

Studie možností CAD programů při tvorbě výkresové dokumentace

Petr Tichý

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: **Petr TICHÝ**

Osobní číslo: **T10324**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Studie možností CAD programů při tvorbě výkresové dokumentace**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie zaměřené na téma bakalářské práce
2. Zpracování ovládání a možností zadaných programů
3. Vytvoření výkresové dokumentace zadaných součástí
4. Hodnocení možností, funkcí a ovládání použitých programů

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Luboš Rokyta

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

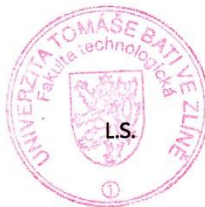
Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika 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

.....

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 vzdělávacímu 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

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním možností vybraných CAD programů s ohledem na tvorbu výkresové dokumentace. Práce obsahuje historii modelovacích programů jejich obecné informace a zásady tvorby výkresové dokumentace. Dále pak popis práce v jednotlivých Cadech a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova: AutoCad, Catia, Solid Edge,

ABSTRACT

This bachelor thesis contains a comparison of selected options CAD programs with respect to documentation design. The work contains a history of modeling programs for their general information and principles of design documentation. Then the description of work in individual CAD programs and evaluation.

Keywords: AutoCad, Catia, Solid Edge

Děkuji vedoucímu práce Ing. Luboši Rokytovi Ph.D za odbornou pomoc, cenné rady, a jeho čas při konzultacích. Dále pak bych chtěl poděkovat svým rodičům za trpělivost a podporu při studiu a finanční pomoc.

Motto :

„Přijde, co má přijít“

Aischylos

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBECNĚ O MODELOVACÍCH PROGRAMECH	12
1.1 HISTORIE MODELOVACÍCH PROGRAMŮ.....	12
1.1.1 AutoCAD.....	16
1.1.2 CATIA.....	20
1.1.3 Solid Edge.....	22
1.2 SOUČASNOST MODELOVACÍCH PROGRAMŮ.....	24
1.3 VÝVOJ PROGRAMŮ.....	25
2 AUTOCAD	26
2.1 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU.....	26
2.2 MOŽNOSTI PROGRAMU VE STROJÍRENSKÝCH APLIKACÍCH.....	26
2.3 OBECNÉ OBLASTI VYUŽITÍ.....	29
3 CATIA	30
3.1 OBECNÉ INFORMACE O PROGRAMU.....	30
3.2 MOŽNOSTI PROGRAMU VE STROJÍRENSKÝCH APLIKACÍCH.....	30
3.3 OBECNÉ OBLASTI VYUŽITÍ.....	32
4 SOLID EDGE	34
4.1 OBECNÉ INFORMACE.....	34
4.2 MOŽNOSTI PROGRAMU VE STROJÍRENSKÝCH APLIKACÍCH.....	34
4.3 OBECNÉ OBLASTI VYUŽITÍ.....	36
5 ZÁSADY TVORBY VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	37
5.1 FORMÁTY VÝKRESŮ.....	37
5.2 PŘEHLED METOD ZOBRAZOVÁNÍ.....	38
5.3 ŘEZY A KÓTOVÁNÍ.....	40
6 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	43
II PRAKTICKÁ ČÁST	44
7 CÍLE PRÁCE	45
8 AUTOCAD 2009	46
8.1 TVORBA HŘÍDELE.....	46
8.2 TVORBA SESTAVY.....	51
9 CATIA V5 R19	55
9.1 TVORBA HŘÍDELE.....	55
9.2 TVORBA SESTAVY.....	59
10 SOLID EDGE ST5	64
10.1 TVORBA HŘÍDELE.....	64
10.2 TVORBA SESTAVY.....	68
ZHODNOCENÍ PRÁCE	72
ZÁVĚR	77
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	81
SEZNAM OBRÁZKŮ	82
SEZNAM TABULEK.....	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

V 21. století je kladen důraz na vzdělání lidí a jejich zaměření do budoucna. Jsou kladeny stále větší nároky na rozvoj ve všech oborech. Jedná se o větší požadavky na vzdělání zaměstnanců, kvalitu výrobků a vyšší produkci v závislosti na menších nákladech s co nejvyšším možným ziskem. Jelikož jsme dnes doslova obklopeni počítačovou technikou, není divu, že vývoj počítačových programů je velmi důležitý pro fungování některých světových, ale i malých firem. Pro strojírenský průmysl jsou důležité CAD-systémy. Automobilky, letecké společnosti, stavební firmy, firmy zabývající se elektrotechnikou i jiné společnosti používají dnes tyto CAD-systémy. Proto je zde spousta softwarových společností, které si konkurují na trhu s různými programy. Z tohoto důvodu vydávají softwarové společnosti stále nové a nové verze programů, jsou rozšířeny o nové funkce, které se snaží stále více zjednodušit práci a tím urychlit celkový proces při návrhu součástí.

Teoretická část této bakalářské práce bude zpracována na základě literární rešerše, která se bude zabývat modelovacím programem AutoCAD, CATIA a Solid Edge. Jejich historií, současným využitím, vývojem a výhledem do budoucna. Každý tento program bude obecně rozebrán, což znamená, že budou předloženy obecné informace o programu, jeho možnostech k využití při návrhu a modelování součástí. Dále pak budou popsány zásady při tvorbě výkresové dokumentace a jejího zpracování.

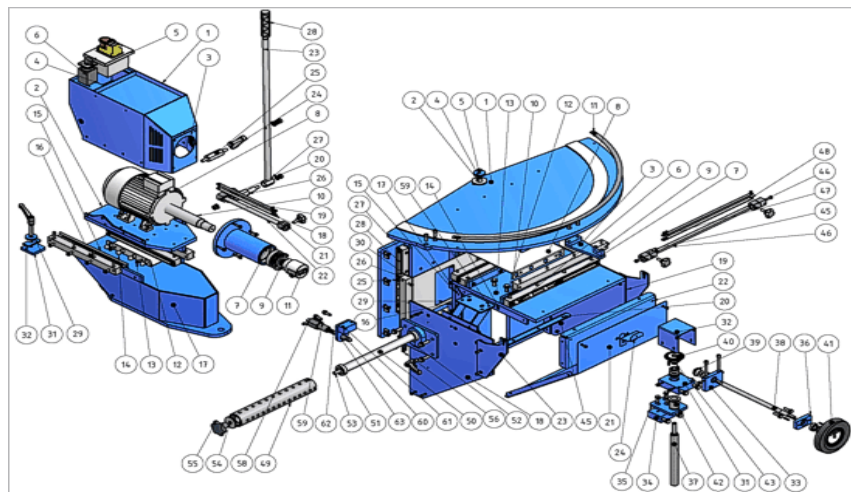
V praktické části se budeme zabývat popisem jednotlivých součástí v každém z těchto programů, jejich zobrazením a volbou příkazů. Nebude chybět popis práce v jednotlivých CAD programech, vyhodnocení funkcí a možností jednotlivých programů vzhledem k tvorbě výkresové dokumentace. Hodnocení se bude zabývat volbou využitých příkazů, pochopením těchto příkazů a práce s nimi. V této části bakalářské práce budou přiloženy výkresy jednotlivých součástí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNĚ O MODELOVACÍCH PROGRAMECH

Jak již bylo zmíněno, CAD-systémy jsou ve velké míře využívány v automobilovém, leteckém, elektrotechnickém průmyslu a dalších strojírenských odvětvích. CAD-systémy jsou softwarové programy pro modelování. V dnešní době můžeme tyto programy nainstalovat i do všech výkonnějších notebooků, neboť tyto mají stejný hardware jako stolní počítače.

Do těchto modelovacích programů patří AutoCADy, Solid Edge, Solid Works, Inventor, CATIA, NX, Creo a spousta dalších. I v této oblasti probíhají konkurenční boje a z toho plyne, že bohatší společnosti, jako například francouzská Dassault Systemes, která je výrobcem programu CATIE a nadnárodní společnost Autodesk, která obchoduje s programem AutoCAD, vydělávají v této oblasti nemalé peníze. Firmy, které pracují s těmito programy, musí investovat na jejich licence a vzdělávání konstruktérů nemalé peníze, neboť tyto modelovací programy se neustále aktualizují a vyvíjejí.



Obrázek 1 – Ukázka sestavy [1]

1.1 Historie modelovacích programů

Jako počátek historie CAD programů se uvádí konec 60. a začátek 70. let. Velké letecké, automobilové, ale i elektrotechnické společnosti se snažily najít novou cestu pro upevnění pozice na trhu, konstrukci a samotnou výrobu. Mezi tyto společnosti, které se zapojily do výzkumu a vývoje CAD programů patří známé firmy jako Boeing, General Motors, Ford a také General Electric. Uvědomovaly si, že bez počítačů se jejich pozice nikam nepohne, a tak investovaly i do vývoje počítačů. Obvyklým vybavením firem nebyly obyčejné stolní

počítače, jak je známe nyní, ale sálové počítače, které potřebovaly mnoho prostoru pro své fungování.



Obrázek 2 – Sálový počítač IBM 705 [4]

V té době počítače v domácnostech neexistovaly a tak první vývoje směřovaly pouze pro vnitřní použití ve firmách. První CAD programy vznikaly pouze pro potřebu daných firem. Později však začaly vznikat firmy zabývající se právě vývojem těchto programů na zakázku a pro další prodej jiným firmám. Tyto firmy se tak prosadily právě tím, že vymyslely program do různého odvětví v průmyslu, nabídly jej ostatním firmám a následně jej prodaly, nebo jen prodaly licenci na jeho užívání.

