | 20 |
| 1.4.1.2 Biketrial | 22 |
| 1.4.1.3 BMX Freestyle..... | 23 |
| 1.4.1.4 Street | 24 |
| 1.4.1.5 Dirtjump..... | 24 |
| 1.4.1.6 Vert | 25 |
| 1.4.1.7 Flatland | 26 |
| 1.5 KOLA A MATERIÁL RÁMU | 27 |
| 1.5.1.1 Kola s ocelovým rámem..... | 27 |
| 1.5.1.2 Kola s hliníkovým rámem..... | 28 |
| 1.5.1.3 Kola s titanovým rámem | 28 |
| 1.5.1.4 Kola s hořčíkovým rámem | 28 |
| 1.5.1.5 Kola s rámem ze skandia | 28 |
| 1.5.1.6 Kola s karbonovými rámy | 28 |
| 1.6 MATERIÁL A TECHNOLOGIE PLÁŠŤŮ | 29 |
| 2 SOUČÁSTI K PŘENOSU OTÁČIVÉHO POHYBU | 31 |
| 2.1 HŘÍDELE..... | 31 |
| 2.1.1 Nosné hřídele..... | 31 |
| 2.1.2 Hybné hřídele | 31 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.2 | LOŽISKA | 34 |
| 2.2.1 | Kluzná ložiska | 34 |
| 2.2.1.1 | Kluzná ložiska radiální | 34 |
| 2.2.1.2 | Kluzná ložiska axiální | 38 |
| 2.2.2 | Valivá ložiska | 39 |
| 2.2.2.1 | Radiální ložiska | 41 |
| 2.2.2.2 | Axiální ložiska | 42 |
| 2.3 | MECHANICKÉ PŘEVODY | 42 |
| 2.3.1 | Obecné zásady | 42 |
| 2.3.1.1 | Kinematické poměry u mechanických převodů | 43 |
| 2.3.1.2 | Vliv převodu na smysl otáčení hřídelů | 46 |
| 2.3.1.3 | Silové poměry u převodů | 47 |
| 2.3.2 | Převody ozubenými koly | 48 |
| 2.3.2.1 | Charakteristika a rozdělení ozubených převodů | 48 |
| 2.3.2.2 | Teorie rovinného ozubení | 55 |
| 2.3.3 | Převody řemenové a řetězové | 58 |
| 2.3.3.1 | Řemenové převody | 58 |
| 2.3.4 | Řetězové převody | 64 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 67 |
| 3 | CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI | 68 |
| 4 | MODELOVÁNÍ V AUTODESK INVENTOR | 69 |
| 4.1 | TECHNICKÉ VYBAVENÍ PRO MODELOVÁNÍ | 70 |
| 4.2 | PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ | 73 |
| 4.2.1 | Adaptivní modelování v sestavách | 73 |
| 4.2.2 | Automatizace modelování variant a sestav | 74 |
| 5 | TVORBA JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ | 75 |
| 5.1 | RÁM | 75 |
| 5.2 | PŘEDNÍ A ZADNÍ KOLO | 76 |
| 5.3 | VIDLICE | 78 |
| 5.4 | OZUBENÁ KOLA | 80 |
| 5.5 | ŘETĚZ | 81 |
| 5.6 | KLIKY | 82 |
| 5.7 | PEDÁLY | 83 |
| 5.8 | ŘIDÍTKA | 84 |
| 5.9 | SEDLO | 86 |
| 5.10 | SESTAVA BMX | 87 |
| | ZÁVĚR | 88 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 89 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 90 |

SEZNAM PŘÍLOH..... CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

ÚVOD

Cyklistika je v dnešní době stále více oblíbená sportovní i rekreační činnost, což rozšířilo a rozhodně i zkvalitnilo výrobu kol a zároveň i všech doplňků. Velké množství firem se snaží nabízet kola za použití nejnovějších materiálů a přitáhnout oko zákazníka originálním designem. Jako objekt bakalářské práce jsem si vybral právě kola díky jejich pestrosti a zároveň kvůli použití funkčních ocelových i plastových částí.

Firmy zabývající se vývojem a designem nových typů kol mají jistě software, který je modifikován tak, aby v něm navrhování částí bylo co nejefektivnější a ve výsledku už rozhodovaly jen detaily, jako mírné snížení hmotnosti rámu a nebo technické novinky, na které může se vývojář zaměřit namísto kopírování standardních součástí, jenž už má program předdefinované v mnoha různých provedeních podle typu kola.

Programy je Autodesk Inventor a Catia ale umožňují vytváření a předdefinování vlastních dílců, materiálů a tak dále, takže by se dali použít jistě i jako prostředek pro tvorbu jakéhokoli nového vybavení. Aktualizacemi by se do programu teoreticky mohl vnést například nově objevený materiál ze svými specifickými vlastnostmi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CYKLISTIKA

1.1 Historie cyklistiky

1.1.1 Vynález jízdního kola

Kolo, jako takové, a tedy i základ cyklistiky, vynalezli přibližně před 4.500 lety Sumerové. Bylo používáno na tažné povozy. V době Říše Římské nastal rozmach přepravy osob na povozech tažených koňmi. První prostředek určený čistě k přepravě, kde byla využita lidská síla je zdokumentována v obrazové podobě na stěně vládce Egypta Tutanchamona v egyptském Luxoru (1350 př. n.l.) Vozidlo se v principu velmi podobalo stroji Karla Draise, o kterém bude zmínka dále. Žádný z těchto dopravních prostředků se nedochoval, ani se dále nevyvíjel. Dalším významným mužem, který zkoumal možnosti jak se vlastní silou přepravovat, byl malíř a vynálezce strojů, Leonardo da Vinci (1492). Jeho konstrukční náčrtky kol se podobaly dnešním jízdním bicyklům. Měla rám s říditky, dvěma koly, sedlem a pedály, kterými jezdec poháněl přes řetěz nebo řemen zadní kolo. Stroj měl jedno přední kolo a jedno zadní. Da Vinci znal možnosti setrvačnosti hmoty a při náčrtech svého stroje věřil v udržení stability jezdce při jízdě na jednostopém vozidle. Jeho myšlenka však nedošla naplnění. Později, v roce 1800, uralský nevolník Artamov vytvořil želený samohyb, jenž byl pozoruhodný tím, že měl šlapadla na předním kole. Na takto sestaveném kole uskutečnil cestu z Verchoturje do Moskvy a zpět (cca. 3800km a přes Ural).



Obr. 1

Hromadně začal samohyby vyrábět až německý baron Karl Friedrich Drais, praotec bicyklu. V roce 1813 sestrojil svůj první samohyb ovládaný pomocí oje na předním kole.

Vynález byl pojmenován Draisina (Obr. 1). Po několika neúspěšných pokusech byl v roce 1818 patentován. K tomu, aby přesvědčil úředníky na patentovém úřadu, musel prokázat použití kola v běžném životě, proto v roce 1817 urazil vzdálenost z Mannheimu až k francouzským hranicím u Štrasburku, běžně trvající 16 hodin. On ji zdolal o čtvrtinu času rychleji. Dosáhl průměrné rychlosti 15 km/hod. Jeho stroj byl značně nepohodlný, někdy přezdívaný kostitřas. Měl loukotřová kola s železnou obručí a dřevěný rám, na kterém se přímo sedělo. Brzdilo se patami, což v době, kdy obuv byla luxusní záležitostí a podrážky pouze kožené bylo poněkud nepraktické. Po přechodném úspěchu stroje Drais umírá v chudobě, bídě a stížen duševní chorobou. Nicméně jeho vynález opěvoval obrozenecý básník Jan Kolár v díle Slávy dcera, který si na draisině zkracoval cestu za svou milou. Samozřejmostí je, že se vynálezci a průkopníci cyklistického sportu snažili draisínu zlepšit, především aby se nemusel jezdec odrážet od země nohama.

1.1.2 Od vysokého kola k moderním bicyklům



Obr. 2

Éra vysokých kol (Obr. 2) – První úspěch v podobě klik na ose předního kola přinesl Francouz Pierre Michaux. Bylo to v 60. letech 19. století a svůj stroj pojmenoval velocipede, Angličany přezdívaný jako boneshaker - kostitřas. Tento volociped se stal skutečným dopravním prostředkem. Rychlostí snadno předstihl drezínu a proto není divu, že vznikla první továrna na kola na světě, Michaux & Lallement. U nás se o jejich rozší-

ření zasloužila rodina Kohoutových, která začala vysoká kola roce 1879 vyrábět ve své továrně. Jejich největším sportovně–politickým počinem byla cesta z Prahy do Vídně a zpět.

Cestu, kterou poštovní kočáry urazily za 84 hodin, oni zvládli za „pouhých“ 60! Nejúspěšnější z nich, Josef, je pokládám za otce české cyklistiky.

Pryžová obruč (předchůdce pneumatiky) – Jezdec Thevenon byl při závodech v roce 1869 diskvalifikován pro použití gumových obručí (vynálezce vulkanizačního procesu pan Goodyear - rok 1839), díky nimž dobyt jasněho vítězství nad soupeři. V roce 1890 dal irský zvěrolékař John Dunlop podobu dnešním pneumatikám.



Obr. 3

Nízká kola (Obr. 3) – V roce 1885 William Sutton a John Starley vytvořili prvního předchůdce nízkého kola. Nazvali ho Rover Safety a bylo to první kolo na kterém byly u sériových modelů použity pneumatiky. Od té doby se vyrábí tzv. nízká kola, která jsou konstrukčně shodná s dnešními koly.

V současnosti udávají tempo a směr vývoje ve světě především dva giganti veloprůmyslu, firma Campagnolo, gigant v komponentech pro silniční cyklistiku a firma Shimano v produkci komponentů pro horská kola.

U dráhových a sálových kol je vývoj dá se říci ukončen (omezeno přísnými pravidly), možnosti zlepšování zůstávají pouze v používání kvalitnějších materiálů

a technologií a tím zvyšování pevnosti (váha dráhových kol je omezena na min. váhu 6.8kg).

1.2 Druhy cyklistiky

- rychlostní cyklistika
 - dráhová cyklistika
 - silniční cyklistika
- terénní cyklistika
 - BMX
 - biketrial
 - MTB
 - cyklokros
- sálová cyklistika
 - kolová
 - krasojízda

Každé z těchto odvětví cyklistiky vyžaduje samozřejmě velmi odlišné vybavení a jinou stavbu kola.

1.3 Horská kola

1.3.1 Horská kola - základní rozdělení

Horská kola se využívají hlavně pro jízdy terénem. Vybírají si je cyklisté, kteří předpokládají, že budou jezdit převážně mimo běžné cesty a terénem. Je samozřejmě možné využít horská kola i pro jízdu na silnicích, ale nejsou k tomu prioritně určena. Vlastní robustnější konstrukce a typ pneumatik přímo předurčuje hor-

ská kola pro jízdu více či méně složitým terénem. Záleží pouze na kategorii kola, do jakého terénu je možné je využít. A právě o tom pojednávají tyto stránky.

Základní rozdělení je následující:

- Horská kola s pevným rámem a pevnou vidlicí
- Horská kola s odpruženou vidlicí a pevným rámem
- Horská kola s odpruženou vidlicí i odpruženým rámem.

1.3.2 Horská kola - pevná nebo celo-odpružená?

Horská kola v poslední době co do oblíbenosti jízdních kol jednoznačně vedou. Jejich obliba předčila nejen kola krosová a trekkingová, ale i kola silniční. Horská kola je možné dále rozdělit na značné množství jednotlivých druhů a kategorií.

Pokud ale předpokládáte, že budete využívat horská kola k běžným účelům a neplánujete profesionální závodní kariéru, bude Vám stačit rozčlenění na pár podkategorií. Ostatní můžete nechat odborníkům.

1.3.2.1 Horská kola pevná – tzv. *Hardtail*

Pevná horská kola – hardtailová kola – mají pevný rám a odpruženou vidlici. Horská kola bez odpružené vidlice se řadí do nejlevnějších kategorií a nebudeme je zde zmiňovat.

Výrobci horských kol s odpruženou vidlicí preferují nízkou hmotnost kola. Další výhodou je výborná odezva při záběrech a jízdě do kopce. Pokud preferujete svižnou jízdu a kvalitní záběr do pedálů, volte tedy pevná horská kola.

Nevýhodou může být, že se pevná horská kola plně nepřizpůsobují terénu. K jejich ovládnutí je nutné jízdu na kole lépe zvládnout. Je nutné umět třeba nadlehčit kolo při jízdě

přes nerovnosti a výmoly. Jinak můžete očekávat zpětný náraz, případně poškození vlastního kola.

Pokud využijete horská kola celoodpružená, nemusíte se drobným nerovnostem vůbec věnovat. Celoodpružená horská kola si s těmito „problémy“ poradí tak říkajíc bez Vás. Jsou tedy mnohem více komfortní.

1.3.2.2 Celoodpružená horská kola – tzv. Full

Horská kola celoodpružená se vyznačují samozřejmě odpruženou přední vidlicí, ale navíc i zadní částí kola. Tyto horská kola mají o něco složitější konstrukční uspořádání a z toho vyplývající i o něco vyšší hmotnost. Pokud si koupíte horská kola celoodpružená, počítejte s tím, že šlápnutí do pedálů bude mít o trochu delší odeszvu. Jízda na těchto kolech bude trochu pomalejší. Proto, aby jste dosáhli stejné rychlosti, jako na pevném horském kole, bude nutné vynaložit o něco víc úsilí.

Naopak ale oceníte celoodpružená horská kola v náročném a členitém terénu. Protože se nemusíte tolik věnovat přizpůsobování se výmolům a nerovnostem, stává se Vaše jízda mnohem komfortnější. Mnohem lépe se celoodpružená horská kola hodí také například pro rychlé a technicky náročné sjezdy. Celoodpružená horská kola Vám ale pomohou i při stoupání v náročném terénu. Nemusíte totiž přemýšlet o vyrovnávání terénních nerovností a můžete se plnou měrou věnovat pouze výšlapu.

Celoodpružená horská kola mají ale hlavní přínos ve vlastním komfortu jízdy. Pokud se chcete vyhnout bolavým zádům, volte horská kola celoodpružená.

1.3.3 Horská kola a jejich hodnoty zdvihu

1.3.3.1 Rozmezí zdvihu od 80 do 100 mm (vpředu i vzadu)

Pokud volíte horská kola – celoodpružená – s rozmezím zdvihu od 80 do 100 mm, měli by jste preferovat sportovní jízdu. Jedná o o tzv. horská kola univerzální. Hodí se pro každého. Od rekreačních cyklistů až po intenzivně trénující závodníky.

Tato horská kola jsou, co se lehkosti jízdy týká, téměř na stejné úrovni jako kola pevná. Mají podobnou akceleraci i hmotnost, ale – ve srovnání s pevnými koly – o hodně vyšší pohodlí. Je ale nezbytné, aby byla horská kola sestavena z kvalitních komponentů.

Pokud uvažujete, že využijete horská kola v běžném terénu, je hodnota zdvihu v rozmezí od 80 do 100 mm naprosto dostačující. Předpokládáme, že nechcete používat horská kola například v alpských oblastech při velmi náročných stoupáních nebo klesáních.

Dle zkušeností je rozdíl v hmotnostech mezi hartilem a fullem maximálně 2 až 3 kg, pokud se samozřejmě bavíme o kolech podobné cenové relace.

1.3.3.2 Rozmezí zdvihu od 80 do 130 mm

Horská kola s rozmezím zdvihu od 80 do 130 mm jsou velmi rozšířenou kategorií kol, určených pro běžnou jízdu krajinou.

Vyšší zdvih samozřejmě dává kolu lepší terénní schopnosti. Na druhou stranu ale znamená vyšší hmotnost a celkovou robustnost.

Jízda na tomto typu kola je již pomalejší. Horská kola se zdvihem mezi 80 a 130 mm neumožňují tak perfektní akceleraci.

Velkou výhodou jsou ale na druhou stranu mnohem lepší terénní vlastnosti. Horská kola umožňují perfektní zvládnutí velmi technicky náročných pasáží.

Otázkou tedy je, na jakých trasách budete horská kola využívat. Pokud budete na kolech závodit, využijte nižší zdvih v případě terénních aktivit volte zdvih vyšší.

1.3.3.3 Zdvih vyšší než 130 mm

Horská kola se zdvihem vyšším než 130 mm patří do kategorie ENDURO. Zdvih se většinou pohybuje v rozmezí mezi 130 mm a 150 mm. Kola jsou vhodná do velmi náročného terénu. S určitou dávkou tolerance je možné je ale stále využít i pro běžnou rekreační jízdu.

Hraniční jsou horská kola v rozmezí od 160 do 200 mm. Tyto využijete pouze pro opravdu náročný terén, prudkou jízdu z kopce nebo sjezd.

1.3.4 Dámská horská kola

Pokud vybíráte horská kola, často můžete najít rozdělení na „dámská“ a „pánská“. Není tomu sice tak často, jako v případě kol silničních nebo trekových, ale i tak je dobré vědět, v čem rozdíly spočívají.

Hlavním rozdílem je často posed a kompletní horní stavba. Dámská horská kola jsou konstruována na jiný poměr nohou u mužů a u žen. Dále se většinou jedná o horská kola s širším sedlem v zadní části, vyšším odpružením nebo užšími řídítky. V současné době si ale stále více žen vybírá pánská horská kola, hlavně z důvodu pevnosti a spolehlivosti.

1.3.5 Horská kola a výběr jejich velikosti

Velikosti horských kol se posuzují podle vzdáleností mezi vrškem zámku v místě sedlové trubky a šlapacím středem. Tento údaj se udává v palcích. Velikost rámu závisí na výšce cyklisty. Důležitá je hlavně vzdálenost rozkroku od země a typu vlastního kola.

Při velkém zobecnění je možné tvrdit, že vhodná velikost rámu pro horská kola je násobek výšky do rozkroku s koeficientem 0,56. Tento údaj získáte v centimetrech. Pokud potřebujete požadovanou velikost v palcích, vydělte tuto hodnotu konstantou 2,54.

Je samozřejmé, že výška u horského kola závisí i na průměru ráfků. Nejlepší je samozřejmě kolo vyzkoušet. Nejlepším testem postavit se obkročmo přes rám a tím zjistit vzdálenost mezi štanglí a rozkrokem. U silničních kol se tato vzdálenost předpokládá cca. 2 cm, v případě krosových kol cca. 3 cm. Pro horská kola by tato vzdálenost měla být mezi 5-ti a 7-mi cm.

1.3.6 Rozměry vlastních horských kol

Pro horská kola určená pro dospělé je běžný průběh vlastního kola 26". Dětská horská kola jsou v rozmezí od 10" do 24".

1.4 BMX

Pokud chceme psát o historii Freestyle BMX, tak pochopitelně nelze vynechat odvětví BMX (Bicycle Moto Cross) jako takové, tedy u nás v Čechách známé převážně jako bikros, protože ten to vše odstartoval. Zrod a vznik tohoto sportu sahá až do počátku 70. let a cesty vedou do Kalifornie v USA. Právě zde začali mladí jezdci napodobovat závodníky motokrosu, jelikož byli příliš malí na řízení motocyklů. Někdejší bikrosové tratě ještě neměly dnešní úroveň a charakter, byly plny nástrah, překážek a nerovností. Takovéto tratě byly pro některé jezdce nevyhovující, jak se začala základna jezdců rozrůstat a šířit. Především ve městech tak někteří již nepotřebovali ke svým jízdám tyto tratě a zaměřili se spíše na zdolávání městských překážek a nástrah. Právě tento moment by se dal považovat za zásadní odklon od původního ježdění v terénu a přechod do městského prostředí a jako zásadní pro vznik městského, uličního, či později parkového ježdění – tedy street stylu. Na začátku 80. let byl vyvinut a uveden na trh první rám (Obr. 4), speciálně pro tento druh ježdění, u jehož zrodu stál Bob Haro, zakladatel společnosti Haro Bikes.



Obr. 4

1.4.1 Rozdělení disciplín

BMX se v současnosti dělí na bikros, biketrial a Freestyle BMX. Postupně se Freestyle BMX začal dělit do dalších kategorií a tak dnes jsou po celém světě známy disciplíny street style (jízda v parku), dirt jump (skákání na hliněných skocích), flatland (krasojízda nebo „balet“ na kole) a vert (jízda v U-rampě).

1.4.1.1 Bikros

Bikros vznikl začátkem sedmdesátých let minulého století v Kalifornii a USA je tím pádem kolébkou tohoto sportu. Ohromnou vlnu popularizace tohoto sportu přinesl film E.T. mimozemšťan (Obr. 5), kde se dětské herci projíždějí právě na bikrosových kolech.



