

VYUŽITÍ SOFTWARE PŘI NAVRHOVÁNÍ A TVORBĚ VÝROBNÍ DOKUMENTACE

Jan Káňa

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	Jan Káňa
Osobní číslo:	T11244
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	prezenční
Téma práce:	Využití softwaru při navrhování a tvorbě výrobní dokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma: Převody.
2. Zpracujte výkresovou dokumentaci ve 2D.
3. Vytvořte trojrozměrné modely vybraných celků a jejich vizualizace využitím software Inventor a Catia za účelem využití ve výuce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce:

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Běrika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2014

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

V první části bakalářské práce se zabýváme velmi obsáhlým tématem převody. Jsou rozděleny do dvou hlavních skupin, a to převody tvarovým stykem a třecí převody. Zde jsou popsány především jejich vlastnosti, výhody, nevýhody, jejich konstrukční provedení či různé druhy převodů.

Praktická část této práce popisuje využití softwarových aplikací při řešení konstrukčních problémů. Zde je popsána práce ve dvou CAD softwarech. Prvním je Inventor od společnosti Autodesk, za vývojem druhé aplikace Catia stojí francouzská firma Dassault Systèmes. Tyto softwarové 3D aplikace nás provází od samého vzniku, tj. skice jednotlivých součástí, přes skládání komponent v sestavy až po jejich výkresovou dokumentaci, či prezentaci a tvorbu videí. Závěr práce je věnován porovnávání těchto dvou programů.

Klíčová slova:

Software, Inventor, Catia

ABSTRACT

In the first part of the bachelor thesis we look into very extensive topic, which is gears. They are divided into two main groups, which are gears by the shape contact and friction gears. Here are described mainly their qualities, advantages and disadvantages, construction rendition or various types of gears.

Practical part of this thesis describes using of software applications for solving of construction problems. Here is described the work with two CAD software. The first one is Inventor from the company Autodesk, the second application Catia is developed by the French company Dassault Systèmes. These software 3D applications accompany us from the own development, that is sketch of the particular components, through composing of these components into particular compositions, to their drawing documentation or presentation and video creation. The conclusion of the thesis is devoted to the comparison of the two mentioned types of software.

Keywords:

Software, Inventor, Catia

Na tomto místě bych rád poděkoval v první řadě paní doc. Ing. Libuši Sýkorové, Ph.D. za odborné vedení, vynaložený čas při konzultacích, poskytnuté rady a příjemnou spolupráci při tvorbě této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PŘEVODY	13
1.1 PŘEVODY TVAROVÝM STYKEM.....	15
1.2 TŘECÍ PŘEVODY	16
2 PŘEVODY TVAROVÝM STYKEM	19
2.1 PŘEVODY OZUBENÝMI KOLY	19
2.1.1 Rozdělení třecích kol dle tvaru boční křivky zubu	22
2.2 ČELNÍ SOUKOLÍ S PŘÍMÝMI ZUBY	23
2.2.1 Evolventní čelní soukolí s přímými zuby.....	24
2.2.2 Konstrukce ozubených kol N	24
2.2.3 Podřezání, mezní počet zubů a posunutí profilu	25
2.3 ČELNÍ SOUKOLÍ SE ŠIKMÝMI ZUBY.....	27
2.4 ČELNÍ SOUKOLÍ S VNĚJŠÍM OZUBENÍM SE ŠÍPOVÝMI ZUBY	27
2.5 KUŽELOVÉ SOUKOLÍ.....	27
2.6 ŠROUBOVÉ SOUKOLÍ.....	28
2.7 ŠNEKOVÉ SOUKOLÍ	28
2.8 KONSTRUKCE A MATERIÁL OZUBENÝCH KOL	30
3 TŘECÍ PŘEVODY	31
3.1 ROZDĚLENÍ TŘECÍCH PŘEVODŮ	32
3.2 ŘEMENOVÉ PŘEVODY	33
3.2.1 Tažné členy - řemeny	34
3.2.2 Řemenice.....	35
3.3 ŘETĚZOVÉ PŘEVODY	35
3.4 LANOVÉ PŘEVODY.....	37
3.4.1 Konstrukce ocelových lan	38
3.4.2 Kladky a bubny	38
4 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
5 AUTODESK INVENTOR	41
5.1 FUNKCE INVENTORU	41
5.2 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ INVENTORU.....	42
6 MODELOVÁNÍ SOUČÁSTÍ V AUTODESK INVENTORU	44
6.1 PŘEVODOVÁ SKŘÍŇ – SPODNÍ ČÁST.....	44
7 TVORBA PODSESTAV, SESTAV	51
7.1 VAZBY	51
7.2 PODSESTAVA HŘÍDELE S OZUBENÝM KOLEM.....	52
7.3 SESTAVA PŘEVODOVKY.....	54
8 TVORBA VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE V INVENTORU	59

8.1	UMÍSTĚNÍ POHLEDU.....	59
8.2	ŘEZ 59	
8.3	KÓTOVÁNÍ.....	60
9	TVORBA PREZENTACE V INVENTORU	61
9.1	POHYB KOMPONENT	61
9.2	NASTAVOVÁNÍ POHLEDŮ.....	62
9.3	ZÁZNAM ANIMACE	62
10	CATIA	64
10.1	FUNKCE CATIA.....	64
10.2	PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ CATIE.....	65
11	MODELOVÁNÍ SOUČÁSTI V CATII.....	67
11.1	VELKÁ ŘEMENICE.....	67
12	TVORBA SESTAV, PODSESTAV	70
12.1	VAZBY	70
12.2	PODSESTAVA HŘÍDELE S ŘEMENICÍ.....	71
12.3	SESTAVA ŘEMENOVÉHO PŘEVODU	72
13	TVORBA VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE V CATII.....	75
13.1	RÁMEČEK A POPISOVÉ POLE	75
13.2	UMÍSTĚNÍ ZÁKLADNÍHO POHLEDU	75
13.3	ŘEZ 75	
13.4	KÓTOVÁNÍ VÝKRESU	76
14	TVORBA PREZENTACE V CATII.....	77
14.1	DRÁHA POSUNUTÍ.....	77
14.2	EDITACE SEKVENCÍ	78
14.3	NAHRÁVÁNÍ VIDEO	78
15	SROVNÁNÍ INVETORU A CATIE.....	80
15.1	POROVNÁVÁNÍ TVORBY PARTŮ	80
15.2	SKLÁDÁNÍ SESTAV	80
15.3	VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....	81
15.4	ANIMACE	81
15.5	HW POŽADAVKY A CENA	81
15.6	CELKOVÉ SROVNÁNÍ	82
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK.....	90
	SEZNAM PŘÍLOH.....	91

ÚVOD

Žijeme v době, kdy se technologie výrobního procesu nezadržitelným tempem zdokonalují, zrychlují, vymýšlejí se nové, aby byla výroba ještě efektivnější. Konkurence mezi firmami je obrovská, proto se snaží využívat těch nejmodernějších technologií, aby si udrželi své prvenství na trhu práce. Tak je to i v oblasti konstrukce výrobků, kde se vyvíjejí stále inteligentnější softwary, aby byla práce co nejjednodušší. Dnes je již každá společnost, která potřebuje ke své produkci konstrukční kanceláře, vybavena alespoň jedním z mnoha 3D softwarů, jež jsou v dnešní době k dostání.

Zákazník zadá svůj požadavek firmě a ta díky těmto 3D aplikacím dokáže výrobek vymodelovat, následně ho zákazníkovi prezentovat a po konzultaci jej případně upravovat. Po schválení je třeba vytvořit (i za pomoci těchto programů) patřičnou výrobní dokumentaci a zahájit výrobu.

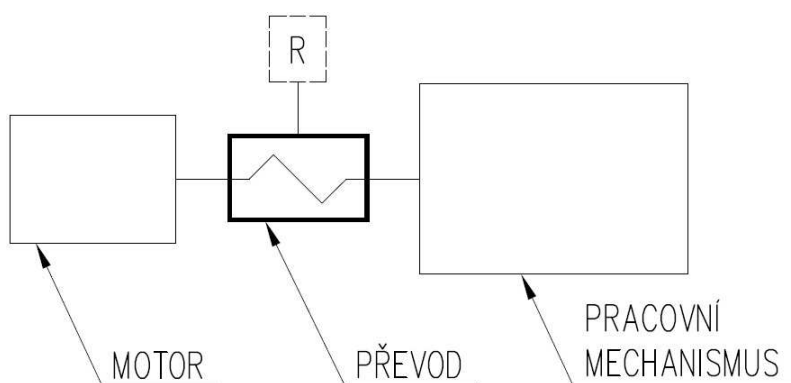
Náplní teoretické části je seznámit čtenáře s problematikou převodů. Konkrétně jejich rozdělení, různým konstrukčním provedení, druhy provedení atd. V praktické části jsou vybrané převody demonstrovány v již zmíněných 3D softwarech a jejich modelace je podrobně popsána v jednotlivých kapitolách, stejně jako skládání těchto vymodelovaných komponent do sestav. Obsahuje též tvorbu výkresů a animací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘEVODY

V období vědeckotechnické revoluce, zvláště v souvislosti s automatizací, se zdokonalují i převodové mechanismy a přechází se na konstrukčně komplikovanější schémata. Stále častěji se objevují dosud méně užívané druhy převodů. Vzrůstají požadavky na větvený rozvod energie s přenosem pohybu na více výkonných orgánů s rozdílnými parametry. Proto nejen v současné době, ale i v dlouhodobé perspektivě, jsou převody důležitým prvkem při stavbě strojů a zařízení.

Převodový mechanismus přenáší a případně rozděluje energii přiváděnou z hnacího stroje na pracovní stroj. Tvoří tedy spojovací článek mezi částmi strojního mechanismu (obr.1). Většina strojních zařízení pracuje s převody.



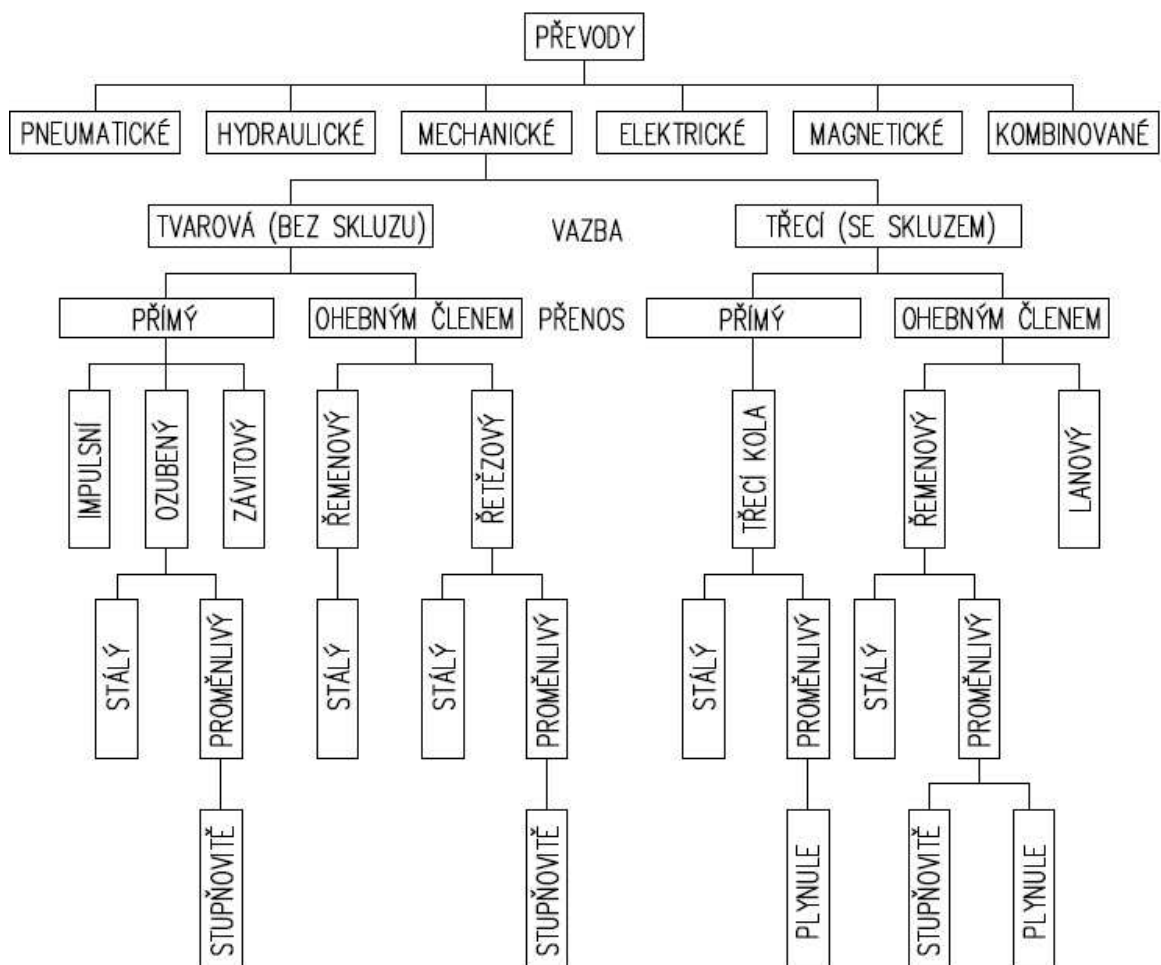
Obr. 1 – Strojní mechanismus [1]

Hlavním důvodem, pro které se převody používají jako spojovací články v konstrukci strojních zařízení je, že rychlosti potřebné pro funkci pracovního stroje a nástroje, případně automatizačního prvku, obvykle nesouhlasí s rychlostmi hnacího stroje. Obvykle mají hnací stroje vyšší otáčkové frekvence. Hnací stroje se většinou navrhují pro rovnoměrný rotační pohyb, zatímco u pracovních strojů se často vyžaduje regulace rychlosti a v souvislosti s tím i kroutícího momentu (např. obráběcí stroje, automobily).

V řadě případů, jako u dopravních strojů, např. automobilů, se v provozu mění nejen rychlost, ale i směr pohybu. Ve stoupání se vyžaduje na hnacích kolech automobilu větší kroutící moment, ale přitom automobilový motor sám o sobě umožňuje jen malou změnu krou-

tíčího momentu i frekvence otáček. Mimo poměrně úzkou pracovní oblast ztrácí motor své dobré vlastnosti. V jednotlivých případech bude tedy důležitou úlohou převodu sladit podmínky pro správnou funkci motoru s podmínkami správné činnosti pracovníka anebo výkonného mechanismu.

Klasifikace převodů je přehledně znázorněna na obr.2.

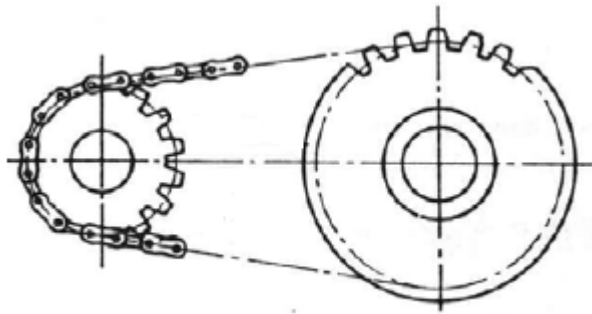


Obr. 2 – Klasifikace převodů [1]

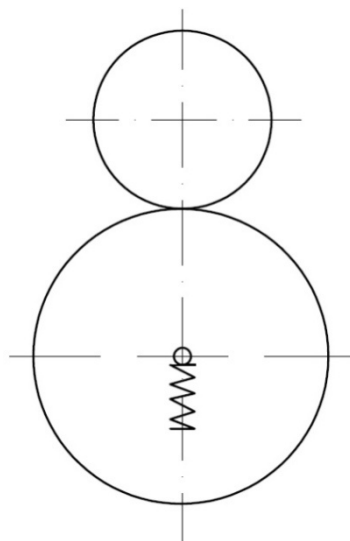
Při optimalizaci konstrukcí se ukazuje jako výhodné vedle mechanických převodů užívat také převodů elektrických, hydraulických, pneumatických a jiných. V některých zařízeních je účelné spojovat mechanické převody s jinými druhy převodů tak, aby se využily výhody jednotlivých typů (elektromechanické, hydromechanické apod.). [1]

Konstrukčně nejjednodušší, nejspolehlivější a tím i nejčastěji používaná skupina převodů jsou mechanické převody (obr.3), které se podle typu vazby dělí na:

- tvarové (bez skluzu)
- třecí (se skluzem)



Obr. 3 - Tvarový styk [1]



Obr. 4 - Třecí styk [1]

1.1 Převody tvarovým stykem

Spojení lze dále členit na přímé (kontaktní) a na nepřímé (s druhým členem). K přímým převodům s tvarovým stykem patří ozubené převody, k nepřímým převodům s ozubenými řemeny a řetězové převody.

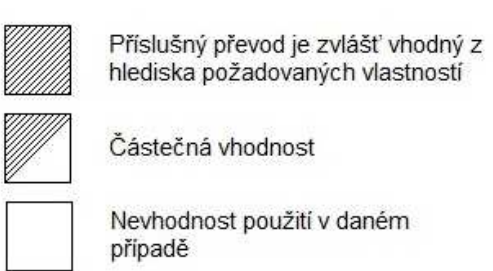
1.2 Třecí převody




Třecí převody, neboli silové spojení, může být také přímé (kontaktní), zde patří třecí převody, nebo přímé (s druhým členem), do této skupiny zařazujeme řemenové a lanové převody. Do první skupiny patří také převody ozubenými koly. U převážné většiny výrobních strojů první převodový stupeň se uskutečňuje pomocí řemenového převodu. [2]

Přibližné porovnání výhod a nevýhod jednotlivých druhů převodů je uvedeno v tab.1.

Tab. 1 – Výhody a nevýhody jednotlivých převodů [1]

VLASTNOSTI	PŘEVOD				
	Mechanický		Pneumatický	Hydraulický	Elektrický
	Třecí	Ozubeným			
Centrální přívod energie					
Snadná akumulace energie					
Jednoduché ovládání i dálkové a automatické					
Stálost převodového poměru za chodu					
Široký rozsah stupňovité regulace					
Široký rozsah plynulé regulace					
Velké rychlosti a frekvence otáček					
Velké síly v pracovních mechanismech					
Jednoduchý mechanismus pro postupný pohyb					
Funkce mechanismu nezávisí na teplotě okolí					
Přenos energie na velké vzdálenosti					



 Příslušný převod je zvláště vhodný z hlediska požadovaných vlastností
 Částečná vhodnost
 Nevhodnost použití v daném případě

Nejvhodnější převod lze zkonstruovat jen po zhodnocení alternativních řešení z hlediska optimálních technických i ekonomických ukazatelů.

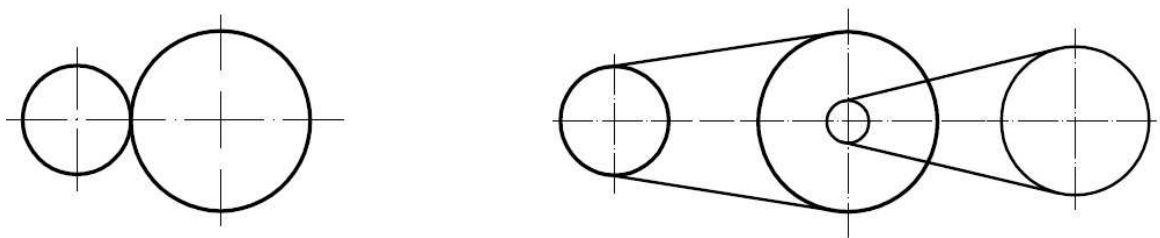
Převody mění přenášené síly, momenty a také frekvenci otáčení. Velikost převodu je vyjádřena poměrem úhlové rychlosti hnacího členu (hnacího hřídele) k úhlové rychlosti členu hnaného (hnaného hřídele) a vyjadřujeme ji pomocí převodového poměru

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{k_2}}{M_{k_1}} \quad [-]. \quad (1)$$

U převodu s třecí vazbou a v některých případech i u vazby tvarové (ozubená kola) může převodový poměr kolísat. Pro vyjádření určitosti převodu tvarové vazby, tedy převodu bez skluzu, se pro ozubená soukolí vyjadřuje převodové číslo [1]

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad [-]. \quad (2)$$

Převody mají podle svého určení buď stálý nebo měnitelný převodový poměr, který se mění buď stupňovitě nebo plynule. Převodovkám, u kterých lze měnit převody říkáme též variátory. Jednodušší, spolehlivější a ekonomicky výhodnější jsou převody se stupňovitou regulací. Při této příležitosti bychom si měli objasnit dva pojmy. Jedná-li se o převod, kdy se frekvence otáček mění do pomala, mluvíme o reduktorech. Pokud se rychlost otáčení osy hnané zvyšuje, jedná se o multiplikátory. Dále můžeme převody rozdělovat na jednoduché, to jsou takové, zabírá-li pouze jedna dvojice kol a složené, kdy v záběru je více spoluzabírajících soukolí. [2]



Obr. 5 - Jednoduchý a složený převod [2]

Jaký druh převodu zvolíme zaleží na různých faktorech, jako je např. cena, účinnost, hmotnost, hlučnost. Při konstrukci je velice často brán ohled na rozměry, rozhoduje hledisko nejmenších rozměrů. Druh převodu také závisí, mimo již zmíněné velikosti, na převodovém poměru, polohy hřídelů, smyslu otáčení, přenášeném výkonu apod. Další zásada, na kterou je brán ohled při konstrukci převodů je, vystačit s co nejmenším počtem převodů. Složených převodů používat jen, pokud je to bezpodmínečně nutné. Jednoduché převody

jsou však omezeny velikostí (nelze si zvolit převod libovolných velikostí) a druhem převodu. Avšak ze statistických údajů je zřejmé, že nejčastěji jsou používány vícestupňové převody.

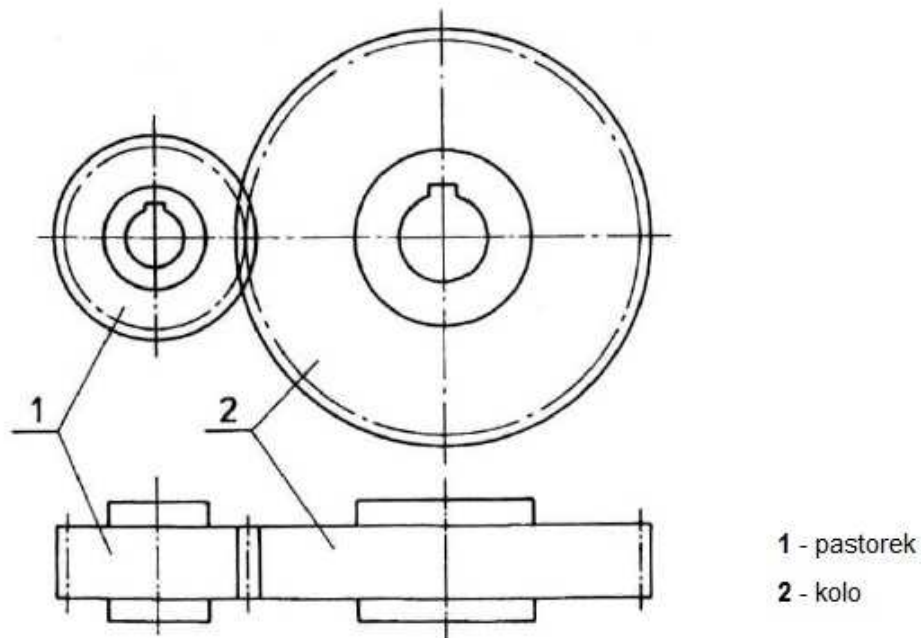
Omezujícím faktorem většiny mechanických převodů je stykové napětí a s nimi spojená mezní únosnost a životnost funkčních ploch dotýkajících se částí převodu. Nevýhodou dotykové oblasti je, že je velmi malá, nejčastěji bývá přímka či bod, z čehož vyplývá, že na tuto malou plochu působí velké síly a tímto může docházet k nežádoucímu jevu poškozování funkčních ploch.

[2]

2 PŘEVODY TVAROVÝM STYKEM

2.1 Převody ozubenými koly

Převody ozubenými koly patří mezi nejrozšířenější strojní mechanismy. Jsou téměř u každých strojních zařízeních. U těchto převodů je vlastně o vytvoření kinetické a tvarové vazby mezi hnacím a hnaným hřídelem pro plynulý tok pohybu a energie. Slouží k přenosu otáčivého pohybu a mechanické energie z hnacího hřídele hnaný stálým převodovým poměrem za pomoci tvarového styku, tzn. že v záběru jsou dvě nebo více ozubených kol. Obě kola tvoří společně soukolí. Malé kolo nazýváme pastorkem, druhé je velké kolo.