V letech 1950-1970 se používaly velké počítače se základním programovacím jazykem. Kvůli vysoké pořizovací ceně si tato zařízení mohly dovolit pouze velké společnosti, nebo vývojové laboratoře. Je zajímavé, že myš, bez které si asi jen těžko dovedeme představit práci v kterémkoli CAD programu, byla zcela neznámá až do r. 1965. Do tohoto roku se kreslilo světelným perem na obrazovku, jako na digitální papír. Světelné pero později nahradil tablet, který známe i dnes. [4] [5]



Obrázek 3 – Kreslení světelným perem [5]

V letech 1970-1980 nastoupily novější a modernější počítače s vylepšeným hardwarem. Snížila se i cena počítačů a to vedlo ke zvýšení dostupnosti pro ostatní společnosti. Důsledkem toho se začaly vyvíjet nové CAD programy. Pro CAD programy byl složen speciální 16bitový počítač s maximální pamětí 512kB a diskem o velikosti 20-300 MB. Kreslicí software byl většinou omezený jen na jednoduché 2D úlohy. Grafika zůstávala dlouho vektorová a použití rastrové grafiky, jak ji známe dnes, se poprvé objevilo až koncem roku 1978. [6]

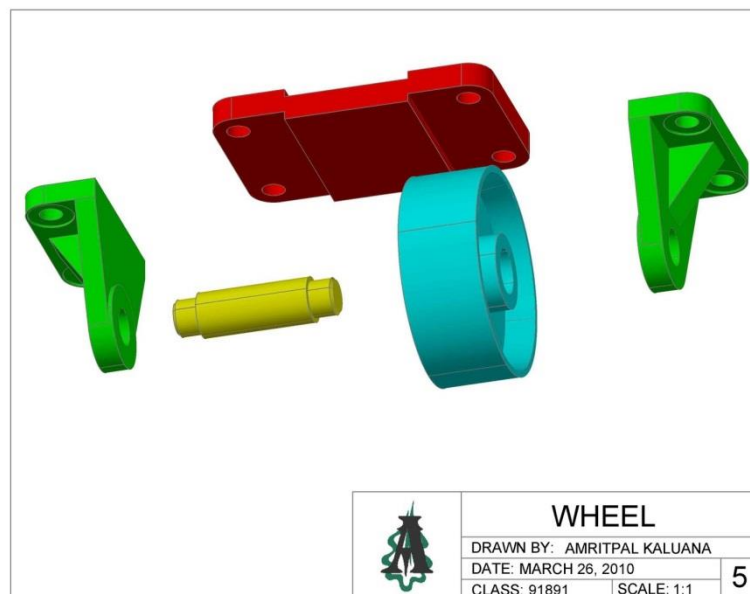


Obrázek 4 – Ukázka rastrové grafiky [6]

Období mezi 1980-1990 bylo vývojově velmi bohaté. Do této doby existoval pouze model v drátové podobě. Modelování těles s 3D grafikou se objevuje až v roce 1980. Vyvíjely se nové pracovní stanice náročnější na grafiku a software. Některé společnosti začaly vytvářet

grafický software přímo pro grafické karty. V této době 3D modelování sloužilo spíše k ověření základní myšlenky návrhu a nikoliv jako konstrukční přístup.

Od roku 1990 až po současnost, dalo by se říct, se konstrukční přístup fatálně změnil. Vývoj uživatelského rozhraní, on-line provázanost jednotlivých aplikací ve výrobním procesu a způsob vzájemné interakce mezi systémem a uživatelem přinesl jen ovoce. Přejít z 3D systému z dříve dominantní platformy UNIX na Windows v polovině devadesátých let znamenal revoluci v jednoduchosti používání a vedl k jejich plošnému rozšíření. Se stále rostoucím výkonem počítačů dnes stačí většinou i běžný kancelářský počítač s přiměřeně výkonnou grafickou kartou a dostatkem operační paměti. [4] [6]



Obrázek 5 – 3D model kolečka nákupního vozíku [5]

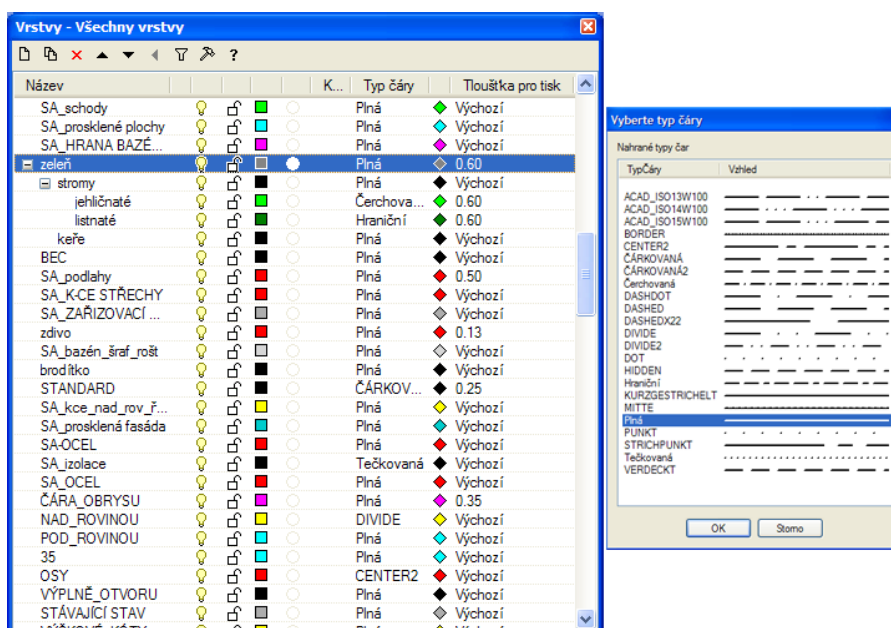
Software se tak dostal do stadia, kdy je další vývoj soustředěn především na zvyšování produktivity. Tedy na odbourání neefektivních či rutinních činností a optimalizaci vedoucí k vyšší stabilitě a výkonu. Moderní parametrické systémy se v zásadě vyznačují vysokou inteligencí modelu, danou pomocí řídicích kót, parametrů a vazeb. Schází jim ale pružnost při následné editaci tvaru. Konstrukci je tak třeba dopředu promyslet, protože strom historie modelu přesně řídí, jak se bude model při následných změnách chovat. [5] [6]

Práce s CAD systémy využívajícími historii modelu je čím dál víc složitější úměrně k jejich komplexnosti. Hlavní výhodou modelování s využitím odvozených prvků je jejich nezávislost na pořadí, ve kterém vznikly. To přináší rychlost a jednoduchost úprav modelů bez nutnosti přepočítání geometrie, jež touto změnou nebude dotčena. Není tedy nutné

dopředu plánovat jakým způsobem návrh vytvořit tak, aby při pozdějších editacích nevznikaly komplikace. [6]

1.1.1 AutoCAD

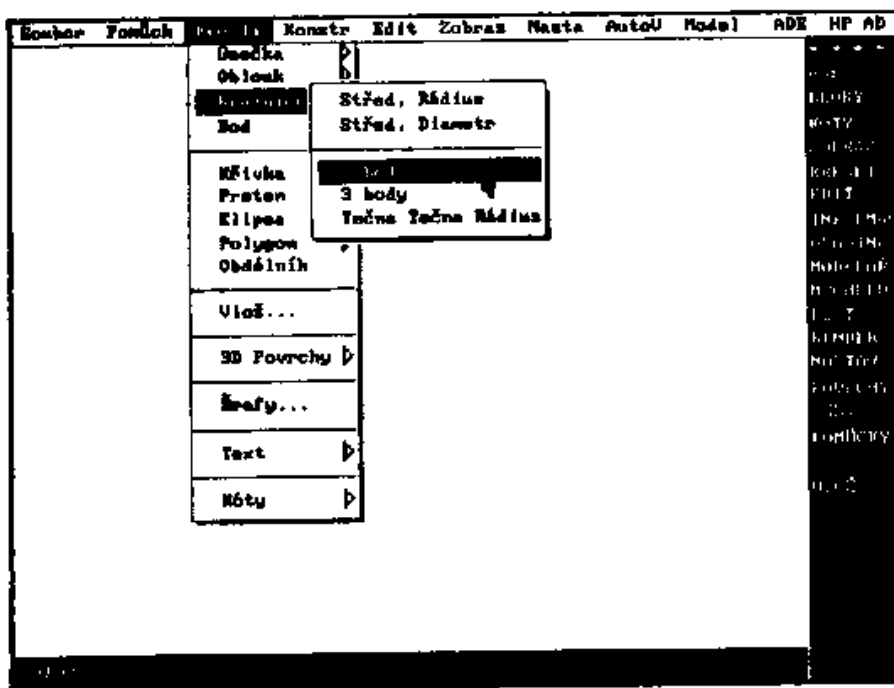
V listopadu 1982 byl na veletrhu COMDEX v Las Vegas představen AutoCAD 1.0. CAD aplikace provozovaná na IBM PC v té době představovala revoluční krok. AutoCAD vznikl v nově založené společnosti Autodesk pod vedením Johna Walkera. AutoCAD se v této době prodával za 1 000 USD. V roce 1983 byly uvedeny hned 3 verze (1.2, 1.3 a 1.4), které rozšířily funkčnost AutoCADu o kótování, šrafy, barvy nebo pole. Už v roce 1983 Autodesk začíná pracovat na 3D funkcích AutoCADu a v roce 1984 je představuje ve formě doplňkového modulu „3D Level 1“ pro nový AutoCAD Version 2.0 (R 5). V této verzi se rovněž poprvé objevují pojmenované hladiny, typy čar, uchopovací módy, podpora tabletu a atributy bloků. Prodeje za rok 1984 dosáhly 1 mil. USD. Rok 1985 a verze 2.1 nabídla možnost spouštění externích programů přes ACAD.PGP (v době jedno úlohového DOSu velmi významná funkce), polyčáry (křivky), 3D geometrii a ještě po dlouhou dobu výpočetně nejnáročnější příkaz AutoCADu – HIDE (SKRYJ). [7]



Obrázek 6 – Nastavení hladin v AutoCADu [8]

Na začátku roku 1986 se objevuje menší update, ale s velkým dopadem – verze 2.18 obsahuje programovací jazyk AutoLISP a umožňuje tak vývoj uživatelských aplikací. V tomto roce pak přichází verze 2.5 (označovaná jako Release 7) s mnoha zajímavými novinkami, jako např. zaoblování, přístup k systémovým proměnným pomocí SETVAR a významnými