Obr. 5

Nejdříve se jezdilo na stávajících motokrosových tratích, později se začaly stavět speciální tratě pro bikrosová kola. Zprvu byly z kopců a ze skoků se používaly spíš lavice a boule, o žádných velkých dvojákách nemohla být řeč. Postupem času se tratě dostávaly do roviny a přibývalo stále více rozmanitých skoků. Délka dráhy ale zůstává stále stejná, okolo 400 metrů. První jednoduše ovládané padací startovací rampy vystřídaly nové, pís-

tové ovládané počítačem. Historií je také startér, tedy člověk, který startoval jednotlivé jízdy. Měl ceduli s nápisy 10 a 5, které znamenaly počet sekund do startu. Ty držel nad hlavou, otočil a včas odjistil startovací zařízení. Dnes vše řídí počítač a startuje se na semaforech. Z USA se bikros přesunul i do ostatních končin světa koncem sedmdesátých let. V roce 1982 se konalo první Mistrovství světa v Holandsku. Začátkem osmdesátých let se začal BMX profesionalizovat, hlavně v Austrálii a USA, a první vynikající profesionální jezdci byli Stu Thomsen, Gary Ellis, Pete Loncarevich, Hary Leary a další. Nejlepší profesionální jezdci z Evropy z poloviny osmdesátých let byli především z Francie a Holandska, kde bikros zažíval největší rozmach. Ve Francii existují ve školách sportovní třídy se zaměřením na bikros. Hodně z prvních hvězd BMX je ještě v aktivní kariéře.

Bikros je individuální sport, při němž závodí skupinka jezdců mezi sebou na speciálně upravených závodních tratích, přibližně 400 metrů dlouhých a s řadou skoků. Celá trať je většinou vystavěna na poměrně malé ploše a mezi startem a cílem je jen malý výškový rozdíl. Rozhodující je zde rychlost a také cit pro kolo při dlouhých letech na velkých skocích. Dále také průbojnost v bojích po startu a v zatáčkách. Základem každé bikrosové tratě je startovní pahorek se startovní rampou. Ta vypustí na trať vždy osm jezdců, kteří mezi sebou bojují o postup do dalšího kola závodu. Skoky jsou postaveny z hlíny a jako vrchní povrch bývá nejčastěji používána šotolina. Poslední dobou se stále častěji používá do zatáček a na odrazové hrany skoků asfalt. Díky tomu, že tratě jsou vždy pevně uhlazené, jezdí bikrosaři s pevnou vidlicí. Skoky na dráze jsou různé jak velikostně, tak typově a každý klub má na své trati v podstatě unikátní skoky. Nejznámější jsou dvojskoky, trojskoky, lavice a vyskakovač, u kterého je odrazová hrana položena níže než dopadová. V cílových rovinkách se stávají módou tzv. mnohaskoky, tj. skok složený z více jednoduchých prvků, které dávají více možností na projetí či skočení. Závodníci jezdí na dvaceti a dvaceti čtyř palcových (Cruiserech) speciálech. Závody jsou díky velké rychlosti a technické náročnosti atraktivní pro diváky, ale při četných kolizích také velmi bolestivé pro jezdce. Proto vozí jezdci povinnou výbavu v podobě přilby, rukavic, dresu s dlouhým rukávem a dlouhými kalhotami. Mnozí pak doplňují svoji výstroj o chrániče kolen, loktů a páteře. Systém závodů dle meziná-

rodních řádů je jednoduchý, například ve věkové kategorii, kde se na startu sejde 64 jezdců, se jede 8 skupin po osmi jezdcích, a to tak, že každá skupina odjede tři kvalifikační jízdy a čtyři nejúspěšnější jezdci vždy postupují dál, do 32 členného čtvrtfinále, kde jsou 4 skupiny po 8 jezdcích, ale jede se již jen jedna jízdy. Z každé jízdy první 4 postupují do semifinále, kde jsou dvě skupiny po 8, a opět stejným vyřazovacím způsobem zbude finálová osmička, která si to v jedné jízdě rozdává o konečné pořadí. Čas zde není důležitý, důležité je vždy se probíjet do první čtveřice a postupovat tak dál v závodě.

1.4.1.2 *Biketrial*



Obr. 6

Biketrial vznikl na konci sedmdesátých let ve Španělsku a do tehdejšího Československa ho přivezli na přelomu let sedmdesátých a osmdesátých čeští jezdci motocyklového trialu, kterým přišel vhod jako dobrá průprava. Od té doby uteklo již hodně času a z biketriálu se stal plnohodnotný individuální sport, kde musí jezdec na speciálně upraveném kole překonat rozmanité, přírodní nebo uměle vytvořené, kontrolní úseky během určeného časového limitu s co nejmenším počtem trestných bodů. Ty dostává zejména za dotyk nohy nebo těla o zem nebo překážku. Minimální počet trestných bodů v jednom KÚ (kontrolní úsek) je nula a maximální počet je pět. Vítězem se tedy stává soutěžící, který po projetí všech KÚ má nejmenší počet trestných bodů. Pořadatel soutěže připraví

6 až 10 KÚ, které jezdci absolvují ve stanoveném pořadí dvou či tříkolově (nejčastěji se jede 10 KÚ a dvě kola). V KÚ je zakázán trénink. KÚ je vyznačen páskou a je dlouhý cca 20 až 30 metrů. Jezdci startují do soutěže v jedno či dvouminutových intervalech a po vyznačeném okruhu popořadě absolvují jednotlivé KÚ, kde je ohodnotí bodový rozhodčí a získaný počet trestných bodů jim vyznačí do penalizační karty, kterou má každý závodník u sebe a kterou odevzdá po dojetí každého kola v prostoru startu a cíle. Čas na soutěž, během kterého musí jezdec absolvovat všechny stanovené KÚ je kolem 4-5 hodin. Biketrial se jezdí buď na 20-ti palcových speciálech a nebo na upravených horských kolech s 26-ti palcovými koly.

1.4.1.3 BMX Freestyle

Zrod Freestyle je pevně svázán s bikroseem (rychlostní disciplínou) a tak se musíme podívat hodně do historie. Vzniká v době, kdy BMX kola pronikla mezi mládež ve městě, a právě tuto dobu lze označit za začátek freestyle. Konstrukce kola pro tzv. streetové ježdění je jiná a tak začali jezdci svá kola různě upravovat a vznikla snaha postavit úplně jiné kolo. První komerčně vyrobený freestylový rám vznikl u firmy HARO Bicycle, kterou vlastnil Bob Haro (Obr. 10). K popularizaci freestylu pomohl i vznik Action-Trick-Teamů v nich jezdci jako Matt Hoffman, Bob Haro, R. L. Osborn a další, položili základ k dnešní obrovské popularitě tohoto sportu nejen v USA.



Obr. 7

Současní závodníci v čele s Davem Mirrou se svou popularitou mohou směle měřit se sportovci z ostatních sportů. Největší událost světového Freestyle "ESPN X – games" je přenášena televizí do 280 milionu domácností. V USA existují 4 celostátní barevné časopisy (Dirtbiker u nás). Evropu tento sport zasáhl o něco později, avšak o to s větší silou. Hlavní baštou evropského Freestyle se stalo Německo, Holandsko, Anglie a Portugalsko. Evropa dala freestylovému světu množství nových firem. Nejčerstvější novinkou je vznik sdružení BMX Freestyle Club, které se snaží o vytvoření zázemí, větší propagaci freestyle na veřejnosti a organizaci závodů. V současnosti je u nás přibližně 100 závodníků na dobré úrovni a asi tak 20 z nich tvoří špičku. Proběhlo i několik závodů ve flatlandu, které se dají pořádat i v klubech a setkávají se s velkým ohlasem u diváků, jezdců i medií. U-rampové závody jsou spíše novinkou, zato však velmi vítanou a efektní.

1.4.1.4 Street

Street je nejzákladnější a nejznámější odvětví freestyle BMX. Vzniká někdy v 80. letech, v kolébce celého tohoto sportu, v USA. Toto odvětví si zakládá na jízdě ve skate parcích, bike parcích nebo ve městě využívajíc všech architektonických překážek, které město nabízí. Hlavní myšlenkou tohoto sportu je využít co nejvíce překážek a na těch se snažit provést co nejvíce triků. Kolo je upraveno pro seskoky ze schodů a grindování (sjíždění za pomoci pegů-stupaček) zábradlí a laviček. Na závodech se hodnotí „čistota“ provedeního triku a „umělecký dojem“. V České Republice je nejznámější BMX soutěž X-Cup.

1.4.1.5 Dirtjump

Dirt jump je velice podobný streetu s tím rozdílem, že se jezdí na překážkách postavených z hlíny. Tyto překážky jsou náročnější na údržbu, avšak může si je postavit každý. V porovnání se streetem jsou skoky mnohem větší, odraz a dopad je od sebe vzdálenější a celkově je mnohem těžší zvládnout jízdu v přírodním terénu. Z tohoto důvodu toto odvětví není moc populární, narozdíl od streetu, který je mnohem bezpečnější a přístupnější. Na závodech se hodnotí výška, obtížnost a provedení triků.



Obr. 8

1.4.1.6 Vert

Jízda ve vertu se dělí na dvě podskupiny: Jízda v U rampě a v Mini U rampě. Ty se liší jak velikostí a konstrukcí, tak způsobu provádění triků a samotné jízdy. V klasické U rampě jezdec vylétává do veliké výšky z rampy, pokouší se udělat trik a vrátit se zpět. Tento sport je nejnebezpečnější, protože velmi často dochází k tvrdým pádům a zraněním. Z tohoto důvodu je to okrajová, ale o to více prestižnější záležitost.



Obr. 9

Mini U rampa je mnohem menší a je založená převážně na technice a využívání kopingů (hrana rampy) a plošiny. Tato disciplína je velmi oblíbená jak z důvodu bezpečnosti, tak z možnosti vymýšlet stále nové kombinace různých triků.



Obr. 10

1.4.1.7 Flatland

Hlavním cílem jezdců flatladu není rychlost, ale kvalitní zvládnutí těžkých triků, udržení rovnováhy při stání na místě (na jednom kole), obrátů na zadním i předním kole, protáčení celého kola kolem osy řídítek, jízdy v obloucích s protáčením řídítek a dalších.

Kvalita provedení se při soutěžích boduje. Na jezdce je při flatlandu kladen nárok především na cit pro rovnováhu a zkušenosti s prováděním jednotlivých figur. Kola pro Flatland bývají oproti ostatním disciplínám lehčí a kratší. Mají hodně vykrojená řídítka, výrazně nahoru prohnutou spodní rámovou trubku a široké stupačky (které jsou nejvíce používány právě při flatlandu, při stání na nich jezdec udržuje kolo v pohybu (odrážením-odšlapováním pláště)). Flatlandová kola mají také menší převodníky a jezdí-li se s nimi v uzavřených prostorech, mohou být opatřeny i pláštěmi s hladkým vzorkem. Kolo musí mít možnost několikerého protočení řídítek aniž by se zamotal bowden (systém Twister). Největší výhodou této disciplíny je ta, že k jízdě není potřeba žádných překážek, pouze rovný neklouzavý povrch.



Obr. 11

1.5 Kola a materiál rámu

Tradičními materiály pro rámy a vidlice kol jsou ocel, hliník, titan, hořčík, skandium a karbon.

1.5.1.1 Kola s ocelovým rámem

Kola, která mají ocelový rám se vyznačují kvalitní pružností a nízkou cenou. Bohužel mají také vyšší hmotnost a tuhost. V poslední době se velmi často využívají různé slitiny oceli. To má ale negativní vliv opět na cenu.

1.5.1.2 Kola s hliníkovým rámem

S hliníkovým rámem mají horská kola nízkou hmotnost. Nevýhodou je nízká pružnost. V porovnání s ocelovým rámem mají horská kola s hliníkovým rámem poněkud vyšší cenu. Označení těchto hliníkových rámu je „ALU“. Vlastní cena rámu se může navzájem velmi lišit. Závisí hlavně na použité slitině.

1.5.1.3 Kola s titanovým rámem

Kola s titanovým rámem jsou pružná, dostatečně tuhá, pevná a mají nízkou hmotnost. Kamenem úrazu je vysoká cena a problémy se zpracováním. Proto horská kola s titanovým rámem vyrábí jen několik málo firem. Zkušenosti výrobce hrají v kvalitě rámu velkou roli.

Titan, chemická značka **Ti**, (*lat. Titanium*) je šedý až stříbřitě bílý, lehký kov, poměrně hojně zastoupený v zemské kůře. Je poměrně tvrdý a mimořádně odolný proti korozi. Jeho výrazně většímu technologickému uplatnění brání doposud vysoká cena výroby čistého kovu. Hlavní uplatnění nalézá jako složka různých slitin a protikorozních ochranných vrstev. Ve formě chemických sloučenin slouží často jako složka barevných pigmentů.

1.5.1.4 Kola s hořčíkovým rámem

Kola s hořčíkovým rámem jsou – lehké, pevné, pohodlné, ale drahé. Ve srovnání s titanem je ale hořčík, díky jednoduššímu zpracování používán stále častěji.

1.5.1.5 Kola s rámem ze skandia

Je to vlastně slitina hliníku, kde skandium je pouze přísadou. V případě že mají horská kola rám ze skandia, disponují vysokou pevností i pružností. Také hmotnost je mnohem nižší. Bohužel zde hraje negativně opět vysoká cena.

Skandium, chemická značka **Sc**, (*lat. Scandium*) je silně elektropozitivní, stříbřitě bílý, měkký kov. Oxidační stav skandia ve většině sloučenin je +3. Průmyslové uplatnění skandia je poměrně malé, hlavní využití nachází při výrobě světelných zdrojů.

1.5.1.6 Kola s karbonovými rámy

Karbonové rámy mají speciální způsob výroby. Spojením několika vrstev karbonové tkaniny a spékáním pod tlakem ve vakuu vzniká materiál s tloušťkou dle požadavků výrobce. Horská kola s karbonovými rámy mají vysokou pevnost a zároveň nízkou hmot-

nost. Dřívější nevýhody – praskání vidlic – jsou v současné době již odstraněny. Bohužel se zatím nepodařilo snížit vysokou cenu.

Rámy kol byly odjakživa vyráběny z oceli. Ale díky tomu byla průměrná hmotnost i velice drahých a na zakázku vyráběných silničních rámu od věhlasných evropských značek kolem 4 liber (1 libra = 0,56kg). V 80. letech se podařilo váhu podstatně snížit díky používání předdimenzovaných hliníkových trubek až na 1362 g. V 90. letech se objevily první rámy z karbonu, materiálu, který byl vyvinut pro americký letecký průmysl na výrobu lehčích tryskových letadel létajících nadzvukovou rychlostí. Tyto první rámy z karbonových vláken ovšem nebyly o mnoho lehčí.

Karbon rovná se téměř zázračný materiál. Díky jeho vlastnostem se používá především tam, kde je požadována co nejnižší hmotnost a zároveň maximální pevnost. Své uplatnění našel nejen v kosmickém programu a ve stavbě letadel či plachetnic, ale i při výrobě rámu či komponentů jízdních kol. Karbonová vlákna se vyrábí karbonizací neboli pyrolýzou polyakrylonitrilových vláken. To je velmi náročný třístupňový proces, probíhající při teplotách mezi 200 až 3000 stupních Celsia. Výsledkem jsou pak super tenká vlákna z 95 procent čistého uhlíku, která mají rozdílné vlastnosti v závislosti na teplotě karbonizace a předpětí.

1.6 Materiál a technologie pláštěů

Tři písmena, která se často objevují na pláštích a galuskách. Nebudeme zde rozebírat rozdíly mezi galuskami a pláští a pro jednoduchost se budeme dále bavit pouze o pláštích. Výrobci se chlubí, jak dosáhli vysokého TPI. Co to ale vlastně znamená a k čemu je dobré, mít vysoké TPI? A jaké TPI je vlastně vysoké?

Úplně na začátek je třeba podotknout, že na pláštích se objevují dvě velice podobné zkratky, které se často pletou, ale znamenají zcela něco jiného. A to sice TPI a PSI. PSI je jednotka tlaku v anglických mírách (PSI = pound-force per square inch) a 1 PSI odpovídá 6,895 kPa. Počet „PSŮ“ nám tedy vyjadřuje, na jaký tlak je vhodné plášť nebo galusku pumpovat. Zato TPI je informací o konstrukci pláště.

K tomu si musíme nejdříve říct pár věcí o konstrukci pláště. Základní části pláště jsou kostra, běhoun a patní lanko. Běhoun je povrchová část horní části pláště, která je ve styku s vozovkou. Patní lanko na okrajích pláště slouží k upevnění pláště do ráfku. Lanko může být buď z kovového drátu (pláště, které drží tvar i mimo ráfek) nebo může být lanko kevlarové (tzv. skládací pláště). Základem konstrukce pláště je, jak napovídá název, kostra pláště, na kterou se všechny ostatní součásti pláště napojují. Mezi tyto základní části se často přidávají další vrstvy, zejména ke zvýšení odolnosti proti defektu nebo bočnímu proražení pláště. V tomto směru je v současnosti asi vrcholem vrstvy z vektrovaného vlákna, které používá Schwalbe nebo Continental. Funkcí kostry není pouze držet plášť pohromadě, ale její vlastnosti mají velké důsledky na jízdní vlastnosti pláště, jako je valivý odpor, přilnavost, hmotnost nebo pohodlnost. A právě zde nám do hry vstupuje TPI. Kostra pláště je složena z vláken zalitých do pryže. Vlákna mohou být z různého materiálu – nejčastěji jsou nylonová, dále třeba bavlněná nebo kevlarová. TPI neboli počet vláken na 1 palec (threads per inch) vyjadřuje hustotu vláken v kostře. Logicky čím je vyšší TPI, tím mají vlákna menší průřez a tím jsou také menší prostory mezi nimi vyplněné gumou, což má důsledky pro vlastnosti pláště. Už na první pohled je jasné, že kostra s tenčími vlákny bude mít menší tloušťku a tím i hmotnost při zachování dostatečné nebo dokonce vyšší pevnosti. Kostra z tenších vláken je také ohebnější, což umožňuje dokonalejší tvar pláště, jeho lepší přilnavost, pohodlnost a nižší valivý odpor.

A jaké hodnoty TPI mají silniční pláště? Jak jsme si řekli, hodnota TPI je spjata s kvalitativními vlastnostmi pláště a tím samozřejmě i z jejich určením a cenou. U obyčejných plášťů, které jsou vhodné pro nenáročný trénink, se pohybuje hodnota TPI v rozmezí od 20 do 40. U kvalitních tréninkových plášťů od 50 do 70 TPI. U závodních plášťů končí většina výrobců na hodnotách mezi 110 a 130 TPI. Pouze několik málo značek, zejména ty italské jako například Vittoria, Veloflex nebo české Tufo, se dostává i do vyšších hodnot přes 200 TPI nebo dokonce v případě značky Veloflex i přes 300 TPI.

2 SOUČÁSTI K PŘENOSU OTÁČIVÉHO POHYBU

Jsou to důležité, zpravidla samostatné strojní součásti k přenášení statických nebo dynamických zatížení za klidu, posuvu nebo rotace (hřídele, čepy). Dále sem řadíme ložiska, která slouží k uložení těchto pohybujících se součástí v podporách.

2.1 Hřídele

Rozdělujeme na dvě skupiny

- a) nosné – které jsou namáhány především ohybem a mohou být buď nehybné nebo otočné.
- b) hybné – které přenášejí kroucí momenty a mohou být též namáhány na ohyb.

2.1.1 Nosné hřídele

Jsou zpravidla kruhového průřezu, plné nebo duté velmi časté jsou i kombinace obou druhů. Vyrábějí se z tvářené oceli tyčové nebo z výkovků, velké hřídele ve zvláštních případech také z oceli na odlitky.

Výpočet nosného hřídele spočívá ve stanovení kritického průřezu v místě působení maximálního ohybového momentu M_0 , vyvolaného účinkem všech vnějších sil, jako při výpočtu nosníku o dvou podporách, zatíženého uprostřed silou F .

2.1.2 Hybné hřídele

Přenášejí otáčivý pohyb a zároveň i kroucí moment vyvolaný přenosem sil v ozubených kolech nebo na nich umístěných řemenicích hnacího stroje (motoru), ke stroji pracovnímu. Ohybový moment, vyvolaný v hřídeli hmotností těchto kotoučů, je v porovnání s kroucím momentem hřídele malý (poněvadž se snažíme v konstrukčním provedení o umístění ložisek co nejbližší k těmto kotoučům) a proto jej zanedbáváme.

Výpočet hřídele na krut:

Působí-li na poloměru kotouče R (mm) naklínovaného na hřídeli síla F (N) při obvodové rychlosti v (m/s), je výkon

$$P_{kW} = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{F \cdot 2\pi \cdot R \cdot n}{1000 \cdot 1000} = \frac{M_k \cdot n}{159200}$$

n- otáčky za sekundu

Kroutící moment potom je:

$$M_k = 159200 \cdot \frac{P}{n} \leq W_k \cdot \tau_{Dk} \quad [N \cdot mm]$$

$$\text{Pro } R \text{ v (m) je } M_k = 159,2 \cdot \frac{P}{n} \quad [N \cdot mm]$$

$$\text{Pro plný hřídel } M_k = 159200 \cdot \frac{P}{n} \leq \frac{d^3}{5} \cdot \tau_{Dk}$$

$$\text{Pro dutý hřídel } M_k = 159200 \cdot \frac{P}{n} \leq \frac{1}{5} \cdot \frac{d^4 - d_0^4}{d} \cdot \tau_{Dk}$$

d = vnější průměr hřídele v mm,

d_0 = vnitřní průměr dutého hřídele v mm

τ_{Dk} dovolené namáhání materiálu v krútu v $N \cdot mm^{-2}$,

V případě, kdy neuvažujeme vliv drážek, osazení, popř. vliv přenášeného ohybového momentu M_o , volíme hodnotu nižší.