Obr. 6 - Převod ozubenými koly [2]

Mezi výhody ozubených převodů patří:

- spolehlivost
- vysoká účinnost
- vysoká životnost
- jednoduchá obsluha
- kompaktní uspořádání
- přesný převod bez skluzu
- schopnost přenosu velkých výkonů (za určitých podmínkách)
- malé rozměry

- dosažení vysokých převodů
- nenáročná údržba
- krátkodobá přetížitelnost

Mezi nevýhody ozubených převodů patří:

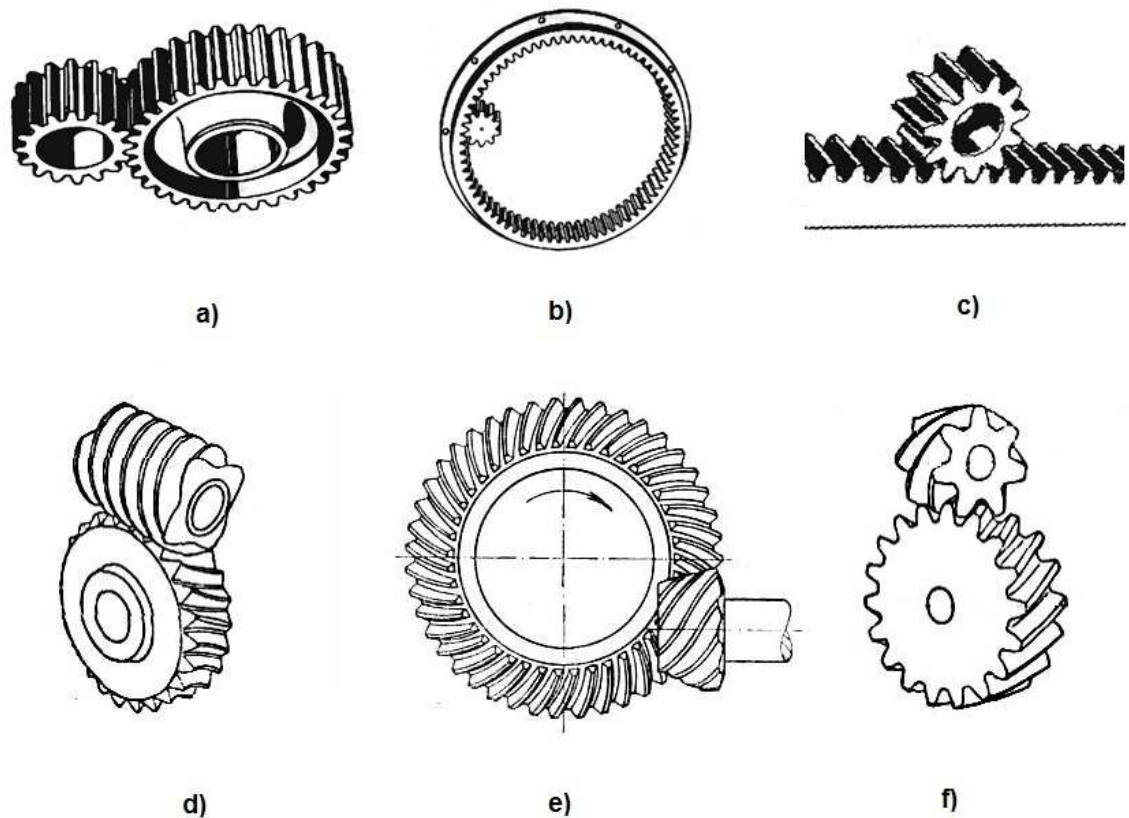
- speciální nástroje a obráběcí stroje
- vysoká přesnost výroby
- složitá a drahá výroba
- uložení musí být přesné a tuhé
- hlučnost a chvění
- špatné tlumení rázu a dynamického zatížení díky tuhé vazbě

[4]

Jaký bude tvar ozubených kol a jejich zubů nám udává vzájemná poloha hřídelů. Podle toho, zda se tělesa po sobě odvalují nebo smýkají, rozdělujeme ozubená kola na:

- a) valivá – buďto jsou osy obou hřídelů (hnaného a hnacího) rovnoběžné, pak se jedná o čelní ozubení vnější, vnitřní nebo hřebenové nebo se osy protínají, tento případ nazýváme kuželové soukolí vnější nebo vnitřní
- b) šroubové – zabírající osy kol jsou mimoběžné. Při otáčení se zuby kol po sobě odvalují a zároveň posouvají ve směru dotykové přímky, což je pohyb šroubový. Účinnost těchto převodů je nižší, protože zde nastává prokluz. Tyto převody se dále dělí na:
- hyperbolické - rotační hyperboloidy jsou základním tvarem kol
 - šroubová válcová - což je válcové soukolí s čelním ozubením, protože jsou osy mimoběžné, zuby jsou ve šroubovici a druhé kolo je vlastně šroub (šnek)
 - šroubová hypoidní - jsou to kuželová soukolí, ale s mimoběžnými osami.

[2]



Obr. 7 - Druhy ozubených převodů [12]

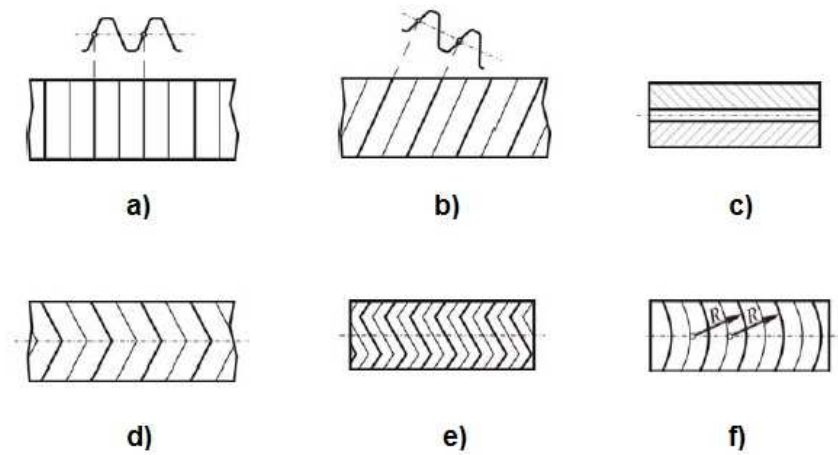
a) čelní soukolí s přímými zuby, b) vnitřní ozubení, c) hřebenové, d) šnekové, e) kuželové, f) šroubové válcové

Podle tvaru křivek tvořících profil zubu rozeznáváme ozubení

- evolventní
- cykloidní

2.1.1 Rozdělení třecích kol dle tvaru boční křivky zubu

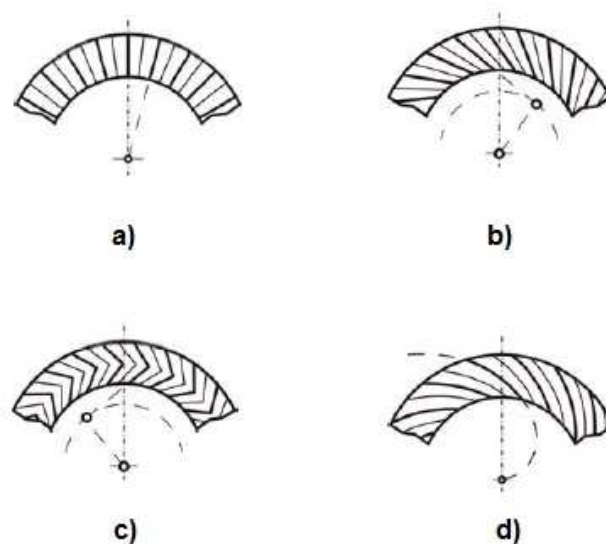
U soukolí s čelními zuby



Obr. 8 – Tvar zubů ozubených kol [12]

a) přímé zuby, b) šikmé, c) dvojnásobně šikmé, d) šípové, e) šípové, f) kruhové zuby

U soukolí s kuželovými zuby



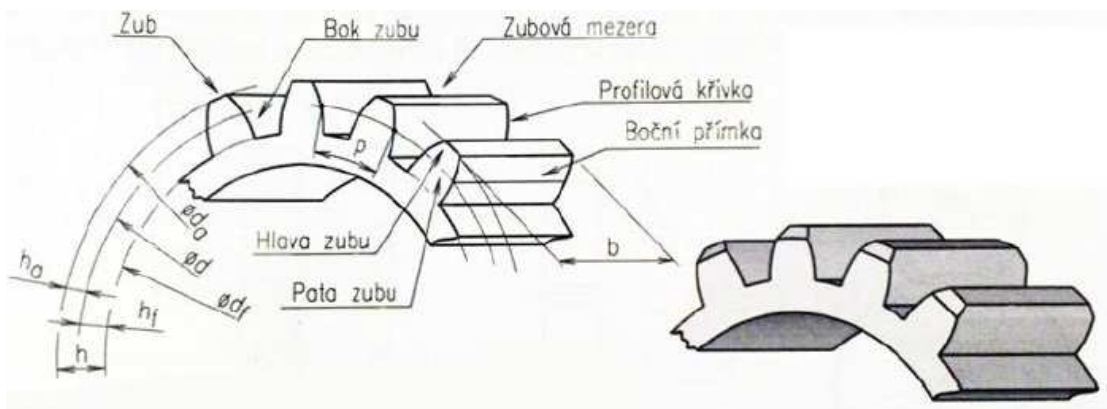
Obr. 9 – Tvar zubů ozubených kol [12]

a) přímé zuby, b) šikmé, c) šípové, d) spirální zuby (Archimedova spirála)

2.2 Čelní soukolí s přímými zuby

Je to převod, kdy se odvalují po sobě dva válce. Dotyk zubů je přímkový. Věncem kola má po obvodu zuby. Prostor mezi zuby jsou zubové mezery. Čelní tvar zubu nazýváme profil zubu. Křivka profilu zubu je průsečnicí boku zubu čelní rovinou. Při evolventním ozubení je to evolventa, při cykloidním cykloida (epicykloida, hypocykloida). [3]

Ozubení je omezeno hlavovou a patní kružnicí. Část zubu mezi roztečnou a hlavovou kružnicí nazýváme hlavou zubu, část mezi roztečnou kružnicí a patní kružnicí nazýváme patou zubu. Zubová mezera je omezena hlavovou a patní kružnicí a dvěma nestejnolehlými boky sousedních zubů.



Obr. 10 – Věnc ozubeného kola [12]

$$\phi_d - \text{průměr roztečné kružnice, } \phi_d = m \cdot z \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

$$\phi_{da} - \text{průměr hlavové kružnice, } \phi_{da} = m \cdot (z + 2) \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

$$\phi_{df} - \text{průměr patní kružnice, } \phi_{df} = m \cdot (z - 2,5) \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

$$h_a - \text{výška hlavy zubu, } h_a = m \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

$$h_f - \text{výška paty zubu, } h_f = 1,25 \cdot m \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

$$h - \text{výška zubu, } h = h_a + h_f = 2,25 \cdot m \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

$$s - \text{šířka zubu na roztečné kružnici, } s = P/2 \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

Z podmínek odvalování vyplývají základní rozměrové charakteristiky ozubení. Obvod roztečné kružnice

$$o = \pi \cdot d = z \cdot P \quad [\text{mm}], \quad (10)$$

kde z je počet zubů, modul

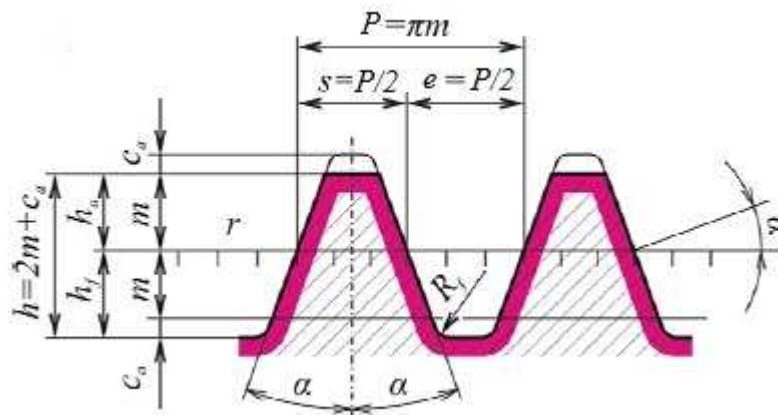
$$m = P / \pi \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

je základní charakteristika tvaru zubu. Podle modulu stanovujeme další parametry pro ozubení, jako je např. výška hlavy h_a , výška paty zubu h_f , rozteč P , což je vzdálenost stejno-lehlých bodů dvou sousedních zubů a tloušťka zubu s atd. [2]

2.2.1 Evolventní čelní soukolí s přímými zuby

Ozubený hřeben – základní profil (profil Z)

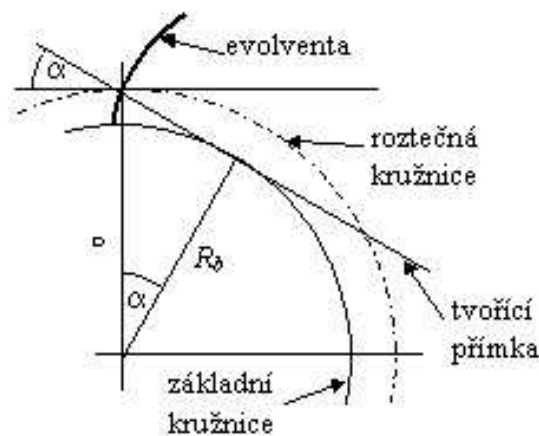
Vlastní ozubení ozubeného kola vznikne odvalováním základního profilu Z po roztečné kružnici kola. Základní profil evolventního ozubení je řez ozubením základního hřebenu, který je vlastně ozubený segment kola o nekonečně velkém poloměru roztečné kružnice, která přejde v roztečnou přímku r . Geometrický tvar základního profilu je normalizován.



Obr. 11 – Základní profil evolventního ozubení [12]

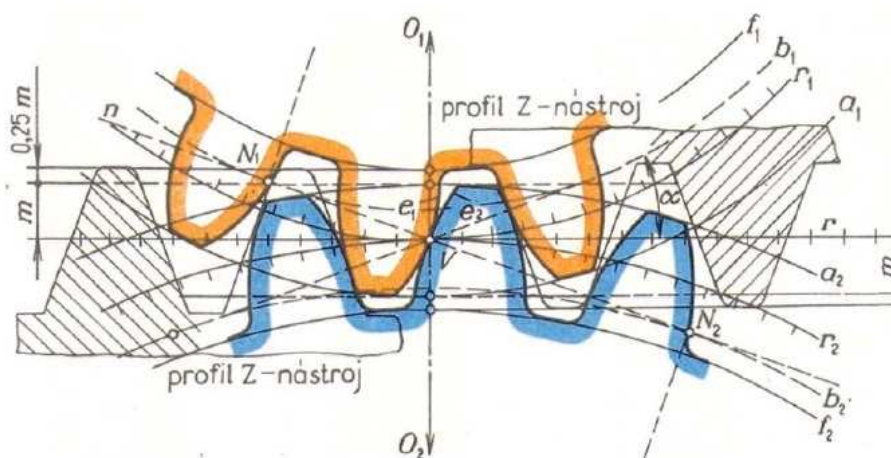
2.2.2 Konstrukce ozubených kol N

Evolventu e vytvoří bod napjatého vlákna odvinovaného z kružnice nebo bod přímky n , valící se po základní kružnici. Střed křivosti je v bodě dotyku normály a základní kružnice. Evolventa začíná teoreticky na základní kružnici a to radiálně. Evolventa vznikne odvalováním přímky po kružnici. Tento druh ozubení se v praxi velmi často vyskytuje.



Obr. 12 – Konstrukce evolventy [7]

Soukolí N vznikne složením dvou kol N, které spolu zabírají. Kola mají stejný základní profil, z toho tedy plyne, že mají stejný úhel záběru a modul. Roztečné kružnice jsou shodné s valivými.

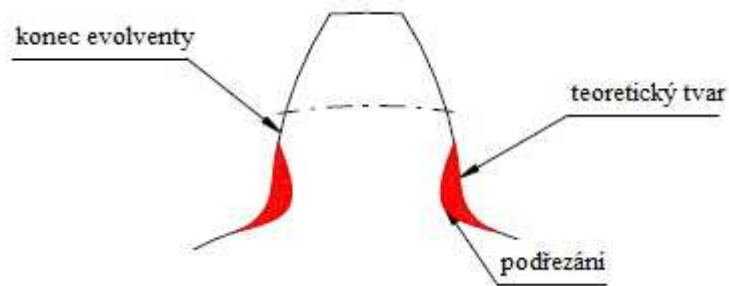


Obr. 13 – Soukolí N [12]

2.2.3 Podřezání, mezní počet zubů a posunutí profilu

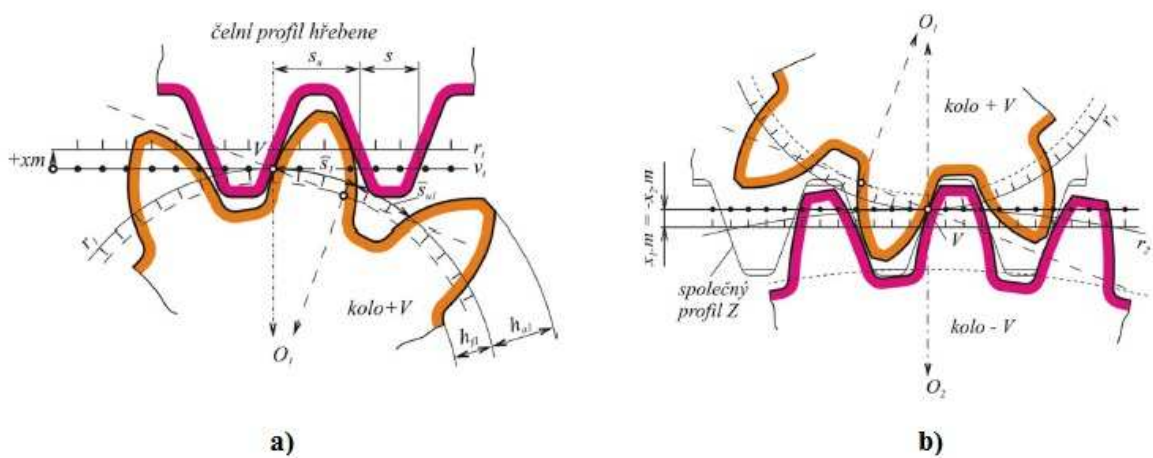
Máme-li ozubené kolo s malým počtem zubů, může nastat stav, kdy nám může zaoblení hlavy zubu nástroje podřezávat patu zubu kola. Podříznutí má negativní vliv na pevnost zubů díky zeslabení profilu paty zubů.

Pokud je počet zubů menší než teoretický počet ($z_t = 17$), dochází k zeslabení paty zubů. Pripustíme-li nepatrné podřezání zubů, které není na závadu, tj. nedochází ke snížení pevnosti zubů kola, pak můžeme použít prakticky mezní počet zubů. [5]



Obr. 14 – Podřezání zubu [12]

S roztečnou přímkou základního profilu lze o určitou hodnotu posouvat. Velikost posunutí nám vyjadřuje součinitel $x \cdot m$, kde x je jednotkové posunutí základního profilu a m je modul nástroje. Posunutím základního profilu se mění profil a rozměry zubu kola, ale nemění se základní kružnice a evolventa. Posunutí máme buďto kladné (+), tj. směrem od středu kola, nebo záporné (-), tj. směrem do středu kola. Tímto se vytvoří buď kola s kladným posunutím, tj. kola +V nebo kola se záporným posunutím, tj. kola -V.



Obr. 15 – Kola s posunutím [12]

a) kolo +V, b) kolo -V.

Kombinací těchto možností získáváme soukolí VN a V, které se používají, je-li třeba zkorrigovat profil zubů jednoho nebo obou kol tak, aby nedošlo k podříznutí při výrobě.

2.3 Čelní soukolí se šikmými zuby

Soukolí se skládá z pastorku a kola, po jejichž obvodu jsou vyrobeny zuby šikmé (viz. obr. 9). Toto soukolí má několik výhod oproti soukolí s přímými zuby. Zuby u šikmého ozubení jsou v záběru déle, než přímé zuby, přecházejí a vycházejí ze záběru postupně, soukolí je tišší a má klidnější chod.

Nevýhoda tohoto soukolí spočívá v působení axiální síly na kola ve směru jejich os otáčení, které je nutno zachytit v ložiskách.

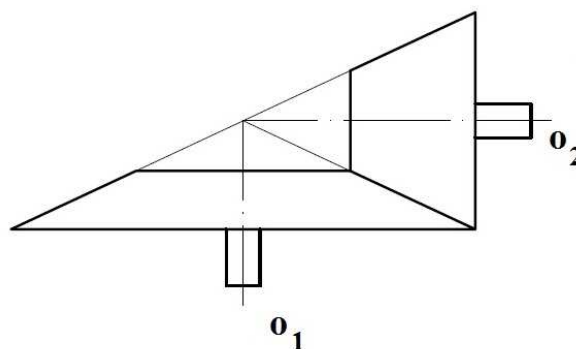
2.4 Čelní soukolí s vnějším ozubením se šípovými zuby

Výhodou tohoto soukolí (viz. obr. 9) je, že axiální složky síly se vzájemně ruší a nepřenášejí se na ložiska, odstraňuje tedy nevýhody soukolí s šikmými zuby. Výroba je však náročnější a nákladnější. Zuby jsou nejpevnější uprostřed, pro se doporučuje pohyb jen ve směru šípu. Používá se tam, kde je dovolena menší přesnost ozubení.

Kola s dvojnásobně šípovými zuby (viz. obr. 9) se mohou otáčet v obou směrech. [3]

2.5 Kuželové soukolí

Tyto soukolí slouží k přenosu otáčivého pohybu a kroutícího momentu u různoběžných hřídelů (nejčastější úhel os bývá $\Sigma = 90^\circ$). Základem soukolí jsou dva odvalovací kužele (roztečné), které se v povrchové přímce dotýkají a společný vrchol mají v průsečíku os obou hřídelů.



Obr. 16 – Kuželové soukolí [3]

Kuželová soukolí rozdělujeme podle vzájemné polohy os spoluzabírajících kol na:

- vnější – úhel roztečného kužele pastorku δ_1 a kola δ_2 je menší nebo rovný 90°

- základní – nebo také kuželové s rovinným kolem, $\delta_1 < 90^\circ$ a $\delta_2 = 90^\circ$

- vnitřní – jestliže $\delta_1 < 90^\circ$ a $\delta_2 > 90^\circ$, potom $\varepsilon > 90^\circ$

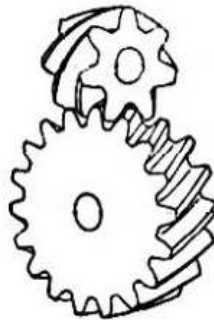
a podle tvaru boční křivky zubu základního kola, tj. průsečnice boku zubu s roztečným kruhem jsou kuželová soukolí (kola) se zuby přímými, šikmými, šípovými a zakřivenými.

Z již zmíněných druhů ozubení se nejčastěji používá kuželové soukolí vnější s úhlem $\varepsilon = 90^\circ$.

Výroba kuželových ozubených kol je pracná, protože se většinou vytváří zubní mezery jedna podruhé. [9]

2.6 Šroubové soukolí

Používá se tam, kde je třeba spojit dva hřídele, jejichž osy jsou mimoběžné. Kola se po sobě odvalují, ale taky posouvají ve směru stykové přímky, čímž vzniká šroubový pohyb. [2]



Obr. 17 – Šroubové soukolí [4]

Převod mezi mimoběžnými hřídeli lze provést:

- dvěma páry kuželových kol,
- jedním párem čelních a jedním párem kuželových kol,
- jedním šroubovým soukolím.

Tato soukolí se skoro nepoužívají, protože je jejich výroba nákladná a složitá. [3]

2.7 Šnekové soukolí

Je to v podstatě šroubové soukolí válcové, přičemž osy obou kol jsou k sobě vzájemně kolmé. Průměr jednoho kola je vzhledem k druhému kolu celkem malý, takže jeho zuby tvoří celistvé závity a kolo má vlastně podobu šroubu, proto se těmto kolům říká šnekové.

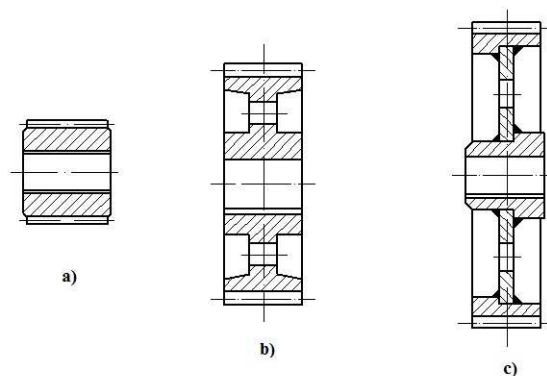
Největší výkony přenáší globoidní šnekové soukolí, protože jeho rozměry jsou nejmenší. Použití je však jen výjimečné, protože výroba tohoto soukolí je velmi náročná a drahá na výrobu, montáž a přesnost.

2.8 Konstrukce a materiál ozubených kol

Převážná většina ozubených kol se vyrábí z oceli a litiny, samozřejmě mohou být vyrobena z mnoha různých materiálů. Pro tělesa velkých a složených kol se nejčastěji používá šedá litina a ocel na odlitky. Malá kola ze šedé litiny mají tvrdý povrch boků, který dobře odolává opotřebení, nekoroduje a má dobré kluzné vlastnosti. Nevýhoda tohoto materiálu je ta, že je nutné ponechat tlusté stěny a velké přídavky na obrábění.

Kola z konstrukčních ocelí se zhotovují z výkovků, výlisků nebo se svařují. Legovaných ocelí k zušlechťování (např. 14 220, 14 221) se používá, pokud chceme dosáhnout vysoké meze únavy v ohybu při velké houževnatosti. Dále se pro zlepšení vlastností používají úpravy jako například povrchové kalení, nitridování, cementování.

Některé ozubené kola se zhotovují přímo na hřídeli, např. u pastorku a to v případě, pokud je malý počet zubů. Pastorek může být vyroben vcelku s hřídeli nebo na hřídel přivařený. Kola větší, s větším počtem zubů se vyrábějí samostatně a na hřídel se následně nasazují. Malé kola mají tvar kotouče, větší kola se skládají z náboje, věnce a kotouče. Některá velká kola bývají dělená (snadná doprava a montáž). [3]

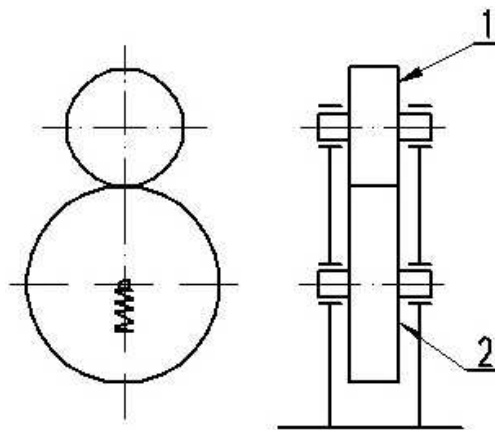


Obr. 20 – Příklady konstrukce ozubených kol [3]

a) pastorek k nasazení na hřídel, b) kolo – věnec je s nábojem spojen deskou, c) svařované kolo.

3 TŘECÍ PŘEVODY

Třecí převod tvoří dva kotouče (hnací a hnaný), které jsou uloženy na hřídelích a z přitlačného zařízení. Třecí převody využívají rotačního pohybu a výkonu třecí síly v místě styku dvou navzájem přitlačovaných rotačních těles. Používají se u menších výkonů na blízké rovnoběžné nebo různoběžné hřídele.



Obr. 21 – Třecí převod válcovými koly [3]

1 – hnací kolo, 2 – hnané kolo

Výhody třecích převodů:

- tlumení rázů při proměnlivém zatížení
- nehlučný chod
- možnost změny smyslu chodu
- relativně snadná změna převodu i za chodu
- zmírňují nárazová zatížení a náhlé změny rychlosti
- zmírňují rozběh a zastavení při zapínání a vypínání chodu

Mezi nevýhody patří:

- nepřesný a kolísavý převodový poměr
- nepřesný přenos sil a momentů
- potřeba značně veliké přitlačné síly
- velké kontaktní zatížení a namáhání hřídelů a ložisek
- skluz způsobuje zpoždění hnaného kola, energetické ztráty, zahřívání kol a opotřebení pracovních povrchů.