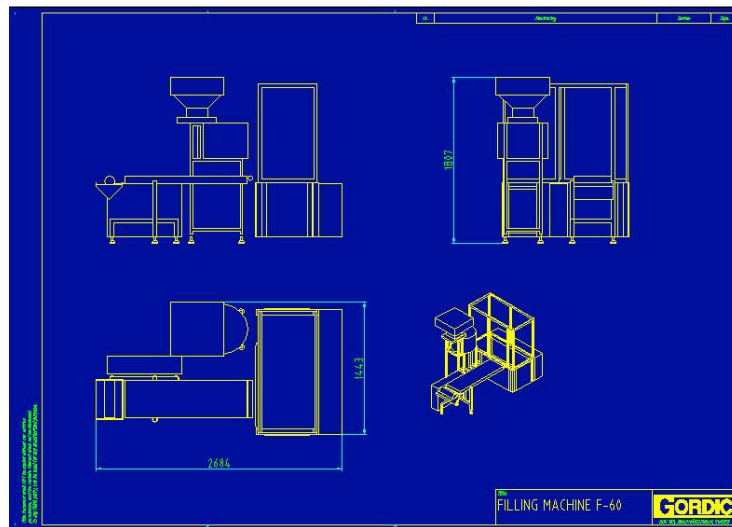
příkazy jako UNDO, EXPLODE, TRIM/EXTEND, OFFSET, DIVIDE/ MEASURE. V roce 1987 přichází Autodesk s dvěma verzemi – Release 8 zavádí asociativní kótování a příkaz 3DFACE a Release 9 přináší vedle typů písem i podstatné vylepšení uživatelského rozhraní – roletová menu a dialogové panely. AutoCAD R 10 z roku 1988 nově zavedl skládané výřezy, uživatelské souřadné systémy (UCS), perspektivní pohledy a 3D síťové modely. Prodeje za rok 1988 dosáhly 100 mil. USD. O dva roky později Autodesk uvádí AutoCAD R 11 ten představil koncept výkresového prostoru a plovoucí výřezy, válcové a kulové souřadnice, stínování příkazem SHADE, zamykání síťových souborů a objemové 3D modelování. [7]



Obrázek 7 – Roletové menu AutoCAD R 11 [9]

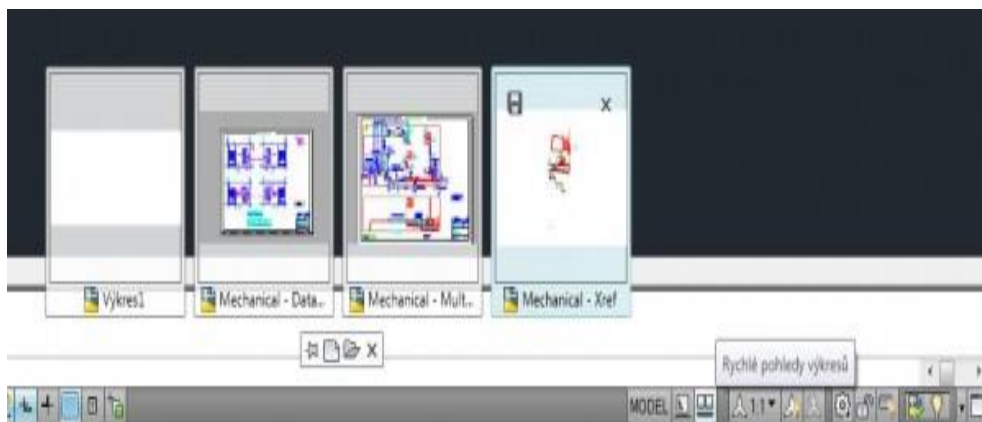
Velké popularity se dočkal AutoCAD R 12 z roku 1992. Zbavil se úvodního textového menu a zavedl dialogové verze řady příkazů – správce hladin, kótování, vykreslování, atd. R 12 přinesla také uzlovou editaci, fotorealistické stínování – příkaz RENDER a podporu pro vazbu entit na SQL databáze. R 12 poprvé podporovala i platformu MS Windows. Velmi kontroverzní byla verze s číslem R 13, z roku 1995. I předchozí verze AutoCADu podporovaly různé operační systémy, ale vždy se jednalo o speciální verzi pro danou platformu. AutoCAD R 13 podporoval v jediné instalaci verzi DOS (DOS-386) i Windows. Měl tak usnadnit tehdejší migraci uživatelů z DOS aplikací na modernější operační systém

MS Windows. R 13 přinesla 3D modelář ACIS, rychlý zoom, odstavcový text, kontrolu pravopisu a další. R 13 jako první verze podporovala export do formátu DWF. [7] [9]



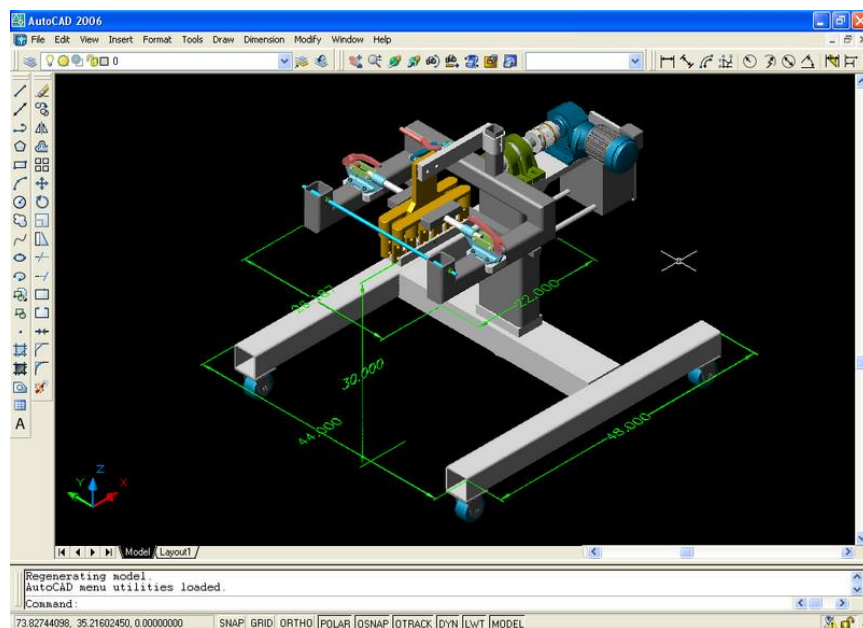
Obrázek 8 – Výkres v AutoCAD R 13 [10]

S AutoCAD R 14 v roce 1997 se Autodesk rozešel s jinými operačními systémy a věnoval se nadále jen Microsoft Windows. To umožnilo mimo jiné nasadit nový, rychlejší grafický systém HEIDI. R 14 přinesla funkce pro snazší manipulaci s vlastnostmi objektů a řadu internetových funkcí. Přepracovány byly funkce pro zpracování rastrových obrázků, uchopování a trasování. AutoCAD 1999 byl uveden v roce 1999. Poprvé bylo možné pracovat s více výkresy najednou. Nově se setkáváme s funkcemi AutoTack a vlastností tloušťky čar. Součástí AutoCADu se stává programátorské prostředí VisualLISP. Menším upgradem byl AutoCAD 2000, který kromě internetových funkcí znamenal v Evropě i konec starostí s hardwarovým klíčem (hardware ochranou licence). [7]



Obrázek 9 – Lišta pro práci s více výkresy [11]

AutoCAD 2002, ještě dnes používaný řadou uživatelů, nabídl vylepšené asociativní kótování, správu hladin, extrahování atributů bloků a nástroje pro webovou spolupráci. AutoCAD 2004 z roku 2003 přináší nový, až o 50 % úspornější formát DWG, nástrojové palety, podporu truecolor, šifrování a elektronické podepisování výkresů, snazší správu licencí a export projektů do DWF. Novým konceptem v AutoCADu 2005 jsou Sady listů – sady výkresů, rozvržení a pohledů pro práci s celým projektem najednou. Objevují se nové vlastnosti a nástroje tabulek nebo textových polí. Další verzí AutoCAD 2006 – jubilejní dvacátá verze AutoCADu. Ten představuje velkou změnu z hlediska uživatelského prostředí – zavádí tzv. dynamické kreslení, kde již nepotřebujete příkazový řádek, přináší inteligentní dynamické bloky, nový systém menu, vypočítávaná pole, přednostní klávesy nebo podporu NET programování. Další známa verze AutoCAD 2013 přinesla spoustu vylepšení a grafické modifikace programu, rychlejší zpracování součástí, komunikace ze softwarem počítače a také možnost sdílení vymodelovaných součástek s jinými konkurenčními programy. [7] [11]



Obrázek 10 – 3D model v AutoCAD 2006 [12]

Nejnovější verzí od Autodesk je AutoCAD 2014, který podle oficiálního znění návrhářů tohoto programu, posouvá modelování o další krok vpřed. V této nové verzi je možné utvářet součástky pomocí účinných a propojených nástrojů pro tvorbu nových návrhů. Další součástí programu je urychlení vytváření dokumentace a asi velkým a hlavním bodem této verze je 3D modelování. [7]

1.1.2 CATIA

Počítačový produkt CATIA vznikl na konci sedmdesátých let minulého století ve francouzské společnosti Dassault Aviation, aby podporoval návrh letadel z produkce této firmy. Kořeny tohoto programu sahají až do roku 1967, kdy se program začal vyvíjet. Vývoj programu byl velice dlouhý, přes všechny matematické výpočty, všechny funkce programu, 2D modelování až po následné 3D úpravy. Až teprve v roce 1977 po 10 letech matematických propočtů a zkušeností s modelováním přichází program CATIA s nejpropracovanějším 3D modelováním na světě v té době. První název programu byl pouze CATI, až v roce 1981 byl program přejmenován na CATIA a vychází jeho první verze nesoucí název CATIA Version 1.0. Název CATIA vznikl spojením úvodních písmen Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application. [13]