Průměr hřídele

$$d = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 159200 \cdot P}{\tau_{Dk} \cdot n}} \quad [mm]$$

Dosadíme-li do vzorce pro výpočet průměru d za $\tau_{Dk} = 20 N \cdot mm^{-2}$, je průměr

$$d = 34,2 \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \quad [mm]$$

závislý přímo na výkonu a nepřímo na otáčkách. Zvětšíme-li při tomtéž výkonu otáčky, může být hřídel slabší nebo zvětšení výkonu i otáček na dvojnásobek nevyžaduje zvětšení průměru hřídele.

Vzorec pro výpočet průměru hybného hřídele ukazuje, že při jeho navrhování z běžných ocelí lze pro daný výkon a otáčky tento průměr stanovit přímo z tabulek

Poznámka: Delší hřídele, např. transmisní, je však třeba výpočtem kontrolovat nezkroucení. Dovolené zkroucení nemá být na 1 m délky hřídele větší než 1/4 stupně.

Pro P (W) a n (s^{-1}) je možno pro liž, použít vztah

$$M_k = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} [N \cdot m]$$

Provádí se v případě, je-li hřídel kromě namáhána na krut namáhán větší silou na ohyb (při větších hmotnostech kotoučů, umístěných na hřídeli). Ohybový moment způsobí největší normálové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}}$$

Kroutící moment vyvolá největší smykové napětí

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} \leq \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}}$$

Redukované (složené) napětí podle teorie největšího smykového napětí je

$$\tau_{red} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_o^2 + 4\tau^2} \leq \tau_{Dk}$$

redukovaný moment

$$M_{red} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \tau_{red} = \sqrt{M_o^2 + M_k^2} \leq \frac{1}{10} \cdot d^3 \cdot \tau_{Dk}$$

2.2 Ložiska

Ložiska slouží k točnému uložení čepů a hřídelí, přenášejících otáčivý pohyb. Na správné funkci ložisek závisí nejen bezpečnost a hospodárnost práce stroje, ale také přesnost.

Ložiska dělíme podle druhu styku s hřídelí na;

kluzná - hřídel se stýká s ložiskem přímo v kluzné, opěrné ploše, která je oddělena od opěrné plochy ložiska tenkou vrstvou mazacího oleje. Vzájemný pohyb obou ploch je klouzavý a odtud je odvozen název těchto ložisek.

valivá - hřídel se stýká s ložiskem nepřímou přes valivá tělesa (např. kulička válečky), takže tření kluzné je nahrazeno třením valivým. Vzájemný styk válivých těles je bodový nebo přímkový.

2.2.1 Kluzná ložiska

Kluzná ložiska Rozdělujeme je podle směru síly, kterou ložisko zachycuje, na: ložiska radiální - zachycují síly kolmé k ose hřídele, ložiska axiální - zachycují síly rovnoběžné s osou hřídele.

2.2.1.1 Kluzná ložiska radiální

Kluzná ložiska radiální přenášejí síly z hřídele do podpor buď přímo otvor ložiska je přímo vyvrtán ve stěně skříně, stojanu apod.), ale častěji prostřednictvím pouzdra, (které je do otvoru ve stěně podpory nalisováno) nebo dvojdílných pánví. Z hlediska možnosti odstranění (vymezení) vůle mezi čepem a ložiskem vlivem opotřebení jsou dělené pánve výhodnější.

Čepy (hřídele) bývají nejčastěji z ocelí uhlíkových i legovaných zušlechtěných, případně s povrchem tvrzeným různými postupy chemicko-tepelného zpracování nebo i povrchového kalení.

Ložiska jsou vyrobena z materiálů měkčích s nízkým koeficientem tření a schopnosti vytvořit opracováním včetně broušení, leštění, případně lapování velmi přesné geometrické tvary, odpovídající negativnímu tvaru čepu. Tím se dosáhne rovnoměrnosti spáry mezi oběma plochami a může se mezi nimi vytvořit a udržet tenká, souvislá vrstva mazacího filmu, zabraňující přímému kontaktu obou povrchů a tím jeho rychlé abrazi.

Směrnice pro volbu ložiskových materiálů na kluzná ložiska v ČSN 023091 & SSH 023092 rozdělují tyto materiály na několik skupin podle toho, jak se chovají v rozmezí tzv. "mezního-tření". Je to rozmezí v zatížení ložiska mezi dolní hranicí, při níž nastává nebezpečí přímého dotyku kluzných ploch, při němž končí tzv. "kapalinové tření" a horní hranicí, při níž nastává nadměrné opotřebení povrchu ložiska, případně zadření vlivem tzv. "suchého tření".

Materiály ložisek tzv. klasické jsou bronzové (např. tvářené ČSN 423011 - CuSn1, 423013 - CuSn3, 423016 - CuSn6, 423018 - CuSn8, nebo slévárenské 423115 - CaSn5, 423119 - CuSn1O, 423123 - CuSn12 nebo ještě a olovem 42312 - CuSn1O-Pb, Bbo dále se zinkem, niklem). V novější době se uplatňuje na základě úspěšného výzkumu slitina Cu-Al, zv. hliníkový bronz.

Používá se však na ložiska i šedé litiny (pro méně náročná uložení do obvodové rychlosti 5m/s). Vhodnost šedé litiny pro ložiska je určována její strukturou, jež je závislá na podmínkách chlazení*. Tyto podmínky se mohou vlivem různých okolností ve slévárně nepříznivě změnit tak, že výsledná struktura je naprosto nevyhovující ložiskovým požadavkům.

Dále se používají na ložiska:

a) Kompozice, jsou to slitiny z měkčích kovů (jednoho tvrdšího, tvořícího nosnou část ložiskového materiálu a druhého měkčího, v němž se zakotvuje souvislá vrstva mazacího prostředku). Nejrozšířenější jsou cínové kompozice nebo olověné kompozice, nebo speciální olověné kompozice, .

- b) Spékané kovy, jež jsou směšeniny práškových kovů (cín, měď, zinek, ocel, bronz) s grafitem. Stlačením vysokým tlakem $300-400 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ za teploty asi 800°C se lisují přímo ložisková pouzdra a přesnými rozměry, potřebnými pro tole- rovaná uložení ložisko - hřídel.
- c) Tmelené kovové prášky-kovová zrna ložiskových materiálů se spojují (tmelí) nejčastěji umělými pryskyřicemi. Materiál je porézní, takže může do sebe nasát olej a ložiska nevyžadují dlouhou dobu, případně po celou dobu trvanlivosti stroje, žádné další mazání.
- d) Tvrzené tkaniny - bavlněná vlákna s přídavkem umělých pryskyřic se lisují so- kým tlakem za vyšších teplot.
- e) Qujakové dřevo-je prosyceno pryskyřicí, která napomáhá snižovat koeficient tření ve styčné ploše, jako kdyby bylo ložisko mazáno.
- f) Pryž-v některých ložiskách, kde nejlépe vyhovuje mazání vodou (např. vodní čerpadla, vodní stroje apod.).

Hlavní rozměry kluzných ložisek vypočítáme ze zátěžné síly a rozměru při tu lo- žiska. Zjišťujeme zpravidla, zda v navrženém uložení (průměr či délka čepu) při zvoleném ložiskovém materiálu je měrný tlak v rozmezí dovolených hodnot.

Podle způsobu mazání

Mazání ruční, knotové, kapací je vyhrazeno jednoduchým méně náročným ložis- kům, dokonalejší je kroužkové (s kroužkem pevným nebo volným), nejdokonalejší způsob mazání je a nuceným oběhem maziva (tlakové mazání).

Při výpočtu ložiska vycházíme ze zvolených hlavních rozměrů (průměr hřídele a délka ložiska) a kontrolujeme: měrný tlak

$$p = \frac{F}{l \cdot d}$$

průměr šroubů ložiskového víka

(u dělených ložisek) za předpokladu
nejnepříznivějšího případu, že pila
působí svisle vzhůru (obr.154), ur-
číme z rovnice

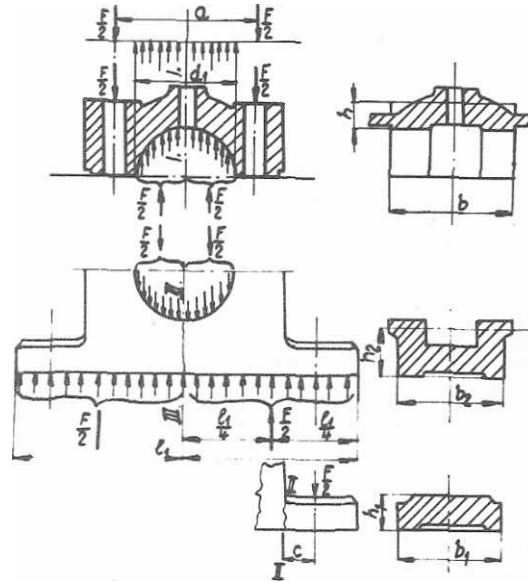
$$F = l \cdot d \cdot p = i \cdot \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} \cdot \sigma_{Dt}$$

i - počet šroubů,

δ - průměr jádra šroubu v mm,

d - průměr hřídele (vnitřní průměr
pánve) v mm,

σ_{Dt} - dovolené namáhání v tahu ma-
teriálu šroubu v N.mm⁻², volí se v
rozmezí 35-40 N.mm²



Obr.16

2.2.1.2 Kluzná ložiska axiální

zachycují osové (axiální) síly různými způsoby a podle toho rozlišujeme:

a) Ložiska patní (nožní)- zachycují axiální síly působící v ose hřídele na čele hřídele nosnými plochami kruhovými nebo mezikruhovými jejichž třecí plocha (a samozřejmě i čelní plocha hřídele) musí být kolmá k ose hřídele. Aby se osová síla rozložila stejnoměrně po celé nosné ploše patního čepu, bývá čočka podložena olovem, nebo je její spodní plocha upravena do kulového vrchlíku a ložisko nazýváme samostatné. Čočka je pojištěna proti otáčení kolíkem

b) Ložiska prstencová - zachycují osové síly hřídelí, působící často v obou směrech, prstencem, vytvořeným zpravidla přímo na hřídeli.

c) Ložiska hřebenová - jsou v podstatě prstencová ložiska s několika prsteny (kroužky) k zachycení větších osových tlaků hřídele, které by nebylo možné zachytit jedním prstencem. Dovolené měrné tlaky na styčných plochách bývají 0,4- 0,7 N.
 mm^2 při kluzných rychlostech 4 m/s. Součinitel tření bývá 0,05 - 0,1.

d) Ložiska segmentová mají nosný prstenec 1 rozdělen ve více pevných nebo pohyblivých segmentů. Jsou to nejdokonalejší axiální

ložiska a používají se k zachycení velkých osových sil na hřídelích (rotorech) oběžných kol parních a zvláště vodních turbin (obr. 156). Vykazují zcela mimořádně nízký koeficient ($f = 0,001-0,002$) a dovolují měrné tlaky $345 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ při obvodové rychlosti v třecí ploše než 50 m/s. Opěrná plocha segmentů umožňuje trvale udržet ve styčné ploše s rotující částí mezeru k vytvoření souvislé vrstvy mazacího filmu. Tato mezera se ve směru otáčení (rychlost v) klínovitě zužuje a tím se samočinně vtlačuje mazivo mezi třecí plochy.

e) Kloubová ložiska jsou po stránce konstrukční podobná radiálním ložiskům s tím rozdílem, že pánev, v níž se hřídel otáčí, je vnějším povrchem uložena v tělese lo-

žiska (nebo v dalším kroužku) v kulové ploše, takže zachycuje nejen radiální osové síly, ale dovoluje vychýlení- hřídele v rozmezí - 8°

Vytvoří-li se mezi třecími plochami souvislá vrstva oleje, přestává působit kovový dotek a odpor proti vzájemnému pohybu třecích ploch W je způsoben pouze odporem molekul oleje proti vzájemnému posunutí. V tomto případě (teoreticky) nenastává opotřebení třecích ploch a tření nazýváme kapalinové.

Teorie kapalinového tření (ruského badatele N. Petrova r. 1883) se opírá o vznik souvislé vrstvy mazadla v třecích plochách za působení hydrodynamického tlaku. Tato teorie je v současné době dokonale propracována a ověřena laboratorními i provozními zkouškami, takže lze na základě těchto poznatků spolehlivě navrhovat i nejnáročnější způsoby uložení hřídelí v ložiskách.

Mazací drážky

Podmínkou spolehlivosti kluzných ložisek je zaručit konstrukčně podmínky pro vytvoření a trvalé udržení mazacího filmu ve styčných plochách. Nestačí mazivo do ložiska přivést, byť třeba i tlakem (nucené, tlakové mazání), musí být také zaručeno rozvedení maziva po celé dosedací ploše ložiska. K tomu účelu musí být ložiska vybaveny mazacími drážkami, tzv. přiváděcími a rozváděcími. Umisťují se různě, podle smyslu zatěžujících síly a směru otáčení. Mají zpravidla tvar žlábku. všechny hrany přecházející do kluzné plochy musí být dobře zaobleny, aby se mazivo nestíralo. Rozměry a tvar mazacích drážek bývají podle praktických zkušeností obsaženy v podnikových normách a v podrobnější literatuře

2.2.2 Valivá ložiska

Otáčivý pohyb čepu (hřídele) přenáší do ložiska kuličky, válečky nebo jehly, které jsou uloženy v mezeře mezi dvěma kroužky pevně uloženými na hřídeli a v sousedním otvoru v součásti pro uložení hřídele. Kluzné tření čepu o pánev je nahrazeno vali-

vým třením kuliček nebo válečků apod. Vzájemný styk kuliček nebo válečků je teoreticky bodový nebo přímkový za předpokladu, že se neuvažují deformace způsobené zatížením.

Valivá ložiska jsou v porovnání s kluznými ložisky výhodnější, neboť součinitel tření je zhruba asi desetkrát menší, ložiska jsou odolnější proti rázům a přetížení, umožňují snadnější vymezení vůle, mají tišší a klidnější chod, hlavně při větším počtu otáček a jsou méně citlivé na prach a nečistoty. Z těchto důvodů se valivá ložiska používají všeobecně na přesné uložení hřídelí nejmenších i velikých průměrů.

Rozměry ložisek jsou v celém světě jednotně normalizovány, takže lze pro číté přenášené síly (radiální i axiální) a určité otáčky zvolit nejvhodnější druh.

Podle zatížení, která ložiska přenášejí, je rozdělujeme na dvě hlavní skupiny:

- a) ložiska radiální - přenášejí především radiální síly, i když je možné jimi přenášet i určité (menší síly) axiální nebo axiální složky Šikmých sil;
- b) ložiska axiální - která přenášejí především axiální síly, ale některá jsou schopna zachycovat i síly radiální.

Z uvedeného vyplývá, že pokud jde o přenášení sil, není toto rozdělení zcela jednoznačné, poněvadž některé druhy ložisek mohou kromě rozhodujících sil prejt i síly, které jsou k hlavním přenášeným silám kolmé.

Podle druhu valivých těles rozeznáváme ložiska kuličková, válečková, jehlová, kuželíková, pérová.

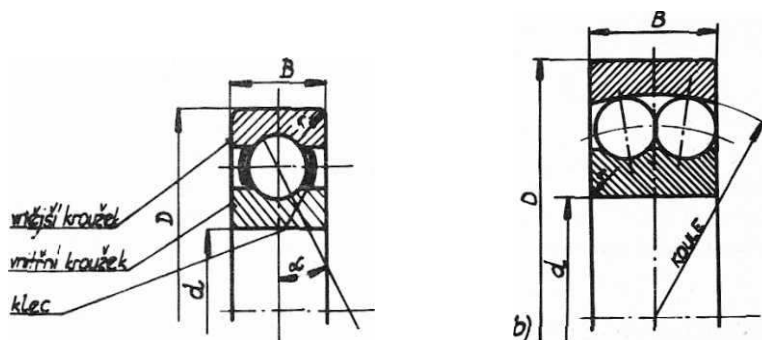
Základní typy ložisek, jejichž název zhruba určuje principiální způsob jejich použití a schematické způsoby jejich znázornění v sestavách strojů jsou v katalozích výrobců ložisek a některé budou uvedeny při jejich výpočtech.

Valivá tělesa (kuličky, válečky, jehly, kuželíky) i vnitřní a vnější kroužky se vyrábějí na celém světě ze speciální chromové a chromniklové oceli s velkou tvrdostí a houževnatostí.

Rovnoměrné rozložení valivých těles zajišťují v ložiskách tzv. klece, které jsou buď z oceli nebo bronzové, ale i z šedé litiny, lehkých kovů a plastů.

2.2.2.1 Radiální ložiska

Radiální ložiska jsou nejčastěji používána jednořadová, poněvadž snášejí poměrně vysoké otáčky, mají dobrou únosnost jak v radiálním, tak v axiálním směru, protože oběžné drážky kroužků jsou hluboké a mají dobré přimknutí ke kukám (kulička se dotýká oběžné dráhy ve vnějším a vnitřním kroužku větší částí každé poloviny svého obvodu, jak je vidět z obr. 16 a).



Obr. 17

Úhel, který svírá tečná normála stykových bodů kuličky s oběžnými drahami (vnějšího a vnitřního kroužku) s čelní plochou ložiska, se nazývá "stykový úhel" a jeho velikost určuje zatížitelnost radiálního ložiska axiálními silami. Jednořadé kuličkové ložisko s tzv. kosouhlým stykem má stykový úhel

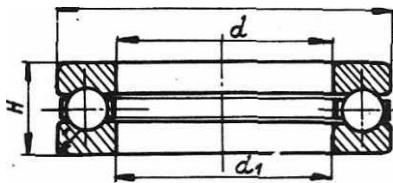
30° a umožňuje přenášet i značné osové síly.

Další typy radiálních ložisek jsou kuličková dvouřadová, naklápěcí, s kosouhlým stykem, válečková, jehlové dvouřadová válečková naklápěcí, kuželíková. Naklápěcí ložiska mají vnější oběžné dráhy upraveny kulově, takže umožňují samovolné při-

způsobení vzájemné polohy obou kroužků při průhybu hřídele. Jeden typ dvouřadového kuličkového ložiska naklápěcího je uveden na obr. 17 b.

2.2.2.2 Axiální ložiska

Axiální ložiska přenášejí jen zatížení osová, které by nemohla přenést ložiska radiální. Přenášejí-li osové síly, působící jen v jednom směru, jmenují se jednosměrná (jednostranná) nebo v obou směrech obousměrná (dvoustranná). Jsou buď kuličková, válečková (se šikmými válečky) nebo soudkovitá.



Obrázek 18

Na obr. 17 je v řezu jednořadé" axiální kuličkové ložisko jednostranné. Skládá se ze dvou plochých kroužků, z nichž otočný je pevně uložen na hřídeli a nehybný je pevně uložen (vnějším válcovitým povrchem) v ložiskovém tělese

Správné uložení hřídele v axiálním ložisku spočívá ve volbě správného tolerovaného uložení hřídele (čepu)-a vnitřního průměru otočného kroužku; pevný (stojící) kroužek má v díře menší radiální vůli, aby se mohl nastavit správně do osy čepu

2.3 Mechanické převody

2.3.1 Obecné zásady

Mechanické převody slouží k vytvoření kinematické a silové vazby mezi hnací a hnanou hřídelí a k zajištění plynulého toku výkonu při předepsané transformaci jeho prvků, tj.

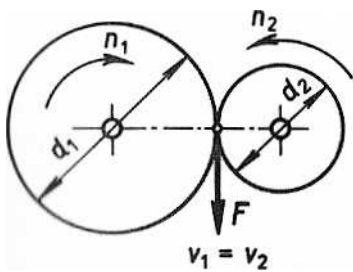
změně úhlové rychlosti a odpovídající změně točivého momentu. Mechanickým převodem se přenáší a rozvádí otáčivý pohyb a mechanická energie (točivý moment, výkon, obvodová síla). Při přenosu se tedy může měnit obvodová rychlost a smysl otáčení hnaného hřídele a někdy se mění i druh pohybu, např. otáčivý na posuvný. Každý mechanický převod se skládá nejméně ze dvou kol (kotoučů), hnacího a hnaného, která jsou pevně spojena s hnací a hnanou hřídelí. Pohyb se přenáší z hnacího hřídele na hnaný:

bezprostředním dotykem kol, tj. převody s přímým přenosem pohybu (obr. 19.1);

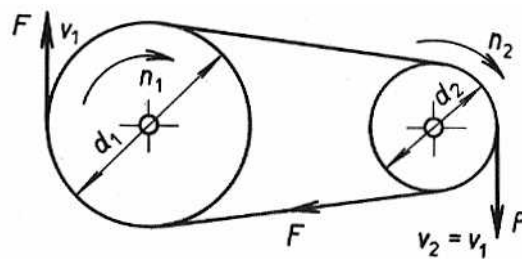
převodovým členem, např. řemenem, řetězem nebo lanem, tj. převody s nepřímým přenosem pohybu (obr. 19.2). Výkon se přenáší z hnacího na hnané kolo:

odporem tření mezi koly (u třecího převodu), nebo mezi kolem a řemenem (u řemenového převodu) nebo mezi kotoučem a lanem (u lanového převodu);

tlakem mezi zuby spolu zabírajících kol (u převodu s ozubenými koly), nebo tlakem mezi zuby kola a řetězem (u řetězového převodu). První převody jsou třecí (v širším slova smys-



Obr. 19.1
lu



Obr. 19.2

2.3.1.1 Kinematické poměry u mechanických převodů

Rychlost otáčení hřídelů a kol se udává úhlovou rychlostí ω , otáčkami n nebo obvodovou rychlostí v . Mezi těmito veličinami platí vztahy:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad v = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

Poměr úhlových rychlostí hnacího ω_1 a hnaného hřídele ω_2 se nazývá převodový poměr i . Úhlové rychlosti obou hřídelů jsou přímo úměrné jejich otáčkám, tj. $\omega_1/\omega_2 = n_1/n_2$, a proto převodový poměr

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

což je tzv. kinematický převodový poměr.