3.1 Rozdělení třecích převodů

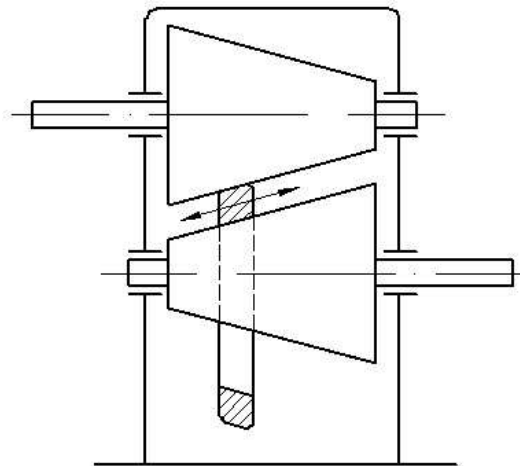
Podle konstrukčního řešení se tyto převody dělí na:

- převody se stálým převodovým poměrem – tyto dále dělíme podle vzájemné polohy hřídelů na: válcové (čelní) - pro rovnoběžné hřídele,
kuželové – pro různoběžné hřídele,
- převody s plynule měnitelným převodovým poměrem – variátory,
- zvláštní.

Válcové převody přenášejí obvodové síly buď přímým dotekem mezi hnacím a hnaným kotoučem nebo za pomoci dalšího spojovacího kotouče.

U kuželových převodů se přenáší pohyb na různoběžné hřídele, nejčastěji bývají osy hřídelů k sobě kolmé.

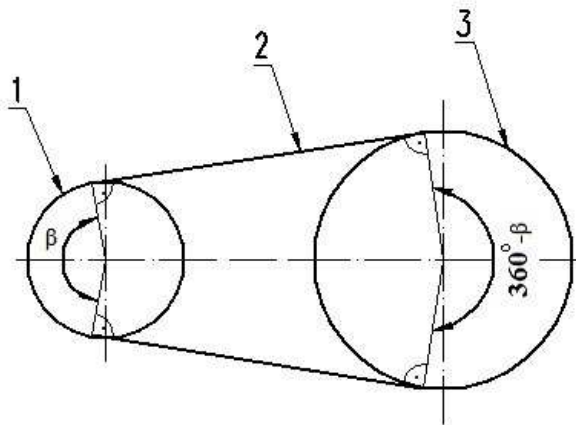
Mezi převody, u kterých můžeme měnit převodový poměr, patří variátory. Mezi hlavní požadavky hospodárného provozu různých zařízení je možnost plynule měnit a regulovat otáčky. Jsou určeny pro přenos malých výkonů, nejčastěji mezi kolmými hřídeli, ale samozřejmě je lze použít i pro rovnoběžné a mimoběžné hřídele. [2]



Obr. 22 – Kuželový třecí variátor [2]

3.2 Řemenové převody

Kroutící moment, otáčky a síly se z hnacího na hnaný hřídel přenášejí pomocí řemene, který je opásán kolem řemenic. Velikost tření a tím i přenášeného výkonu je dáno napětím řemene. Používají se pro převody na velkou a střední vzdálenost a na méně přesné převody. Jejich použití je rozsáhlé.



Obr. 23 – Řemenový převod [2]

1 - Hnací kotouč, 2 - Hnaný kotouč, 3 - Tažný člen, β , $(360^\circ - \beta)$ – Úhly opásání kotoučů

Výhody řemenových převodů:

- levná výroba
- tichý chod
- pohon několika hřídelů současně
- schopnost řemene tlumit rázy

Nevýhody řemenových převodů:

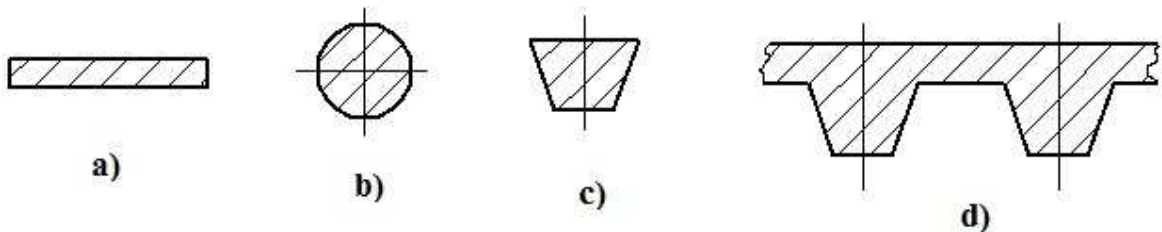
- v důsledku nutného předpětí vzniká větší tlak na ložiska
- dodatečné napínání řemene
- špatná odolnost proti vysokým teplotám
- nutný skluz řemene

3.2.1 Tažné členy - řemeny

Z hnací řemenice na hnanou se obvodová síla přenáší řemeny. Protože jsou řemeny ohebné, to v mnoha případech zjednodušuje konstrukci stroje a podstatně snižuje jeho cenu a protože v některých případech jsou řemeny dosti dlouhé, mají schopnost zachycovat rázová zatížení a tlumit kmitání.

Podle konstrukce řemeny dělíme na:

- ploché,
- kruhové
- klínové
- ozubené



Obr. 24 – Druhy řemenů [8]

a) Plochý, b) Kruhový, c) Klínový, d) Ozubený

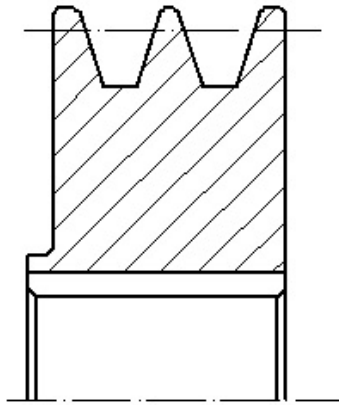
[8]

Nejpoužívanějším druhem řemenů jsou řemeny klínové. Ty jsou nejčastěji vyrobené jako uzavřené, málokdy konečné, kdy je nutná spojka. Řemen má lichoběžníkový průřez, jsou pryžové se zalitou vyztužovací vložkou, čímž dosažena vyšší pevnost řemene. Pracovní části řemene jsou pouze jeho boční plochy, které jsou ve styku s řemenicí. Dělají se také řemeny textilní a plastové.

[6]

3.2.2 Řemenice

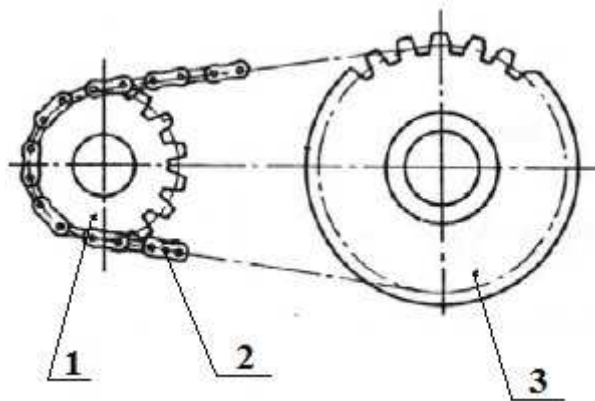
Mají různé konstrukční provedení. Nejčastěji se skládají z náboje, věnce a desky nebo ramene. Materiálem řemenic je šedá litina, ze které se řemenice odlévají, ocel na odlitky (většinou rychloběžné řemenice), hliníkové slitiny (menší řemenice). Řemenice větších rozměrů se pak svařují. [3]



Obr. 25 – Řemenice pro klínové řemeny [2]

3.3 Řetězové převody

Podobně jako u řemenových převodů, tak i u řetězových převodů se výkon přenáší z hnacího na hnaný hřídel nepřímo pomocí třecího členu, v tomto případě řetězu. Používají se pro velké výkony. Jednotlivé články řetězu zapadají do ozubení řetězových kol. Mají až 4x větší životnost, než převody řemenové. Pracují bez skluzu. [2]



Obr. 26 – Řetězový převod [2]

1 – Hnací kolo, 2 – Řetěz, 3 – Hnané kolo

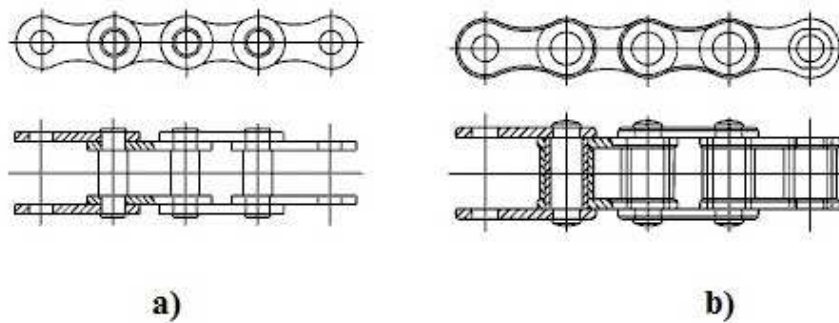
Výhody řetězové převodu:

- pracují bez skluzu
- nepotřebují předpětí
- menší zatížení ložisek a hřídelů než u řemenových převodů
- řetěz snáší vysoké teploty a vlhkost

Nevýhody tohoto převodu:

- obtížnější mazání klobouků
- přesné nastavení hřídelů
- při vyšších rychlostech jsou převody hlučnější
- přenáší rázy a kmity

[1]



Obr. 27 – Různé konstrukce řetězů [12]

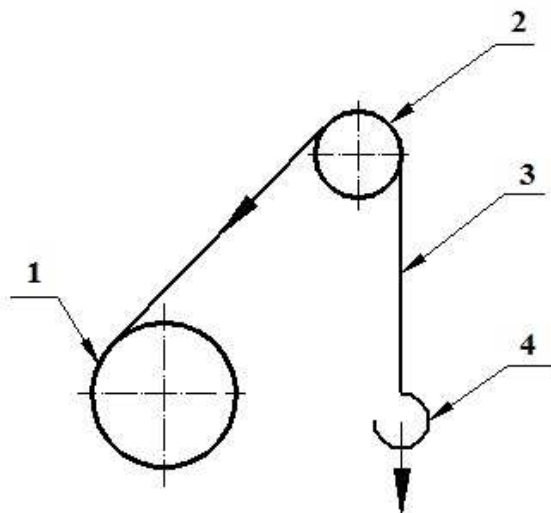
a) Gallův řetěz, b) Válečkový řetěz

Malé řetězové kolo (pastorek) má mít lichý počet zubů a velké kolo sudý počet, to z toho důvodu, aby se celý řetěz opotřebovával rovnoměrně. Při malém počtu zubů kola se řetěz na kole značně ohýbá, vzniká velké tření a řetěz i ozubení kola se rychle opotřebují. Řetěz má být napnut tak, aby byl v ochablé části dovolený průhyb. Napínání řetězů se provádí buďto vzdalováním os (posunutí jednoho kola), nebo pomocí napínacích kladek. Důležité je mazání převodu a kromě mazání musí být řetěz chráněn před nečistotou a prachem. [3]

3.4 Lanové převody

Tento převod je opásaný, jehož tažný člen je lano. Pracuje na stejném principu a má stejnou geometrii jako řemenový převod.

Největší využití lanových převodů v dnešní době je u zdvihacích strojů (jeřáby, zdvihadla).



Obr. 28 – Lanový převod [7]

1 – Hnací buben, 2 – Kladka, 3 – Lano, 4 – Hák

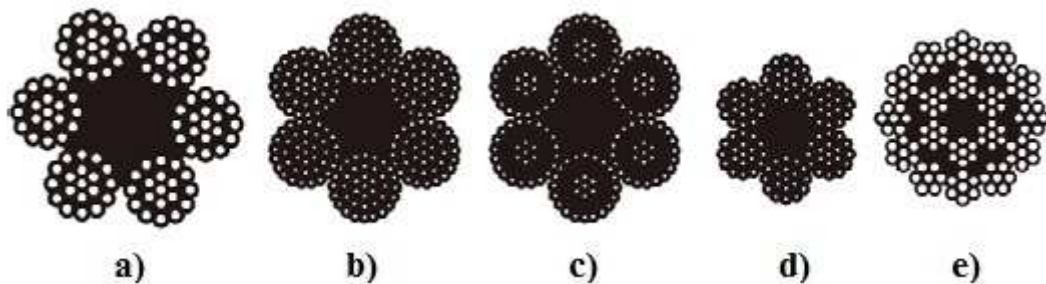
Lana máme buď konopná, bavlněná nebo ocelová. Nejpoužívanější je lano ocelové. Ty jsou určeny pro více zatížené a náročnější převody a jsou normalizovaná. Dále je rozdělujeme na lana nepohyblivá a pohyblivá. Pohyblivá jsou taková, která během zatížení mění svoji polohu. Nepohyblivá se využívají pouze jako nosný nebo napínací orgán.

Výhody:

- velká únosnost lan
- nízká cena
- vysoká účinnost
- nedochází k náhlému přetížení (více nosných pramenů)

Nevýhody:

- velké vytahování lan
- nutná pravidelná kontrola
- veliký tlak na hřídele a ložiska.

3.4.1 Konstrukce ocelových lan

Obr. 29 – Konstrukce ocelových lan [12]

a) normální šestipramenné, b) šestiramenné Seal, c) šestipramenné-114drátů, d) šestipramenné Warrington, e) vícepramenné Herkules

3.4.2 Kladky a bubny

Kladky rozlišujeme na vyrovnávací a vodící. Vyrovnávací jen vyrovnávají tah jednotlivých větví lan.

Rozměry kladek se odvozují od průměrů lan, proto, aby byli zachovány optimální podmínky namáhání lana při jeho ohybu, protože při malém poloměru ohybu dochází k velkému namáhání nosných drátků, z nichž jsou lana spletena, a může dojít k poškození. Totéž se dodržuje u lanových bubnů. [7]

4 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši na téma převody. Zabývali jsme se jejich rozdělením, konstrukčním provedením, použitím, výhodami a nevýhodami apod.

V praktické části bude na téma převody navázáno modelací dvou vybraných převodů, a to ozubeným a řemenovým. K modelaci bude využito 3D softwarů Inventor a Catia.

V každém z těchto programů bude ukázka tvorby jednotlivých dílů sestavy. Následně se vybere jedna komponenta ze sestavy a na ní se bude prezentovat tvorba výkresů za pomoci Inventoru a Catie. Závěrem se celá sestava uvede do pohybu pomocí animace. Animace spočívá ve skládání sestavy v jeden funkční celek.

Všechny tyto operace budou prováděny v obou programech. Na základě získaných poznatků při jejich využití vznikne porovnání softwarů mezi sebou, aby byly odkryty případné výhody, či nedostatky těchto aplikací.

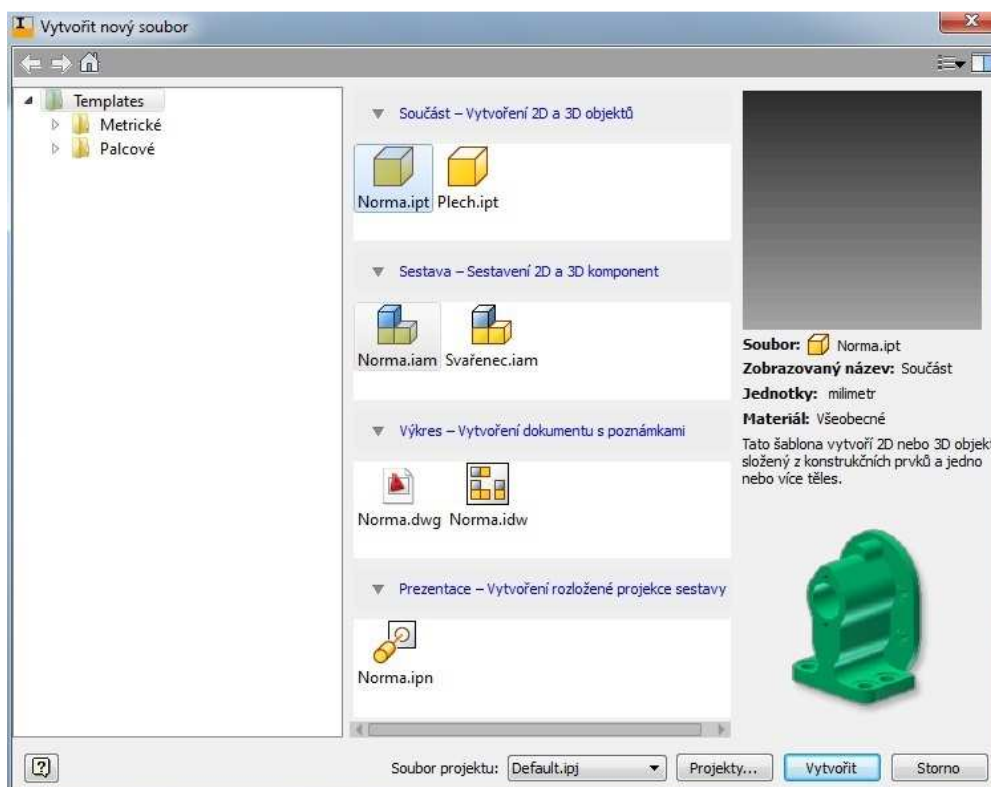
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 AUTODESK INVENTOR

Autodesk Inventor je CAD (počítačová podpora konstruování) software používaný pro navrhování a konstrukci 3D modelů, za jejímž vznikem stojí firma Autodesk. Patří mezi nejprodávanější a nejrozšířenější 3D CAD aplikace. Umožňuje nám nahrazení rutinní práce konstruktérů moderními postupy. Provází nás od samého zrodu, tzn. náčrtu součásti, přes vytvoření 3D modelu, až po sestavení jednotlivých komponent ve funkční celek.

5.1 Funkce Inventoru

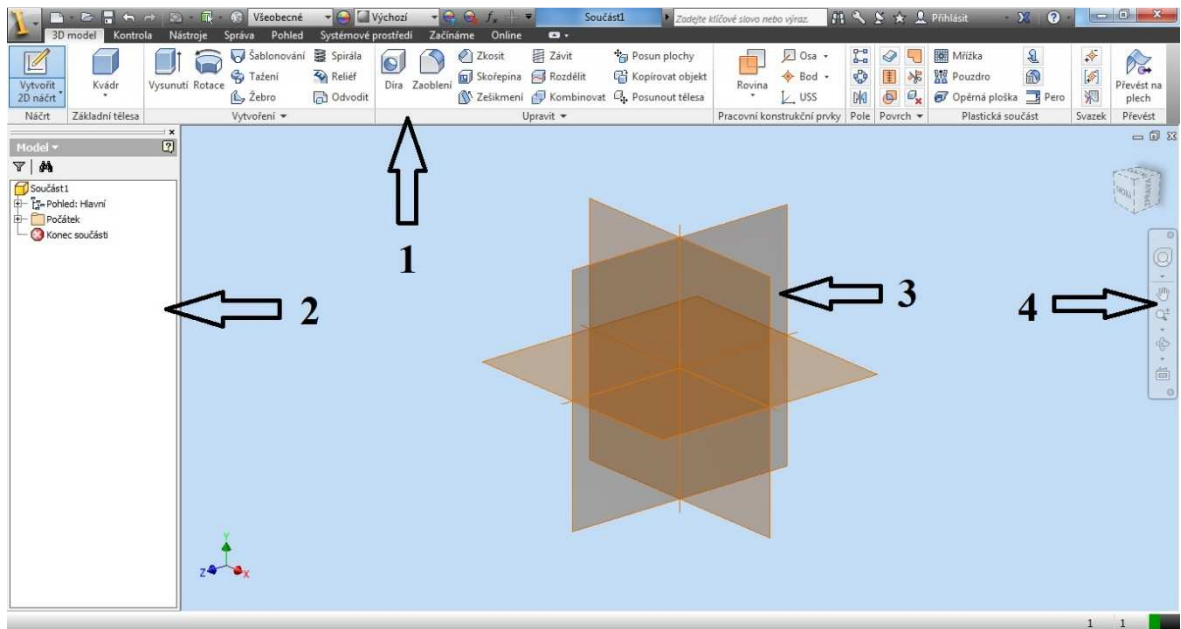
Základní funkcí pro konstruování tvoří **součást (part, .ipt)** – vytvoření 2D a 3D objektů, které vycházejí z parametrických 2D náčrtů (sketch). Tyto objekty můžeme pomocí vazeb skládat do **sestav (Norma.iam)**. Dále z těchto 3D součástí či sestav můžeme vytvořit **výkresovou dokumentaci (Norma.dwg)**. Nabízí rovněž konstrukci plechových součástí, svařenců. Inventor také obsahuje funkce pro tvoření prezentací, animací a fotorealistické vizualizace. Umožňuje také vkládání normalizovaných součástí, které se nacházejí v databázi **“Obsahového centra“**.



Obr. 30 – Funkce Autodesk Inventoru

5.2 Pracovní prostředí Inventoru

Pracovní prostředí Inventoru je přehledné a navrženo tak, aby poskytovalo maximálně intuitivní ovládání všech modelovacích operací.



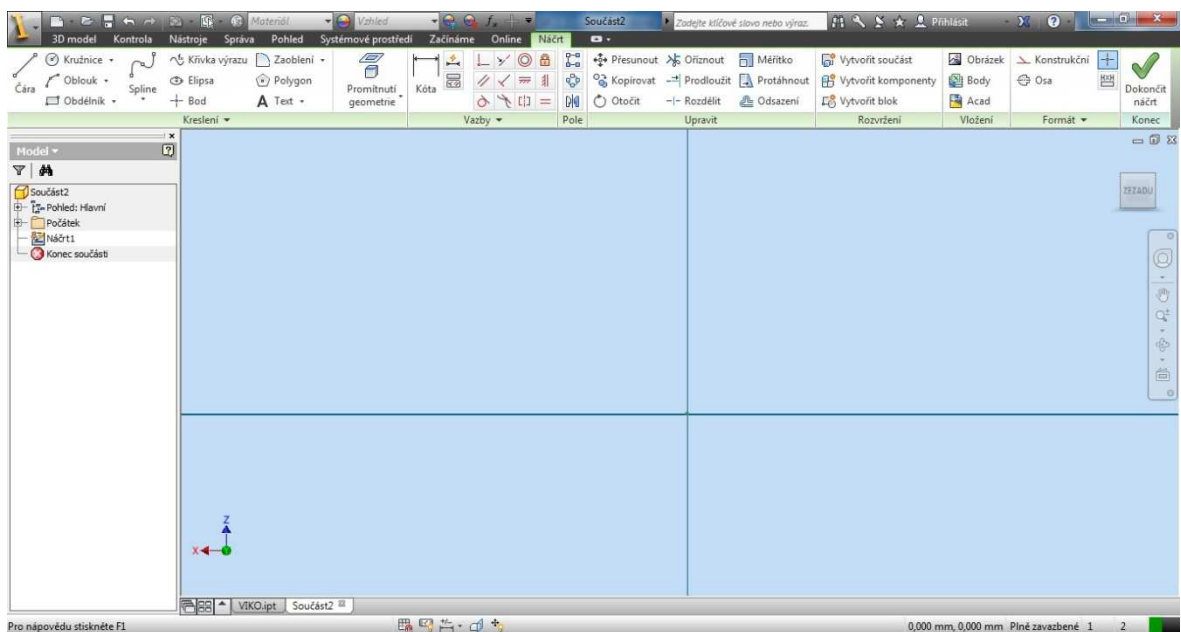
Obr. 31 – Pracovní prostředí pro modelování v Autodesk Inventoru

1 – panely nástrojů


3 – pracovní roviny

2 – prohlížeč součástí (strom)

4 – nástroje pro manipulaci s objektem (natočení, posun pohledu, přiblížení, atd.)



Obr. 32 – Pracovní prostředí pro náčrt (sketch) v Autodesk Inventoru

Po otevření funkce pro tvorbu objektů *součást* (**Norma.ipt**) zvolíme z panelu nástrojů ikonu pro *tvorbu 2D náčrtů*  (sketch). Následně zvolíme rovinu, na které bude vytvořený náčrt. Rovina se nám automaticky natočí do polohy vybrané roviny. Pro kreslení náčrtu používáme tyto příkazy:

 Přímka

 Kružnice

 Oblouk

 Obdelník


 Spline

 Elipsa

 Bod


 Zaoblení, Zkosení

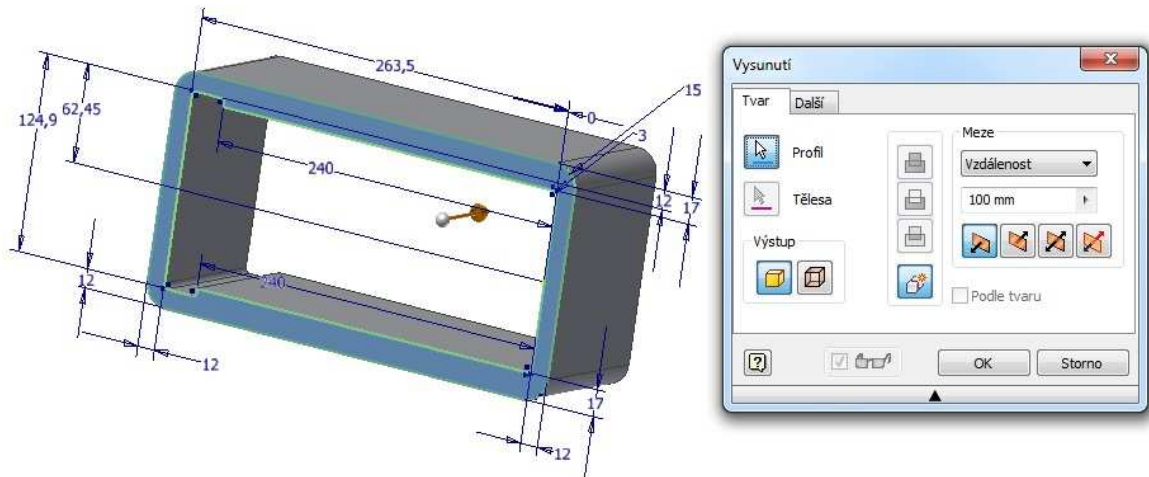
 Polygon

Dále je třeba náčrt zavazbyt pomocí kót nebo vazeb z panelu **Vazby**, abychom odebrali všechny stupně volnosti a tím zabránili nežádoucímu pohybu prvků náčrtu. Může se také využít příkazů z panelu **Upravit**, pomocí kterých lze náčrt posunovat, kopírovat, ořezávat atd. Po dokončení veškerých úprav a zavazbení náčrtu klikneme na tlačítko ikony **Dokončit náčrt**  a ten se převede do prostředí pro modelování součásti, ve které už námi vytvořené skici přiřazujeme objem a provádíme další potřebné úpravy, abychom dosáhli požadovaného tvaru a rozměrů součásti. Práce v těchto prostředích bude prezentována v následujících kapitolách.