Dassault Systèmes patří mezi historicky první a dodnes je komerčně nejúspěšnější softwarový produkt pro 3D návrh výrobku. Jako první produkt na trhu podporoval trend digitálního prototypu výrobku (Digital Mock-Up) a digitální továrny (Digital Manufacturing). Dále jako první 3D PLM produkt na trhu podporoval řízení procesů, údajů a dokumentace o výrobku v průběhu celého životního cyklu výrobku, tzv. PLM (Product Lifecycle Management). Obchodní strategie Dassault Systèmes byla v letech 1981 – 2007 úzce propojena s firmou IBM, která byla pro systém CATIA a následně i pro některé další produkty Dassault Systèmes výhradním distributorem. [13]

Founding Partner



Founding Partner



Obrázek 11 – Oficiální partneři Dassault Systèmes a IBM [14]

Mezi první firmy používající program CATIA se v letech 1981-82 staly letecké společnosti jako je Dassault Aviation a Grumman. Následně i francouzská společnost SNECMA zabý-

vající se výrobou tryskových motorů. Tento program začaly používat samozřejmě i automobilové společnosti, jako třeba BMW, Daimler-Benz a Honda. V těchto letech CATIA prodala svoji první verzi 29 uživatelům. V roce 1984 vydal Dassault Systèmes novou verzi programu CATIA V2 a byla vybrána jako hlavní 3D modelovací program pro největší leteckou společnost Boeing Company. Tohoto roku CATIA měla již 400 uživatelů, a to je z původních 29 za 2 roky obrovský nárůst. [13] [15]

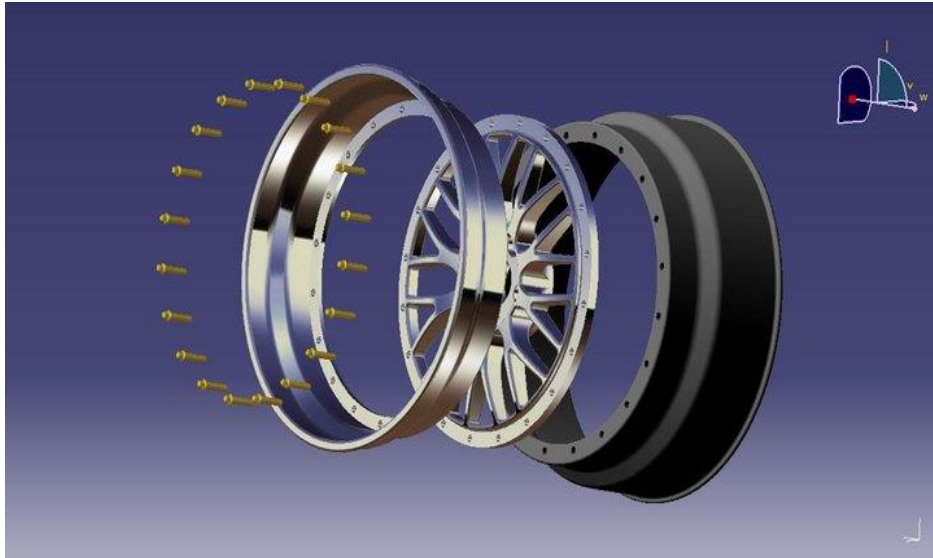


Obrázek 12 – Vývoj křídla Boeingu [16]

V roce 1988 přichází na svět nová verze s názvem CATIA V3. Následně roku 1990 si jej jako hlavní modelovací 3D program vybrala společnost General Dynamics Electric Boat Corporation. Tato společnost díky programu CATIA a jejích možnostech v modelování získala kontrakt od amerického námořnictva a navrhla světoznámou ponorku Virginia. V roce 1991 má Dassault Systemes 2 dceřiné společnosti v USA a v Japonsku, 1000 lidí zabývajících se vývojem a 2500 zákazníků po celém světě. [15] [17]

Další verze programu přichází na svět v roce 1993 a tato verze nese název CATIA V4.

V roce 1995 využívala program CATIA všechna průmyslová odvětví a to od strojírenství, stavebnictví až po zahradní designéry, návrháře oblečení a další. K tomuto roku je počítáno 8000 zákazníků využívající program CATIA. Největší rozmach programu by se dal připisovat k roku 1998, kdy CATIA vypustila na svět verzi V5. Tato verze se zcela odlišila od předchozích a s podporou UNIX, Windows NT a Windows XP byla až do roku 2001 jedním z nejrozšířenějších CAD programů a mohla ji tak využívat každá firma a to ať na operačním systému Windows nebo na UNIX. [15] [17]



Obrázek 13 – Sestava Alu kola v Catii V5 [18]

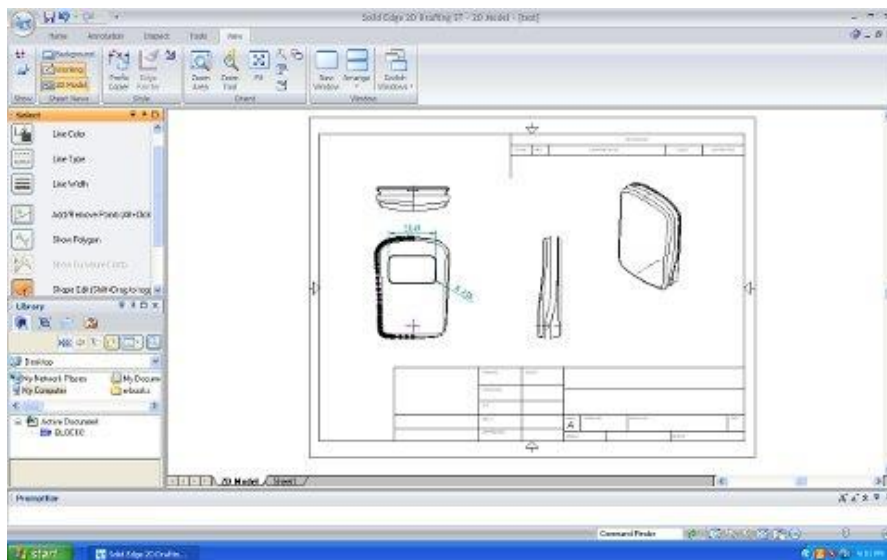
Dassault Systèmes přišel v roce 2008 s novou definicí PLM, která je označována jako PLM 2.0. Na této platformě vznikla nová verze programu CATIA V6. CATIA V6 nabízí uživatelům komplexní pokrytí procesu vývoje produktů v jejich odvětvích od úvodních konceptů až po údržbu a recyklaci produktu. Lze jej použít ve všech hlavních výrobních odvětvích. Tato verze je připravena k bezprostřednímu použití v automobilovém, leteckém, strojním a spotřebním průmyslu. První verze produktu CATIA V6 uvádí novou generaci funkcí virtuálního návrhu při důsledném využití schopností spolupráce v rámci celého podniku. Od roku 2008 je v České republice a na Slovensku zaveden nový obchodní model – tzv. VAR model. Zkratka VAR znamená Value Added Reseller, což je označení pro akreditovaného obchodního partnera Dassault Systèmes, který je zodpovědný za prodej produktů Dassault Systèmes, za výběr udržovacích poplatků a za aplikační podporu produktů. V současné době Dassault Systèmes nabízí tři linie: CATIA V4, CATIA V5 a CATIA V6, které poskytují nástroje vhodné pro široké spektrum podniků od nejmenších, až po koncerny v různých průmyslových odvětvích. [13] [19]

1.1.3 Solid Edge

Solid Edge je původně vyvinutý firmou Intergraph. Pod Intergraph používal Solid Edge ACIS geometrické modelovací jádro. První podoba tohoto programu přišla na trh v roce 1995 s názvem Solid Edge V1. Už v této době byl program velice dobrý, protože se zaměřoval jen na 3D zobrazování. Pravda je však taková, že první verze byla primitivní, a tak nenašla moc uplatnění. V roce 1996 začal Solid Edge využívat Parasolid jádro. Další rok na to byl program odkoupen společností UGS Corp, která využívala kernelová jádra.

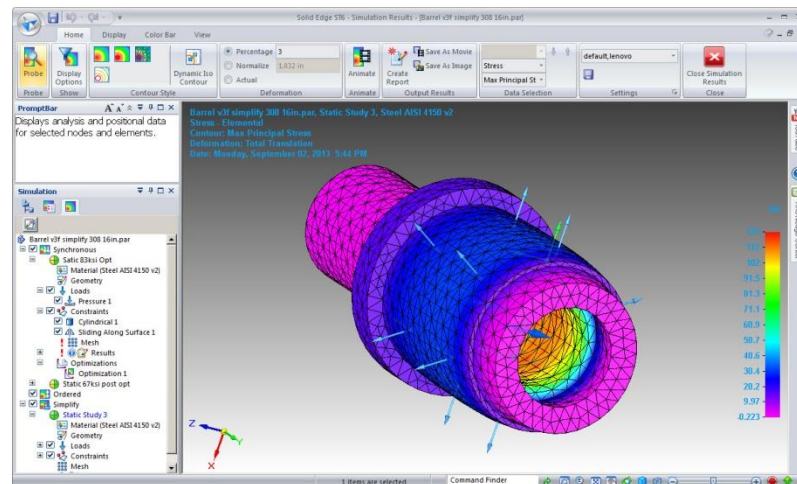
V říjnu roku 1997 vyšla verze Solid Edge s názvem V3.5. Tato verze už uměla využívat vlastnosti kovových materiálů.