U převodů s ozubenými koly a řetězových jsou otáčky hnaného hřídele vždy zcela určitým násobkem otáček hnacího hřídele, takže převodový poměr je vždy stálý; jsou to tzv. přesné převody. U těchto převodů jsou obvodové rychlosti obou kol stejné, tj. $v_x = v_2$. Z této rovnosti dostaneme po dosazení vztah

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

a převodový poměr můžeme pak též vyjádřit poměrem průměrů hnacího a hnaného kola

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Poměr d_2/d_1 se nazývá konstrukční převodový poměr.

U ozubených kol jsou rozteče stejné, takže $rc \cdot d = z \cdot p$, z čehož plyne, že roztečné průměry kol jsou přímo úměrné počtům zubů. U ozubených a podobně i u řetězových převodů lze převodový poměr též vyjádřit výrazem

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Neuvažují-li se ztráty, lze u ozubených převodů vyjádřit převodový poměr též poměrem točivých momentů. Podle obr. 9.1

$$M_{t1} = F \cdot \frac{d_1}{2}; \quad M_{t2} = F \cdot \frac{d_2}{2},$$

takže

Ztráta
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{M_{t2}}{M_{t1}}.$$

rychlosti prokluzem závisí na stavu stykových ploch kol a řemenu, na vzájemném tlaku, obvodové rychlosti, zatížení apod., takže převodový poměr je zpravidla neurčitý; proto nazýváme tyto převody nepřesné.

- Složený převod vznikne vložení jednoho nebo několika pomocných, tzy. předlohových hřídelů, mezi hnací a hnaný hřídel. Převodové poměry jednotlivých jednoduchých převodů a celkový převod lze vyjádřit takto :

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{M_{t2}}{M_{t1}},$$

$$i_{34} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{d_4}{d_3} = \frac{M_{t3}}{M_{t2}},$$

$$i_{56} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{d_6}{d_5} = \frac{M_{t4}}{M_{t3}}.$$

Celkový převodový poměr složeného převodu

$$i_{1n} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{56} \dots = \frac{M_{tn}}{M_{t1}} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = \frac{n_1}{n_n}.$$

U šroubových ozubených soukolí neplatí vztahy pro převod vyjádřené průměry kol; při vyjádření převodu točivými momenty nejsou uvažovány ztráty (v ozubení, v ložiskách).

Někdy je třeba měnit otáčky hnaného hřídele při konstantních otáčkách hnacího hřídele v určitém žádaném rozmezí, a to buď stupňovitě, nebo plynule. U stupňového převodu se vloží mezi hnací a hnaný hřídel několik jednoduchých převodových stupňů s různým převodovým poměrem, z nichž je vždy jen jeden v činnosti (záběru); stupňové převody jsou možné jen mezi rovnoběžnými hřídeli. Převodové poměry jednotlivých stupňů se volí zpravidla tak, aby otáčky hnaného hřídele tvořily geometrickou řadu.

Jsou-li otáčky hnacího hřídele n_h a otáčky hnaného hřídele mají být odstupňovány od n_{\min} do n_{\max} v geometrické řadě s kvocientem φ v stupních, bude platit

$$n_1 = n_{\min}, \quad n_2 = \varphi \cdot n_1, \quad n_3 = \varphi^2 \cdot n_1, \dots, n_s = \varphi^{s-1} \cdot n_1 = n_{\max};$$

Základních převodových systémů se dá použít samostatně jen tam, kde se vystačí s malým počtem členů a malým rozsahem otáček. Ve složitějších případech se řešení provádí pomocí sítě převodů. Pro převody s plynulou změnou otáček je možno použít jen třech převodů, řemenového převodu s kuželovými řemenicemi, zejména variátorů s klínovými řemeny nebo řetězy.

2.3.1.2 Vliv převodu na smysl otáčení hřídelů

U jednoduchého i složeného převodu s převodovým členem (s řemenem nebo s řetězem) je smysl otáčení všech hřídelí stejný.

U řemenového převodu je možno změnit smysl otáčení hnaného hřídele zkříženým řemenem, který se nyní se používá jen zřídka.

U jednoduchého převodu s přímým přenosem pohybu se hnaný hřídel otáčí v opačném smyslu než hřídel hnací. Vložíme-li mezi oddálená kola pomocné kolo (obr. 9.10), mají pak hnací i hnaný hřídel stejný smysl otáčení; vložené kolo nemá vliv na velikost převodového poměru. U převodu s ozubenými koly je možno použít několik pomocných kol (obr. 9.11); je-li počet pomocných kol lichý, otáčejí se hnací a hnaný hřídel v témže smyslu; je-li sudý (obr. 9.11), otáčejí se v opačném smyslu.

U složeného převodu s ozubenými a třecími koly a lichým počtem předlohových hřídelí se otáčejí hnací a hnaný hřídel v témže smyslu; je-li počet předlohových hřídelů sudý, otáčejí se v opačném smyslu.

2.3.1.3 Silové poměry u převodů

Přenášeli-li jednoduchý převod výkon P při obvodové rychlosti u , je obvodová síla F na hnacím i hnaném kole, popř. v převodovém členu

$$F = \frac{1000 \cdot P}{u}$$

Točivý moment M_{t1} , který přenáší hnací hřídel s otáčkami n_1 :

$$M_{t1} = F \cdot r_1 = 9,550 \cdot 10^6 \frac{P}{n_1}$$

V převodových ústrojích se vyskytují ztráty třením v zubech a v ložiskách, brodění kol v kapalném mazivu (u ozubených kol), ztráty třením v řetězu a mezi řetězem a řetězovým kolem, prokluzováním řemenu po řemenici, prokluzováním třecích kol (v těchto případech je nutno vždy uvažovat též ztráty v ložiskách). Tyto ztráty

jsou závislé na provedení a stavu převodového ústrojí, na mazání, zatížení, obvodové rychlosti aj.

2.3.2 Převody ozubenými koly

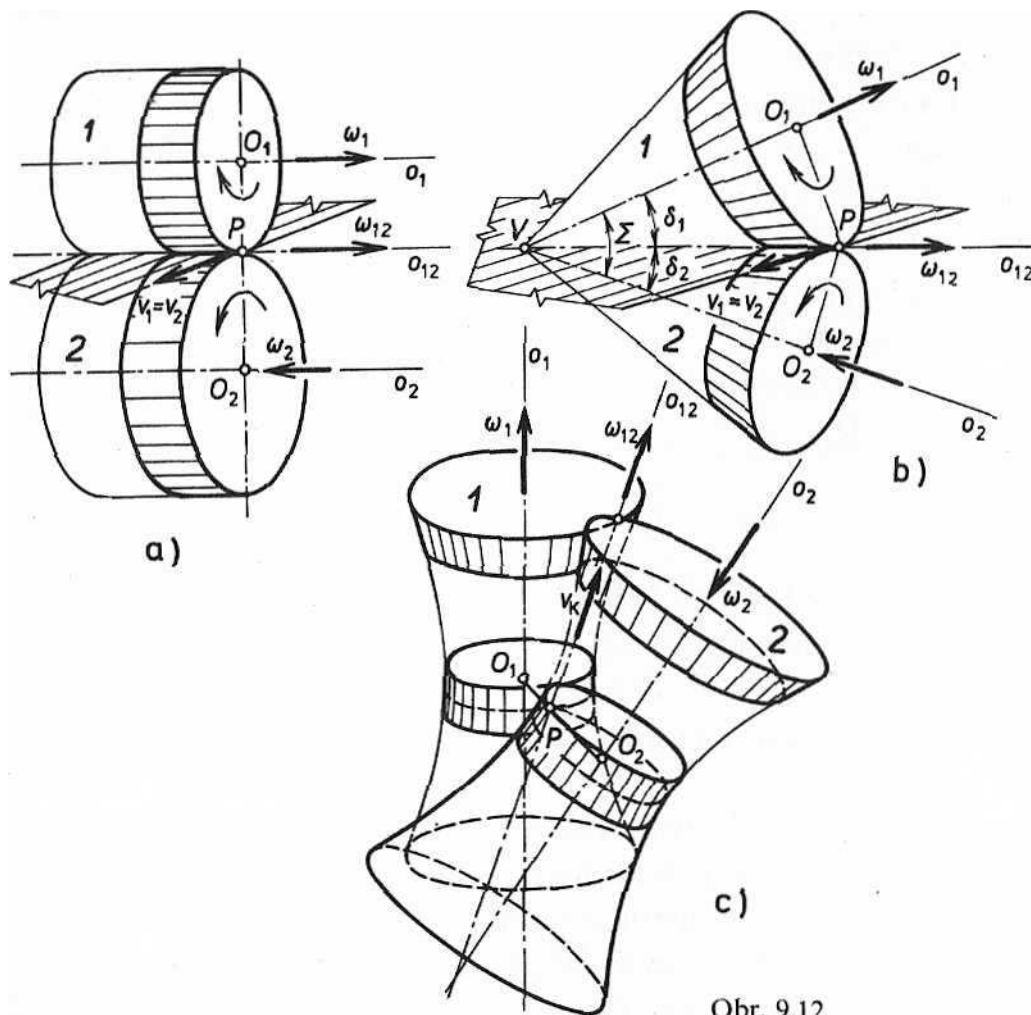
2.3.2.1 Charakteristika a rozdělení ozubených převodů

Ozubené převody představují nejvýznamnější a nejrozšířenější druh převodových mechanismů; pracují na principu záběru (přenos sil tlakem) s bezprostředním dotykem spolu zabírajících členů. Jejich nejjednodušší formou a základní stavební jednotkou pro složitější mechanismy je dvojice ozubených kol - soukolí, sestávající z hnacího a hnaného kola; menší se označuje jako pastorek, větší jako kolo. Úkolem této dvojice je vytvoření kinematické a silové vazby mezi relativně blízkými hřídeli při požadované transformaci úhlové rychlosti a točivého momentu a při co nejvyšší mechanické účinnosti.

Změnu otáčivého pohybu mezi dvěma hřídeli charakterizuje převodový poměr i , který při číselném značení spolu zabírajících členů (např. hnacího kola 1 a hnaného kola 2) je kinematicky definován vztahem:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Velikost poměru i se zpravidla chápe jako absolutní hodnota; hodnoty $i > 1$ odpovídají převodům do pomalá (redukci), hodnoty $i < 1$ charakterizují převody do rychlá (multiplikaci). Pouze u složitějších mechanismů se úhlové rychlosti uvažují jako vektory a kromě velikostí se udávají i jejich smysly.



Obr. 9.12

Při dané poloze hřídelí s osami o_1 a o_2 a při známém převodovém poměru i je relativní pohyb hnacího a hnaného členu určen okamžitou osou relativního pohybu o_{12} (obr. 9.12). Tato osa je nositelkou vektoru relativní úhlové rychlosti ω_{12} , který je dán vektorovou rovnicí:

$$\omega_{12} = \omega_1 - \omega_2.$$

Jsou-li osy o_1 a o_2 rovnoběžky (obr. 9.12a), je osa o_{12} s nimi rovnoběžná a komplanární.

Jsou-li osy o_1 a o_2 různoběžky (obr. 9.12b), je osa o_{12} komplanární a prochází jejich průsečíkem.

Jsou-li osy o_1 a o_2 mimoběžky (obr. 9.12c), představuje vyšetření osy o_{12} prostorový problém s nejednoznačným řešením. Osa o_{12} protíná nejkratší příčku mimoběžných os a je na ni kolmá.

Při neměnné poloze os a při konstantním převodovém poměru i_{12} je poloha osy o_{12} rovněž neměnná. Otáčením okamžité osy o_{12} postupně okolo os o_1 a o_2 lze získat rotačně symetrické plochy, tzv. axoidy (obr. 9.12). U os rovnoběžných to jsou dva kruhové válce, u os různoběžných dva kužele a u os mimoběžných dva jednodílné hyperboloidy. Osa o_{12} je pak dotykovou površkou těchto přímkových ploch. Axoidy, spojené s příslušnými osami, se v relativním pohybu buď vzájemně odvalují (válce u rovnoběžných os, kužele u různoběžných os), nebo konají relativní pohyb šroubový — hyperboloidy u mimoběžných os.

Ozubené kolo se skládá z těla a z ozubeného věnce; tvar věnce je určen tzv. roztečnou plochou, která vychází z tvaru příslušného axoidu.

Podle tvaru roztečné plochy jsou:

a) kola válcová,

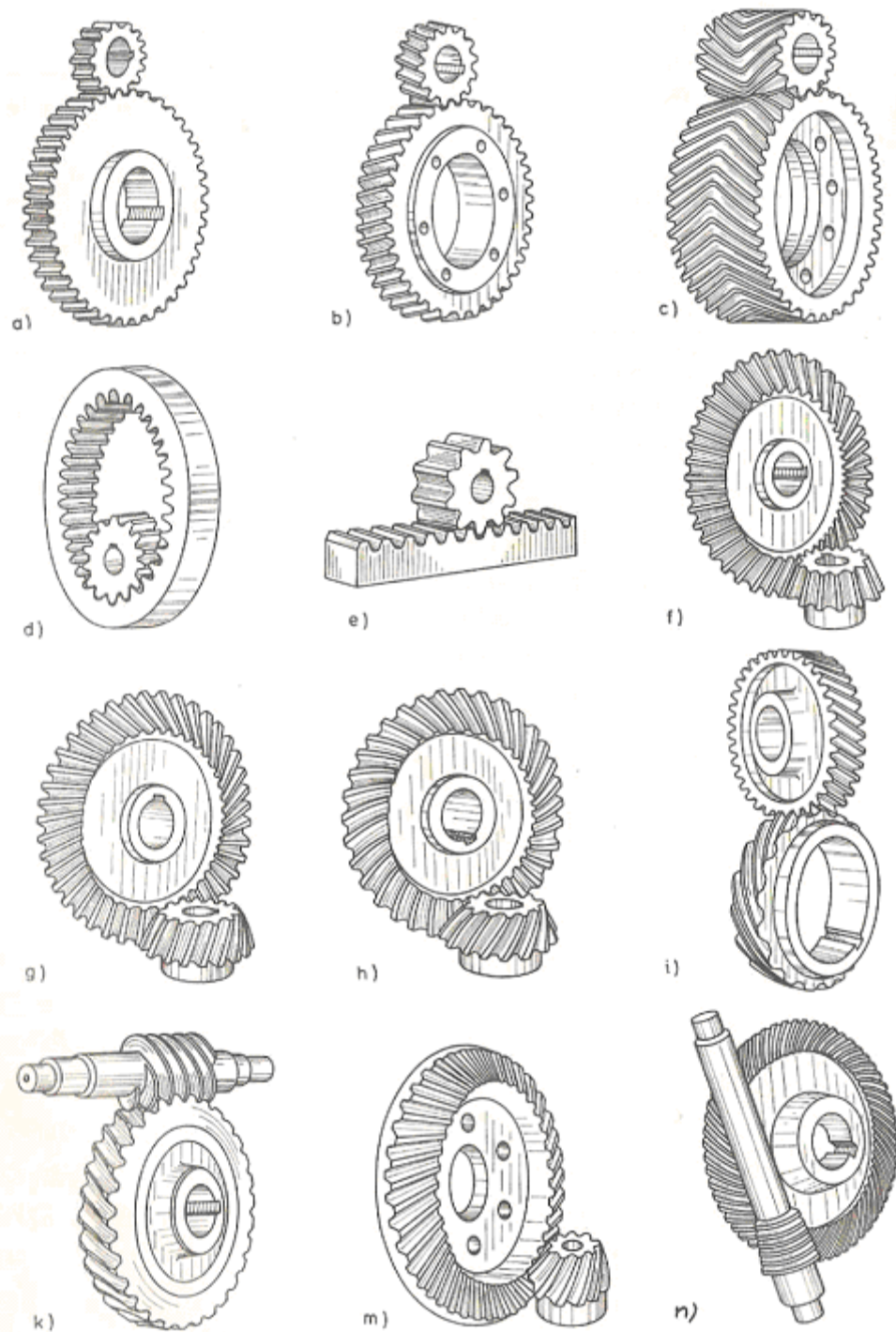
b) kola kuželová,

c) kola hyperboloidní, která se však z výrobních důvodů nahrazují koly válcovými, kuželovými nebo globoidními.

Ozubený věnec je tvořen zuby, rovnoměrně rozloženými po obvodu kola a geometricky určenými především tzv. bočními plochami (obr. 9.13).

Ozubený věnec je radiálně vymezen plochou hlavovou a plochou patní, které jsou souosé a stejného typu s plochou roztečnou. Podle vzájemné polohy hlavové a patní plochy rozeznáváme

- a) kola s vnějším ozubením,
- b) kola s vnitřním ozubením.



Obr. 9.14

V axiálním směru je ozubený věnec vymezen dvěma čelními plochami, jejichž vzdálenost určuje šířku ozubeného věnce. Průniková čára boční plochy zubu s plo-

chou čelní určuje čelní profil zubu. Podle druhu Čelní profilové křivky jsou kola s ozubením:

- evolventním,
- cykloidním,
- zvláštním (smíšeným, cévovým, Novikovovým aj.).

Podle tvaru boční čáry zubů jsou:

- kola s příkými zuby,
- kola s šikkými zuby,
- kola s dvojíte šikkými (šípovými) zuby,
- kola se zakřivenými zuby,
- kola se šroubovými zuby.

Ozubený hřeben je část ozubeného válcového kola o nekonečně velkém poloměru; ve spojení s pastorkem umožňuje přeměnu otáčivého pohybu v posuvný, a naopak (obr. 9.14e).

Ozubený převod je trojčlenný mechanismus, složený z rámu a dvou ozubených kol. Podle relativního pohybu základních těles (axoidů) se ozubené převody (soukolí) dělí na:

- soukolí valivá,
- soukolí šroubová.

Podle vzájemné polohy os

při osách rovnoběžných — soukolí valivá válcová se zuby

- příkými (obr. 9.14a, d, e),
- šikkými (obr. 9.14b),
- šípovými (obr. 9.14c),

při osách různoběžných — soukolí valivá kuželová se zuby

- přímými (obr. 9.14f), šikmými (obr. 9.14g),
- zakřivenými (obr. 9.14h),

při osách mimoběžných

- soukolí šroubová válcová (obr. 9.14i),
- soukolí šneková (obr. 9.14k),
- soukolí šroubová kuželová — hypoidní (obr. 9.14m),
- soukolí spiroidní (obr. 9.14n).

Podle vzájemné polohy Spolu zabírajících kol jsou: soukolí se záběrem vnějším (např. obr. 9.14a), soukolí se záběrem vnitřním (obr. 9.14d).

Podle velikosti obvodové rychlostí v se ozubená soukolí dělí na:

pomaloběžná - $v \leq 3m \cdot s^{-1}$

o středních rychlostech - $3 < v < 15m \cdot s^{-1}$

rychloběžná - $v \geq 15m \cdot s^{-1}$

Ozubené mechanismy vznikají sériovým nebo i paralelním řazením jednoduchých převodů. Rozděluje je podle několika hledisek:

1) Podle počtu převodových stupňů na: jednostupňové,

dvoustupňové a více stupňové.

2) Podle prostorového pohybu os na: obyčejné (poloha os se vůči rámu nemění), planetové (některé osy konají krouživý pohyb).

3) Podle konstrukčního provedení na: otevřené (nezakryté),

uzavřené (ve skříni); ty se dále dělí na:

vestavěné (do motoru nebo do pracovního stroje),

samostatné převodovky s konstantním nebo stupňovitě proměnlivým převodovým poměrem.

4) Podle použití na:

- silové (přenos značných točivých momentů),
- kinematické (točivý moment je zanedbatelný).

Výhody ozubených mechanismů:

relativně malé rozměry a kompaktnost, dobrá spolehlivost a životnost, dobrá mechanická účinnost, přesnost dodržení převodového poměru, schopnost přenosu velkých výkonů (50 až 100 MW) při obvodových rychlostech až $150 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, schopnost dosažení vysokých převodových poměrů, poměrně malá náročnost na údržbu, krátkodobá přetížitelnost.