6 MODELOVÁNÍ SOUČÁSTÍ V AUTODESK INVENTORU


6.1 Převodová skříň – spodní část

Následující komponenta je tvořena v pracovním prostředí pro modelování. Z předem vytvořeného náčrtu, který má přesně definované rozměry a tvoří stěny skříňe, jsme pomocí příkazu **Vysunutí**  (Extrude) přiřadili náčrtu objem pro získání prvotního 3D modelu.

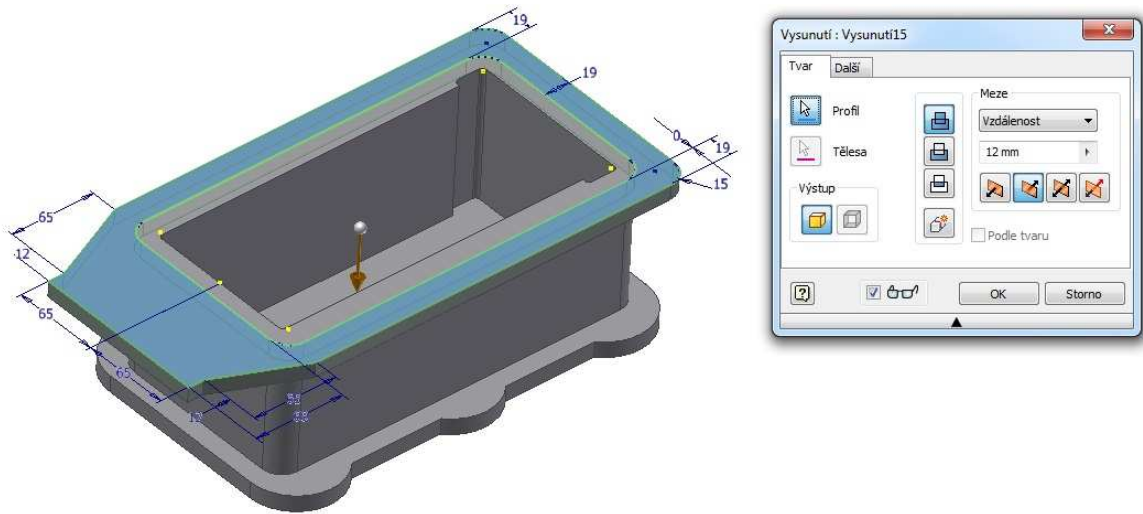


Obr. 33 – Vytažení prvotního náčrtu za účelem vytvoření obvodových stěn skříňe

Pro náčrt dna skříňe byla vybrána tatáž rovina, jako při kreslení prvotního náčrtu obvodových stěn skříňe. Obrisy obvodových stěn, které se nám promítly do aktuální roviny, musíme nastavit jako **Konstrukční**  (Construction) pomocí stejnojmenného příkazu, aby bylo možné vybrat správný profil dna při vysunutí profilu. Při tvorbě dalších náčrtů se musí promítnuté geometrie nastavovat jako **Konstrukční**.

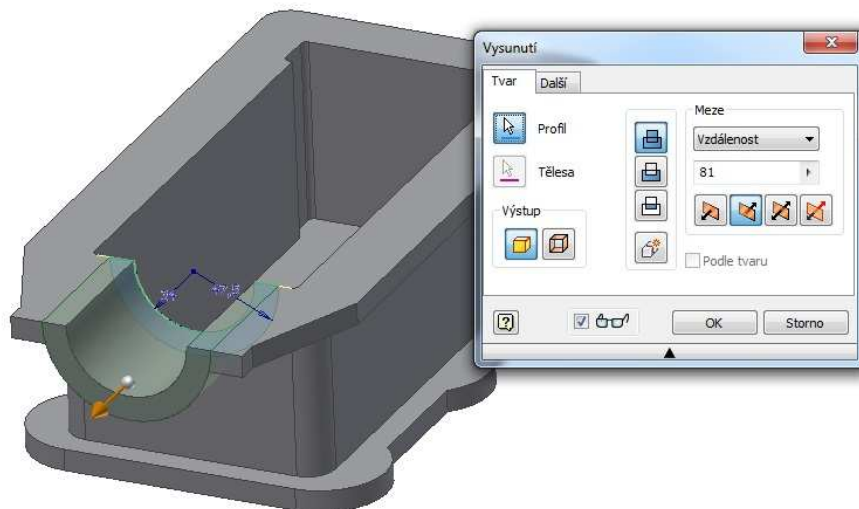
Náčrt dna je vytvořen pomocí příkazu **Odsazení**  (Offset) a zadáním rozměru tohoto odsazení od původního profilu obvodové stěny. Poté dno **vysuneme** o patřičný rozměr.

Pomocí *Odsazení* (Offset) a další úpravou vytvoříme dosedací plochu víka skříně na spodní část skříně.



Obr. 34 – Vytažení plochy pro dosednutí víka

Pro další kreslení náčrtu je zvolena plocha předního čela skříně, na kterém jsou nakresleny dva oblouky (nezapomenout vybrat obrysy stěny skříně a označit jako *konstrukční*) a následně *vysunuty*. Vysunutím tohoto profilu se získá vana, na kterou se bude při montáži převodovky usazovat hřídel s kuželovým ozubením.



Obr. 35 – Vytažení vany pro usazení hřídele s kuželovým ozubením

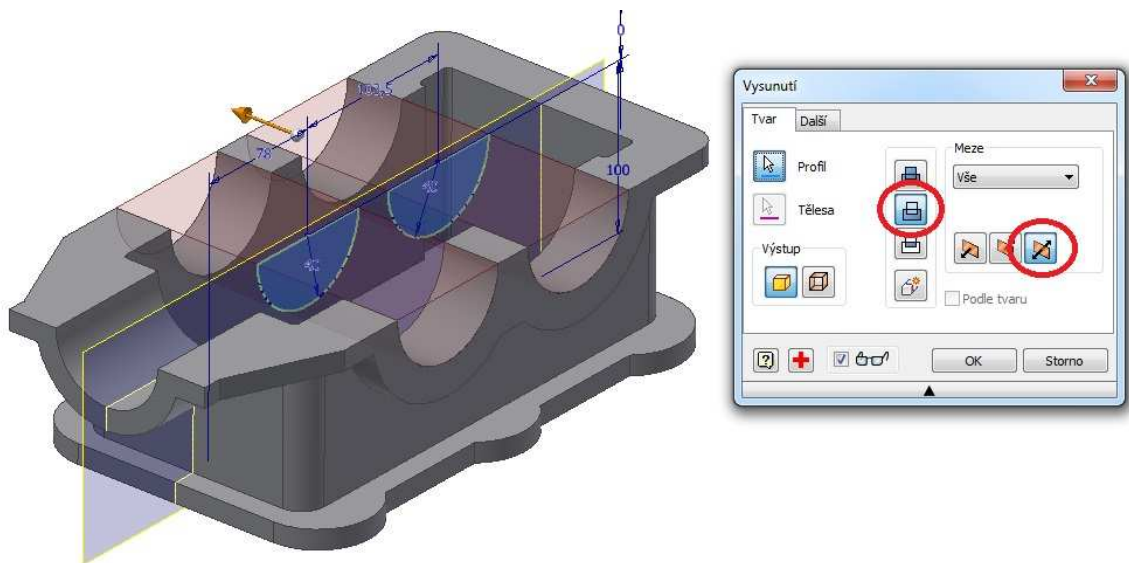
Příruby k ložiskům jsou vytvořeny na boční stěně skříně. Nakreslený profil *vysuneme*, ale místo vzdálenosti se z rolety “Meze” vybere možnost “Do” a následným kliknutím na boč-

ní stěnu skříně vybere plocha, po kterou bude tento vysunutý profil zasahovat. Aby se přešlo kreslení identických profilů na opačné straně součásti, je zde příkaz **Zrcadlit** (Mirror), u něhož je třeba vybrat prvky, které budou zrcadleny a rovinu zrcadlení.



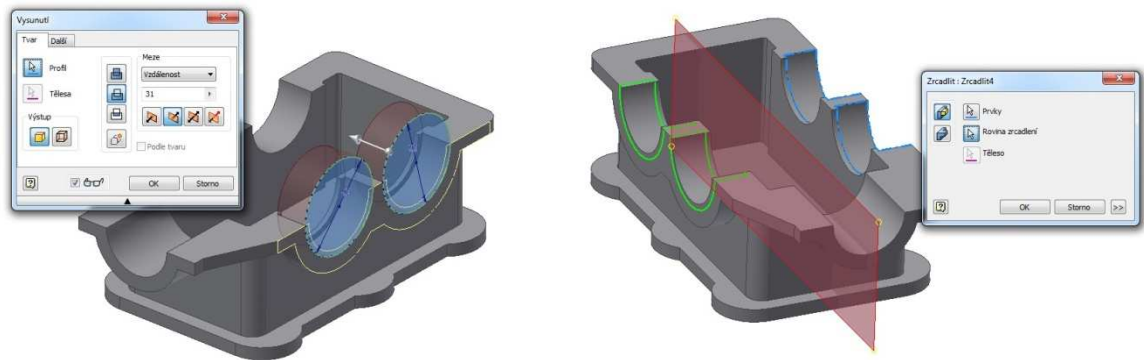
Obr. 36 – Vytažení přírub a následné zrcadlení

Otvory pro ložiska a hřídele se tvoří tak, že jako náčrtovou rovinu vybereme ze stromu rovinu, která je uprostřed skříně. Na tuto se načrtne skica. V příkazu **Vysunutí** je nutno přepnout tlačítko **Sjednocení** (Join) na druhou možnost a to **Rozdíl** (Cut). Tím vznikne odečtení daného profilu od původní geometrie. Ještě je třeba změnit směr odečtení na **Symetrický**.



Obr. 37 – Otvory pro ložiska

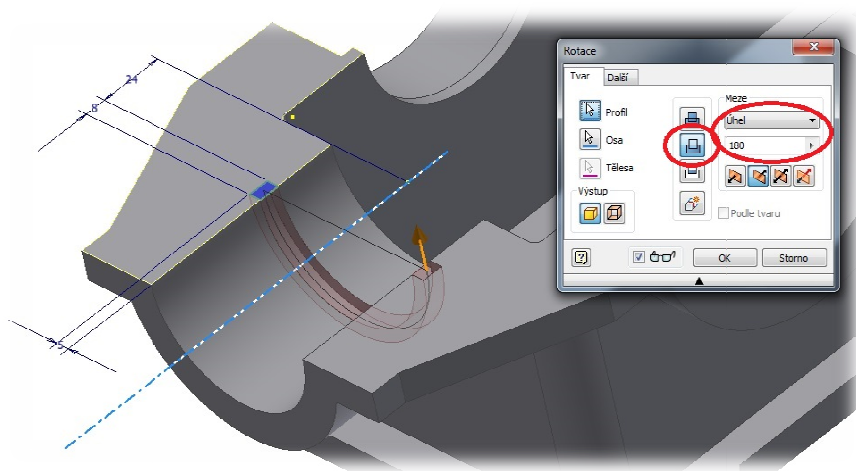
Následuje vytvoření dorazů pro ložiska. Ty se vytvoří taktéž odečtením profilu od původní geometrie a následným zrcadlením na druhou stranu skříně.



Obr. 38 – Dorazy pro ložiska

Aby hřídel s kuželovým ozubením byla usazena ve správné poloze, je zapotřebí na vaně vytvořit drážku, do které bude zasunutý distanční kroužek, jež je nasunutý na této hřídeli. Tím se dosáhne správného ustavení hřídele.


Ve skicáři je nakreslen profil drážky a taktéž osa, podle které bude tento profil rotován. Příkaz na tuto operaci má název **Rotace** (Revolve). Zde je třeba vybrat profil, osu rotace a následně určit uhel této rotace. Dále přepnout na tlačítko **Rozdíl** (Cut), aby byl vybrán profil odečten od stávající geometrie.




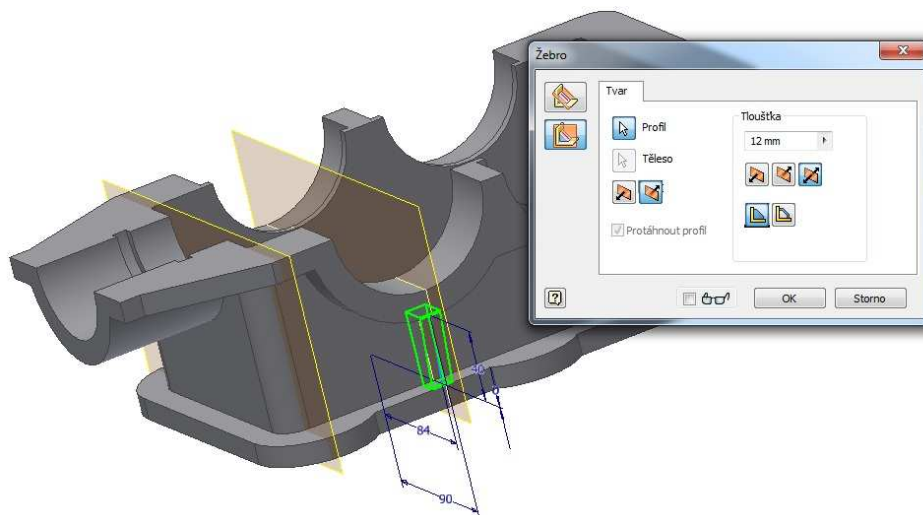
Obr. 39 – Vytvoření drážky pro dist. kroužek

Pozn.: Tento příkaz je velmi vhodný pro tvorbu rotačních prvků (např. hřídelí), kdy je nakreslena pouze jedna půlka součásti a následně pomocí její osy (osy rotace) rotována do plného objemu.

Žebra slouží jako výztuha a ke zpevnění převodové skříně. Jako první je vhodné vytvořit rovinu, která je odsazená od roviny YZ o daný rozměr. Na této rovině bude následně na-


črtnutý profil žebra. Příkaz k tvorbě rovin pomocí odsazení najdeme pod názvem *Odsazení od roviny*  (Offset of plane).

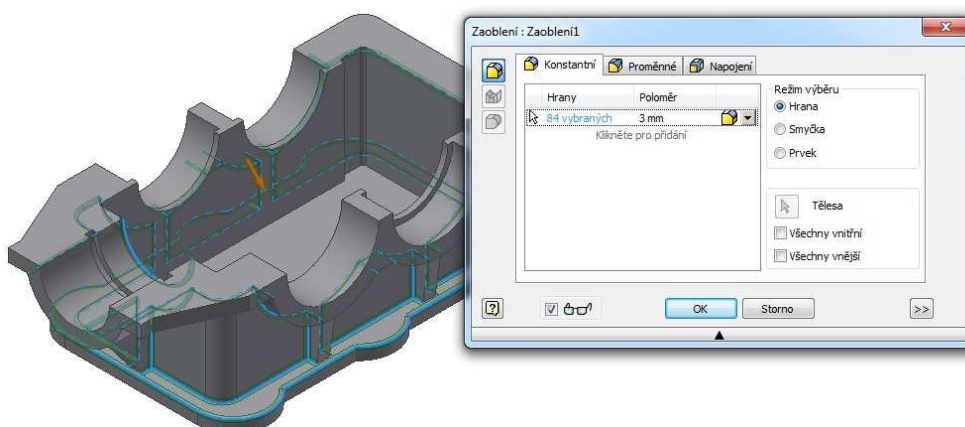
Žebrování vytvoříme příkazem *Žebro*  (Rib). Tvar tohoto prvku je dán náčrtem jeho profilu a směrem vysunutí a jeho tloušťkou.



Obr. 40 – Žebro

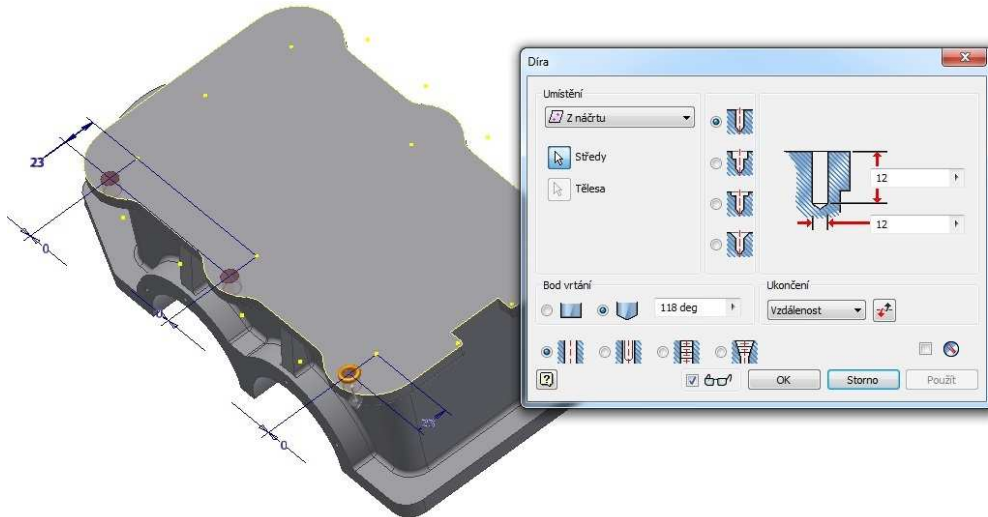
Ostatní žebra budou definována zrcadlením podle rovin od předem vytvořeného žebra.

Aby nedošlo při manipulaci s převodovou skříní ke zranění, je na místě zaoblit vzniklé ostré hrany příkazem *Zaoblení/zkosení*  (Fillet). Tento příkaz je velmi jednoduchý, stačí vybrat pouze hrany určené k zaoblení či zkosení a zadat hodnotu rádiusu (popř. rozměry zkosení).



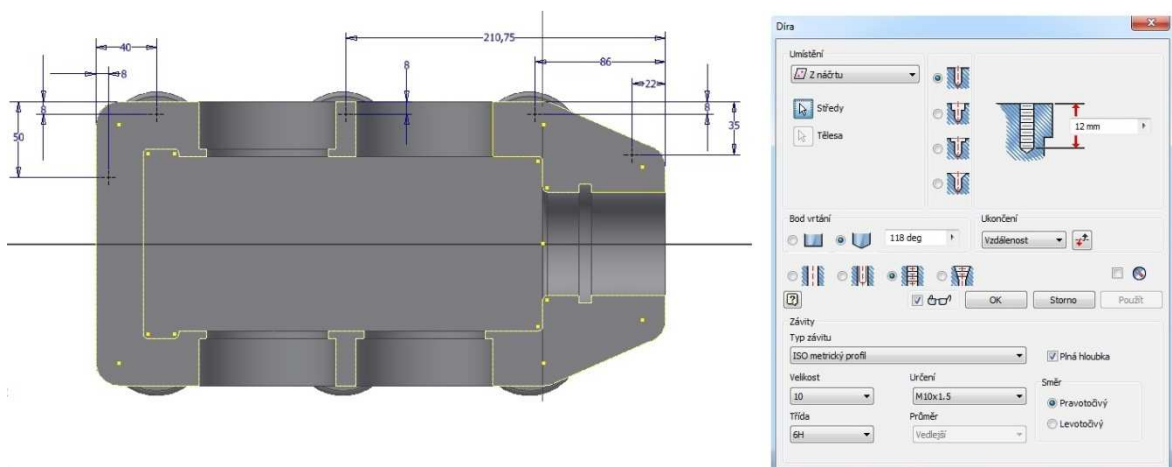
Obr. 41 – Zaoblení ostrých hran

Pro ukotvení převodovky na patřičné místo jsou na odsazené ploše dna skříně vyvrtány díry. Na spodní plochu dna víka umístíme ve sketchi skupinu bodů pomocí příkazu **Bod** + (Point). Body budou středy děr. Příkazem **Díra** (Hole) vybereme tyto středy (Inventor automaticky označí vytvořené body jako středy děr) a nastavíme parametry pro tvořené díry (v tomto případě jsou díry průchozí a mají průměr 12mm).



Obr. 42 – Díry k ukotvení převodovky

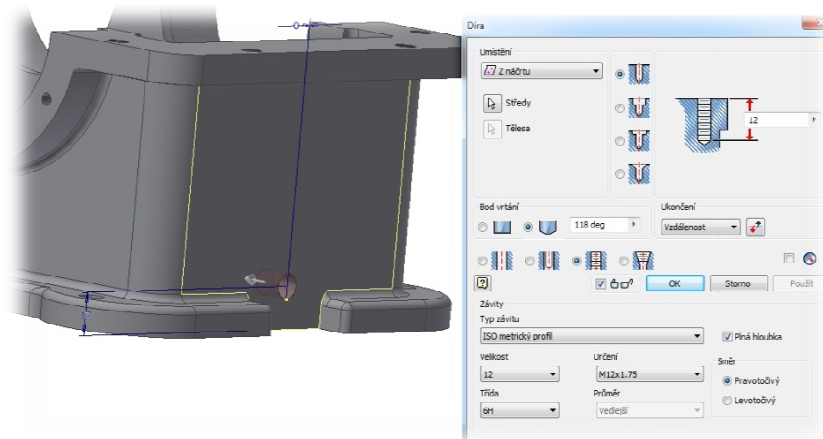
Přípevnění víka ke spodní části skříně se provede pomocí šroubů s válcovou hlavou, proto je nutné, aby byla skříň opatřena dírami se závitem. Znovu ve sketchi umístíme na patřičnou plochu skupinu bodů. Nastavíme příslušné vlastnosti pro budoucí díry, tzn.: průchozí díra, díra se závitem, její průměr, typ závitu (ISO metrický profil) a jeho charakteristiky (M10x1,5; třída H6). Dále pak se zrcadlením vytvoří stejný počet děr i na druhé straně skříně.



Obr. 43 – Díry k přípevnění horního víka

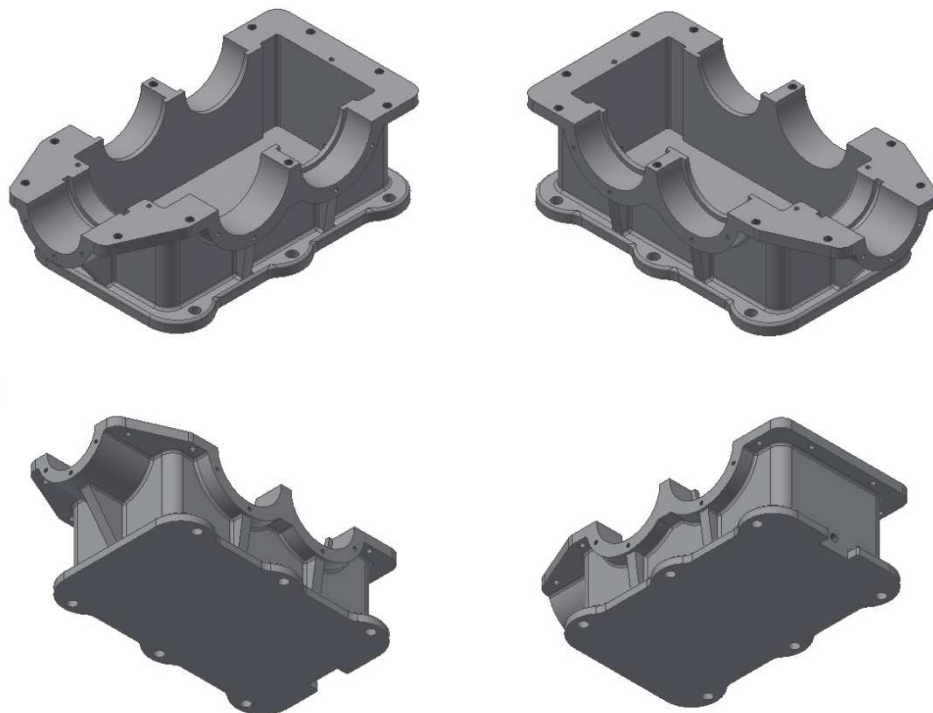
Obdobným způsobem se dají vytvořit díry pro uchycení víček na ložiska.

Pro vypouštění oleje z převodové skříně je třeba tuto skříně opatřit vypouštěcím otvorem. V tomto případě je otvor tvořen dírou se závitem, do které je posléze namontován šroub (někdy i s těsněním). Postupujeme stejně jako v předchozích dvou operacích.



Obr. 44 – Vypouštěcí otvor

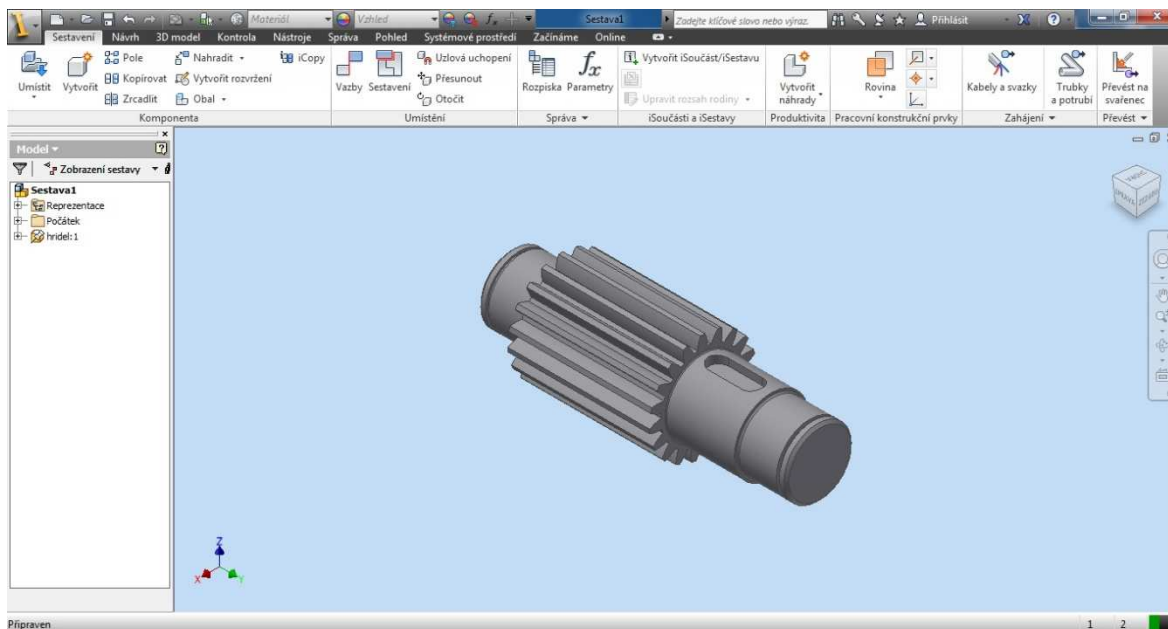
Jako poslední operace při modelování této komponenty skříně je třeba vytvořit díry pro kolíky, které mají za úkol přesně vymežit polohu víka převodovky vůči spodní části skříně. Postup je neměnný.