Po dlouhé odmlce ve vývoji programu přešel roku 2007 UGS Corp pod společnost Siemens AG. Toho samého roku byla UGS Corp přejmenována na Siemens PLM Software. Vzhledem k tomu začal Siemens nabízet bezplatnou verzi pro 2D kreslení nesoucí název Solid Edge 2D drafting. Což je veliké plus pro další vývoj, ale nic velkého pro svět 3D modelování. Hned v roce 2008 začal Solid Edge využívat synchronní technologie. [20]



Obrázek 14 – Ukázka Solid Edge 2D Drafting [21]

13. října 2010 byla na svět uvedena velice zajímavá verze Solid Edge ST3. Tato verze už byla velmi moderní oproti původním. Spousta nových možností, kompletní změna designu programu, spousta nových funkcí a možností práce s programem. Dalo by se říct, že to byla první verze, která odstartovala éru Solid Edge. Další verze nesla název Solid Edge ST4. Tato verze se až tak neliší od ST3, jen vylepšila modelování, urychlila práci a opravila problémy programu. V červenci roku 2012 vyšla verze Solid Edge ST5, která přinesla přes 1300 nových zlepšení. Tato zlepšení zahrnují rychlejší využití synchronní technologie, zjednodušení výkresové dokumentace, výpočty vedení tepla a další. Je to zatím nejvyspělejší verze programu. [13] [20]



Obrázek 15 – Ukázka deformace a barevného spektra [22]

Někteří možná na tuto dobu čekali již něco víc, ale nakonec Solid Edge šokoval tím, když oznámil, že 3D modely součástí a sestav lze zobrazovat, otáčet, skrýt, nebo odesílat obrázky emailem pomocí bezplatné aplikace iPad Solid Edge Mobile Viewer určený pro iPad. V roce 2013 přišel Solid Edge s novou verzí programu ST6, která opět posunula modelování o něco dále. Solid Edge ST6 obsahuje nové funkce umožňující zrychlit navrhování, urychlit revize a lépe opětovně využívat importovaná data. Můžete konstruovat širší řadu různých výrobků, přičemž nové optimalizační funkce simulace umožňují vylepšit integraci a umístění součástí a zároveň snížit náklady na materiál. Chcete-li přejít na Solid Edge z jiného systému, nástroj pro hromadnou migraci celý proces zjednodušuje zachováním většiny informací původního návrhu. [20] [23]

1.2 Současnost modelovacích programů

V dnešní době jsou dostupné programy jako CATIA, Solid Edge, Solid Works a další, které se přímo specializují na tvorbu 3D modelů a až potom na jejich následné převedení na 2D výkres.

Můžeme využít velmi propracovaných programů a tak se nemusíme trápit s výpočtem obsahů a obvodů, protože tyhle programy to udělají za nás. A nejen tyhle, dalo by se říci, maličkosti, ale v poslední době se tyto programy zaměřily i na vnitřní problémy materiálů a součástí. To znamená, že už nemusíme dělat nějak složité zkoušky na namáhání, a pak se po neúspěchu vracet zpět do vývoje, ale můžeme si rovnou v programu zobrazit vnější zatěžující síly a namáhání.

1.3 Vývoj programů

CAD programy závisely na rozvoji hardwaru počítačů. Zpočátku docházelo spíše k pomalému vývoji softwaru a rychlejšímu rozšiřování hardwaru, počítače tehdy nezvládaly pracovat s velkým zatížením grafiky. V dnešní době je vše jinak. Procesor PC dokáže pracovat i se třemi CAD programy zároveň a počítače bez problému zvládají více operací najednou. Samotný vývoj programů a jejich největší rozmach přišel až ve 21. století. Je to velice krátká doba na to, kolik programů a kolik detailů se v modelování změnilo a zjednodušilo. Příkladem je zobrazení 3D modelu, kde si lze zvolit z několika typů zobrazení (model s viditelnými hranami, stínovaný model, drátový model...). Můžeme si nastavit prostředí, v jakém se nám model zobrazí, měnit mu barvu pro lepší přehlednost atd..... V dnešní době už pro nás není žádný problém součást, kterou jsme vymodelovali na počítači, si prohlédnout v mobilním telefonu, nebo dokonce pomocí různých aplikací dále pak tuto součást upravovat a modifikovat. Vývoj programů jde neustále dopředu a rozdíl je rok od roku znát.

2 AUTOCAD

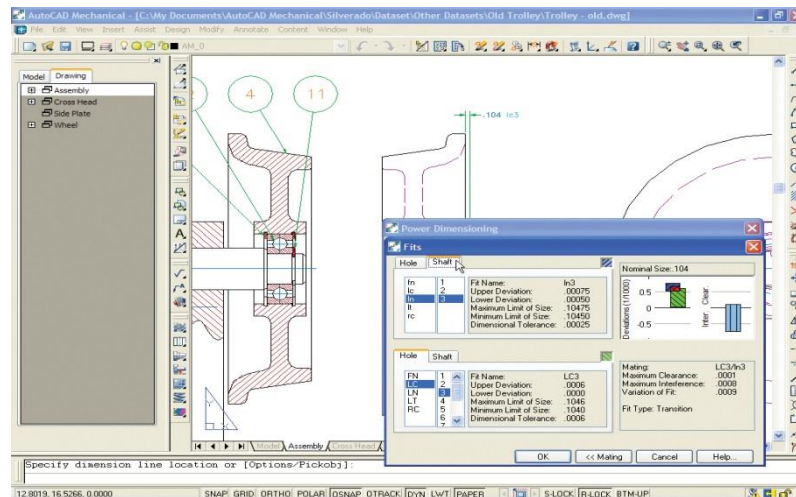
2.1 Obecné informace o programu

AutoCAD je produkt firmy Autodesk, představující světovou špičku mezi CAD programy. Jeho formáty souborů DWG a DXF jsou standardem při výměně CADovských dat. V současné době je ve světě přes 4.000.000 oficiálních instalací aplikací AutoCAD. Vedoucí pozici aplikace AutoCAD na CAD trhu potvrzuje i opakované získání titulu CAD produkt roku udělovaného odborným tiskem. Jen do výzkumu a vývoje věnuje Autodesk ročně tolik finančních prostředků, jako je celoroční obrat nejbližšího konkurenta.

Aktuální verzi AutoCADu je AutoCAD 2014. AutoCAD 2014 podporuje Windows 7,8 a XP, AutoCAD 2010/2011/2012 podporuje Windows 7, Vista a XP, AutoCAD 2009, AutoCAD 2008, AutoCAD 2007 podporují Windows Vista a XP, AutoCAD 2006, AutoCAD 2005, AutoCAD 2004, AutoCAD 2002, AutoCAD 2000i i AutoCAD 2000 (a AutoCAD R14) podporují pouze platformu Win32 (Win9x, WinNT4 a Win2000, WinXP, popř. Vista a Win7). [24] [27]

2.2 Možnosti programu ve strojírenských aplikacích

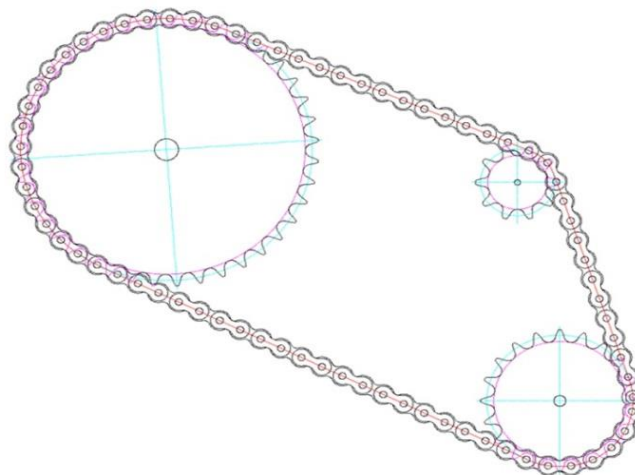
AutoCAD Mechanical je specializovaná aplikace pro navrhování a kreslení a nabízí podstatně vyšší produktivitu při práci na komplikovaných strojírenských návrzích než základní AutoCAD. AutoCAD Mechanical je verzi aplikace AutoCAD určenou pro výrobu, cíleně vytvořenou ke zrychlení procesu strojírenského navrhování. Obsahuje všechny funkce aplikace AutoCAD, plus navíc komplexní sadu nástrojů pro automatizaci strojírenských a inženýrských úloh, jako je například generování strojních součástí, kótování či tvorba kusovníků. AutoCAD Mechanical nabízí knihovnu více než 700 000 standardizovaných prvků a podporuje řadu mezinárodních návrhářských norem. [3] [25] [27]



Obrázek 16 – Dimenzování součásti a volba tolerancí [26]

Generátor řemenových a řetězových sestav

Umožňuje rychle a snadno vytvářet řetězové a řemenové sestavy, které vychází z inženýrských výpočtů a zaručují optimální fungování. Na základě údajů zadaných uživatelem je automaticky vypočítána optimální délka řetězů a řemenů, následně jsou tyto sestavy vloženy do návrhu. Můžeme ale začít i tak, že jednoduše vybereme řemeny a řetězy ze standartních knihoven. [27]

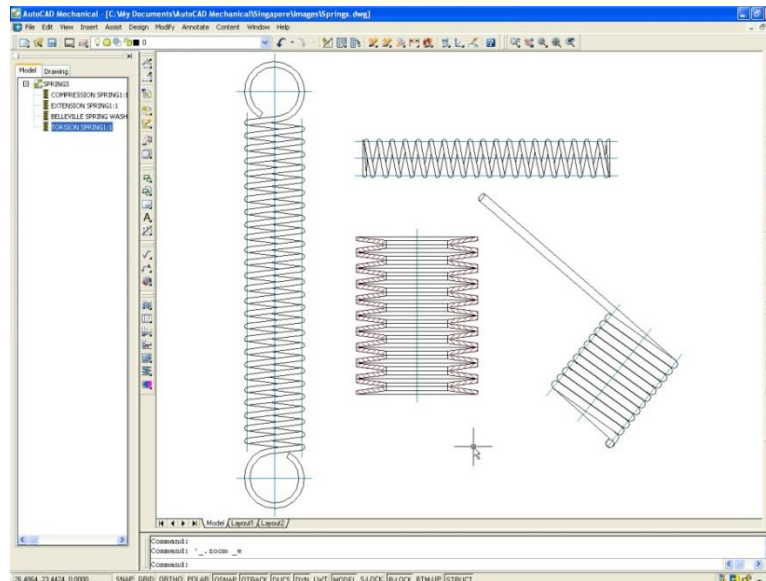


Obrázek 17 – Vygenerovaný řetězový převod [28]