K nevýhodám patří:

složitější a dražší výroba (nároky na přesnost výroby a na tuhost uložení), hluk a chvění, které vznikají při nesplnění předchozích požadavků,

tuhá vazba členů, neumožňující tlumení rázů a dynamického zatížení,

nemožnost dosažení libovolného převodového poměru (počet zubů musí být celé číslo).

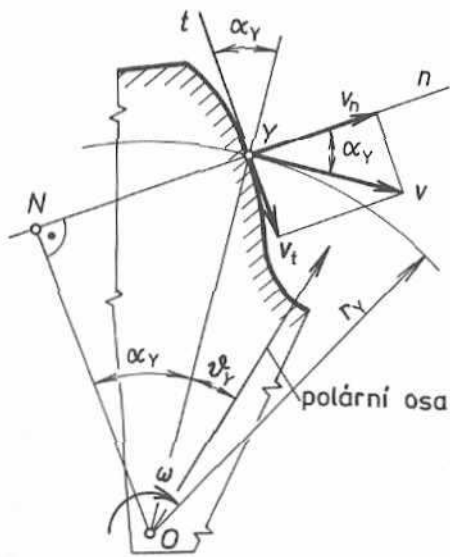
2.3.2.2 *Teorie rovinného ozubení*

Představuje ucelený soubor základních poznatků o geometrii, kinematice a záběrových vlastnostech rovinných profilů. Má bezprostřední použití u valivého válcového

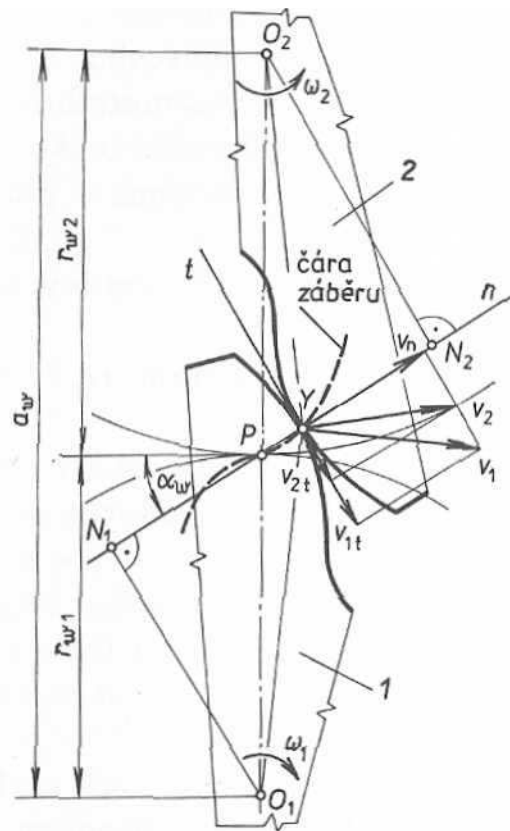
soukolí s přímými zuby. U jiných typů soukolí se využívá zprostředkovaně pomocí tzv. porovnávacích kol.

Základní zákon ozubení

Kinematickou vazbu mezi dvěma středy otáčení O_1 a O_2 je možno obecně vytvořit záběrem dvou vhodně tvarovaných profilů — palců (obr. 9.16). Spolu zabírající profily mají ve společném bodě Y společnou tečnu t a společnou normálu n ; bod Y příslušný k členu 1 má absolutní rychlost $v_1 = O_1 \cdot Y \cdot \omega_1$, příslušný k členu 2 má rychlost



Obr. 9.15



Obr. 9.16

$$v_2 = O_2 \cdot Y \cdot \omega_2$$

Základní zákon ozubení vychází z požadavku stálého - trvalého záběru palců; vyjadřuje závislost mezi geometrickými parametry spolu zabírajících profilů v bodě dotyku a okamžitým převodovým poměrem i . Pro zachování stálého dotyku je nezbytné, aby elementární posunutí obou profilů ve směru společné normály bylo stejné.

To je splněno pro $v_{1n} = v_{2n} = v_n$

Po vyjádření v_{1n} a v_{2n} a po využití úměry na paprscích svazku je možno dospět ke vztahu:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2N_2}{O_1N_1} = \frac{O_2P}{O_1P}$$

kde bod P je pólem relativního pohybu palců; jeho absolutní rychlost je stejná, ať patří členu / či Členu 2.

Základní zákon ozubení lze formulovat slovy: Pro plynulý záběr dvou profilů je nezbytné, aby společná normála v bodě jejich dotyku procházela v každém okamžiku pólem relativního pohybu P.

Relativní pohyb palců lze kinematicky nahradit valením dvou polodií — křivek pevně spojených s rotujícími palci a dotýkajících se v pólu P. Obecný tvar spolu zabírajících profilů vede k polodiím obecného tvaru a k proměnnému převodovému poměru i .

Mimořádný význam v technické praxi mají profily speciálního tvaru, u nichž společná normála protíná spojnicí středů stále ve stejném bodě, takže pól P je nehybný; polodiové křivky pak nabývají podoby valivých kružnic o poloměru $r_{\omega 1}$ a $r_{\omega 2}$ a převodový poměr při stálém záběru palců je konstantní (obr. 9.16):

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{\omega 2}}{r_{\omega 1}} = konst$$

2.3.3 Převody řemenové a řetězové

2.3.3.1 Řemenové převody

Řemenové převody slouží pro přenos menších a středních, výjimečně i velkých výkonů na velké vzdálenosti, zpravidla mezi rovnoběžnými hřídeli.

Výhody řemenových převodů: přípustná poměrně velká obvodová rychlost; pružný záběr a nehluký chod (řemen svou pružností, popř. i skluzem vyrovnává rázy, vznikající při kolísavém zatížení, při zapínání a vypínání převodu a při změně obvodové rychlosti); při přetížení konají funkci pojistné spojky a mohou tak zabránit porušení jiných ústrojí v převodech; schopnost tlumit kmitání a chvění; jedním řemenem je možno pohánět několik hřídelí; nevyžadují přesnou výrobu a pečlivou, montáž; vykazují nepatrné opotřebení řemenic; umožňují snadnou údržbu a levný, provoz.

Nevýhody řemenových převodů: nestálý převodový poměr; nepřesnost v přenosu pohybu a obvodové síly vzhledem k možnosti skluzu řemenu na řemenici; nutnost značného předpětí řemenu, které způsobuje zvýšené namáhání hřídele ohybem a velké zatížení ložisek; nižší účinnost; vytahování řemenu a opotřebení po delší době běhu; citlivost na teplotu, vlhkost a chemické účinky prostředí; při prokluzování řemene po řemenicích vzniká mechanickým třením statická elektřina, jejíž potenciál vzhledem k zemi může dosáhnout vysoké hodnoty, což ve výbušném prostředí vyžaduje její odvod zvláštními prostředky.

2.3.3.1.1 Druhy a materiál řemenů

Řemeny jsou ploché (obdélníkový průřez), klínové a kruhové (obr. 9.187). Ploché řemeny se vyrábějí z hovězí kůže, pryže, textilních vláken, plastů nebo z oceli.

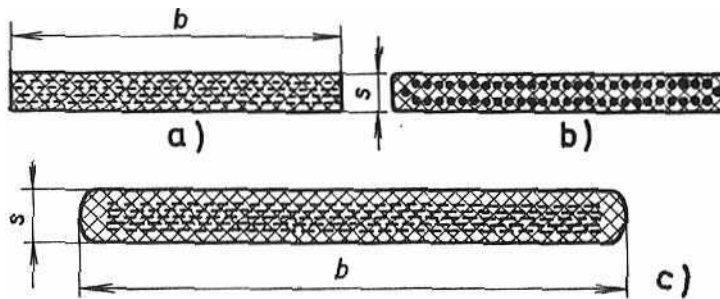
Kožené řemeny jsou z tříslené nebo chromité usně; řemeny z chromité kůže jsou lehčí, ohebnější, pružnější a pevnější než z tříslené kůže a hodí se proto pro převody

s malými průměry řemenic (zejména s napínací kladkou) a s velkou obvodovou rychlostí (až $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Nevýhodou je poměrně vysoká cena. Tloušťka jednoduchého koženého řemene je 4 až 7 mm, u dvojitého řemene (lepeného ze dvou vrstev) 8 až 12 mm. Ploché kožené řemeny jsou normalizovány v ČSN 79 4301.

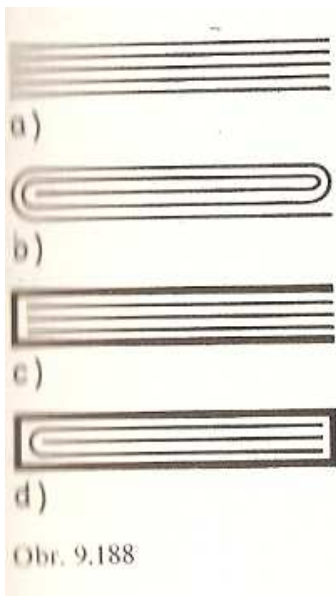
Pryžové řemeny jsou ohebnější než kožené a lze je vyrobit v libovolných šířkách a délkách. Jsou vyztuženy tkanými pásy v několika vrstvách nebo provazci, popř. ocelovými lanky (v jedné vrstvě vedle sebe) a zvenčí chráněny opryžovanou tkaninou. Způsoby úpravy výztužných vrstev jsou: a) s vinutím ve vodorovných vrstvách bez ochranného obalu, b) s vinutím spirálním bez obalu, c) s obalem jednostranně uzavřeným, d) s uzavřeným obalem. Tloušťka pryžového řemene je závislá na počtu výztužných vrstev a bývá od 2 do 20 mm. Pryžové řemeny snesou rychlost až $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jsou vhodné pro nárazové zatížení a pro vlhké prašné prostředí. Řez pryžovým pásem s několika výztužnými textilními vrstvami je na obr. 9.189a, pás s textilními provazci na obr. 9.189b a pás pro dopravníky je na obr. 9.189c; skládá se z textilní kostry, z dolní a horní pryžové ochranné vrstvy a z bočních pryžových okrajů. Pryžové dopravní pásy se vyrábějí pro šířky 400 až 2 000 mm.

Textilní řemeny jsou utkány z různých druhů příze bavlněné, vlněné, konopné, velbloudí srsti, hedvábí nebo silonu. Vyrábějí se v tloušťkách od 1,5 do 12 mm i více a v šířkách od 250 do 700 mm. Jsou lehčí než řemeny kožené a pryžové, takže dobře snášejí velké obvodové rychlosti (až $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Jsou velmi ohebné, takže řemenice mohou mít malé průměry. Jsou vhodné pro prostředí s teplotou do $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Tyto řemeny se vlak více vytahují a mají kratší životnost než ostatní řemeny. Textilní řemeny jsou normalizovány v ČSN 80 4740.

Řemeny z plastů (např. novoduru, polyamidu, uretanu aj.) jsou rovněž vyztuženy textilními vložkami. Mají vysokou pevnost, takže umožňují menší tloušťky pásu, a tím menší průměry kotoučů a malé rozměry převodového ústrojí. Často se obkládají kůží nebo tkaninami. Používají se pro velké obvodové rychlosti (až $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).



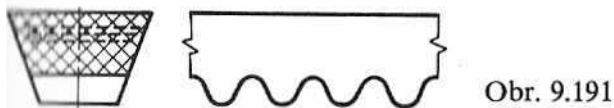
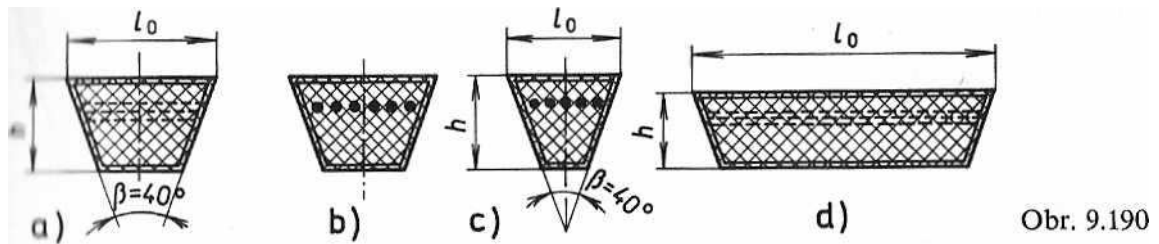
Obr. 9.189



Obr. 9.188

Ocelové pásy mají ze všech druhů pásů největší pevnost. Používají se v rychloběžných převodech s velkou vzdáleností os (dopravníky, dopravní pásy). Obkládají se kůží, korkem nebo tkaninou. Nevýhodou je značná tuhost v ohybu a velká hmotnost.

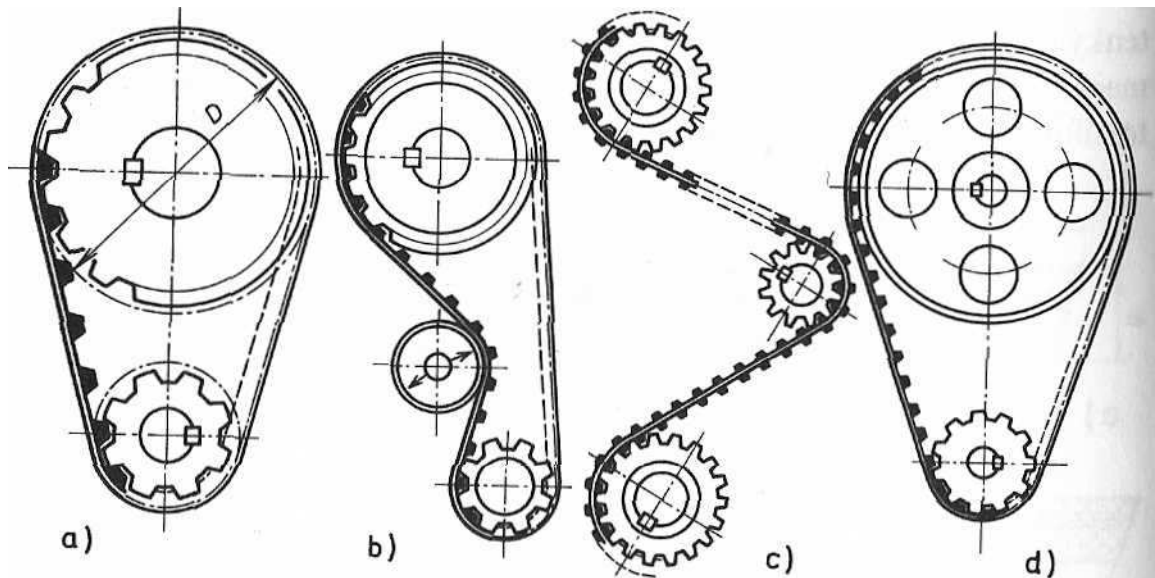
Klínové řemeny mají profil rovnoramenného lichoběžníku. Vyrábějí se I pryže a mají buď několik vrstev textilní výztuže (tzv. kordové řemeny, Obr. 9.190a), nebo provazce v jedné vrstvě (obr. 9.190b), které lze nahradit tenkým ocelovým lankem nebo silonovým či nylonovým provazcem. Před mechanickými nebo chemickými vnějšími vlivy je řemen zevně chráněn textilním obalem impregnovaným pryží. Klínové řemeny se vyrábějí v celku



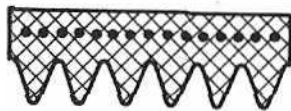
(uzavřené) v různých délkách.

Kromě klínových řemenů (obr. 9.190a, b, c) se vyrábějí široké klínové řemeny (obr. 9.190d) pro variátory s poměrem $l_0/h > 4$. Klínové řemeny s většími průřezy se vyrábějí též s ozubením na spodní (užší) části (obr. 9.191), a to za účelem snazšího deformování při ohýbání řemenu na řemenici malého průměru a pro dosažení stálého převodového poměru.

Výztuhu tvoří ocelové drátky, při nižších zatíženích také polyamidové provazce. Ozubený pás nevyžaduje předpětí, a tudíž namáhání hřídele i ložisek je nízké. Tento řemen může pracovat až do otáček $n \leq 10000 \text{ min}^{-1}$ při převodovém poměru $i < 30$. Je-li převodový poměr $i \geq 3,5$, může být velká řemenice hladká. Při vyšších otáčkách je nutno řemenice vyvážit. Uspořádání pohonu s ozubeným řemenem je na obr. 9.192; a) normální uspořádání, b) s napínací kladkou, c) oboustranným ozubením, d) s hladkou velkou řemenicí.



Obr. 9.192



Obr. 9.193

Novodobým převodovým členem je drážkový klínový řemen podle obr. 9.193, který spojuje přednosti řemene plochého a klínového. Drážkové řemeny jsou ohebnější než řemeny klínové, takže mohou pracovat na menších průměrech malých řemenic; šířka drážkové řemenice je menší než šířka klínové řemenice při stejném přenášeném výkonu.

Kruhové řemeny menšího průměru ($\varnothing \leq 6$ mm, obr. 9.187c) jsou z pásků tříslené kůže; řemeny většího průměru (do 12 mm) jsou svinuty z pásků chromíte kůže nebo z pryže vyztužené konopným provazcem; také se používají opryžované provazce z plastových vláken (např. silonu) o průměru 2 až 15 mm. Tyto řemeny jsou vhodné pro přenášení malých výkonů na blízké hřídele.

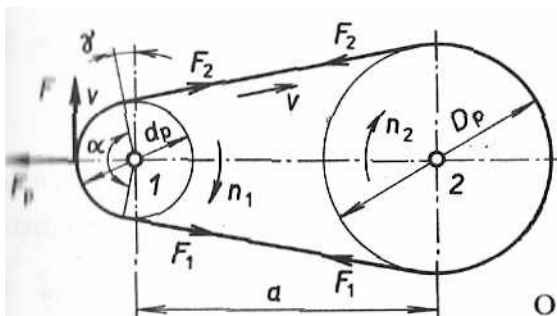
Úprava řemenového převodu

U řemenového převodu se zpravidla používá otevřené opásání, při kterém se oba hřídele otáčejí v témže smyslu. Pro řemenový převod jsou nejvhodnější hřídele ve stejné výšce, tzv. otevřený vodorovný převod (obr. 9.194). Převod se stálým smys-

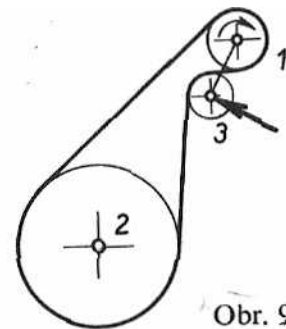
lem otáčení je třeba uspořádat tak, aby tažná větev byla dole. U šikmého nebo svislého převodu je zpravidla

třeba použít napínací kladku 3 (obr. 9.195 a 9.196: 1-hnací hřídele, 2-hnané hřídele). Řemenový převod se používá zejména pro vodorovné hřídele; převod s klínovým nebo s kruhovým řemenem se může použít i pro svislé hřídele s malou osovou vzdáleností.

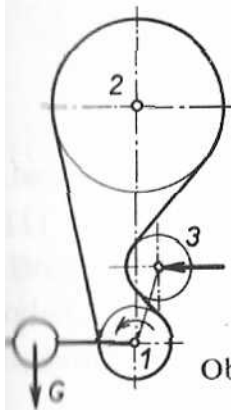
Mají-li se hřídele otáčet v opačném smyslu, je nutno použít řemen zkřížený (obr. 9.197), nebo musí být veden přes dvě vodící řemenice V, I nichž jedna může být napínací N (obr. 9.198).



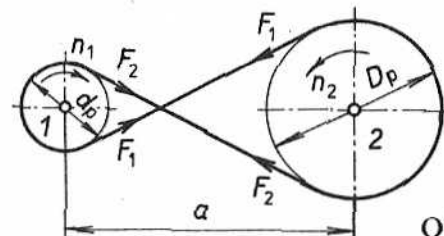
Obr. 9.194



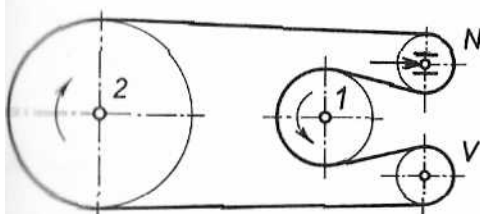
Obr. 9.195



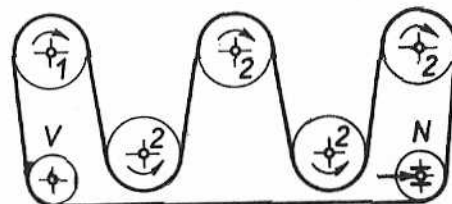
Obr. 9.196



Obr. 9.197



Obr. 9.198



Obr.

2.3.4 Řetězové převody

Řetězový převod se liší od všech dosud popsaných převodů tím, že jeho převodový poměr je stálý. Z jednoho řetězového kola se přenáší řetězem pohyb a síla na druhé (hnané) řetězové kolo. Může přenášet velké kroutící momenty z jednoho hřídele na druhý i při malém počtu otáček. Hřídele musí být rovnoběžné a kola namontována v jedné rovině.

Řetězy dělíme na řetězy: článkové, kloubové, zubové, speciální.