Obr. 45 – Spodní část převodové skříně (lože)


7 TVORBA PODSESTAV, SESTAV

Po vymodelování všech příslušných komponent většinou následuje sestavení těchto součástí v jeden funkční celek. Inventor má pro tyto operace výše zmíněný modul *Sestava.iam*. Po zvolení tohoto modulu přejdeme do prostředí pro tvorbu sestav (viz. obr. 46).








Obr. 46 – Pracovní prostředí při tvorbě sestav

V našem případě máme součástí poměrně mnoho, proto bude lepší, když jednotlivé komponenty budeme sestavovat nejprve do podsestav a následně z těchto podsestav vytvoříme jednu sestavu.

Základní ikona pro vkládání součástí do tohoto pracovního prostředí má název **Umístit**  (Place Component). Po rozkliknutí vybereme cestu adresáře, kterou se dostaneme k námi vymodelované a uložené komponentě. Tu označíme a pomocí tlačítka **Otevřít** (Open) ji vložíme do sestavy. Dále pak nám tento příkaz nabízí také **Umístit z Obsahového centra**, což znamená, že z obsahového centra (knihovny) můžeme vkládat normalizované součásti, ale touto funkcí se budeme ještě podrobně zabývat posléze.

7.1 Vazby

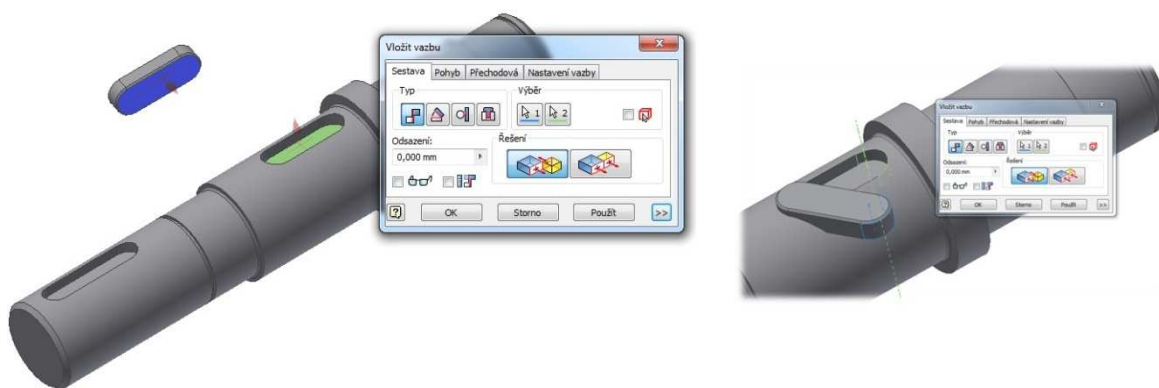
Další příkaz, který je u tohoto modulu nezbytný a se kterým se budeme setkávat nejčastěji má název **Vazby**  (Constraints). Tento zahrnuje ještě další záložky, obsahující funkce pro správné zavazbení. První záložkou je *Sestava*, jež má čtyři základní typy vazeb. **Proti sobě**

 (Mate) je nejvyužívanější a má za úkol spojit vybrané plochy a to buď proti sobě nebo stejným směrem (zárovno) a ještě s možností odsazení o daný rozměr. Druhým typem je **Úhel**  (Angle). Jak už název napovídá, jedná se o vazbu s určitým úhlem. Třetí možností je **Tečnost**  (Tangent) používající se jak u válcových součástí, tak při vazbě ozubených kol. Jako čtvrtá je zde vazba **Vložit**  (Insert), používaná pro vkládání „součásti do součásti“ nebo pokud pracujeme s kruhovými prvky. Zmíněné typy si budeme demonstrovat při sestavování převodovky. Příkaz *Vazby* má ještě další možnosti. Některé z nich si ještě ukážeme.

Dále tu máme příkazy pro manipulaci s komponentou a to **Přesunout**  (Move) a **Otočit**  (Rotare) nebo také použít *Navigační panel*  .

7.2 Podsestava hřídele s ozubeným kolem

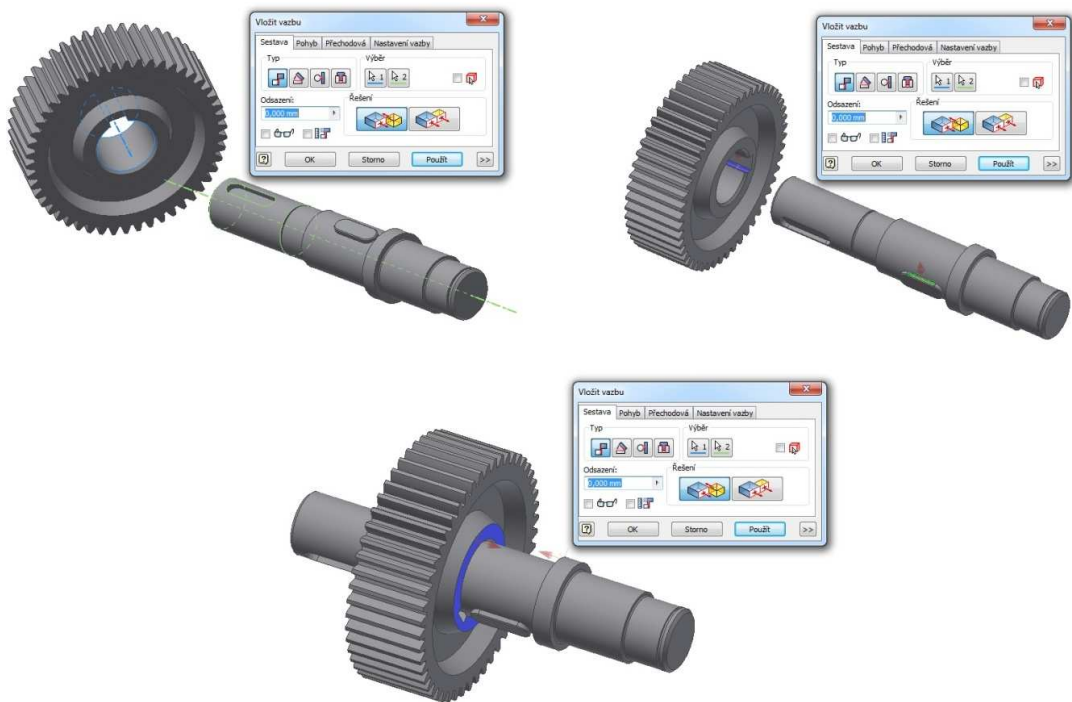
Tato podsestava bude obsahovat hřídel, ozubené kolo, ložiska, distanční kroužek, pero a pojistné kroužky. Jako první krok vybereme z adresáře námi vymodelovanou hřídel a pero. Pero zavazbíme do drážky a to pomocí příkazu **Proti sobě** (Mate). Vybereme spodní plochu pera a spodní plochu drážky. Potvrdíme tlačítkem **Použít** (Apply). Pero je vůči drážce vytočeno. Toto nežádoucí vytočení odstraníme, tak že pomocí stejného příkazu vybereme zaoblení pera a zaoblení drážky. Tím nastane přesné vymezení.



Obr. 47 – Vazbení pera

Jako další vložíme ozubené kolo, které přijde nasunout na hřídel a dorazit k odstupňování hřídele. Stále pracujeme s vazbou **Proti sobě** (Mate). Vybereme válcovou plochu náboje ozubeného kola a válc. plochu hřídele. Tímto odebereme kolu jeden stupeň volnosti a může se posunovat pouze po ose hřídele a rotovat. Rotaci zabráníme přidáním vazby boční plochy pera k boční ploše drážky pro pero, která je v náboji kola. Nyní se kolo posunuje

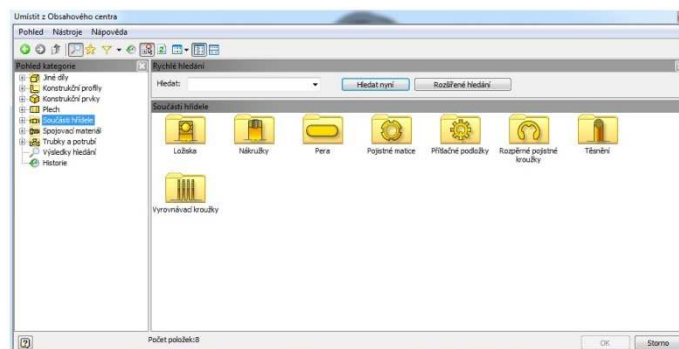
pouze po ose hřídele. Toto odstraníme tak, že zavazbíme bok ozubeného kola k odstupňování hřídele. Celý postup je znázorněn na obr. 48.



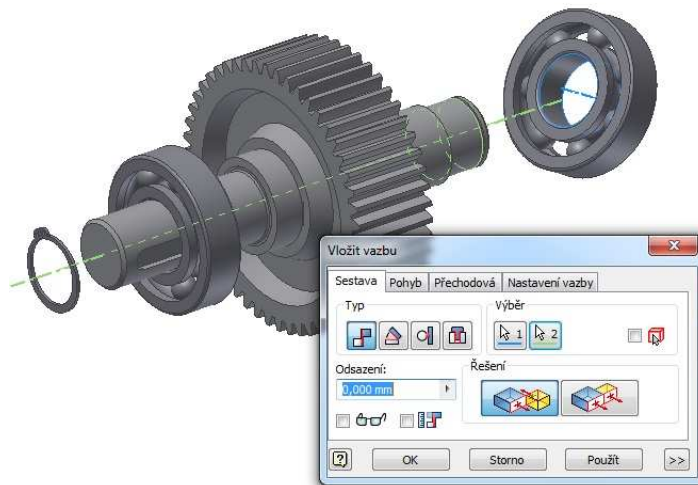
Obr. 48 – Nasunutí kola na hřídel

Aby kolo zůstalo ve správné poloze, je třeba ho zajistit rozpěrným kroužkem. Postup při jeho vazbě je stejný jako u ozubeného kola k hřídeli.

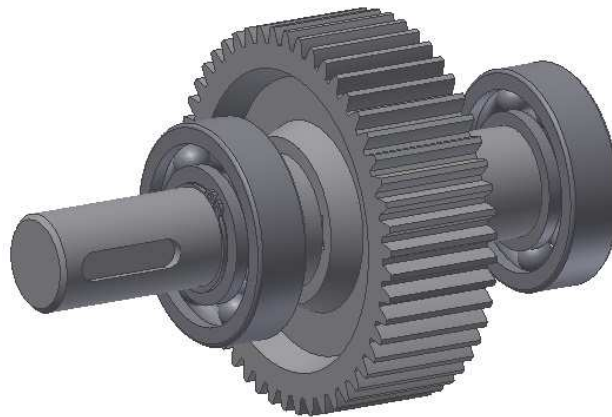
Nyní využijeme možností Obsahového centra a do sestavy vložíme normalizované ložiska a pojistné kroužky. Po kliknutí na ikonu se nám zobrazí okno, na jehož levé straně je strom obsahující jednotlivé kategorie. Z příslušné kategorie vybereme správné ložisko (v našem případě DIN 625). Výběr pojistných kroužků je obdobný. Po umístění ložisek do sestavy je přivazbíme ke hřídeli nám již popsaným způsobem. To samé i s kroužky.



Obr. 49 – Nabídka Obsahového centra



Obr. 50 – Vazbení ložisek



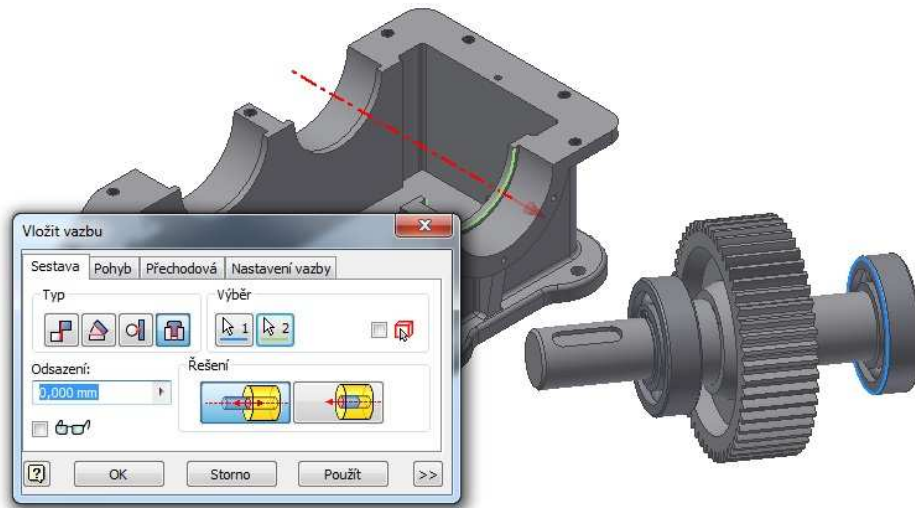
Obr. 51 – Hotová podsestava

Dále už se budeme zabývat tvorbou sestavy celé převodovky.

7.3 Sestava převodovky

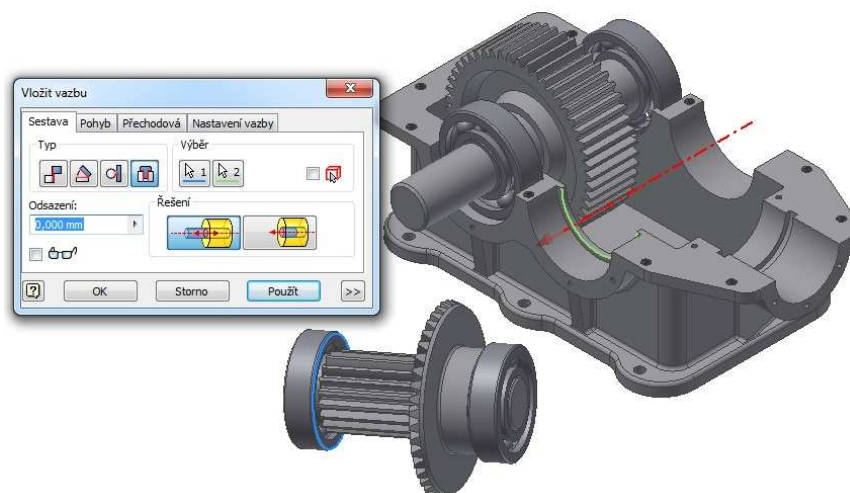
V této části budeme jednotlivé podsestavy s dalšími komponenty skládat do celkové sestavy. Je třeba brát ohled na správný postup sestavování. Tím se rozumí, že jednotlivé podsestavy či komponenty budou skládány postupně, jako při kompletaci v reálné praxi.

Vytvoříme novou sestavu (.iam), ve které budeme tuto kompletaci provádět. Jako první vložíme lože převodové skříně a podsestavu hřídele s ozubeným kolem. Umístění podsestavy provedeme příkazem **Vložit** (Insert) a to tak, že vybereme hranu ložiska a hranu dorazu pro ložisko, tím se podsestava umístí do požadované polohy.

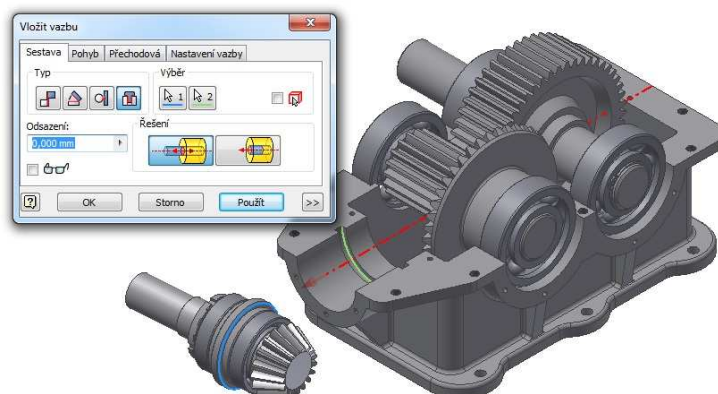


Obr. 52 – Umístění podsestavy hřídele s ozub. kolem

Stejný postup použijeme při ustavení druhé podsestavy ozubené hřídele s kuželovým kolem.

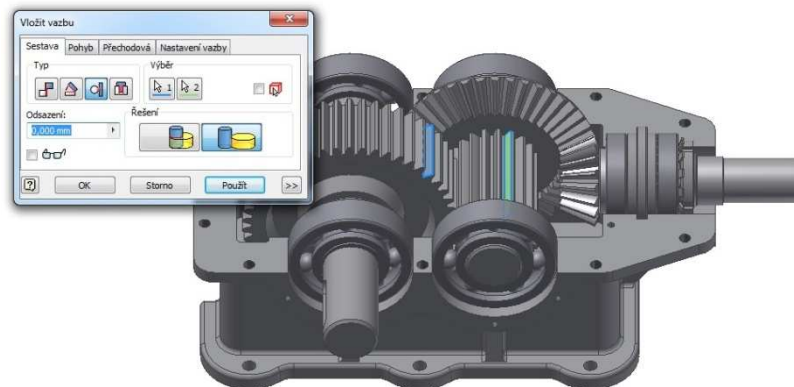


Obr. 53 – Umístění podsestavy ozub. hřídele s kužel. kolem



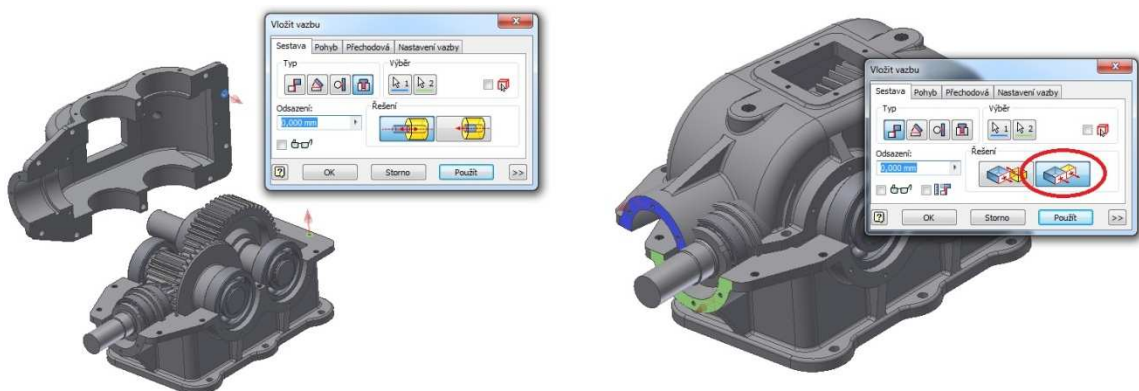
Obr. 54 – Umístění podsestavy ozub. kuželové hřídele

Aby do sebe zuby ozubených kol správně zapadaly, musíme využít funkce vazby **Tečnost** (Tangent), u které vybereme boky zubů dvou ozubených kol.



Obr. 55 – Správné dosednutí boků zubů

Jako další provedeme ustavení víka převodové skříně. I zde využijeme vazbu **Vložit** (Insert) a následně vazbu **Proti sobě** (Mate), ale je třeba přepnout na vazbení ploch **Stejným směrem** a vybrat čelní plochy vany (viz. obr. 56).



Obr. 56 – Ustavení víka

Víko následně připevníme šrouby, které vygenerujeme z **Obsahového centra**. Po vybrání příslušného typu šroubu najedeme kurzorem myši na hranu díry, do které bude šroub usazen a Inventor nám automaticky vybere ostatní díry stejných rozměrů, takže nemusíme vybírat každou díru zvlášť. Je to velmi efektivní způsob vkládání více šroubů naráz. Dále pak jen nastavíme délku šroubu.

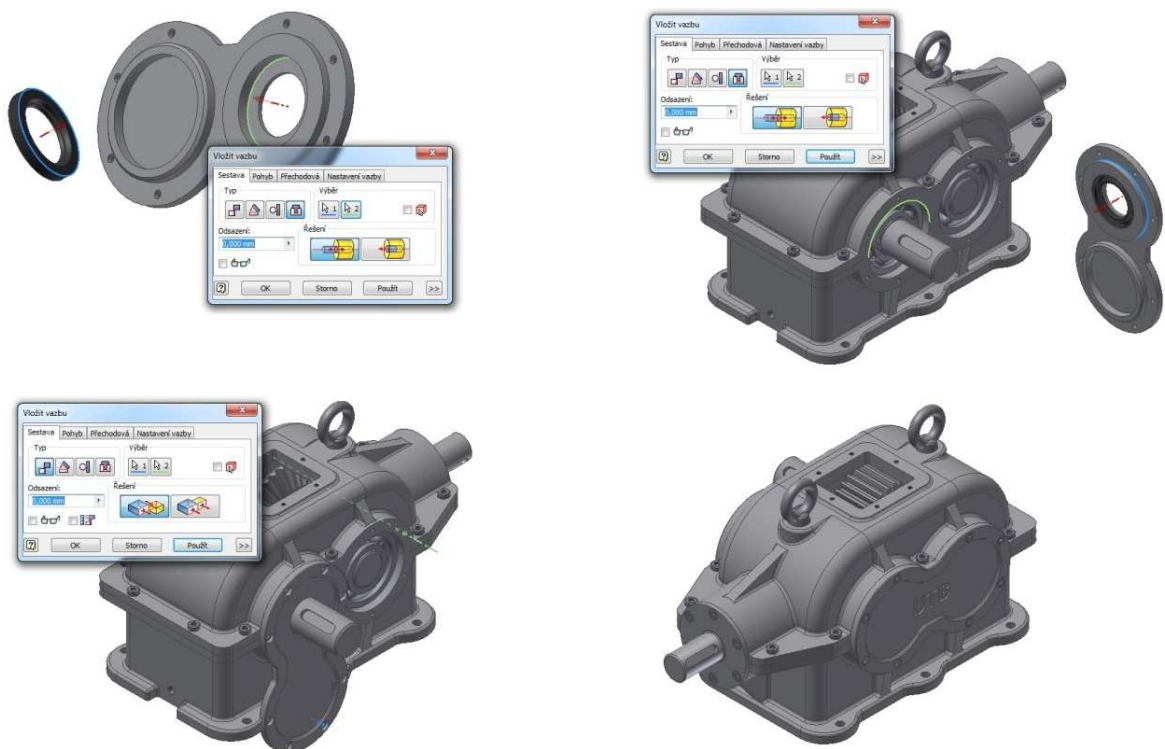
Pro manipulaci s převodovkou je víko vybaveno šrouby s oky. Tyto jsou taktéž vybrány z **Obsahového centra**.



Obr. 57 – Vkládání šroubů a šroubů s oky

Před upevněním víček, je zapotřebí na hřídele, jejichž konce vedou ven z převodové skříně, nasunout gufera, které mají za úkol zabránit vniknutí nečistot do převodové skříně a vytékání oleje z převodové skříně. Následně tyto víka připevnit šrouby (normalizovanými z Obsahového centra).

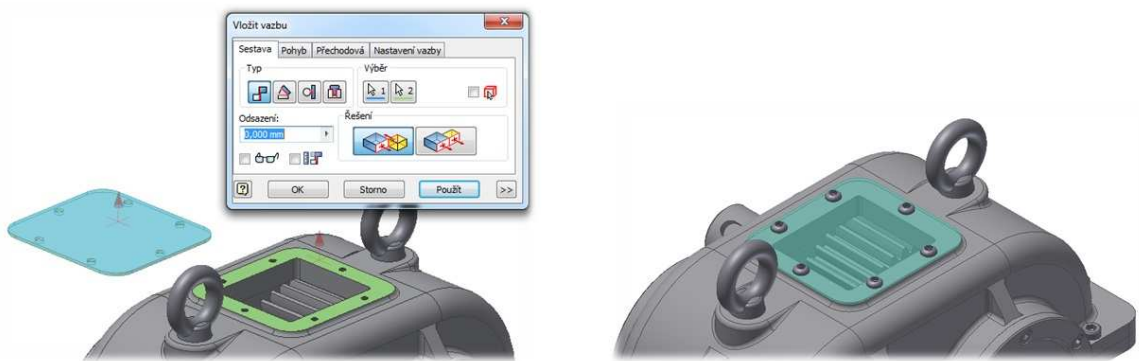
Nejprve přivazbíme gufero k víčku již známým příkazem **Vložit** (Insert). Tu samou vazbu použijeme pro umístění víka na příslušné místo. Přesnou polohu ještě vymežíme vazbou **Proti sobě** (Mate) a to tak, že vybereme díru pro šroub na víku a závitovou díru na převodové skříně, tak aby byly tyto díry souosé (viz obr. 58). Následně vygenerujeme příslušné normalizované šrouby (postup stejný, jako při vkládání šroubů k upevnění víka převodovky).



Obr. 58 – Upevnění víček

Průhled na horní straně víka slouží k vizuální kontrole vnitřních součástí převodovky a taky ke kontrole množství oleje. Tento otvor je nutno zakrýt, nejlépe plexisklem, a to pak následně přišroubovat k víku.

Použijeme vazbu **Proti sobě** (Mate) a vybereme plochy, které na sebe budou dosedat. Přesné polohy dosáhneme tímto samým příkaz a vybráním příslušných děr, tak aby byly v jedné ose. Pak už jen vybereme správné šrouby z **Obsahového centra** a přiřadíme je do patřičných míst.



Obr. 59 – Zakrytování průhledu

Poslední krokem při tvorbě této sestavy je ucpání vypouštěcí díry na olej. Ucpání se provede šroubem. Nejjednodušší postup bude s využitím vazby **Vložit** (Insert).

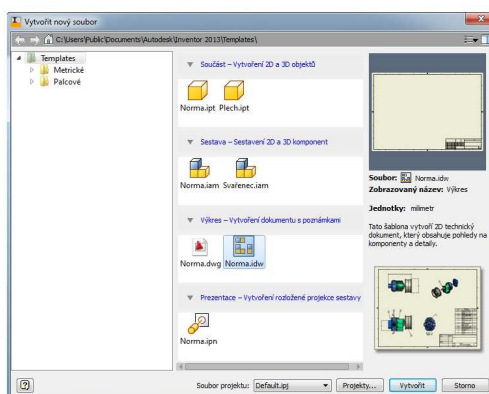


Obr. 60 – Ucpání vypouštěcí díry pro olej

8 TVORBA VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE V INVENTORU

Výkresová dokumentace je základním podkladem pro výrobu dané součásti, proto je někdy nazýváme výrobní výkresy. Obsahují veškeré údaje potřebné k výrobě (rozměry, drsnost povrchu, tolerance tvaru, tepelné zpracování atd.). Je nutné dodržovat základy technického kreslení.


Aby byla konstruktérská práce jednodušší, nabízí Inventor funkci pro tvorbu výkresů. Nejprve je však nutné otevřít si součást, kterou budeme chtít na výkrese, v souboru pro tvorbu partů **.ipt** a následně vytvořit nový soubor s příponou **.idw**, která je určena pro výkresy.