Generátor pružin

Generátor pružin je rychlý, hodnotný a snadno použitelný nástroj, který umožňuje uživateli vybírat, počítat a vkládat do návrhů tlačné pružiny, tažné pružiny, torzní pružiny a podložky talířových pružin. Máme plnou kontrolu nad znázorněním typu pružiny a může-

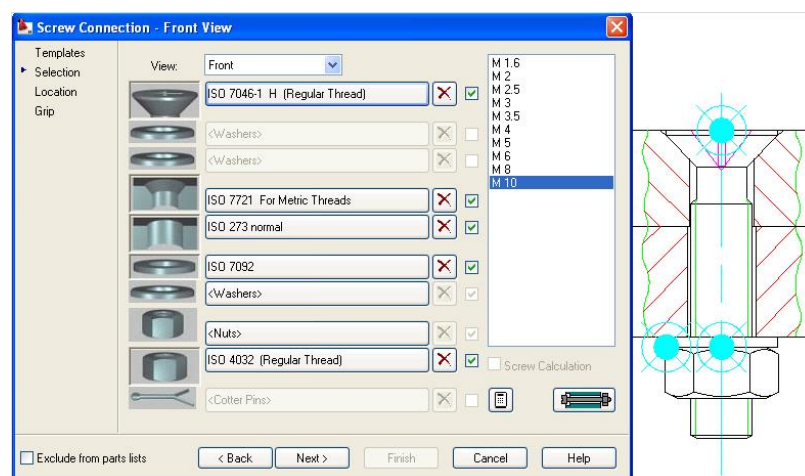
me vytvořit formulář specifikace pro vložení do výkresu. Kalkulátor pružin nám pomůže vybrat tu správnou pružinu. [3]



Obrázek 18 – Vygenerovaná pružina [29]

Knihovny standartních součástí

Knihovna předkreslených standartních součástek v aplikaci AutoCAD Mechanical pomáhá rychleji vytvářet přesnější návrhy a šetří tak hodiny času při navrhování. Tyto knihovny obsahují 700 000 normalizovaných součástí, jako jsou šrouby, matice, podložky, závlačky, nýty a ložiskové vložky. Obsahuje také 100 000 předkreslených prvků, jako jsou vybrání, ukončení závitů a klínové drážky. Tyto knihovny jsou velmi využívány pro svou rychlost a přesnost, dále pak pro schopnost automatického vložení, takže není nutné součást upravovat ručně. [3] [27]



Obrázek 19 – Knihovna pro normalizovaný šroubový spoj [25]

2D analýza metodou konečných prvků

Pomocí 2D analýzy metodou konečných prvků můžeme rychle určit potenciální poruchové oblasti v návrhu a analyzovat jejich integritu při různé zátěži. Vyhneme se tak pozdějšímu nákladnému zkoušení výrobků či údržbě v terénu. 2D analýza metodou konečných prvků je snadno použitelný nástroj k určení odolnosti objektu vystaveného statické zátěži. K analyzované součásti lze přidávat pohyblivé i pevné podpůrné prvky, případně napěťové body, čáry a oblasti. [3]

2.3 Obecné oblasti využití

AutoCAD je úspěšně využíván v celé škále aplikací - zahrnuje oblasti od strojírenství, přes stavebnictví, architekturu a mapování, elektrotechniku, a další. [24]

3 CATIA

3.1 Obecné informace o programu

CATIA je software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE a nejrozšířenější CAX systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě. CATIA pochází z dílny francouzské společnosti DSS (Dassault Systèmes) a poskytuje nástroje, které umožňují pokrýt kompletní životní cyklus výrobku, a to od návrhu designu, vlastní konstrukce, přes různé analýzy, simulace a optimalizace, tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu až po údržbu a případnou recyklaci. Systém CATIA se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzálnosti, tzn., že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství. Pro konkrétní podmínky použití a požadavky zákazníků je CATIA V5 vyvíjena ve třech různých platformách: P1, P2 a P3.

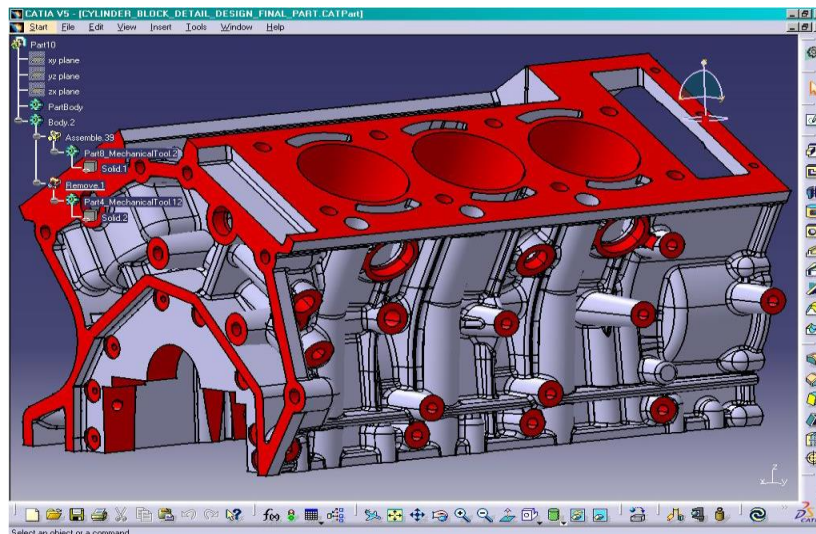
Všechny platformy jsou tvořeny jednotlivými produkty řazenými do konfigurací, které lze přizpůsobit potřebám zákazníka doplněním příslušných produktů, a tím sestavit platformu dle požadavku uživatele a potřeb procesu. Lze poskládat z modulů uživatelskou konfiguraci, a to spojením jedné ze základních konfigurací s moduly, které uživatel potřebuje. [30]

3.2 Možnosti programu ve strojírenských aplikacích

Nabízena jsou také zkompletovaná seskupení produktů, které odpovídají obvyklým uživatelským profilům v průmyslových i výrobních oblastech. V případě potřeby dalších funkcí je možnost k dané konfiguraci kdykoli přidat jeden nebo více samostatných produktů.

Mechanical Design Solution (Mechanická konstrukce)

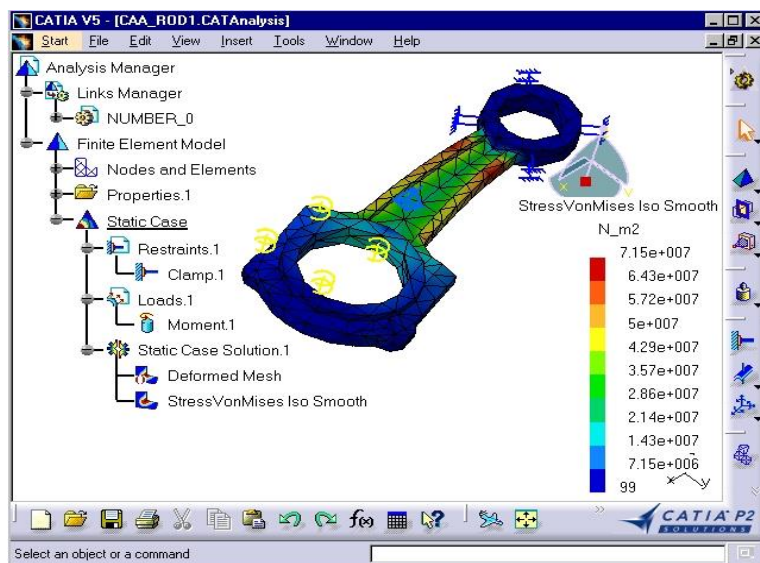
Zahrnuje nástroje pro intuitivní 3D objemové modelování (Part Design), modelování ploch, práci s plechy, tvorbu a práci se sestavami a pro tvorbu výkresů.



Obrázek 20 – Cylindrový blok motoru V6 [25]

Analysis Solution (Inženýrské analýzy)

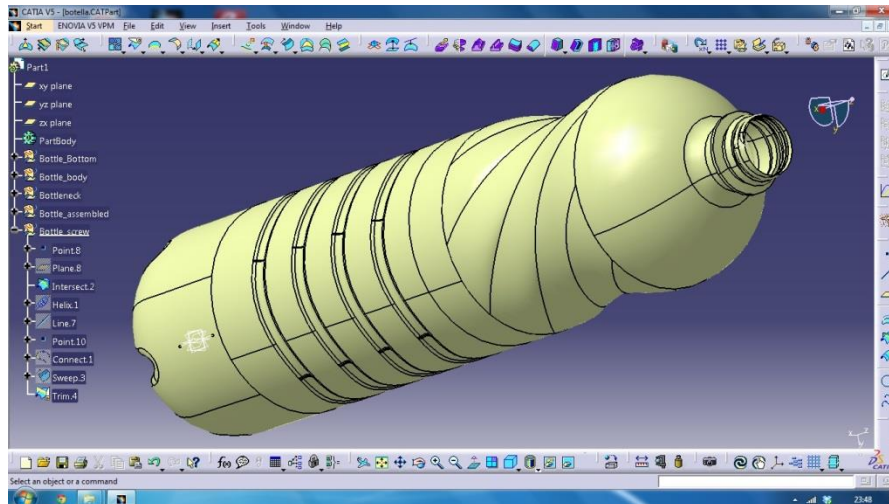
Umožňuje jednoduché analýzy metodou konečných prvků, k prvotní analýze jednotlivých dílů nebo sestav.