- Článkové- používají se u zdvihadel, a to jak na navázání břemen tak i jako nosných řetězů. výhodou je, že dobře snášejí vysoké teploty i hrubý provoz. Nevýhodou je značná hmota a malé dovolené rychlosti. Vyrábějí se v normalizovaných velikostech, s krátkými nebo

dlouhými

články.

- Kloubové- články složené z destiček a z čepů. Nejdůležitější kloubové řetězy jsou: Gallovy, pouzdrové (transmisní) a válečkové. Řetězy Gallovy a válečkové jsou normalizovány. Válečkové- rozdělujeme podle počtu řad na: jednořadé, dvouřadé, trojřadé, čtyřřadé. Válečkový řetěz se skládá z vnitřních a vnějších článků spojených čepem. Tento řetěz se liší od předešlých tím, že má na pouzdrech volně otočně nasazeny kalené válečky. Vzájemným pootáčením čepů v pouzdrech a válečků při nabíhání řetězu na kolo pracuje řetěz jako řada malých kluzných ložisek. Pro větší výkony a rychlosti se používá několikařadých řetězů (obr.149), které vzniknou spojením dvou nebo více řetězů jednoduchých v celek se společnými čepy. Pro stejný přenášený výkon mají menší rozteč a tím i menší průměry kol a vzdálenosti os než u převodu s jednoduchým. Řetězem, tzn. Mají tišší chod a zabírají menší prostor. Používají se např. k pohonu rozvodu u spalovacích motorů.

Ewartovy- speciální řetězy pro dopravníky a speciální válečkové řetězy. Články jsou z temperované litiny. Články jsou celistvé a řetěz lze snadno rozebírat. Speciální válečkové řetězy jsou v podstatě válečkové řetězy s vhodně upravenými destičkami pro dodržení rozměrů stanovených příslušnými normami, používané pro různé druhy řetězových dopravníků a dopravních zařízení.

Výhody řetězových převodů lze spatřovat např. v tom, že výroba a montáž řetězového převodu nemusí být tak přesná jako u ozubených kol. převod řetězy je přesný, a do jisté míry pružný. Běh řetězu je poměrně tichý, zejména je-li úhel opásání dosti veliký a je-li řetěz dostatečně mazán.

Nevýhodou je, že se opotřebením článků zvětšuje jejich rozteč, a tím i délka celého řetězu. Proto musí být vzdálenost měnitelná, nebo se převod musí opatřit napínací kladkou. Příliš vytažený řetěz špatně nabíhá na řetězová kola a musíme jej vyměnit za nový.

Důležité je správné napnutí řetězu. Nesmí být příliš napjat, aby se nezahříval a zbytečně neopotřeboval. Řetězová kola jsou nejčastěji z litiny nebo z oceli na odlitky a v poslední době i z plastických hmot s jednostranným nábojem, s oboustranným nábojem, dělené konstrukce, nebo v kombinaci s třecí spojkou, s pojistnou spojkou apod.

Zrovna tak jako je důležité správné napnutí řetězu je důležité i mazání řetězu a jeho částí, protože mazivo nepůsobí jen jako mazací prostředek, ale vyplachuje i nečistoty a otěr z kluzných ploch.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části bakalářské práce bude stručně popsáno prostředí Autodesk Inventor a za jeho použití sestavena sestava jízdního kola. Cílem je ukázat jak software jako Autodesk Inventor a Catia usnadňují práci a že modely a sestavy, které můžeme za jejich pomoci vytvářet jsou omezené jenom hardwarem počítače.

4 MODELOVÁNÍ V AUTODESK INVENTOR

Aplikace nových postupů, které poskytují moderní informační technologie, není možná bez vysoké úrovně znalostí. Teprve tehdy se výpočetní technika stává opravdovým nástrojem pro podporu lidského myšlení.

Dostupnost kvalitní a dostatečně výkonné výpočetní techniky v posledních letech umožňuje využívat efektivnější postupy v oblasti počítačového navrhování a přípravy výroby. Prototyp v elektronické podobě se tedy může navrhnout a zkontrolovat včetně simulace jeho výroby na osobním počítači.

Moderní technologie nám umožňují vrátit se k podstatě prostorového myšlení a představitosti, které je pro navrhování daleko přirozenější a efektivnější. Samozřejmě, že klasická koncepce 2D výkresové dokumentace ještě zůstane v některých oborech dlouho základním zdrojem informací, ale i zde může znamenat využití prostorových modelů urychlení a zkvalitnění vývoje. Potenciálem znalostí konstruktérů, technologů a návazných oborů nemusí být plýtváno v oblastech, které dokáže zpracovat výpočetní technika v podstatně kratším čase a vyšší kvalitě.

Nasazení počítače přináší v oblasti prostorového modelování nejen změnu vyjadřovacích prostředků, ale také zcela zásadní změnu myšlení. Model výrobku nevzniká pouze v myšlení konstruktéra. Z důvodu snadné orientace v problematice je proto velmi vhodné mít základní přehled o tradičních metodách konstruování a o problematice norem.

V současnosti si již neumíme efektivní navrhování nových výrobků bez použití digitálních postupů představit. Tyto metody nejenže řeší vlastní konstrukční část předvýrobní etapy výroby, ale také pak možnosti modifikací již stávajících výrobků

Autodesk Inventor svým určením zapadá do řešení předvýrobní fáze produkce nových, případně inovovaných výrobků mapovaných správou životního cyklu. V současné době již nelze hovořit o Autodesk Inventoru pouze jako o aplikaci CAD díky řadě integrovaných nástrojů a zcela nových analytických postupů mapuje celý návrhový proces daleko komplexněji. Výraznou úlohu při těchto činnostech hraje především propojení tradičních postupů navrhování s pokrokovými technikami tvorby virtuálních modelů výrobků. Finálním efektem je především zkrácení času nutného pro realizaci projektu a snížení nákladů. Au-

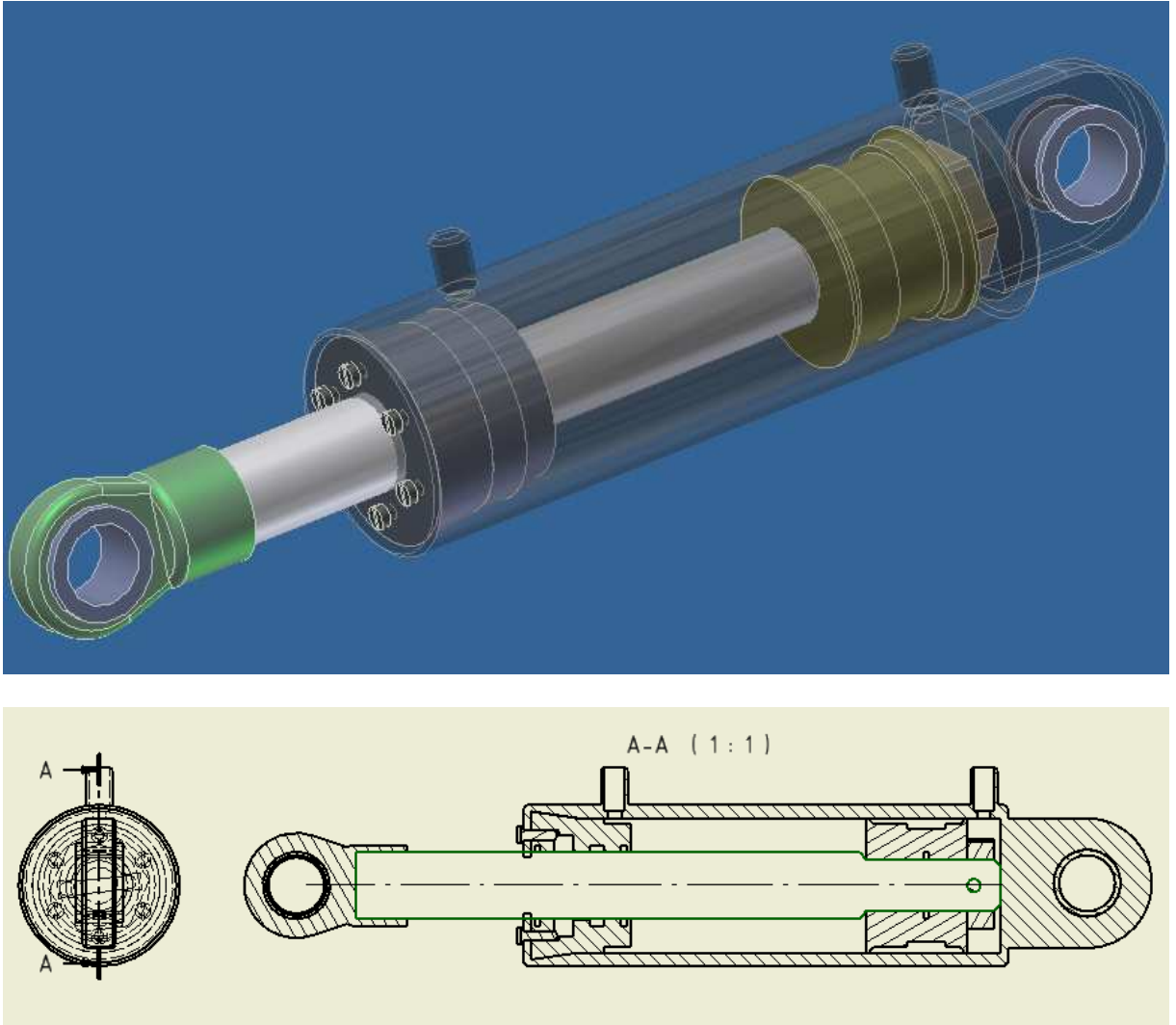
todesk Inventor dokáže nahradit rutinní práci konstruktérů a technologů moderními postupy. Na digitálně definovaných modelech je možné provést řadu úprav a optimalizací bez nutnosti nákladné výroby prototypu. Výhodou počítačového návrhu je jeho těsná návaznost na následné technologické činnosti. Vtvořené geometrie lze využít pro programování obráběcích strojů

4.1 Technické vybavení pro modelování

V počátcích technologií CAD byly aplikace tvořeny především pro operační systémy typu UNIX. Potřebný výkon výpočetní techniky musel být draze zaplacen a dá se říct, že tato technologie byla pro většinu uživatelů nedostupná. Zcela radikální změnu v této oblasti způsobila firma Microsoft. Ta i když v této oblasti nepůsobí, umožnila svým operačním systémem Windows provozovat na osobních počítačích i extrémně náročné aplikace. Pokrok ve vývoji hardwaru a snižování cen společně s obchodní politikou dnes umožňuje používat uživatelům techniku dostupnou za zlomek ceny původních systémů

Autodesk Inventor ve výuce a praxi- Pozice Autodesk Inventoru jako efektivního nástroje pro výuku vychází ze dvou základních aspektů. Jedná se o produkt navazující na tradici AutoCAD ve školství, který navíc poskytuje výborně metodicky zvládnuté nástroje pro modelování. Intuitivnost jednotlivých funkcí a jejich možnosti posouvají možnosti nasazení parametrického a adaptivního modelování do výuky o velký krok vpřed. Systematickým nasazením 3D modelování lze řešit i velmi složité sestavy se stovkami dílů. Nejen že je možné již v době návrhu ověřit jejich funkčnost, ale také navíc získat velmi detailní přehled o postupu montáže. Autodesk Inventor je především nástrojem pro produktivní navrhování nových výrobků. Navazuje na parametrické modelování zcela netradičními prvky adaptivního modelování v sestavách, které zjednodušuje tvorbu a modifikace vlastních součástí. Hlavní devízou Autodesk Inventoru je bezesporu extrémně snadná obsluha a efektivní tvorba velmi složitých součástí a sestav, která v praxi znamená snadné zaškolení obsluhy a rychlý přechod na modelování. Efektivita modelování vychází z podstaty vyjádření základní myšlenky návrhu nového výrobku. Původní myšlenka zobrazená v naší představivosti, která je dále zobrazena do pohledů a řezů na výkres nebo v 2D systému. Tento

model je zdrojem geometrie nového výrobku, která může být dále využita pro další zpracování, kontroly a výrobu.



Obrázek 20. Příklad soustavy vymodelované v programu Autodesk Inventor a následného vygenerovaného výkresu.

Virtuální model nového výrobku je zdrojem informací pro automatické generování pohledů a řezů. Můžou na něm být navíc provedeny simulace technologických operací a řada poměrně složitých kontrolních výpočtů. Představivost a zkušenosti podporované modelováním umožňují většinu operací simulovat na virtuálním modelu nového výrobku ještě před jeho výrobou. Tvorbu výkresové dokumentace lze realizovat až ve finální fázi.“

Existuje samozřejmě celá řada argumentů pro i proti nasazení modelování do praxe. Jedná se ovšem především o výraznou pozici klasických konstrukčních metod a mnohdy problémy technického a organizačního charakteru. Překážkou je také vzájemná nekompatibilita aplikací pro modelování znemožňující přenos geometrie součástí a sestav včetně jejich topologie. Je tak problematické zajistit kooperaci firem využívajících nekompatibilní aplikace.

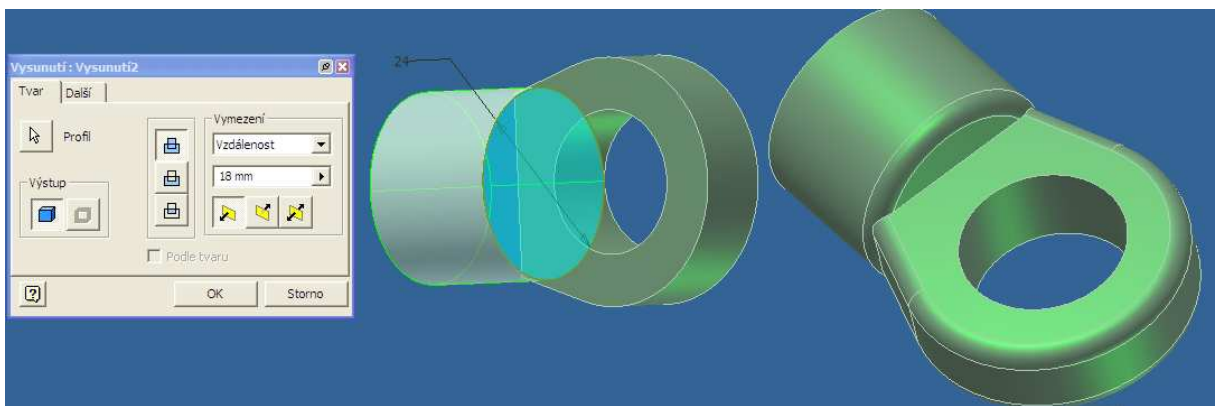
Modelování je bezesporu budoucností navrhování ve všech nejen strojírenských oborech. Potlačení rutinních prací a přímá podpora prostorové představivosti poskytuje zcela netradiční postupy a možnosti při návrhu nových výrobků. Letecký a automobilový průmysl jsou toho přímým důkazem.

Metodika nasazování nových postupů modelování a jejich integrace se stávající činností společností je poměrně náročnou fází v zavádění aplikovaných informačních technologií. Požadavky kladené na uživatele vývojové týmy v průběhu zavádění nových technologií jsou jedním z nejcitlivějších míst. Je nutné si uvědomit, že i sebelepší počítač vyžaduje kreativní přístup a odborné znalosti svého uživatele. Jedná se o pouhý nástroj, který musí zaručit efektivitu, přesnost a kvalitu řešení. Dalším aspektem v úspěšném zavedení technologií PLM v praxi je propracovaná metodika jejich použití a eliminace chyb. Za metodiku považujeme především to, jak a podle jakých pravidel bude software využíván pro kreativní práci. Společným jmenovatelem v současné době je dodržování mezinárodních norem a předpisů. Je jasné, že si to vyžaduje stále výraznější specifikace výrobců dodávajících mnohdy celé části výrobku jako černé schránky od kterých konstruktér vyžaduje určitou specifickou funkčnost. Jádrem vyspělých 3D konstrukčních aplikací je většinou parametrický modelář. Pro modelování součástí může být využito načrtnutých a umístovaných konstrukčních prvků, generátorů součástí, nebo databáze normálí. Zobrazení součástí na výkrese v pravouhlém promítání lze odvodit přímo z prostorového modelu systémem generování pohledů a řezů. Prostorový parametrický model poskytuje řadu informací nejen o geometrických charakteristikách, ale také o vzájemných polohách a vazbách součástí v sestavách. Konstruktér nebo návrhář získává aplikací prostorových modelů možnost neomezené práce s virtuálním objektem. Nemusí být již omezen pouhým použitím 2D pohledů vytvořených na základě ortogonálního promítání.

4.2 Parametrické modelování

Za parametrický model považujeme takový, který je matematicky popsán pomocí parametrů. Na modelu jsou definovány charakteristiky jeho geometrických částí. U takto vytvořeného modelu nejsou rozměry a další charakteristiky určeny konkrétními hodnotami, ale pomocí proměnných výrazů a rovnic, které spolu vzájemně souvisí. Pod dosazení několika základních konkrétních hodnot dojde k výpočtu skutečných rozměrů součásti. Konstrukční návrhář začíná tvorbu nového výrobku od prostorového modelu součásti. Model je tvořen obdobnými technikami jako u klasického modelování, často pomocí náčrtů a prvků bez ohledu na prvotní přesné rozměry všech geometrických prvků.

Náčrty konstrukčních prvků se skládají z jednotlivých objektů (oblouky, úsečky), které jsou svázány pomocí geometrických vazeb. Vazby omezují stupně volnosti při tvorbě náčrtu a definují jeho geometrii, například vzájemnou rovnoběžnost, kolmost nebo soustřednost objektů. Rozměry náčrtů a konstrukčních prvků řídí parametrické kóty.



Obrázek 21. Součást vymodelovaná pomocí parametrického modelování

4.2.1 Adaptivní modelování v sestavách

Autodesk Inventor přichází na trh s modelovacími systémy s efektivní filosofií modelování. Modifikované algoritmy umožňují definovat a modifikovat součásti přímo v sestavách bez nutnosti jejich přesné definice pomocí geometrických vazeb a rozměrových parametrů.

4.2.2 Automatizace modelování variant a sestav

Matematický popis modelů součástí přímo určuje možnost jejich modifikace pomocí soustavy proměnných. Lze tak snadno generovat odvozené modifikace již existujících součástí. Do důsledku znamená vytvoření nové varianty pouze zadání nových hodnot proměnných do předem připravených tabulek. Tyto tabulky mohou být vytvořeny přímo v aplikaci, nebo v externím tabulkovém editoru.

Variantně generované součásti jsou vhodné především při řešení rutinních návrhů opakujících se prvků. Teoreticky podobných generátorů využívají například algoritmy pro tvorbu normalizovaných součástí. Ve firmě si tak můžete vytvořit varianty všech vyráběných výrobků a jejich modifikací, a ty přímo integrovat do nových projektů. Pro tvorbu variantních součástí musí být splněny tyto základní požadavky : Tvarová podobnost všech prvků součástí., možnost definice vzájemných prvků jako samostatných celků nebo skupin, matematicky řešitelné definice geometrických prvků.

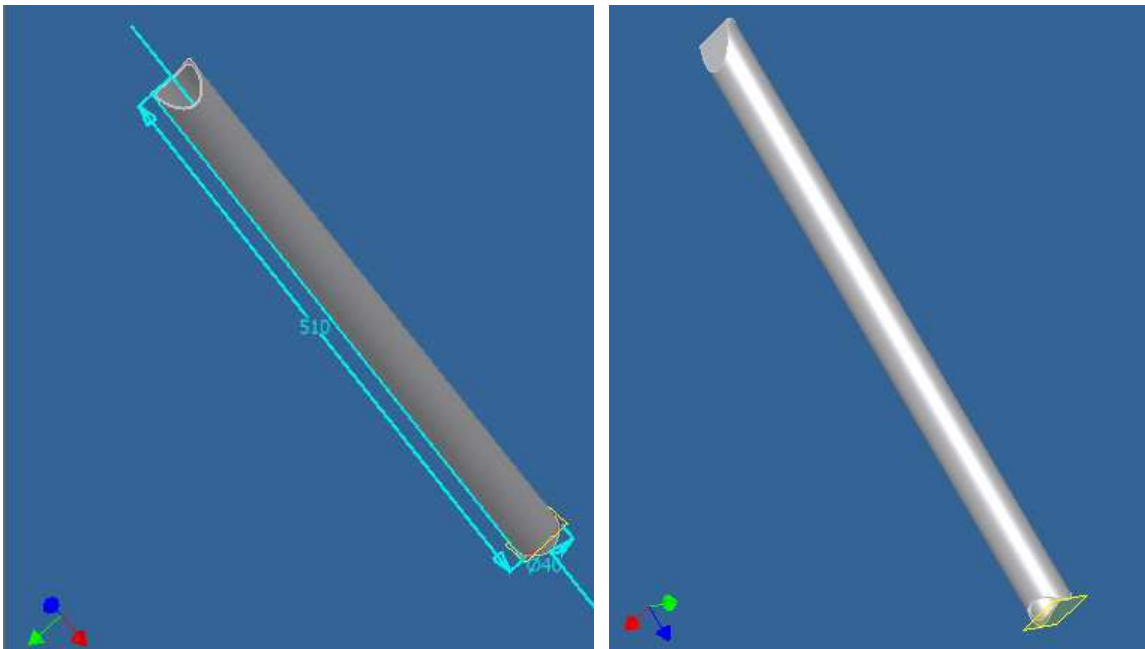
Je zřejmé, že přesná a spolehlivá definice modifikovatelných součástí vyžaduje poměrně rozsáhlé zkušenosti s jednotlivými funkcemi programu.