Obr. 61 – Vytvoření souboru Výkres


Po otevření souboru nás Inventor přepne do prostředí pro tvorbu výkresů, ve kterém je zobrazen formát výkresu i s rámečkem a razítkem. Rámeček můžeme ještě definovat dle vlastních potřeb a to kliknutím pravého tlačítka myši na ikonu „**DIN**“ ve stromu a dále pak zvolit nabídku „**Upravit definici**“. Taktéž je možné nastavit si formát výkresu.

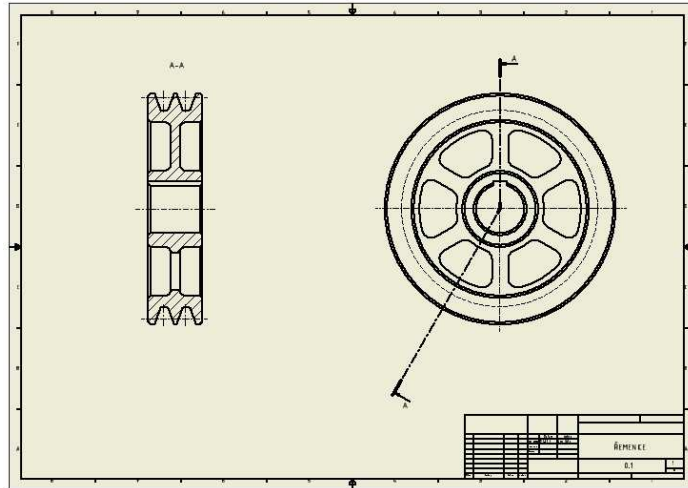
8.1 Umístění pohledu

Umístění základního pohledu se provede tlačítkem **Základní pohled** . Zobrazí se nám okno, kde je nutné vybrat pohled (orientaci) jakým bude součást promítnuta na výkrese. Je zde taky možnost zvolit si měřítko nebo styl promítání. Po potvrzení tlačítkem „**Ok**“ umístíme zvolený pohled libovolně na výkres.

8.2 Řez

V některých případech vhodné vytvořit si ze základního pohledu řez, abychom mohli zakótovat i ty rozměry, které nejsou viditelné ze základního pohledu. Je to také vhodnější pro lepší přehlednost výkresu a usnadnění kótování. K tvorbě řezu je zde tlačítko funkce **Řez**

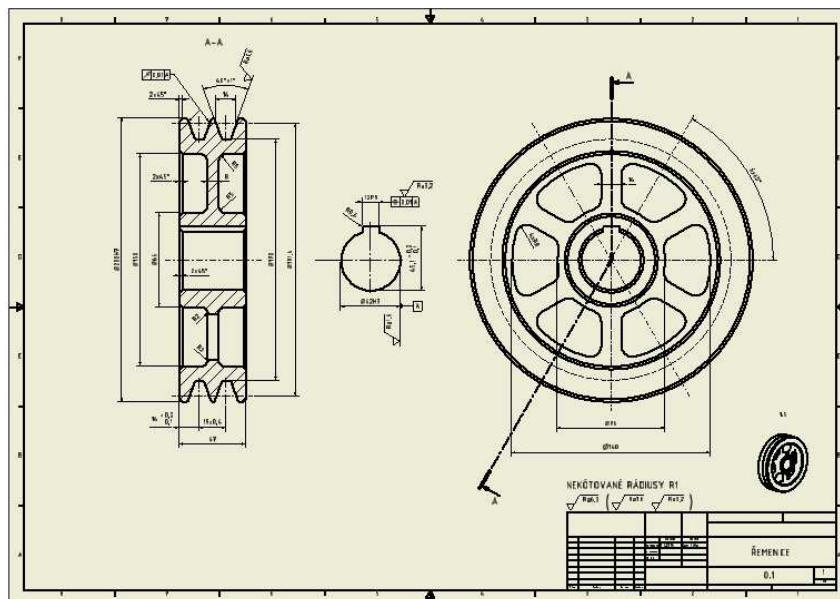
 Software po nás vyžaduje, abychom zvolili pohled, z kterého bude řez vytvořen a dále pak určit koncové body čáry řezu. Po určení koncových bodů této čáry si umístíme vytvořený řez kdekoli na výkres. Znovu je zde možnost nastavení měřítka a stylu zobrazení.



Obr. 62 – Výkres se základním pohledem a řezem

8.3 Kótování

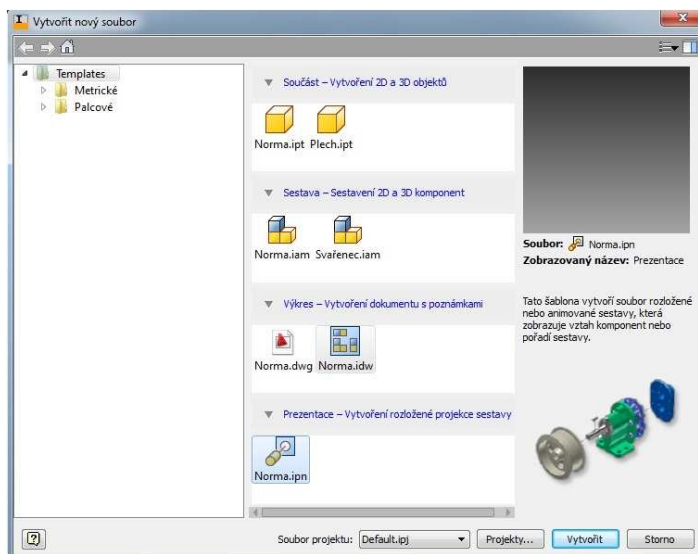
Přistupujeme k samotnému kótování námi vytvořených pohledů. V roletě nabídek se musíme přepnout na záložku **Poznámka**. Zde máme všechny potřebné příkazy ke správnému zakótování výkresu (kóty, značky drsnosti, geometrické tolerance, osy, text atd.).




9 TVORBA PREZENTACE V INVENTORU

Inventor nám nabízí funkci **Prezentace**, což se používá pro vytváření rozložené projekce sestavy. Je to velmi vhodný příkaz sloužící k tomu, aby si uživatel dokázal představit, jakou posloupnost je třeba dodržovat při skládání jednotlivých komponent v celek. Dalo by se říct, že je to vlastně návod, jak postupovat při skládání určité sestavy. Práce s touto funkcí je velmi jednoduchá.


Spustíme si tedy tuto Prezentaci přes nabídku funkcí Inventoru.

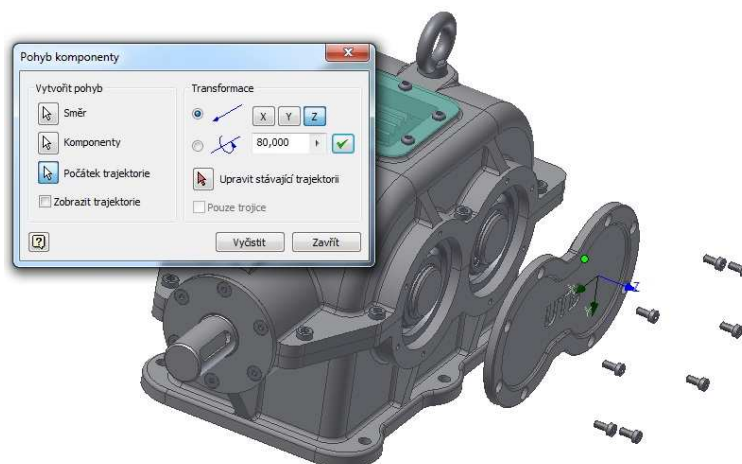


Obr. 64 – Vytvoření souboru Prezentace

Spustí se nám prostředí Prezentace. Za pomoci tlačítka **Vytvořit pohled**  vybereme z adresáře uloženou sestavu, kterou budeme rozkládat.


9.1 Pohyb komponent

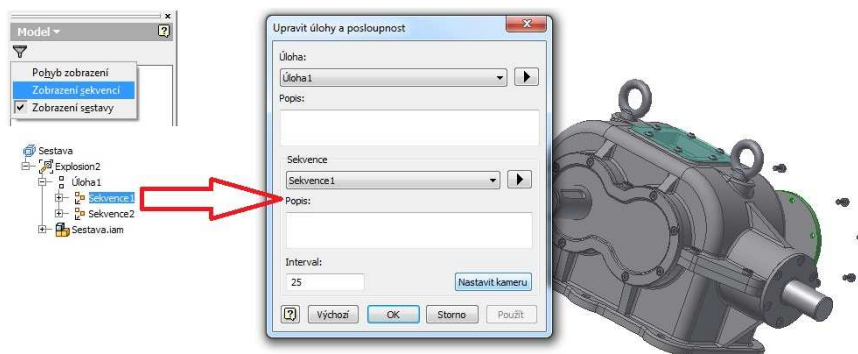
Rozložení jednotlivých součástí se provádí příkazem **Pohyb komponent** . Po kliknutí na tuto ikonu se nám otevře okno, kde vybereme směr posunutí (zobrazen osovým křížem), komponentu, počátek trajektorie (zobrazeno zelenou tečkou) a rozměr, o který se bude tato komponenta posunovat. Ještě je vhodné odškrknout tlačítko **Zobrazit trajektorie**. Kdybychom jej nechali zaškrtnuté, budou se nám vytvořené trajektorie zobrazovat zelenou čarou a to je při úplném „rozstřelu“ sestavy nepřehledné.



Obr. 65 – Rozložení komponent



9.2 Nastavování pohledů

Pokud bychom chtěli změnit pohled na sestavu pro lepší zobrazení musíme v *Panelu* prohlížeče přepnout pomocí ikony **Filtry prohlížeče**  na **Zobrazení sekvencí** (viz. obr. 63) a následně ve stromě rozkliknout kolonku *Sekvence*. Zobrazí se nám okno. Pomocí módu **Volný orbit**, který se nachází v navigačním panelu, natočíme sestavu do požadované polohy a z nabídky okna klikneme na tlačítko **Nastavit kameru**. Tím se nám tato poloha uloží a při konečné prezentaci se nám bude sestava „vytáčet“ podle námi zvolených poloh.



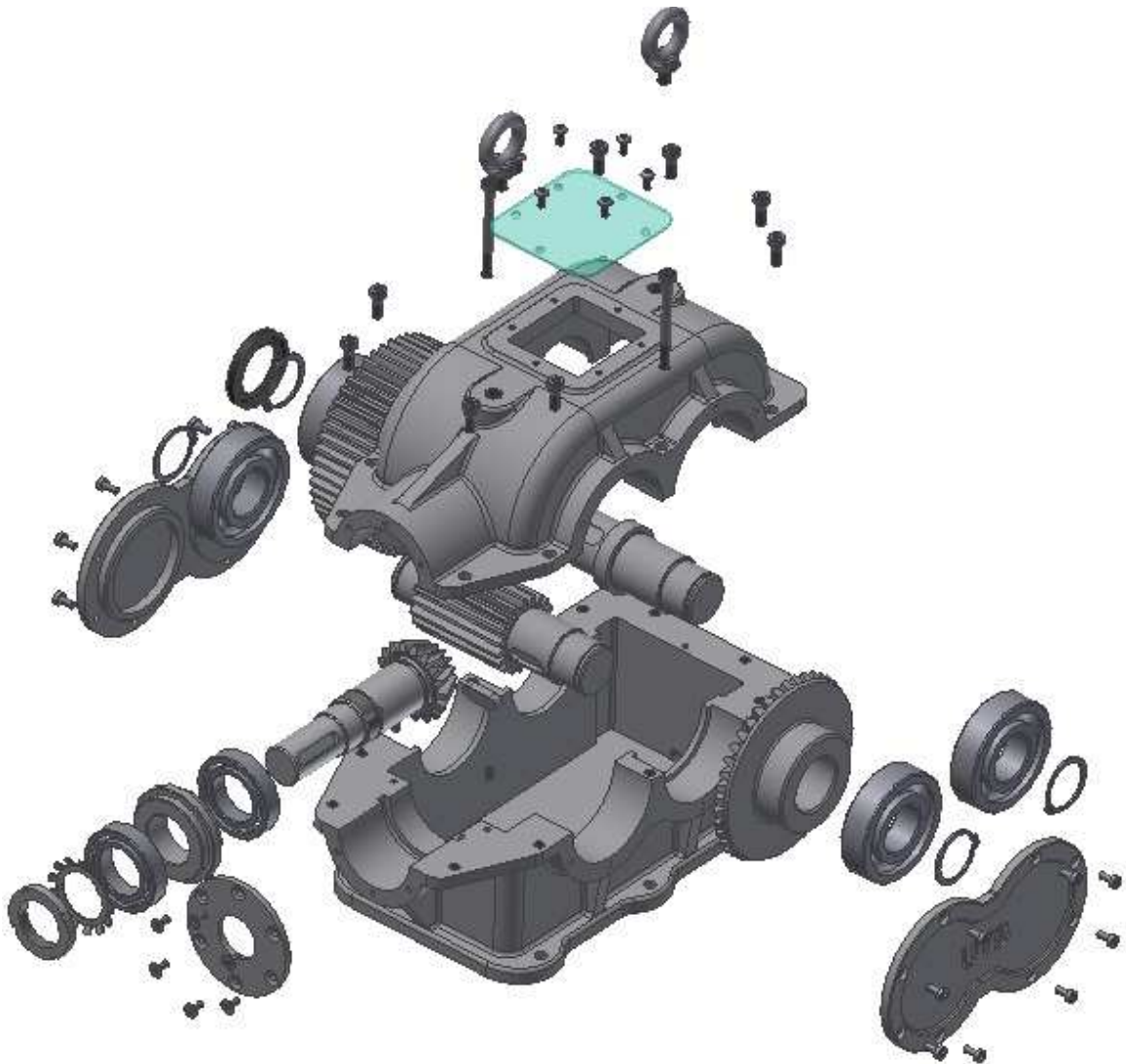
Obr. 66 – Nastavování polohy sestavy

9.3 Záznam animace

Animaci spustíme tlačítkem **Animovat** . Otevře se nám nabídka příkazů, kde si můžeme nastavit rychlost sestavování, opakování, můžeme si animaci stopovat, přetáčet. Velkou výhodou je, že je možno animaci také uložit a nahrávat přes tlačítko **Záznam** .



Obr. 67 – Panel nahrávání



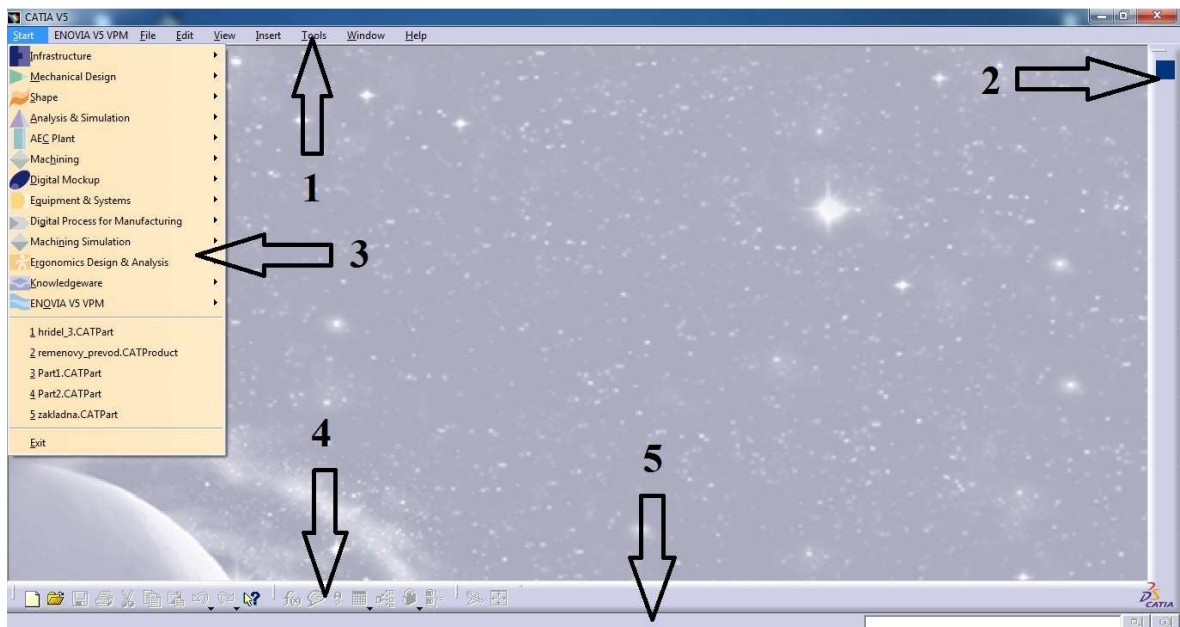
Obr. 68 – Rozložená převodovka

10 CATIA

Druhý software, ve kterém budeme pracovat a následně s Inventorem porovnávat, je CATIA (**C**omputer **A**ided **T**hree **D**imensional **I**nteractive **A**plication aneb podporovaná trojrozměrná interaktivní aplikace) od francouzské společnosti Dassault Systèmes. Taktéž slouží k modelování a tvorbě 3D objektů. Díky svému mimořádně snadnému používání a nejmodernějšímu uživatelskému rozhraní přináší maximální produktivitu a kreativitu, od počátečního návrhu a po finální produkt. Používá se hlavně v automobilovém, leteckém, lodním průmyslu.

10.1 Funkce CATIA

CATIA obsahuje velkou škálu funkcí jako je například tvorba jednotlivých pártů (**Part**), sestav (**Assebmly**), forem (**Mold Tooling**), tvorba výkresové dokumentace (**Drafting**), vytváření prezentací (**Digital Mockup**), modelování pomocí ploch (**Shape**), můžeme také provádět různé analýzy a simulace chování součástí za určitých podmínek (**Analysis and Simulation**) a další. My se budeme zabývat pouze čtyřmi módy z těchto vyjmenovaných a to Part, Assembly, Drafting a Digital Mockup designem.



Obr. 69 – Obrazovka po rozběhnutí CATIE

1 – Pruh nabídek

2 – Pracovní prostředí (workbench)

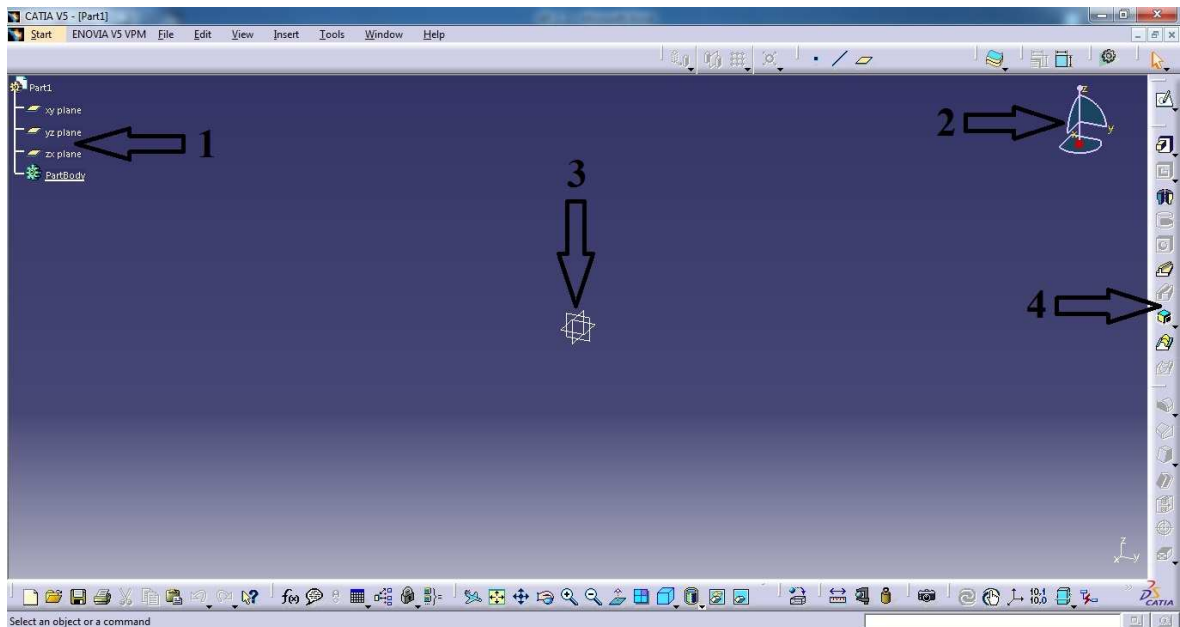
3 – Nabídka funkcí

4 – Panel nástrojů

5 – Stavový řádek

10.2 Pracovní prostředí CATIE

CATIA řeší základní konstrukční úlohy pomocí různých pracovních prostředí (**workbench**). Jednotlivá prostředí obsahují své vlastní sady nástrojů, které pomáhají řešit dané úkoly. Na obrázku je znázorněno pracovní prostředí Part designu. [10]




Obr. 70 – Pracovní prostředí Part designu

1 – Specifikační strom

2 – Kompas


3 – Osový kříž

4 – Nástrojové panely

Po otevření tohoto prostředí (cesta: START → Mechanical Design → Part Design) vybereme pomocí tlačítka **Sketch**  (náčrt, stejně jako u Inventoru) plochu, na které budeme vytvářet náčrt budoucí komponenty. Tato plocha se nám následně natočí do správné polohy. Mód obsahuje sadu nástrojů, jimiž realizujeme náčrt. Zde máme ty nejzákladnější:


 Profile (profil)

 Rectangle (obdelník)

 Circle (kružnice)

 Spline

 Ellipse (elipsa)

 Line (přímka)

 Axis (osa)

 Point (bod)


Některé těchto příkazů obsahují další „podpříkazy“, se kterými je práce ještě jednodušší a efektivnější.

Abychom nakreslenou skicu zavazbyli a odebrali ji stupně volnosti, tak stejně jako Inventor obsahuje i CATIA příkazy na tyto úkony (kóty a vazby).

Pro úpravu náčrtu, jako je třeba ořezání, zkosení atd. nám slouží sada příkazů s názvem **Operation** (operace).



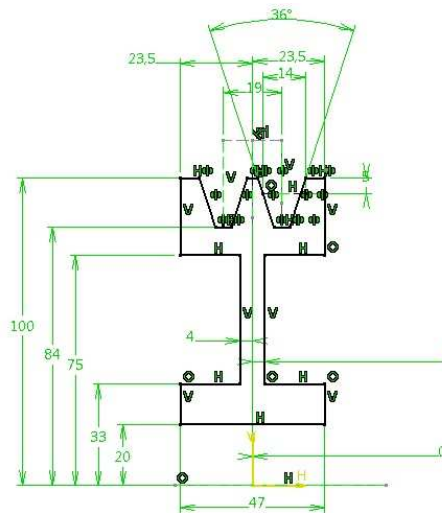
Obr. 71 – Sady příkazů *Constraints* (vazby) a *Operation* (operace)

Po zhotovení skice klikneme na tlačítko *Exit workbench*  (dokončit náčrt), abychom mohli přiřadit součástce objem a dále s ní pracovat a upravovat ji. Tyto úpravy budou prezentovány v následujících kapitolách.


11 MODELOVÁNÍ SOUČÁSTI V CATII

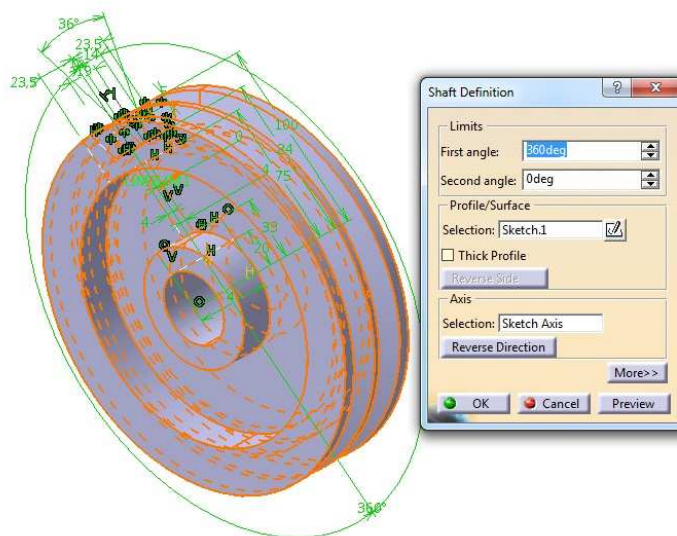
11.1 Velká řemenice

Při tvorbě řemenice vypadá profil náčrtu jako řemenice v řezu. Kreslí se jenom ta část řemenice od osy nahoru nebo dolů z důvodu následné rotace kolem její osy. Tento profil je pro ukázkou zobrazen na obr. 65. Důležité je přímku, která bude tvořit osu označit a vytvořit z ní tuto osu pomocí již výše zmíněného příkazu *Axis* (osa).




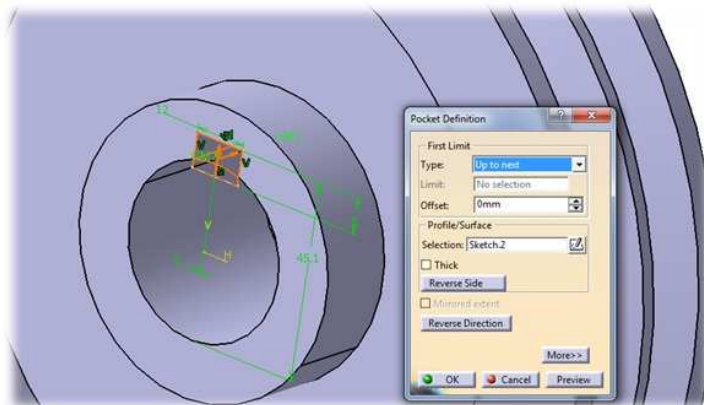
Obr. 72 – Profil náčrtu

Po dokončení náčrtu tedy následuje rotování profilu kolem osy příkazem *Shaft*  (rotace). Po spuštění tohoto příkazu se automaticky vybere profil i osa rotace, my zadáme pouze úhel rotace (v našem případě je to 360°).