Obrázek 21 – Analýza namáhaného tělesa

Shape Design & Styling Solution (Tvarování a styling)

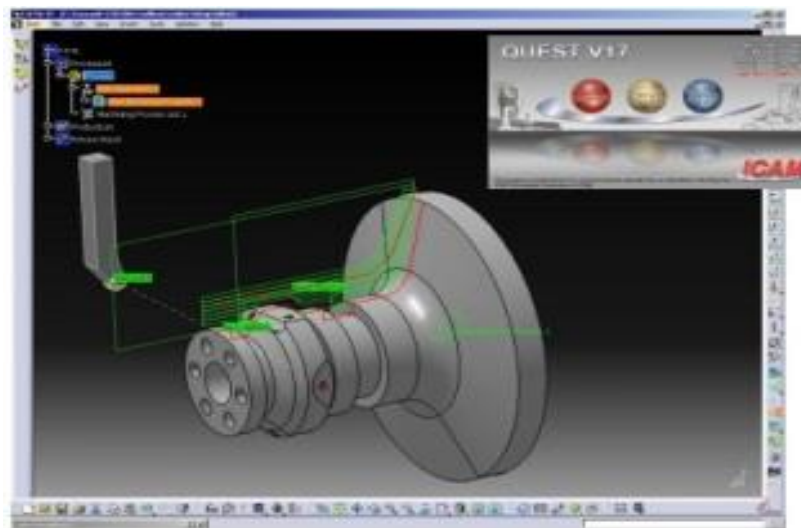
Zahrnuje nástroje pro tvorbu jednoduchých i složitých ploch. Jejich hlavní využití je v oblasti automobilového karosářství. Vytváří koncepční fáze vývoje produktu.



Obrázek 22 – Tvarování PET láhve [31]

NC Manufacturing (NC obrábění)

Zahrnuje specializované CAM aplikace. Připravuje produkt už od výroby, programuje a simuluje NC stroje. [13] [30]



Obrázek 23 – Obrábění náboje kola [32]

3.3 Obecné oblasti využití

Produkty systému CATIA společnosti Dassault Systèmes nabízejí plné spektrum technologií a služeb, které posilují průmyslové společnosti po celém světě díky komplexnímu prostředí pro vývoj výrobku. Komplexnost systému CATIA dokladuje rozsah použití systému v následujících průmyslových oblastech:

Letecký průmysl

PLM se používá ve všech segmentech světových leteckých, kosmických a obranných společnostech od civilního a vojenského letectví, až po satelity a vypouštění družic do kosmu. V průmyslovém odvětví, kde není možno nic předem považovat za jisté, většina společností realizujících se v letectví spoléhá na systém CATIA a na další inženýrská řešení od společnosti IBM a Dassault Systèmes. [33]

Automobilový průmysl

Společnost IBM jako hlavní dodavatel automobilových společností všech rozměrů po celém světě, nabízí řešení PLM, trhem ověřenou technologii a služby pro vývoj a konstrukci osobních automobilů a dodávkových vozů, nákladních vozů a autobusů, ale v neposlední řadě také závodních vozů, motocyklů a speciálních dopravních prostředků. [34]

Strojírenský průmysl

CATIA a všeobecně IBM PLM jsou uplatňovány ve společnostech ze všech odvětví strojírenského průmyslu, včetně výrobců zcela nových zařízení pro těžké, neboli robustní, stavební, textilní, zemědělské a papírenské stroje. [34]

Lodní průmysl

IBM PLM přináší prospěch výrobcům a provozovatelům výletních lodí, komerčních a specializovaných plavidel, bitevních lodí a ponorek díky usnadnění a automatizaci rozhodujících kroků vývoje produktu od konceptu, povrchových úprav trupu, až k vyhlazování, vybavení, výrobě a zprovoznění.

Další průmyslové oblasti

Jako další odvětví je i celkem značné využití CATIA mezi výrobcí pneumatik a všeobecně v gumárenském průmyslu, ve společnostech zabývajících se stavbou a navrhováním výrobních linek, dále pak v oblasti řešení ergonomie se simulacemi lidských pohybů a tedy návrhu personálních pracovišť. CATIA se velmi často využívá také pro pevnostní analýzy FEM, dále například ve zdravotnictví apod. Postupem času se jistě bude oblast využití stále rozšiřovat, protože CATIA je stále obohacována a doplňována novými moduly, které řeší nové a nové metody, techniky a oblasti návrhů, konstrukcí a simulací. [13] [33]

4 SOLID EDGE

4.1 Obecné informace

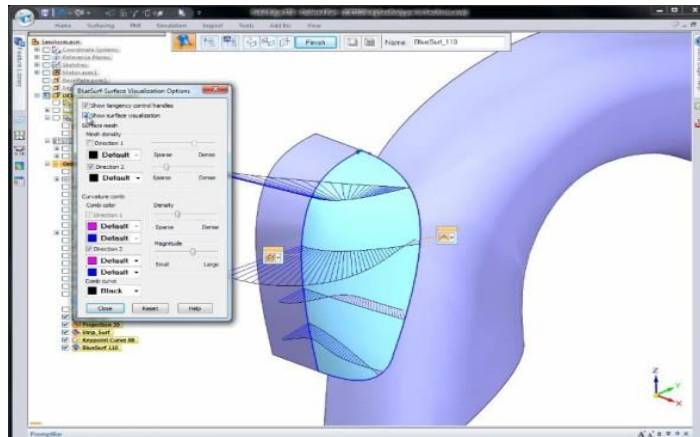
Solid Edge se synchronní technologií je hybridní 2D/3D návrhový systém od společnosti Siemens. Solid Edge je základní součástí produktové řady Velocity Series, která pomáhá výrobním organizacím zvýšit tržby při snížení nákladů. Zakomponování synchronní technologie, výjimečné modelovací jádro Parasolid, procesně zaměřené pracovní postupy, nedostižný komfort práce a rychlost při vytváření technické dokumentace stejně jako integrace řešení pro správu životního cyklu výrobku vám umožní dostat výrobek na trh rychleji než konkurence.

Solid Edge se synchronní technologií přináší nový způsob práce, který kombinuje rychlost a pružnost explicitního modelování s ovladatelností a automatizací parametrického modelování. Model se vytváří pomocí skládání konstrukčních prvků, ale bez jejich historické závislosti. Prvky, které se nejlépe modifikují pomocí parametrů definovaných při vytváření, jako jsou skořepina, díra nebo pole prvků představují skupinu takzvaných procedurálních prvků. Tyto prvky dovolí editaci svých parametrů bez nutnosti přepočítávat prvky, které byly přidány k modelu později. 3D kóty se převezmou z původních skic, nebo je možné je vkládat přímo na 3D geometrii tělesa. Aktivní pravidla zajišťují zachování předpokládaného tvaru součásti při modifikaci rozpoznáním geometrických vazeb na tělese bez nutnosti jejich předchozího zadání. Jednotlivé vazby je možné podle potřeby potlačit. [23]

4.2 Možnosti programu ve strojírenských aplikacích

Plošné modelování

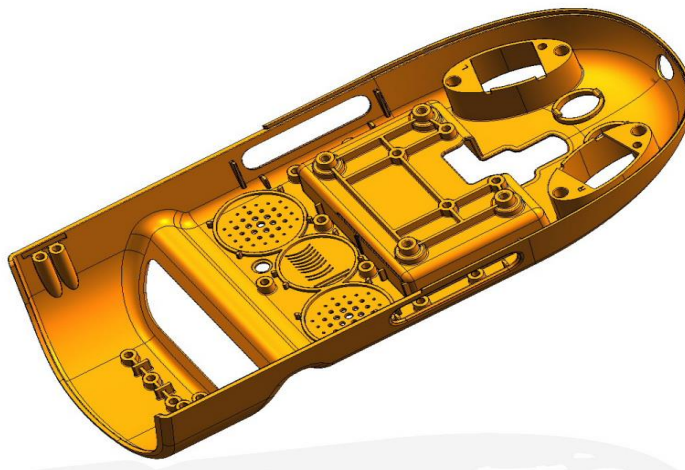
RAPID BLUETM - technologie, která změnila zažitá konvence. Při současném zachování parametrickosti odstraňuje omezení tradičních metod modelování ploch dané stromem historie. Díky přímé editaci tvarů křivek bez závislosti na historii jejich vytvoření mají uživatelé plnou kontrolu nad výsledným tvarem ploch. [23] [35]



Obrázek 24 – Plošné modelování [36]

Plastové výlisky

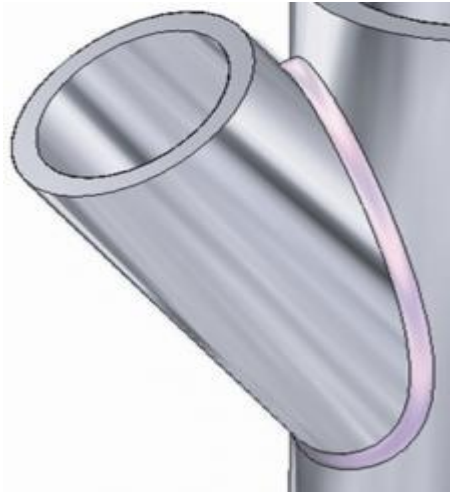
V prostředí součásti je dostupná skupina speciálních příkazů pro snadné modelování plastových výlisků, jako jsou větrací otvor, nálietek, žebrování nebo lem. K produktivní práci s konstrukčními uzly slouží knihovna prvků, která usnadňuje jejich opětovné použití.



Obrázek 25 – Plastový výlisek [37]

Svařence

Prostředí respektuje technologická specifika svařenců a umožňuje jednoduše získat výkresovou dokumentaci každé klíčové fáze výroby svařence (úpravy před svařením, svařovací sestava, opracování po svaření,...). Pro ověření kolizí, nebo získání přesné informace o hmotnosti a těžištích je možné sváry poloautomaticky vymodelovat. Pro účely technické dokumentace však většinou postačuje jejich označení pomocí PMI. Veškeré informace se automaticky přenáší do výkresu. Solid Edge umožňuje plnohodnotné nastavení značky sváru podle řady norem.