5 TVORBA JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ

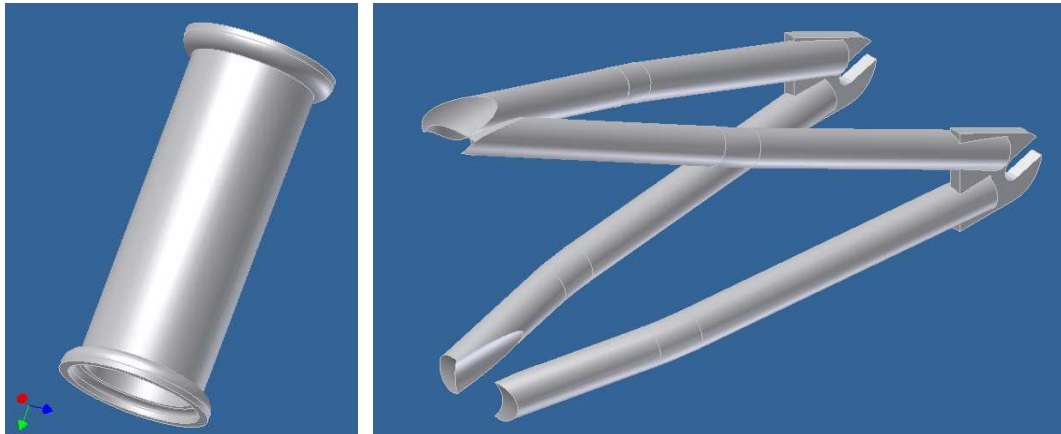
5.1 Rám

Při tvorbě jednotlivých součástí ale i sestav je výhodné si zvolit jeden element který se nemůže dále pohybovat vůči počátku souřadnicové soustavy. U jízdního kola jsem jako hlavní část zvolil samozřejmě rám kola, který je složen z několika k sobě svařených trubek a úchytných částí zadního kola, což vyžaduje použití poměrně velkého počtu pracovních rovin při tvorbě sestavy. Všechny menší rozměry jsou změřeny posuvným měřidlem a rozměrnější části jsou odhadnuty klasickým výsuvným metrem, takže odpadá většina geometrických výpočtů, které by byly jinak při navrhování kola nezbytné.

Jako první si tedy například vytvoříme svrchní a spodní trubku které budou tvořit rám. Spodní trubka je celá dutá, takže byla vytvořena rotací. Vrchní trubka je vyrobena vysunutím, protože v ní dutina chybí. Délka spodní trubky je 510 mm a její průměr 40 mm . Délka vrchní trubky rámu je 570 mm a její průměr je shodný s průměrem trubky spodní .

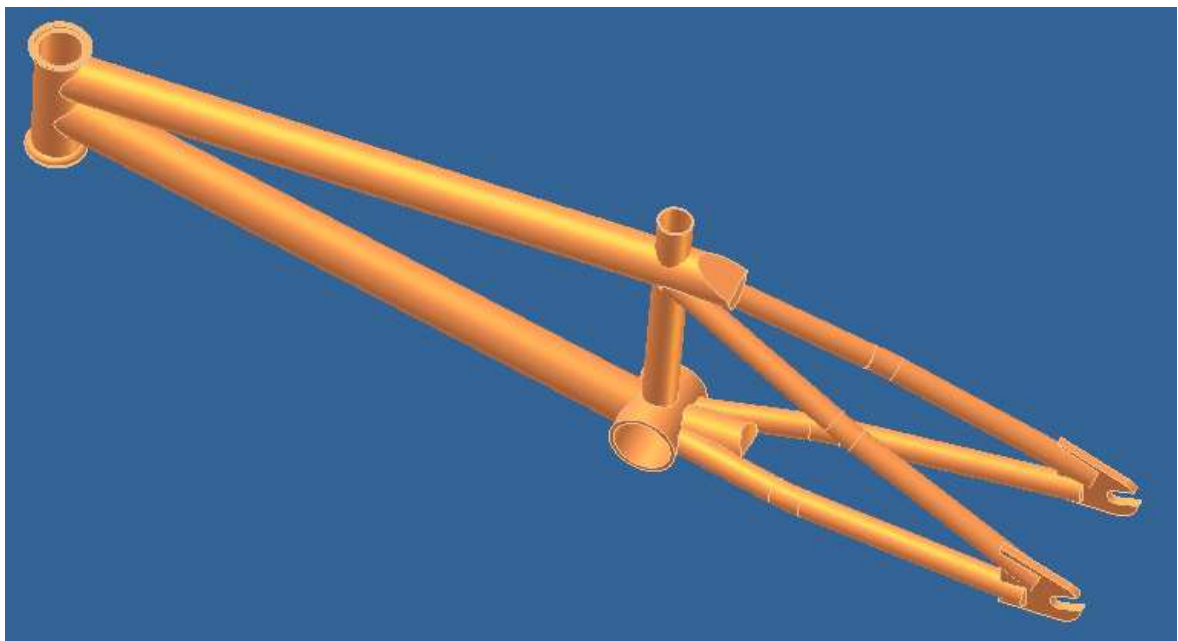


Obrázek 22. Spodní trubka rámu (vlevo) a horní trubka rámu (vpravo)



Obrázek 23. Hlavové uložení (vlevo) a Zadní vidlice kola (vpravo)

Složením několika těchto a dalších částí vznikla sestava rámu kola.

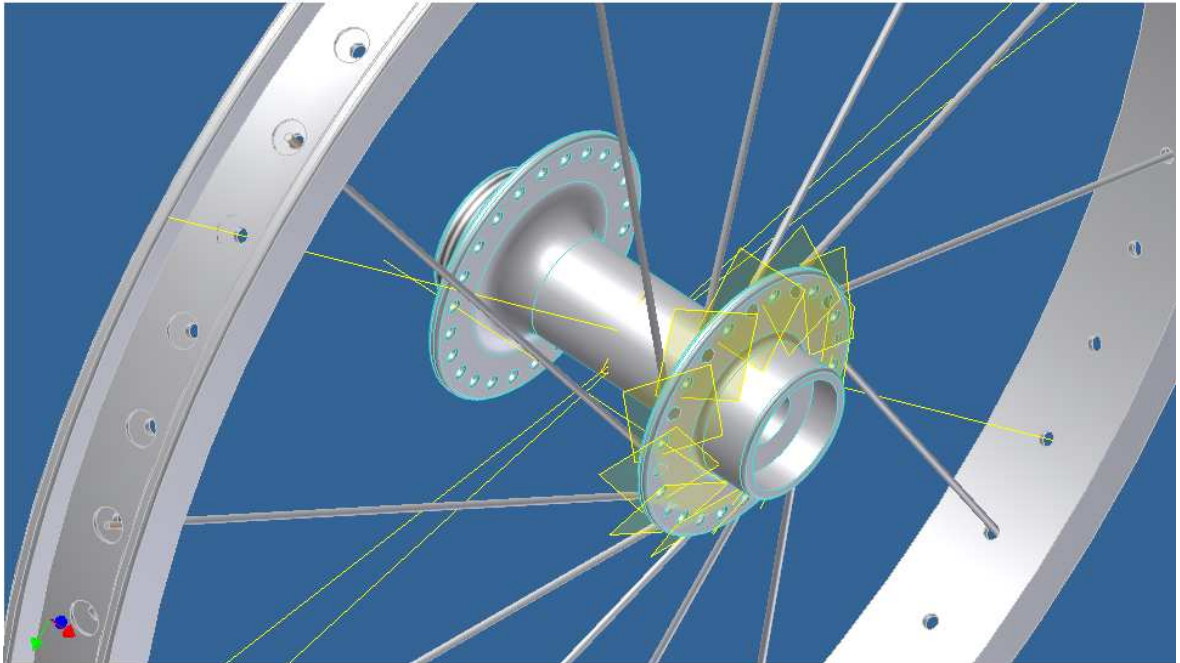


Obrázek 24. Rám kola vymodelovaný pomocí Autodesk Inventor

5.2 Přední a zadní kolo

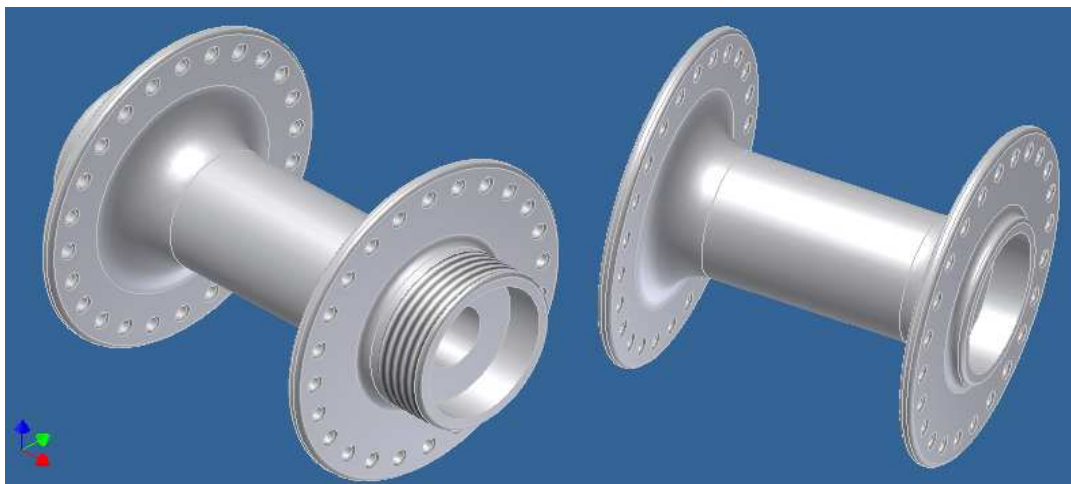
Další sestavou byl ráfek s dráty, u kterého byl asi nejtěžší zjištění úhlu ve kterém budou zavazbeny dráty. Měření takových úhlů běžným úhломěrem by bylo zřejmě dost nepřesné,

takže nakonec vše vyřešily pracovní osy a roviny mezi nimiž se v programu úhly měří snadno.



Obrázek 25. Ráfek a výplet zadního kola

Ve středu obou kol jsou náboje s kuličkovými ložisky. Jediné v čem se od sebe nějak zásadně liší přední a zadní kolo je náboj, který u zadního kola vypadá v případě modelovaného BMX jako na obr. 22.(vlevo)



Obrázek 26. Náboj zadního kola (vlevo), náboj předního kola (vpravo)



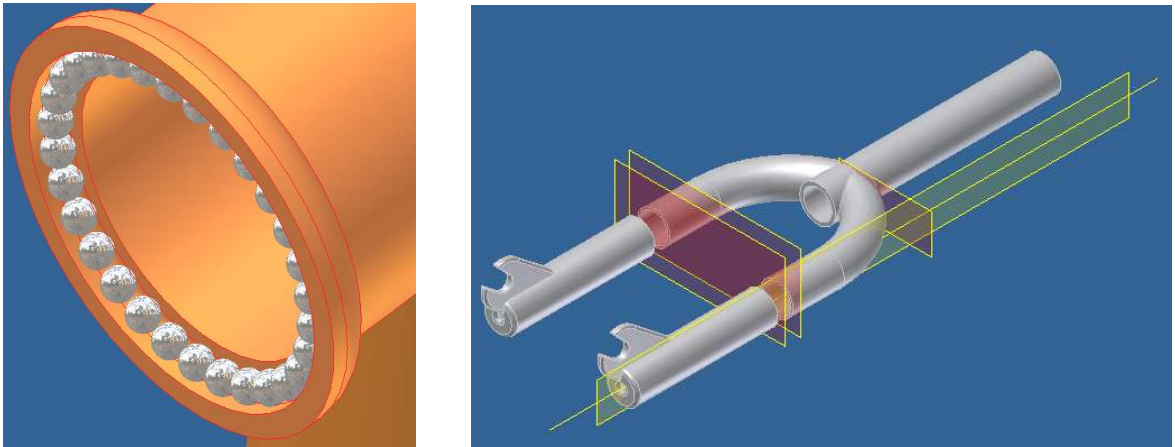
Obrázek 27. Náboj zadního kola včetně středu a kontramatek před zavazbením



Obrázek 28. Náboj zadního kola včetně středu a kontramatek po zavazbení

5.3 Vidlice

V dalším kroku se složením tří komponentů vytvoří vidlice, u které je nutné zajistit plynulý rotační pohyb v hlavovém uložení, jenž je součástí rámu kola, pomocí ložisek.



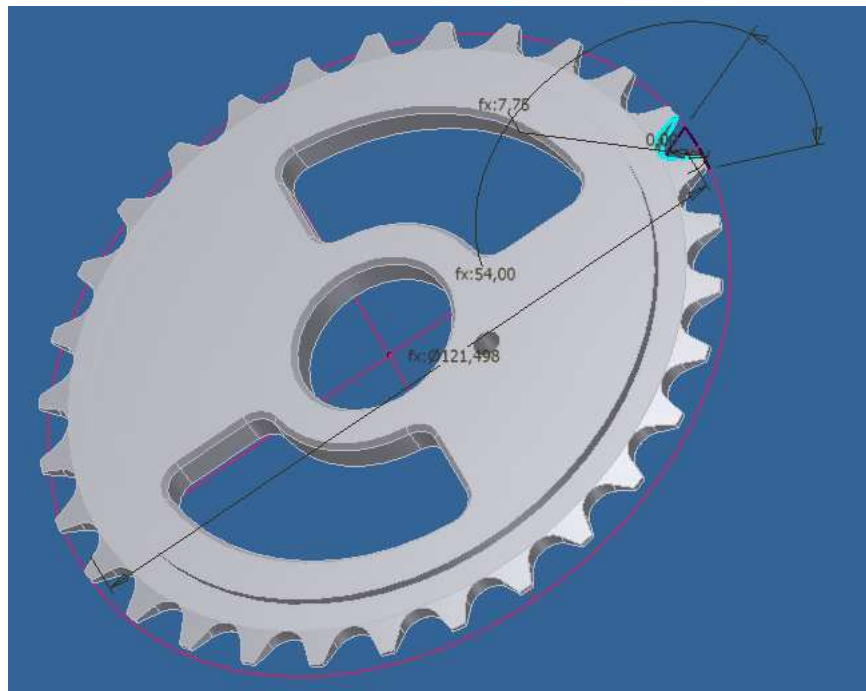
Obrázek 29. Kuličkové ložisko uvnitř hlavového uložení a přední vidlice



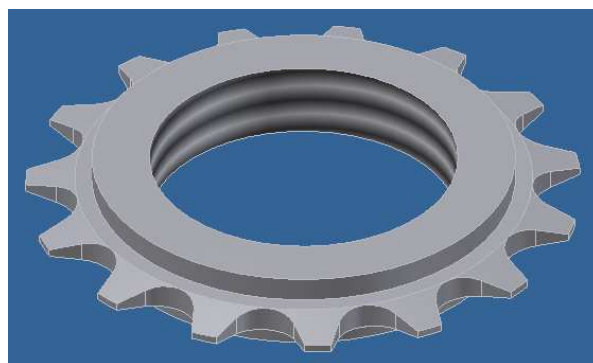
Obrázek 30. Přední vidlice

5.4 Ozubená kola

Ozubená kola jsou vymodelována pomocí příkazu Tooth a následně samozřejmě rozmnoženy po celém obvodu disku pomocí příkazu Circular Pattern. Takto zkonstruované ozubené kolo jako je na Obr. 24. by bylo zřejmě pevné ale vyznačovalo by se velkou hmotností.



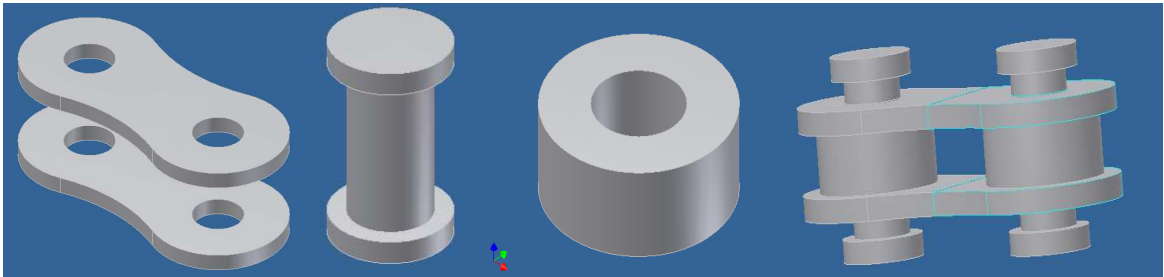
Obrázek 31. Přední ozubené kolo



Obrázek 32. Zadní ozubené kolo

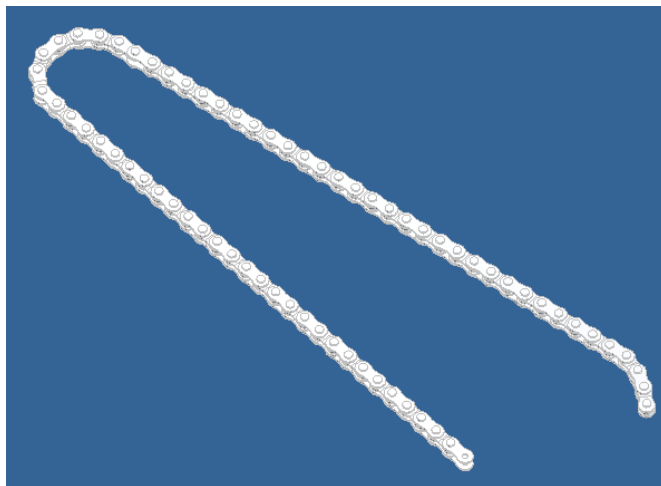
5.5 Řetěz

Řetěz je vymodelován se stejných článků jako ve skutečnosti, ovšem v sestavě je zavazben tak, že by případná simulace jeho pohybu při sešlápnutí pedálu nefungovala. Osy válečků jsou souosé s osami některých výřezů zubů.



Obrázek 33. Elementy řetězu

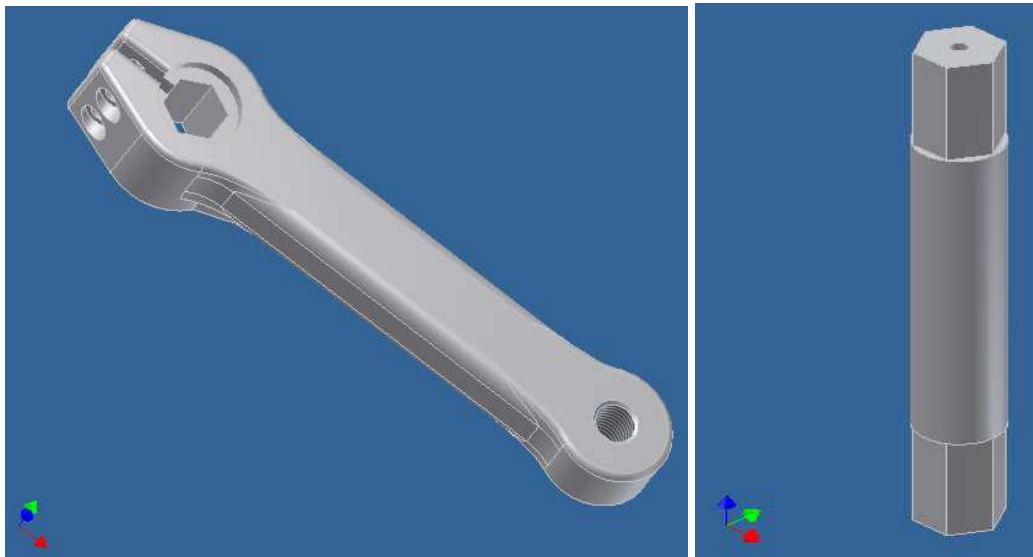
Skládání řetězu značně urychlila tvorba větších podsestav namísto neustálého přidávání stejně krátkého článku. Řetěz jako celek byl posléze zkonstruován celkem ze 3 podsestav. Dvě podsestavy jsou tvořeny obloukovou částí článků a jedna je tvořena částí rovnou. Tato je použita dvakrát ačkoli pootočena.