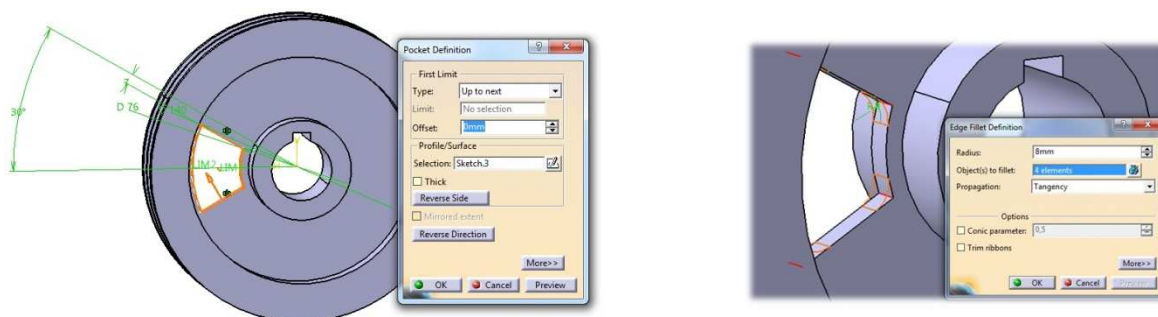
Obr. 73 – Rotace profilu kolem osy

Je zapotřebí vytvořit drážku pro pero. Vybereme tedy plochu, od které se bude profil drážky odečítat a to příkazem **Pocket**  (odebrat). V nabídce **Type** vybereme možnost **Up To Next**, to znamená, že vybraný profil nám odebere v celé délce materiálu.




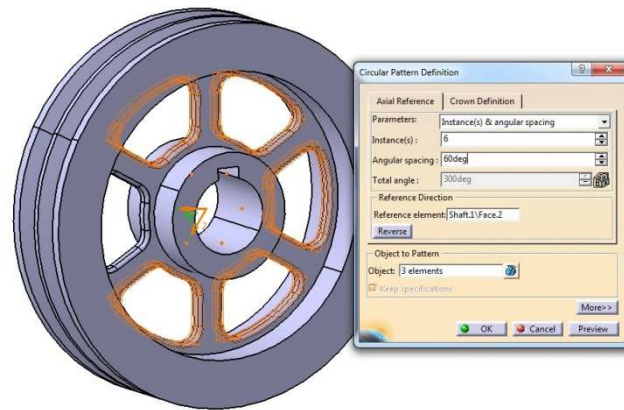
Obr. 74 – Odebrání drážky pro pero

Tento samý příkaz použijeme i na odebrání díry, která je vytvořena za účelem odlehčení řemenice. Postup je stejný jako u předchozího kroku. Po odebrání díry vzniklé hrany zaoblíme funkcí **Edge Fillet**  (zaoblění hrany). Hrany vybereme a nastavíme o jakou hodnotu rádiusu mají být zaobleny.



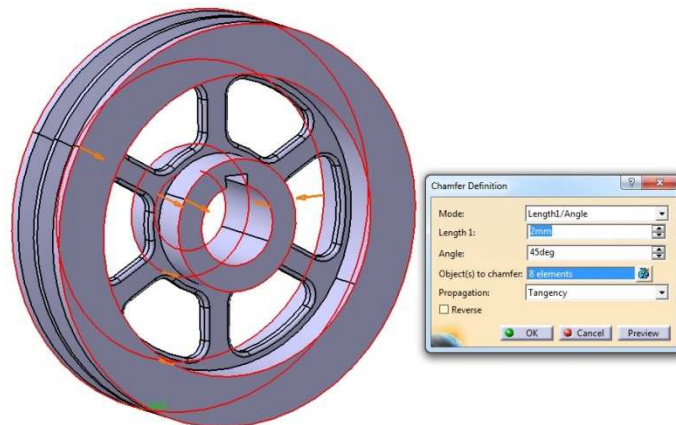
Obr. 75 – Odlehčení

Je třeba vniklé odlehčení rozmístit po celé řemenici. K tomu CATIA nabízí funkci **Circular Pattern**  (kruhové pole). Zde nastavíme počet elementů, které nám vzniknou, úhel rozmístění elementů a kurzorem kliknout do kolonky **Reference Element** a vybrat plochu, které rozmístění vznikne.

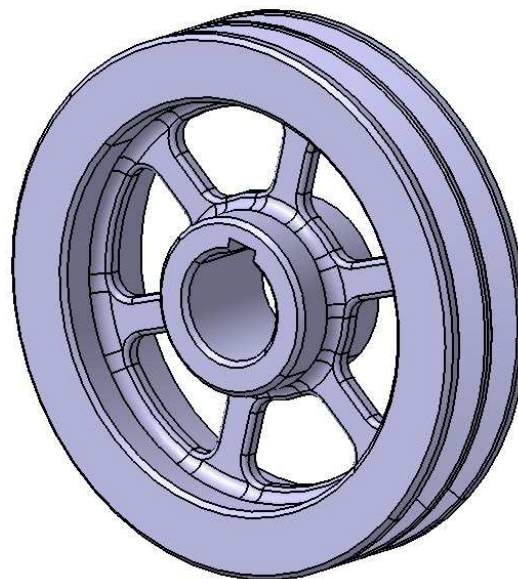


Obr. 76 – Rozmnožení díry pro odlehčení

Jako poslední zbývá zkosit a zaoblit zbylé ostré hrany. Zkosení se provede pomocí **Chamfer** (zkosit). Zde vybereme hrany ke zkosení, hodnotu a úhel zkosení.



Obr. 77 – Zkosení hran

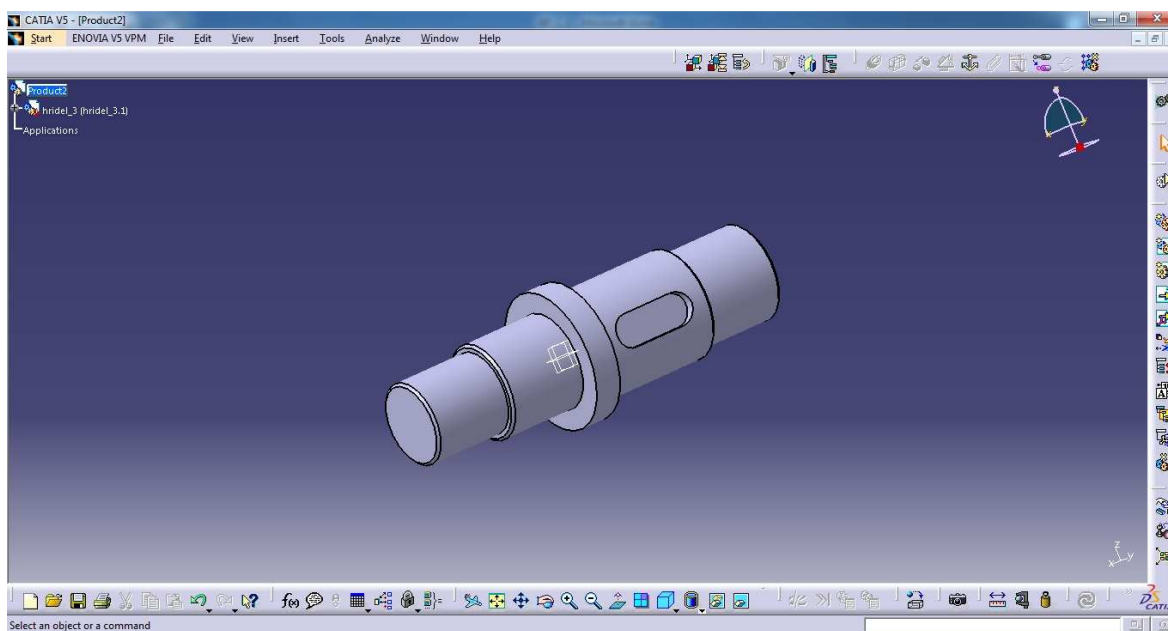


Obr. 78 – Výsledná součást



12 TVORBA SESTAV, PODSESTAV

Postup při skládání sestav v celek je velmi podobné jako u Inventoru. Stále je třeba myslet na postupnost skládání jednotlivých komponent.






Cestou: **START** → **Mechanical Design** se dostaneme až do samotného pracovního prostředí *Assembly Designu*, určeného k sestavám.




Obr. 79 – Pracovní prostředí *Assembly Designu*

Pro vkládání komponent je zde příkaz **Existing Component**  (existující součást). Před kliknutím na tuto ikonu je třeba nejprve označit název stromu. Otevře se nám okno adresáře a danou cestou se dostaneme k uložené součásti, ta se zobrazí v pracovním prostředí. K manipulaci s komponentami slouží tlačítko **Manipulation**  (manipulace).

12.1 Vazby

Tak jako u Inventoru se budeme i u CATIE nejčastěji setkávat se sadou příkazů **Constraints** (vazby). Nejčastěji se budeme setkávat s příkazy jako je **Coincidence**  (souost) sloužící ke splynutí středové osy válcových funkcí, které jsou vybrány ze dvou různých komponent. Další vazbou je **Contact**  (kontakt), která se používá k zajištění kontaktu ploch mezi dvěma vybranými komponentami. **Offset**  (odsazení) má za úkol umístit vybrané prvky ve vzájemném odsazení. **Angle**  (úhel) slouží pro vzájemné umístění dvou prvků v určitém úhlu. Poslední vazbou, kterou budeme využívat je **Fix**  (zafixová-

ní), ta se používá upevnění umístění vybrané komponenty ve 3D prostoru. Tyto vazby nám pro naše sestavování postačí.

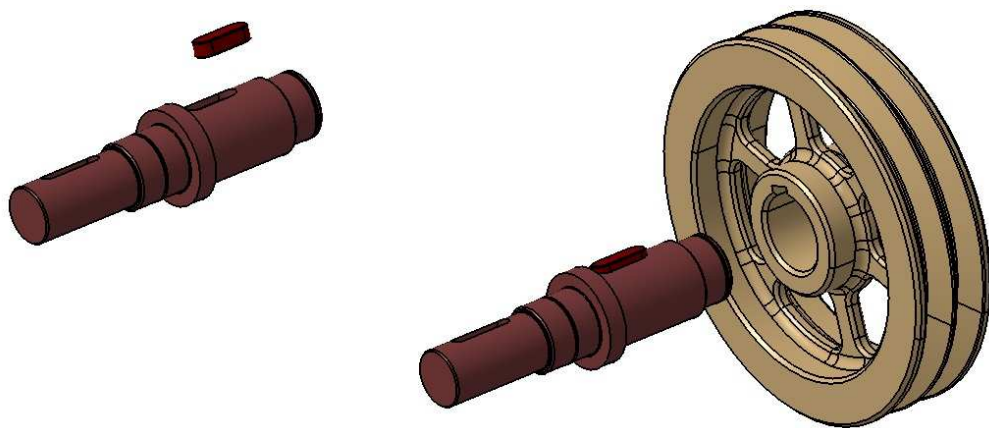
Po přiřazení vazby na komponenty je třeba aktualizovat sestavu, aby se nám tyto vytvořené vazby zobrazily a komponenty se umístili do požadované polohy. Tento příkaz má název **Update All**  (aktualizace).

12.2 Podsestava hřídele s řemenicí

Stejně jako u Inventoru budeme nejprve vytvářet podsestavy jednotlivých dílů a poté tyto podsestavy skládat v celek.

Jako první umístíme (pomocí tlačítka **Existing Component**) do prostředí vymodelovanou hřídel a pero, které budeme vazbyt do díry určené pro toto pero. K tomu použijeme vazbu **Contact** (kontakt), u které vybereme plochy, jež budou v kontaktu. Musíme pero odebrat všechny stupně volnosti. Pak podsestavu aktualizujeme (**Update All**).

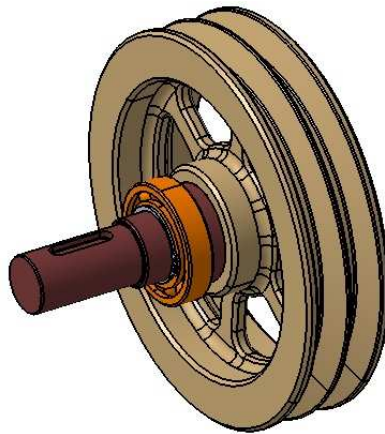
Následně vložíme do podsestavy řemenici. Správnost polohy řemenice k hřídeli zajistíme příkazem **Coincidence** (souosost), kde vybereme osu řemenice a osu hřídele. Dále přivazbíme plochu čela náboje k odstupňování hřídele a ještě boční plochu pera k ploše drážky pro pero. Tyto dvě operace provedeme vazbou **Contact**.



Obr. 80 – Vazbení řemenice k hřídeli

Na hřídel přijdou nasunout ložiska a pojistné kroužky. Protože CATIA nemá podobnou knihovnu, jako má Inventor Obsahové centrum, kde jsou umístěny normalizované součásti, vygenerovali jsme si tyto ložiska a pojistné kroužky z Inventoru a následně převedly na formát CATpart, abychom je mohli v CATII otevřít a dále s nimi pracovat.

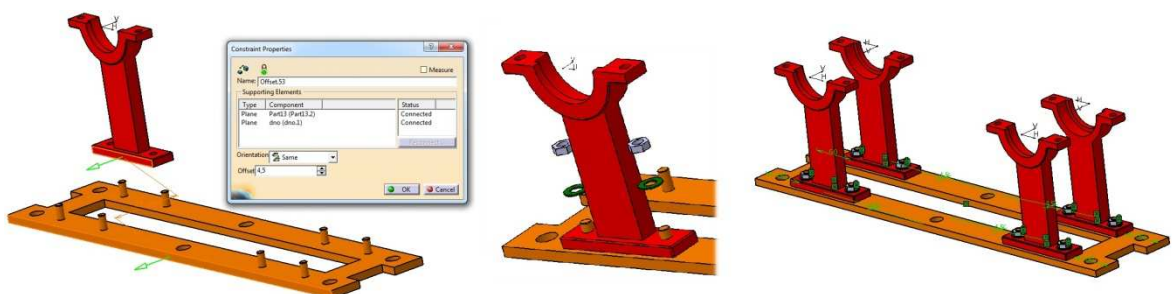
Postup vazbení ložisek a poj. kroužků je stejný jako vazbení řemenice k hřídeli. Vybereme tedy jejich osy a následně čela ložisek umístíme tak, aby byly v kontaktu s čelem náboje řemenice a druhé ložisko bylo v kontaktu s odstupňování hřídele. Boční plocha pojistné kroužku bude v kontaktu s boční plochou drážky. Nezapomenout na aktualizaci podsestavy (*Update All*).



Obr. 81 – Podsestava hřídele s řemenicí

12.3 Sestava řemenového převodu

Vytvoříme si nové prostředí pro tvorbu sestav (Assembly) a vložíme zde komponenty, potřebné ke složení rámu, tj. ližiny rámu, stojky, matice a podložky. Jako první ustavíme stojku na požadované místo a to příkazem **Contact** (kontakt) a **Offset** (odsazení), kterým docílíme vzájemné polohy závitových děr a děr pro tyto děrky, které jsou na podstavách stojek. U **Offsetu** je třeba zadat hodnotu odsazení. Podložky a matice polohujeme vazbami **Contact a Coincidence**. Tento postup se opakuje u zbývajících třech stojkách.

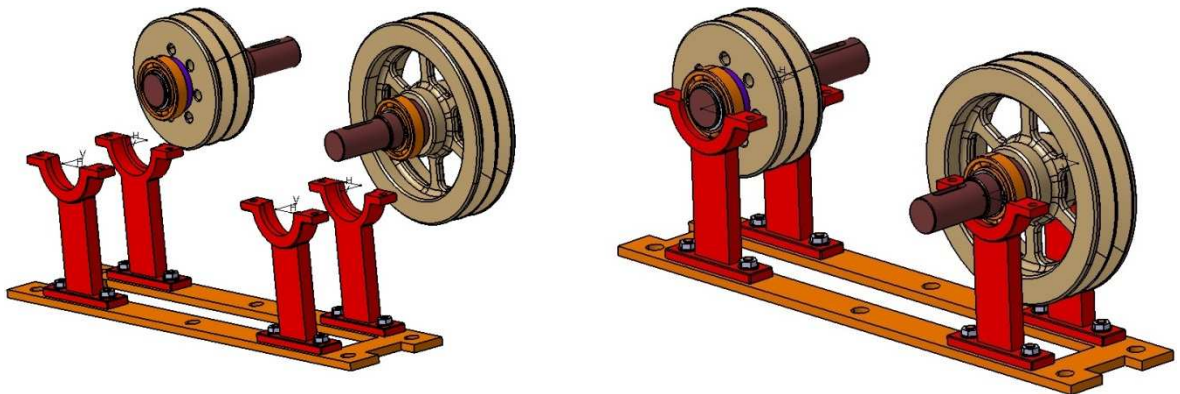


Obr. 82 – Rám

Příkazem **Existing Component** vybereme a vložíme z adresáře předem vytvořené podsestavy řemenic. Je to vhodnější způsob tvorby sestav a to hlavně z důvodu, že celková se-

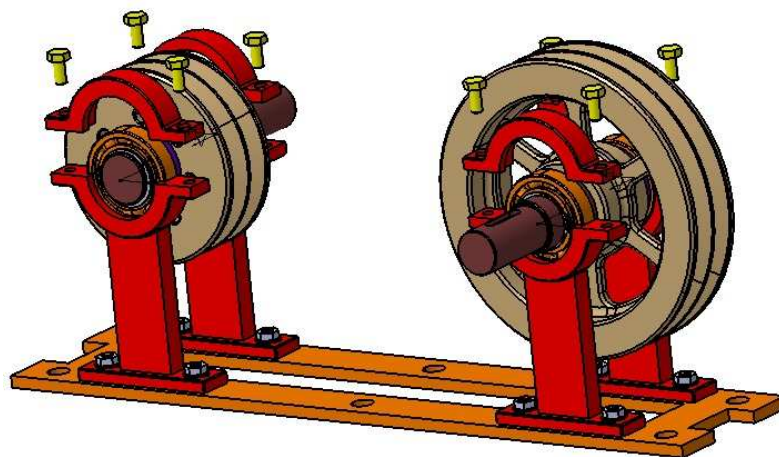
stava je rozdělena do menších podsestav. To nám umožňuje větší přehlednost a lepší manipulaci při skládání konečných sestav, než kdyby byla tato sestava složena z velkého množství jednotlivých komponent, které nejsou na sebe žádným způsobem vázány.

Ustavení řemenic na rám provedeme již známými dvěma vazbami *Contact* a *Coincidence*.



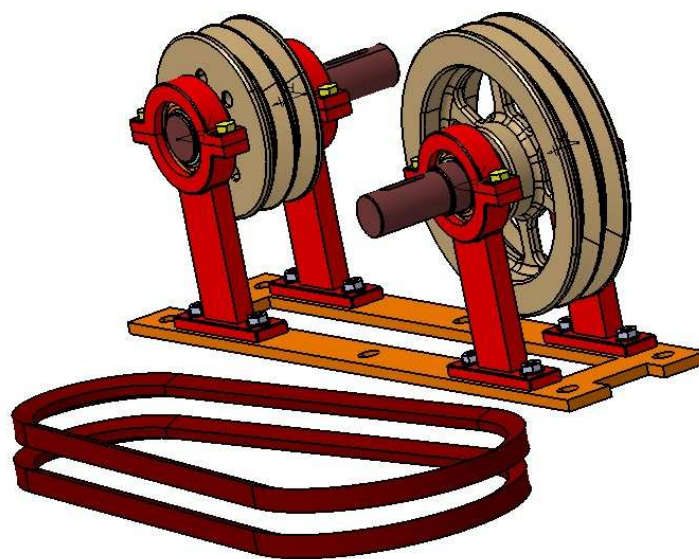
Obr. 83 – Ustavení řemenic na rám

Dále je zapotřebí ložiska přikrýt a zajistit víčky a tyto víčka připevnit šrouby. Vložíme si tedy tyto komponenty do prostředí a znovu přivazbíme vazbami *Coincidence* - tu použijeme, aby byly díry a šroub v jedné ose a vazbu *Contact* - aby víčko bylo v kontaktu s dosedací plochou na stojce a šroub v kontaktu s horní plochou víka.

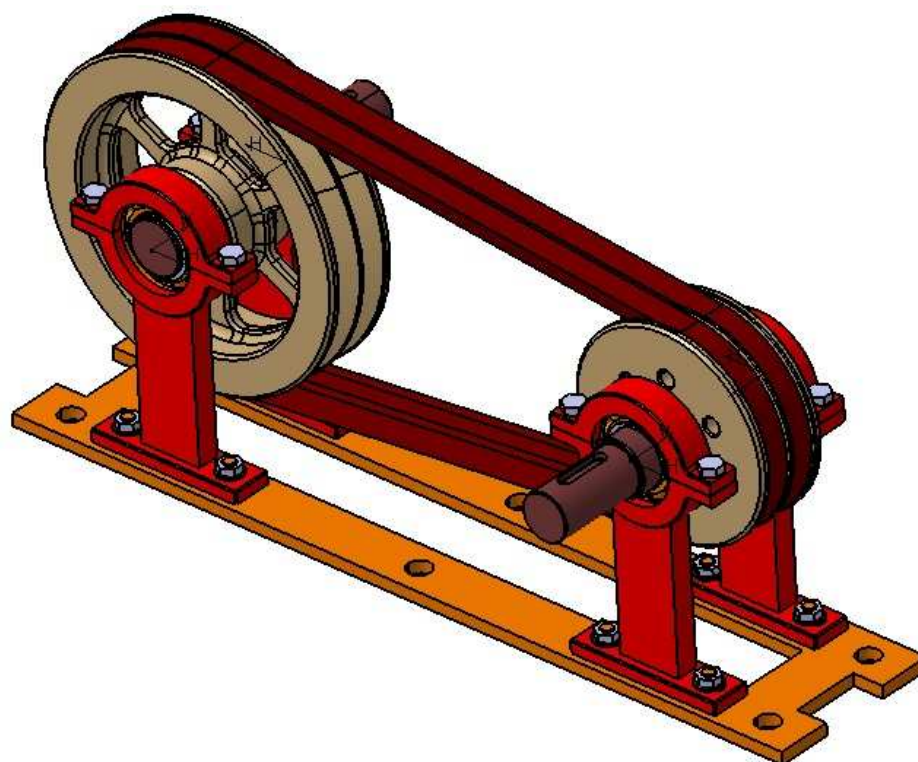


Obr. 84 – Připevnění víček

Jako poslední krok si najdeme v adresáři vymodelované řemeny a ty vložíme do drážek na řemenicích. Vybereme osy řemenů a osy řemenic příkazem *Coincidence*. Dále pak boční plochy řemenů a boční plochy drážek pro řemen pomocí *Contact*. Následně klikneme na tlačítko *Update All* a aktualizujeme polohu řemenů.



Obr. 85 – Nasunutí řemenů




Obr. 86 – Finální sestava


13 TVORBA VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE V CATII

Otevřeme si součást, ze které budeme vytvářet výkres. Dále je třeba se přepnout do prostředí určené k tvorbě výkresů. Cesta je následující: **START** → **Mechanical Design** → **Drafting**. Zobrazí se nám okno, ve kterém je třeba zvolit si formát výkresu a jeho orientaci. Nabízí nám taky možnost automatického vytvoření třech základních pohledů (nárys, půdorys, bokorys) nebo zvolení prázdného formátu. Poté nás (stejně jako Inventor) CATIA přepne do správného prostředí.


13.1 Rámeček a popisové pole

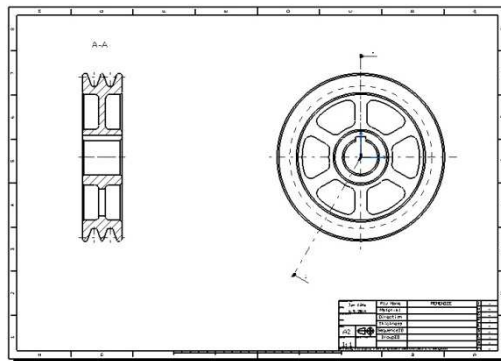
Při otevření Draftingu máme formát listu prázdný. Rámeček a popisové pole vytvoříme tak, že se přepneme do listu pozadí: **EDIT** → **Sheet Background**. Zde najdeme ikonu pro rámeček a popis. pole **Frame and Title block** . Software se nás zeptá, jestli chceme vytvořit, upravit nebo smazat (v případě, že již existuje) rámeček. Můžeme si také vybrat z nabídky rámečků a popisových polí.

13.2 Umístění základního pohledu

Základní pohled, od kterého se bude další práce odvíjet, se umístí tlačítkem **Front View**  nacházející se v panelu nástrojů **Views**. Po kliknutí na tuto ikonu se musíme přepnout zpátky do prostředí pro modelování (**Part Design**) a kurzorem vybereme požadovaný pohled. Ten se následně automaticky vygeneruje.

13.3 Řez

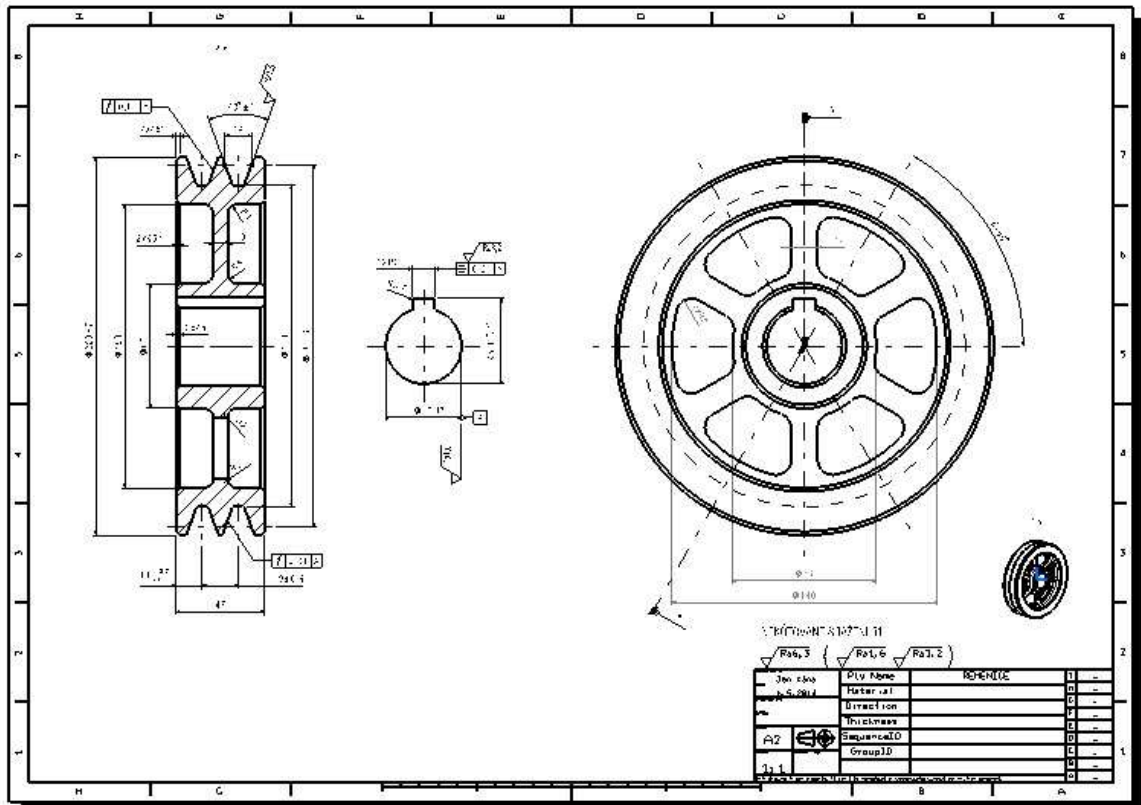
Pro řez je zde příkaz **Offset Section Views** . Tak jako u Inventoru musíme určit koncové body čáry řezu. Dvojklikem příkaz ukončíme a řez umístíme, kde potřebujeme.