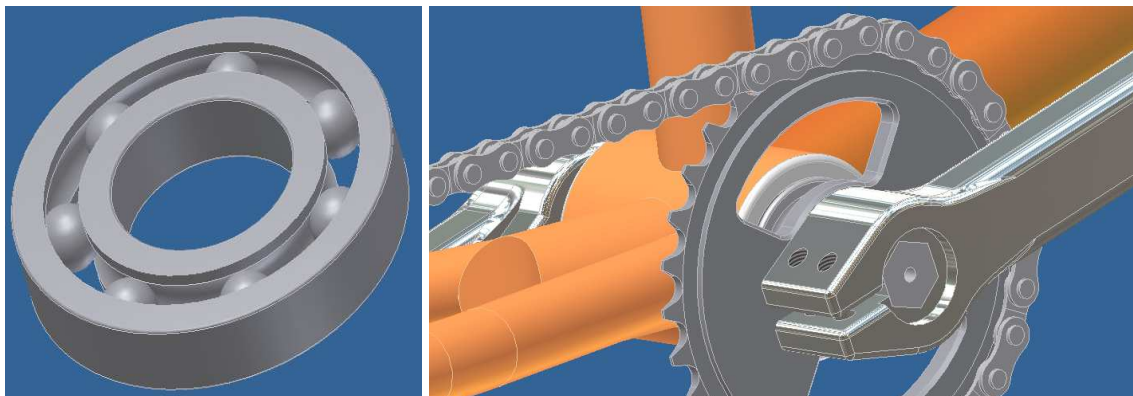
Obrázek 34. Řetěz před dokončením

5.6 Kliky

Nejvíce namáhané součásti na všech typech kol jsou kliky, které přenášejí lidskou sílu a váhu pomocí momentu síly na střed a tím pádem i na ozubené kolo

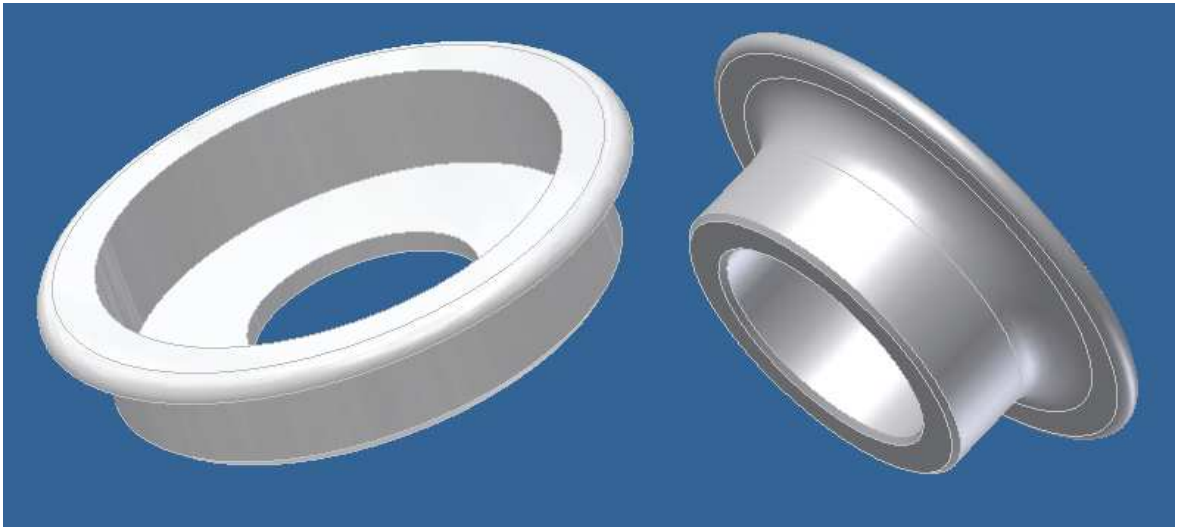


Obrázek 35. Klika pedálu (vlevo) a střed (vpravo)



Obrázek 36. Ložisko zajišťující plynulý pohyb středu uvnitř pouzdra rámu (vlevo) a detail částí ze tří posledních kapitol složených v sestavě (vpravo)

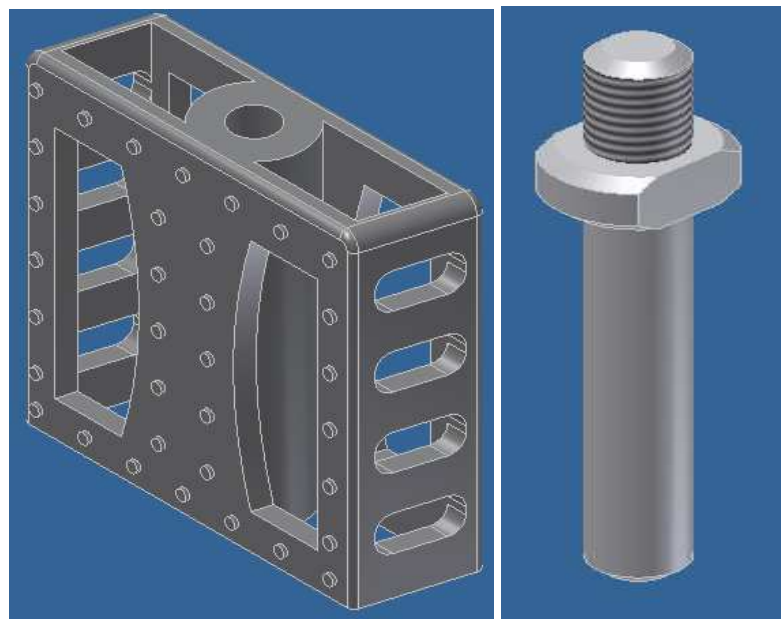
Kliky jsou proti pohybu ve směru osy středu na svém místě zajištěny tzv. kontraklikou a pouzdem. Na obrázku 28. (vpravo) můžeme vidět finální pozice klik v sestavě, včetně ozubeného kola a řetězu.



Obrázek 37. Pouzdro středu (vlevo) a tzv. kontraktika (vpravo)

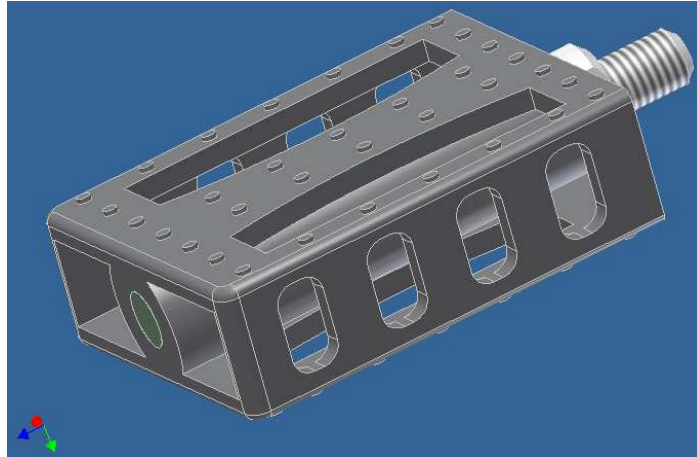
5.7 Pedály

Na kliky pedálů se připevní pomocí osy pedál aby se vynaložená síla přenášela přes větší plochu. Pedál je vytvořen několika jednoduchými vysunutími a osa rotací.



Obrázek 38. Klika pedálu (vlevo) a osa pedálu(vpravo)

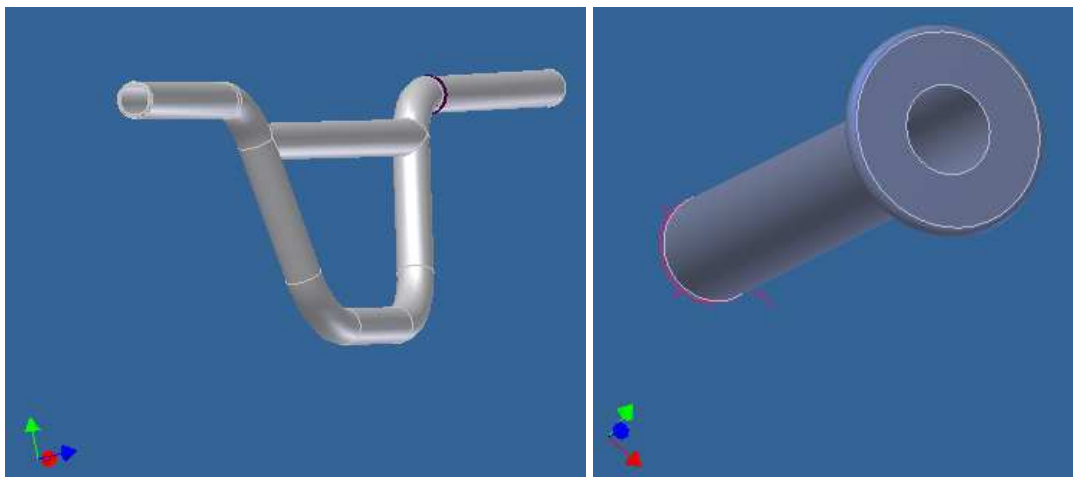
Jako vazbu mezi těmito dvěma díly použijeme sousost a zamezíme pohybu pedálu ve směru dutiny, aby se osa a pedál mohli vůči sobě pohybovat.



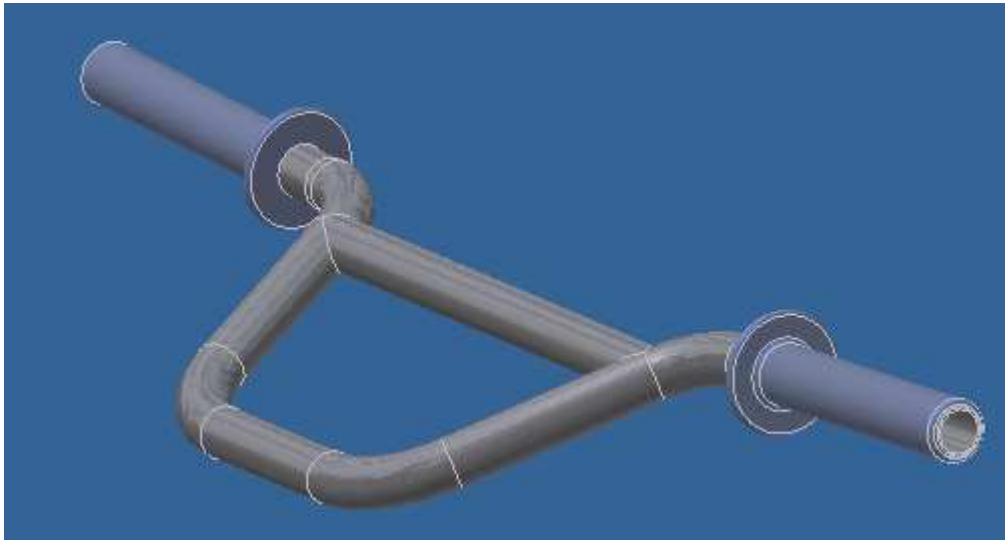
Obrázek 39. Sestava pedálu

5.8 Řidítka

Řidítka jsou jednoduchou sestavou trubek a plastových úchytů.

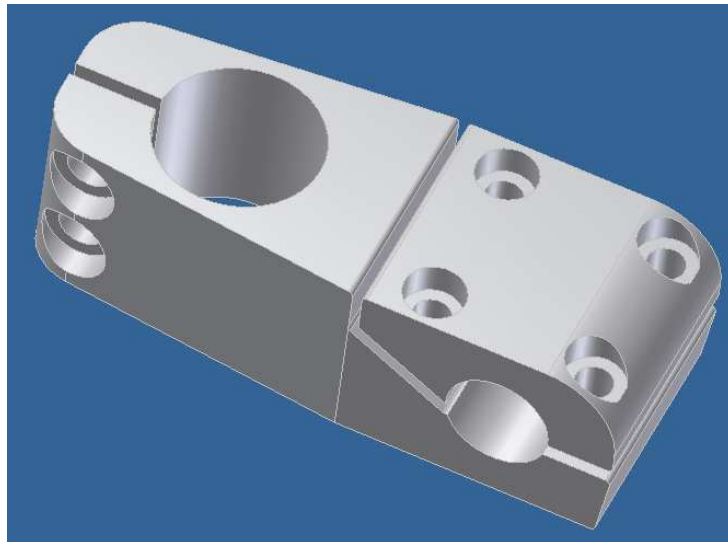


Obrázek 40. Řidítka (vlevo) a plastový úchyt tzv. grip(vpravo)



Obrázek 41. Sestava řidítek

Řidítka se k vidlici připojují pomocí dvoudílného představce, který bude v sestavě spojen šrouby a matkami.



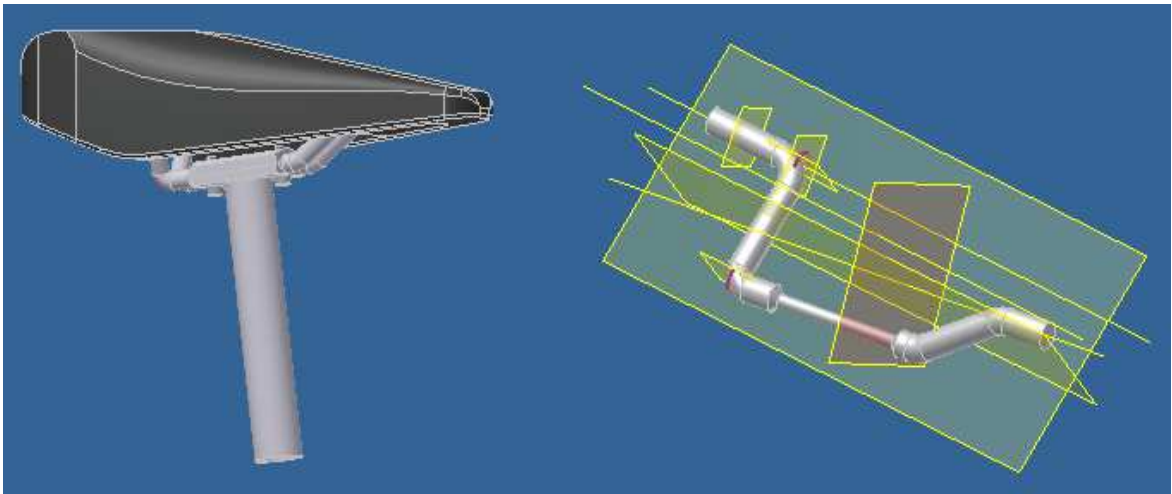
Obrázek 42. Oba díly představce spojené



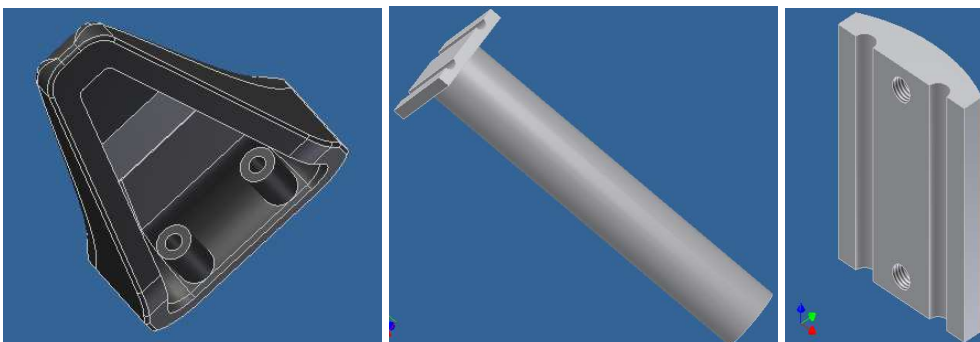
Obrázek 43. Rozložený představec

5.9 Sedlo

Sestava sedla je tvořena dvěma ližinami, sedlem jako takovým a spodní a svrchní sedlovkou, které jsou k ližinám upevněny pomocí šroubů.



Obrázek 44. Sedlo v sestavě (vlevo) a ližina (vpravo)



Obrázek 45. Sedlo, spodní sedlovna a svrchní sedlovka

5.10 Sestava BMX



Obrázek 46. Konečná sestava

ZÁVĚR

V teoretické části byla zpracována historie cyklistického sportu, jeho vývoj a některé z dnes velmi populárních odvětví jako bikros, biketrial a freestyle BMX. Dále práce obsahuje využití klasických strojních součástí a mechanismů při přenosu kroutícího momentu jak u jízdních kol tak i v dalších případech celků přenášejících a zefektivňujících sílu.

V praktické části je naznačeno prostředí a obecné využití 3D modelářů v praxi. Dále byl změřen jeden z typů freestyle kol a vytvořen model kola BMX v programu Autodesk Inventor. V tištěné podobě práce byly rozebrány jeho důležité funkční součásti, naznačen postup tvorby součástí a jejich vkládání do sestav. Multimediální část práce bude obsahovat také rozpad sestavy.

Prvotní záměr byl vytvořit model horského kola bez předlohy, což se později ukázalo být dosti obtížné a zdlouhavé. Navíc se při tomto postupu naskýtá příležitost využití nových konstrukčních řešení, která by se na první pohled mohla zdát velice efektivní a snad i revoluční. Za několik málo dalších kroků ovšem nezkušený konstruktér zjišťuje, že jeho takzvané evoluční řešení problému například brání některé z blízkých funkčních součástí v pohybu, nebo by se jeho použitím model převažoval na jednu ze stran.

Navrhování a vývoj nových typů ať už sportovního, nebo i naprosto jinak používaného náčiní vyžaduje mít před sebou fyzický nebo alespoň virtuální trojrozměrný model staršího výrobku téhož druhu. Vývojáři a konstruktéři došli ve většině odvětví už tak daleko, že přijít s něčím úplně novým je prakticky nemožné a něco zásadně vylepšit velice obtížné. Při navrhování nových konstrukčních řešení může být často problém také ve vyměnitelnosti a kompatibilitě takovýchto součástí.

Ovšem v případě sportovního vybavení se bude neustále vývoj posouvat velmi rychle kupředu vzhledem k pořizovacím cenám které umožňují firmám investovat do výzkumu a testů velké množství prostředků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] A. Bolek, J. Kochman: Části strojů 1 a 2. svazek, Nakladatelství technické literatury
Praha 1990
- [2] O. Kaštánek, V. Vašek: Části strojů, VUT Brno, Fakulta technologická,
Brno 1982
- [3] P. Fořt, J. Kletečka: Autodesk Inventor 6, Computer press,
Brno 2003
- [4] I. Lukovics, L. Sýkorová, F. Volek: Části a mechanismy strojů, VUT Brno, Fakulta
technologická, Zlín 2000
- [5] Dressler, J. : EnCYKLOpedie kola. 1. vydání Praha, Computer Press 2002.
- [6] [cs.Wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org)
- [7] www.Roadcyclig.cz

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1 | 11 |
| Obr. 2 | 12 |
| Obr. 3 | 13 |
| Obr. 4 | 19 |
| Obr. 5 | 20 |
| Obr. 9 | 22 |
| Obr. 10 | 23 |
| Obr. 12 | 25 |
| Obr. 13 | 26 |
| Obr. 14 | 26 |
| Obr. 15 | 27 |
| Obr. 16 | 27 |
| Obr. 17 | 27 |
| Obr. 18 | 27 |
| Obr. 19 | 43 |
| Obr. 9.189 | 27 |
| Obr. 9.188 | 27 |
| Obr. 9.190 | 27 |
| Obr. 9.191 | 27 |
| Obr. 9.192 | 27 |
| Obr. 9.192 | 27 |
| Obr. 9.194 | 27 |
| Obr. 9.195 | 27 |
| Obr. 9.196 | 27 |
| Obr. 9.197 | 27 |
| Obr. 9.198 | 27 |
| Obr. 9.199 | 27 |
| Obr. 20. Soustava vymodelovaná v programu Autodesk Inventor | 69 |
| Obr. 21. Součást vymodelovaná pomocí parametrického modelování..... | 71 |

| | |
|--|-----|
| Obr. 22. Spodní trubka rámu, horní trubka rámu..... | 73 |
| Obr. 23. Hlavové uložení a Zadní vidlice kola | 74 |
| Obr. 24. Rám kola vymodelovaný pomocí Autodesk Inventor..... | 74 |
| Obr. 25. Ráfek a výplet zadního kola..... | 75 |
| Obr. 26. Náboj zadního kola, náboj předního kola..... | 275 |
| Obr. 27. Náboj zadního kola včetně středu a kontramatek před zavazbením..... | 276 |
| Obr. 28. Náboj zadního kola včetně středu a kontramatek po zavazbení..... | 76 |
| Obr. 29. Kuličkové ložisko uvnitř hlavového uložení a přední vidlice | 77 |
| Obr. 30. Přední vidlice | 77 |
| Obr. 31. Přední ozubené kolo | 78 |
| Obr. 32. Zadní ozubené kolo..... | 78 |
| Obr. 33. Elementy řetězu | 279 |
| Obr. 34. Řetěz před dokončením | 278 |
| Obr. 35. Klika pedálu a střed. | 83 |
| Obr. 36. Ložisko a část sestavy..... | 83 |
| Obr. 37. Pouzdro středu a tzv. kontraklika | 84 |
| Obr. 38. Klika pedálu a osa pedálu | 84 |
| Obr. 39. Sestava pedálu | 85 |
| Obr. 40. Řídítka (vlevo) a plastový úchyt tzv. grip..... | 85 |
| Obr. 41. Sestava řidítek..... | 86 |
| Obr. 42. Oba díly představce spojené | 86 |
| Obr. 43. Rozložený představec | 87 |
| Obr. 44. Sedlo v sestavě a lížina..... | 87 |
| Obr. 45. Sedlo, spodní sedlovna a svrchní sedlovka..... | 87 |
| Obr. 46. Konečná sestava..... | 88 |