Obr. 87 – Řez

13.4 Kótování výkresu

Příkazy ke kótování nalezneme v panelu nástrojů s názvem *Dimensioning*. Zde nalezneme všechny potřebné druhy kót (průměr, poloměr, rádius, úhel atd.) potřebné ke kótování. Dále tu máme panel nástrojů *Annotation*. Ten nabízí symboly pro drsnost, svary, dále pak můžeme umístit na výkres text, odkazové čáry či tabulky.



Obr. 88 – Hotový výkres

14 TVORBA PREZENTACE V CATII

Stejně jako Inventor, i CATIA je vybavena modulem pro vytváření animací. Najdeme jej v panelu nabídek: **START** → **Digital Mockup** → **DMU Navigation**.




Po kliknutí nám CATIE otevře prostředí pro tvorbu prezentací a videí. Nejprve je třeba otevřít sestavu, ze které bude rozstřel prováděn a to přes nabídku: **FILE** → **Open** a vybereme z adresáře.

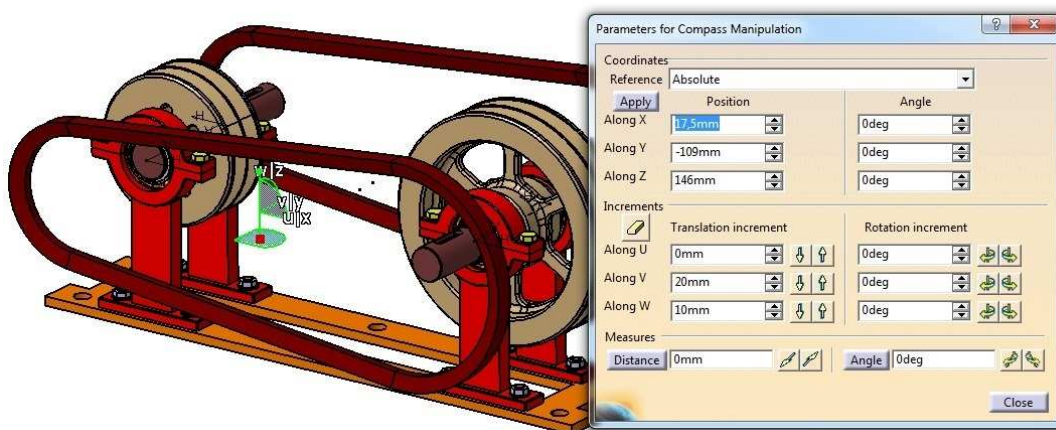
Hlavní panel nástrojů, který budeme používat má název *DMU Generic Animation* (viz. obr. 85).



Obr. 89 – Panely nástrojů

14.1 Dráha posunutí

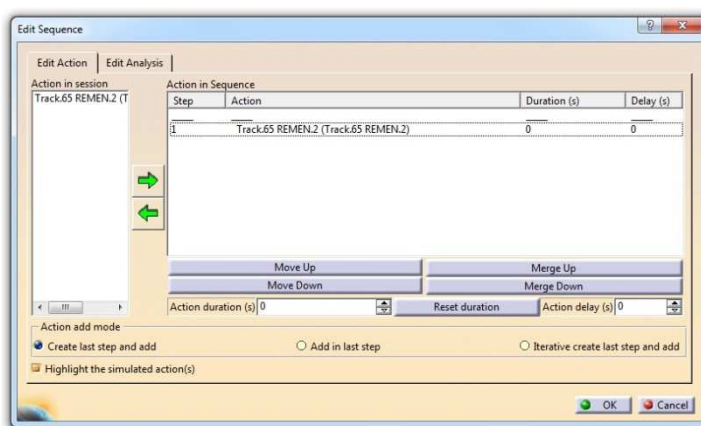
Vytvořit dráhu posunutí (Tracků) nám umožní tlačítko **Track** . Po aktivaci tohoto příkazu klikneme na komponentu, které budeme přiřazovat dráhu posunutí. Zobrazí se nám zelený *kompas*, ten uchopíme za příslušnou osu a tažením určíme polohu komponenty nebo tuto polohu můžeme definovat pomocí příkazu **Editor**  z panelu *Manipulation*. Po určení přesné polohy je třeba dráhu zaznamenat a to tlačítkem **Record**  z panelu *Recorder*. Dále jen potvrdíme tlačítkem **Ok**.



Obr. 90 – Definice dráhy posunutí (Tracků)

14.2 Editace sekvencí

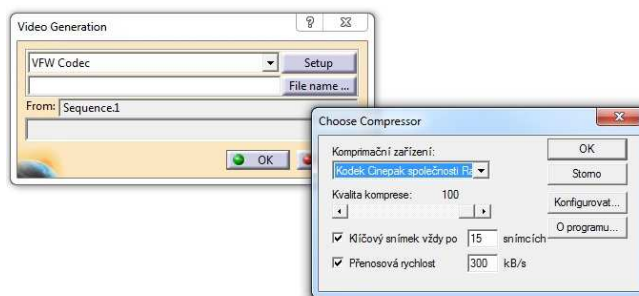
Jakmile máme všechny dráhy posunutí (Tracky) u všech komponent nadefinované je třeba tyto dráhy uspořádat do dané posloupnosti, aby nešlo při skládání ke kolizi. K tomu slouží funkce **Edit Sequence** z panelu **DMU Gen. Anim.** Přesun jednotlivých „tracků“ z „**Action in Session**“ do „**Action Sequence**“ se provede pomocí zelených šipek, uspořádání „tracků“ pomocí „**Move Up**“ a „**Move Down**“, sloučení „tracků“ pomocí „**Merge Up**“ a „**Merge Down**“. Je zde také možnost nastavení přírůstkového času: **Duration (s)** a nastavení zpoždění: **Delay (s)**.



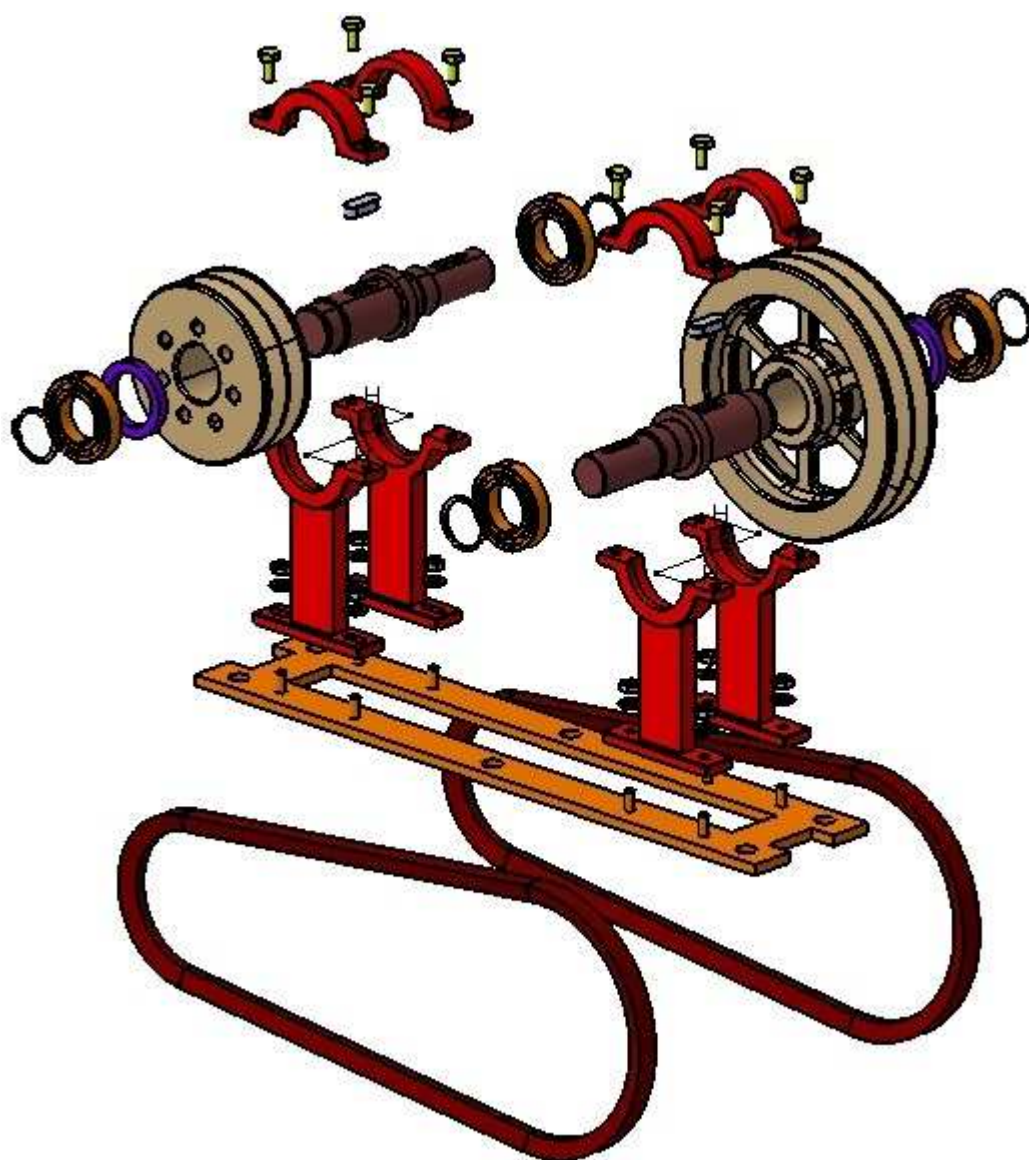
Obr. 91 – Vytvoření sekvencí

14.3 Nahrávání videa

Nyní zbývá už jen nadefinované a uspořádané „tracky“ zaznamenat a nahrát, abychom vzniklé video mohli použít k případné prezentaci tohoto „rozstřelu“. K vytváření videa slouží příkaz **Generate Video**, k němuž se dostaneme touto cestou: **TOOLS** → **Simulation** → **Generate Video**. Po otevření je nutno kliknout na ikonu **Sekvence**, která se nám po vytvoření zobrazila ve stromě. Nastavíme komprimační zařízení, které nám bude nahrávat a místo, kde bude video uloženo (**File Name**).



Obr. 92 – Záznam videa



Obr. 93 – Rozložený řemenový převod

15 SROVNÁNÍ INVETORU A CATIE

V dnešní době už si jen málokdo umí představit konstruktérskou práci bez využití softwarových 3D aplikací. Nároky kladené na konstruktéry jsou vysoké, proto je na místě těchto programů využívat, aby se zefektivnila práce a celková výroba.

Obě aplikace použité při tvoření této práce patří mezi špičky ve 3D modelování a využívá je převážná většina firem, které ke své produkci potřebují tyto softwary. Následuje malé srovnání těchto programů z role uživatele.

15.1 Porovnávání tvorby partů

Při modelování jednotlivých komponent byl postup velice podobný, někdy i stejný. U obou softwarů je nejdříve zapotřebí vytvořit skicu, poté je této skici přiřazen objem a nakonec vzniklou součást upravujeme do požadovaných rozměrů a tvarů. Příkazy na jednotlivé operace sloužící ke skicování a úpravě modelů byly velmi podobné. Porovnání při tvorbě sestav

15.2 Skládání sestav

I s touto funkcí byla práce v obou případech příjemná. Všechny příkazy byly zřetelné a jasné. Při využití kteréhokoli příkazu se následující krok, který byl třeba provést, vypisuje ve stavovém řádku (i při tvorbě partů). U Inventoru mně více zaujala manipulace s jednotlivými komponentami, které bylo možno přesouvat jen pomocí tlačítek myši, kdežto u Catie k tomu musel být využitý příkaz k tomu určený a práce s ním byla poměrně zdlouhavá.

Při vazbení v Catii máme možnost, že nejprve přiřadíme vazby k patřičným součástem a teprve poté klikneme na tlačítko aktualizace, vazby se aktivují a součásti se zobrazí do požadovaných poloh. Nemusíme tak otáček s celou sestavou a hledat zavazbenou komponentu, jež se nám hned po vytvoření vazby ustaví do správné polohy (jako u Inventoru) a v některých případech ji není přes ostatní součásti vidět.

Stejně jak při tvorbě partů byla i práce v tomto prostředí velice podobná.

15.3 Výkresové dokumentace

Při vytváření výkresové dokumentace byla práce stejná. Nejdříve bylo nutné vložit základní pohled, poté udělat patřičný řez, abychom zakótovali všechny potřebné rozměry, následovalo dokreslení náboje řemenice a na závěr samotné kótování.

Při tvorbě výrobních výkresů, tzn. 2D kreslení se u obou použitých software projeví nedostatky v podobě zobrazování a kotování dílců dle platných norem. S tímto problémem se dokáže lépe vyrovnat Inventor.

Při práci s funkcemi pro tvorbu výkresové dokumentace jsem tedy došel k závěru, že nejvhodnějším programem splňujícím požadavky norem je software AutoCad.

15.4 Animace

Oba softwary mají pro tento účel své vlastní módy a funkce. Při práci s nimi jsem neshledal žádné výhody či nevýhody v porovnání mezi sebou. Každá aplikace má svůj vlastní postup, který se v některých krocích podobá s druhým programem. Příkazy jsou jednoduché, přehledné a práce s nimi je bez komplikací.

15.5 HW požadavky a cena

CATIA

- operační systém Microsoft Windows XP Professional 32/64 bit (SP2) a novější
- procesor Intel Pentium 4, AMD 2 GHz a vyšší
- 4GB volného místa na disku
- grafická karta s podporou 3D Open GL
- cena se pohybuje kolem 300 000 Kč

Inventor

- operační systém Microsoft Windows XP Professional 32/64 bit (SP2) a novější
- procesor Intel Pentium 4, AMD 2 GHz a vyšší
- 4GB volného místa na disku
- grafická karta s podporou 3D Open GL

- cena se pohybuje kolem 145 000 Kč

[11]

15.6 Celkové srovnání

Inventor je ve srovnání s Catii jako CAD software o dva řády níž, čemuž odpovídají i cenové relace. Na tvorbu jednotlivých dílů a na jejich úpravy je dostatečný, navíc už i základní konfigurace obsahuje (oproti Catii) knihovny normalizovaných částí a je v české verzi, což nám práci poměrně zjednoduší, pokud zrovna angličtinu neovládáme a musíme si některé výrazy překládat. Inventor si více zakládá na designu a celkovém pohledu součástí, tzn., že jsou stínované a je i možnost nastavení reálného vzhledu.

Jiná situace nastává při práci s plochami, kdy Catii Inventor nemůže konkurovat. Catii právě proto používá hodně evropských automobilek (např. celé VW, BMW, Mercedes, Porsche, z neevropských DC, Ford). To, co se dá celkem bez problémů namodelovat v Catii i v základní konfiguraci, by byl v Inventoru velký problém.

Žebříček běžně používaných CAD systémů:

1. Catia, ProEngineer
2. SolidWorks
3. SolidEdge, Inventor

ZÁVĚR

Převody jsou nedílnou součástí mnoha strojů a přístrojů. Jejich výskyt ve strojírenství je poměrně hojný a existuje jen málo funkčních celků, kde by alespoň nějaká část z těchto převodů nebyla obsažena. Pomáhají nám měnit orientaci otáček, jejich rychlost a uvádí nám celé zařízení do pohybu. V některých případech je jejich výroba náročná a nákladná, proto je důležité zvolit správný druh převodu pro daný účel, a tím zajistit i ekonomičnost procesu.

Téma převodů je rozebráno v teoretické části práce, kde je celá problematika převodů rozdělena na dvě hlavní části, a to převody tvarovým stykem a převody silovým stykem, čili třecí. Tyto dvě skupiny jsou dále rozdělovány. U jednotlivých druhů převodů jsou uvedeny jejich výhody či nevýhody, je zde popsán princip, na kterém pracují, také se uvádí využití převodů v běžné praxi, konstrukční provedení a materiál, z kterého se vyrábějí. Pro správnou funkci převodů je zapotřebí dalších prvků a příslušenství. O nich je v této části taktéž zmínka.

Pro zvýšení efektivnosti výrobního procesu, snížení nákladů a časovou úsporu se v dnešní době při navrhování a konstrukci výrobků používají aplikační 3D softwary. Práce v nich je podrobně popsána v praktické části a v podstatě může posloužit jako návod při modelaci některých součástí. Je zde rozebrána práce ve dvou softwarech - Inventor a Catia. Navazuje se na teoretickou část vymodelováním dvou druhů vybraných převodů. Převod ozubenými koly je prezentován v Inventoru a řemenový převod byl vymodelován za pomoci softwaru Catia. Začíná se samotným seznámením s programem, uvedena je také společnost, která stojí za vývojem těchto aplikací. Dále se popisují jejich základní funkce a příkazy, s nimiž se bude následně pracovat. Po úvodním shrnutí programu se přechází k samotné ukázce modelování jednoho vybraného prvku z daného převodu. U Inventoru je to spodní část převodové skříně, u Catie řemenice. V dalších kapitolách je nastíněno skládání jednotlivých komponent do podsestav a následně kompletace celých sestav těchto převodů. Každý z programů obsahuje i funkce pro tvorbu výrobních dokumentů (výkresů), proto se této funkce využilo a je zde ukázka postupu při kótování řemenice. Mezi poslední kapitoly patří návod, jak vytvořit tzv. „rozstřel sestavy“, čili názornou animaci pro sestavování těchto celků. Závěrem této práce je zhodnocení obou programů, práce v nich a jejich porovnání mezi sebou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOHÁČEK F. A KOL.: Části a mechanismy strojů III, Převody., VUT v Brně, 1987
- [2] LUKOVICS I., SÝKOROVÁ L.: Části strojů., MON, 1991
- [3] HRUŠKA Z.: Strojní součásti., SNTL Praha 1989
- [4] KŘÍŽ, RUDOLF A KOL.: Strojírenská konstrukce II., SNTL Praha, 1987
- [5] KŘÍŽ, RUDOLF A KOL.: Stavba a provoz strojů II, Převody., SNTL Praha, 1987
- [6] KŘÍŽ R., MARTINISKO C., WEIGNER K.: Strojírenská konstrukce I.,
SNTL Praha 1986
- [7] BOLEK A.: Části strojů I., SNTL Praha 1989
- [8] LEINVEBER J., VÁVRA P.: Strojnické tabulky., Úvaly, Albra 2003
- [9] SHIGLEY J., MISCHKE CH., BUDYNAS R.: Konstruování strojních součástí.,
VUT IUM, 2010
- [10] TICKO S., Catia kompletní průvodce., Computer Press Brno, 2012
- [11] CATIA vs Inventor Professional. FindTheBest.com | Find. Compare. Decide. [online].
2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://cad-software.findthebest.com/compare/12-34/CATIA-vs-Inventor-Professional>
- [12] Převody ozubenými koly. [online]. 2014 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:
<http://ole.wz.cz/honza/2-%20Prevody%20ozubenymi%20koly.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

i	převodový poměr
n	otáčky
M_k	kroučící moment
u	převodové číslo
z	počet zubů
d	roztečná kružnice
d_a	hlavová kružnice
d_f	patní kružnice
h	výška zubu
h_a	výška hlavy zubu
h_f	výška paty zubu
s	šířka zubu na roztečné kružnici
o	obvod roztečné kružnice
P	rozteč
r	roztečná přímka
e	evolventa
x	jednotkové posunutí základního profilu
α	úhel zubu
β	úhel opásání
δ	úhel roztečného kužele
M	metrický závit
H	třída přesnosti
$+V, -V$	druhy kol
VN, V	druhy soukolí
ČSN	česká státní norma

ISO	International Organization for Standardization - mezinárodní organizace pro normalizaci
DIN	Deutsches Institut für Normung - Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
3D	trojrozměrný
2D	dvourozměrný
CAD	Computer Aided Design – počítačem podporované projektování
CATIA	Computer Aided Three Dimensional Interactive Application - podporovaná trojrozměrná interaktivní aplikace
HW	hardware
GB	Gigabyte – jednotka množství informace
Hz	Hertz – jednotka frekvence

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 – Strojní mechanismus [1]</i>	13
<i>Obr. 2 – Klasifikace převodů [1]</i>	14
<i>Obr. 3 - Tvarový styk [1]</i>	15
<i>Obr. 4 - Třecí styk [1]</i>	15
<i>Obr. 5 - Jednoduchý a složený převod [2]</i>	17
<i>Obr. 6 - Převod ozubenými koly [2]</i>	19
<i>Obr. 7 - Druhy ozubených převodů [12]</i>	21
<i>Obr. 8 – Tvar zubů ozubených kol [12]</i>	22
<i>Obr. 9 – Tvar zubů ozubených kol [12]</i>	22
<i>Obr. 10 – Věnec ozubeného kola [12]</i>	23
<i>Obr. 11 – Základní profil evolventního ozubení [12]</i>	24
<i>Obr. 12 – Konstrukce evolventy [7]</i>	25
<i>Obr. 13 – Soukolí N [12]</i>	25
<i>Obr. 14 – Podřezání zubu [12]</i>	26
<i>Obr. 15 – Kola s posunutím [12]</i>	26
<i>Obr. 16 – Kuželové soukolí [3]</i>	27
<i>Obr. 17 – Šroubové soukolí [4]</i>	28
<i>Obr. 18 – Šnek [4]</i>	29
<i>Obr. 19 – Druhy šnekových soukolí [5]</i>	29
<i>Obr. 20 – Příklady konstrukce ozubených kol [3]</i>	30
<i>Obr. 21 – Třecí převod válcovými koly [3]</i>	31
<i>Obr. 22 – Kuželový třecí variátor [2]</i>	32
<i>Obr. 23 – Řemenový převod [2]</i>	33
<i>Obr. 24 – Druhy řemenů [8]</i>	34
<i>Obr. 25 – Řemenice pro klínové řemeny [2]</i>	35
<i>Obr. 26 – Řetězový převod [2]</i>	35
<i>Obr. 27 – Různé konstrukce řetězů [12]</i>	36
<i>Obr. 28 – Lanový převod [7]</i>	37
<i>Obr. 29 – Konstrukce ocelových lan [12]</i>	38
<i>Obr. 30 – Funkce Autodesk Inventoru</i>	41
<i>Obr. 31 – Pracovní prostředí pro modelování v Autodesk Inventoru</i>	42
<i>Obr. 32 – Pracovní prostředí pro náčrt (sketch) v Autodesk Inventoru</i>	42

<i>Obr. 33 – Vytažení prvotního náčrtu za účelem vytvoření obvodových stěn skříně</i>	44
<i>Obr. 34 – Vytažení plochy pro dosednutí víka</i>	45
<i>Obr. 35 – Vytažení vany pro usazení hřídele s kuželovým ozubením</i>	45
<i>Obr. 36 – Vytažení přírub a následné zrcadlení</i>	46
<i>Obr. 37 – Otvory pro ložiska</i>	46
<i>Obr. 38 – Dorazy pro ložiska.....</i>	47
<i>Obr. 39 – Vytvoření drážky pro dist. kroužek</i>	47
<i>Obr. 40 – Žebro</i>	48
<i>Obr. 41 – Zaoblení ostrých hran</i>	48
<i>Obr. 42 – Díry k ukotvení převodovky.....</i>	49
<i>Obr. 43 – Díry k připevnění horního víka</i>	49
<i>Obr. 44 – Vypouštěcí otvor</i>	50
<i>Obr. 45 – Spodní část převodové skříně (lože).....</i>	50
<i>Obr. 46 – Pracovní prostředí při tvorbě sestav</i>	51
<i>Obr. 47 – Vazbení pera.....</i>	52
<i>Obr. 48 – Nasunutí kola na hřídel</i>	53
<i>Obr. 49 – Nabídka Obsahového centra</i>	53
<i>Obr. 50 – Vazbení ložisek</i>	54
<i>Obr. 51 – Hotová podsestava</i>	54
<i>Obr. 52 – Umístění podsestavy hřídele s ozub. kolem</i>	55
<i>Obr. 53 – Umístění podsestavy ozub. hřídele s kužel. kolem.....</i>	55
<i>Obr. 54 – Umístění podsestavy ozub. kuželové hřídele</i>	55
<i>Obr. 55 – Správné dosednutí boků zubů</i>	56
<i>Obr. 56 – Ustavení víka</i>	56
<i>Obr. 57 – Vkládání šroubů a šroubů s oky</i>	57
<i>Obr. 58 – Upevnění víček</i>	57
<i>Obr. 59 – Zakrytování průhledu</i>	58
<i>Obr. 60 – Ucpání vypouštěcí díry pro olej</i>	58
<i>Obr. 61 – Vytvoření souboru Výkres</i>	59
<i>Obr. 62 – Výkres se základním pohledem a řezem</i>	60
<i>Obr. 63 – Hotový výkres řemenice.....</i>	60
<i>Obr. 64 – Vytvoření souboru Prezence.....</i>	61
<i>Obr. 65 – Rozložení komponent</i>	62

<i>Obr. 66 – Nastavování polohy sestavy.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 67 – Panel nahrávání</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 68 – Rozložená převodovka</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 69 – Obrazovka po rozběhnutí CATIE</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 70 – Pracovní prostředí Part designu</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 71 – Sady příkazů Constrains (vazby) a Operation (operace).....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 72 – Profil náčrtu</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 73 – Rotace profilu kolem osy</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 74 – Odebrání drážky pro pero</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 75 – Odlehčení.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 76 – Rozmnožení díry pro odlehčení</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 77 – Zkosení hran</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 78 – Výsledná součást</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 79 – Pracovní prostředí Assembly Designu</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 80 – Vazbení řemenice k hřídeli</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 81 – Podsestava hřídele s řemenicí</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 82 – Rám.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 83 – Ustavení řemenic na rám</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 84 – Připevnění víček</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 85 – Nasunutí řemenů.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 86 – Finální sestava</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 87 – Řez</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 88 – Hotový výkres</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 89 – Panely nástrojů.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 90 – Definice dráhy posunutí (Tracků)</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 91 – Vytvoření sekvencí.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 92 – Záznam videa.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 93 – Rozložený řemenový převod</i>	<i>79</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 – Výhody a nevýhody jednotlivých převodů</i>	16
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres řemenice vytvořený v Inventoru
Příloha 2 Výkres řemenice vytvořený v Catii
Příloha 3 CD