Obrázek 26 – Svařenec [38]

Plošné spoje

Spolupráce aplikace PCB TO 3D integrované do Solid Edge umožní rutinní vygenerování 3D modelu osazené desky plošného spoje během několika okamžiků. 3D model se zanalyzuje (prostorové kolize, tepelné a elektromagnetické záření apod.) a přímo funkcemi Solid Edge se mohou případně kolidující součásti posunout na požadovaná místa. Tato změna polohy se automaticky zpětně projeví v CAD systému pro tvorbu plošných spojů.

Ohýbané trubky, potrubí

Trubky a potrubní systémy se v Solid Edge projektují snadno a rychle. Stačí pouze ukázat počáteční a cílový bod trubky, a systém navrhne několik variant vedení, optimalizovaných z různých hledisek. Je také možné zvolit vlastní trajektorii nebo upravit trajektorii navrženou systémem. Solid Edge obsahuje rozsáhlou databázi potrubních tvarovek a prvků s podporou mezinárodních standardů. [23] [35]

4.3 Obecné oblasti využití

Solid Edge je úspěšně využíván ve většině odvětví průmyslu. Veliká výhoda Solid Edge je testování výrobku přímo v programu, a tak se zde využívá testování hlavně velkých sestav, tvarově složitých nebo těžko přístupných součástí. Uplatnění tak najdeme nejen ve strojírenství, ale také v elektrotechnice, stavebnictví, chemickém průmyslu, astronomii, automobilovém průmyslu, letectví a dokonce i ve zdravotnictví. [35]

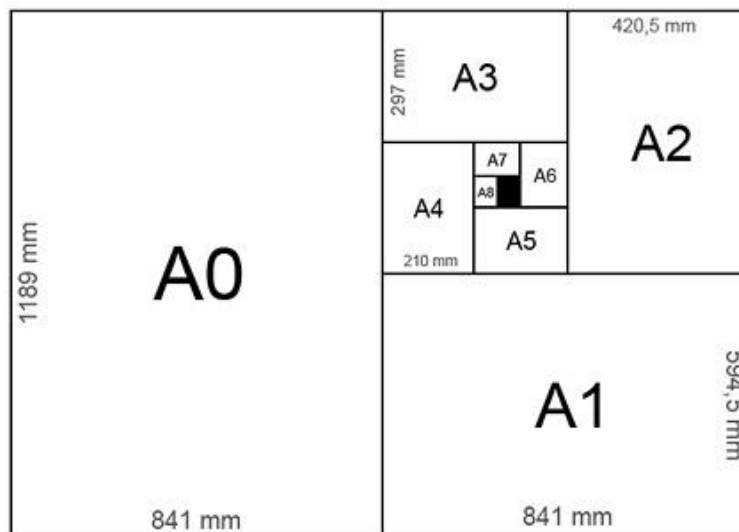
5 ZÁSADY TVORBY VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Výkresová dokumentace hraje v technické oblasti nezastupitelnou roli. I v době digitálního zpracování dat je základním vyjadřovacím prostředkem konstruktéra. Přestože dnes existují oblasti, kde je možné se vyhnout tvorbě výkresové dokumentace, je nutné vždy uvažovat při nákupu 3D softwaru s její existencí. V praxi se i v případě přímého přenosu geometrických dat na výrobní zařízení často vyskytuje nutnost kombinace s výkresovou dokumentací. Typickým případem jsou například lisovací nástroje pro výrobu složitých tvarovaných součástí pomocí technologie tažení. Funkční část nástroje je definována pomocí obecných ploch, jejichž geometrii je možné popsat na výkrese pouze problematicky. Právě zde je nutné přenášet geometrii přímo pomocí dat do CAM systému a zde prostřednictvím technologických postupů vytvořit řídicí program pro obráběcí stroj.

Za zřejmě nejkritičtější postupy při nasazení 3D modelování je nutné považovat exporty 2D vygenerovaných pohledů a jejich dotváření v jiných aplikacích. Tento postup je možný, ale pohledy ztrácí asociativitu (provázanost s modelem) a modifikace součásti znamená zcela zásadní změnu a tvorbu nového výkresu prakticky od začátku. [39]

5.1 Formáty výkresů

Norma ISO 5457 je určena pro použití formátů výkresových listů pro všechny způsoby tvorby a rozmnožování technických výkresů ve všech oblastech průmyslu a ve stavebnictví. Základním formátem je A0, který má plochu 1m^2 . Ostatní formáty vznikají jeho postupným půlením. Rozměr formátu se shoduje s rozměrem oříznutého formátu ($a_2 \times b_2$). Přednostně se volí uvedené formáty, prodloužené formáty se volí v odůvodněných případech pro úsporu papíru (dlouhé předměty, liniové stavby). Originál výkresu se zhotovuje na nejmenším formátu dovolujícím nezbytnou zřetelnost a rozlišitelnost. Nejmenší použitelný formát je A4. Formát A4 se používá na výšku, ostatní formáty na šířku. Prodloužené formáty se tvoří tak, že formáty A1, A2 a A3 mají prodlouženou delší stranu na délku některého většího formátu. Formát A4 se neprodlužuje.



Obrázek 27 – Formáty papírů [40]

Popisové pole (dříve rohové razítko) se umísťuje v pravém dolním rohu výkresu tak, že jeho pravá a dolní hranice leží na rámečku vyznačujícím kreslicí pole. Na formátech A3 až A0 a na prodloužených formátech se umísťuje popisové pole do pravého dolního rohu rovnoběžně s delší stranou výkresu (tyto formáty se smí používat pouze vodorovně). Maximální délka identifikační části je 170 mm a tato část se orámuje velmi tlustou čarou. Na formátu A4 se umísťuje popisové pole rovněž do pravého dolního rohu, avšak rovnoběžně s kratší stranou (formát A4 se smí používat pouze na výšku). Směr čtení údajů v popisovém poli musí být shodný se směrem čtení výkresu. [39]

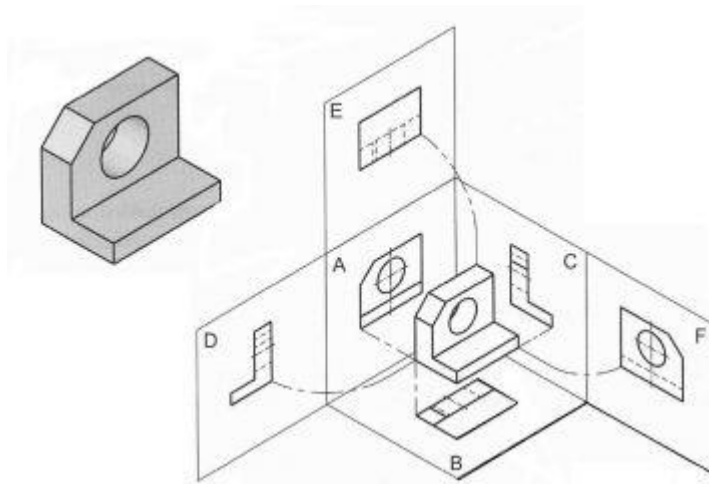
5.2 Přehled metod zobrazování

Rovnoběžné promítání je promítání, při němž jsou myšlené promítací přímky navzájem rovnoběžné a současně rovnoběžné se směrem promítání, který nesmí být rovnoběžný s průmětnou.

Kosoúhlé promítání je rovnoběžné promítání, při němž promítací přímky svírají s průmětnou jiný než pravý úhel, promítací rovina je rovnoběžná s jednou ze souřadných rovin a s čelní stěnou zobrazovaného předmětu, jejíž rozměry tak zůstávají v průmětu zachovány v měřítku.

Středové promítání je takové promítání, při němž vycházejí promítací přímky ze společného bodu (středu), který nesmí ležet v průmětně.

Pravoúhlé promítání je rovnoběžné promítání, jehož směr svírá s průmětnou pravý úhel. Obrazy získané pravoúhlým promítáním jsou dvourozměrné, systematicky umístěné ve vzájemném vztahu. V praxi se užívá promítání na několik navzájem kolmých hlavních průměten (obvykle na tři), popř. na další pomocné průmětny. Předmět se může zobrazit až v šesti hlavních směrech uvedených v pořadí priority na obrázku. Za hlavní obraz („pohled zepředu“) se volí takový obraz, který obsahuje nejvíce informací. [2] [39]



Obrázek 28 – Promítání ISO E [41]

Kromě úplných pohledů na předmět lze pro úplné zobrazení použít pohledů jen na určitou část předmětu. Jsou to -částečný pohled -místní pohled

Částečný pohled se používá v případech, kdy část předmětu nelze zobrazit podle pravidel pravoúhlého promítání na průmětny k sobě kolmé bez zkreslení tvaru a rozměrů (takové hrany se nesmějí kótovat). Použije se pomocné průmětny, rovnoběžné s hranou, část předmětu se do ní promítne a obraz částečného pohledu se umístí podle pravidel umístění sdružených pohledů. Částečný pohled se může posunout, případně posunout a potočit. Obraz součásti, nakreslený v částečném pohledu, se ukončí buď tenkou nepravidelnou čarou (od ruky) nebo pravidelnou čarou se zlomy.

Místní pohled se použije pro zjednodušení zobrazení v případě, že je třeba zobrazit tvar pouze určitého konstrukčního prvku (drážky pro pero, díry v náboji s drážkou pro pero apod.). Místní pohledy se kreslí čarou souvislou tlustou a jsou spojeny se základním obrazem tenkou čerchovanou čarou, kreslenou v ose prvku. Podle návrhu ISO/DIS by se měl směr místního ohledu označit šipkou.

Rozvinutý pohled se používá v několika možných situacích. Například pro zobrazení tvaru polotovaru předmětu zhotoveného ohýbáním. Místa ohybu v rozvinutém obraze se vyznačují tenkou čerchovanou čarou se dvěma tečkami.

Přerušení obrazu (tenkou nepravidelnou čarou od ruky nebo tenkou pravidelnou čarou se zlomy) se použije pro úsporu místa na výkrese při zobrazování dlouhého předmětu s neměnným nebo spojitě proměnným příčným průřezem.

Souměrné obrazy pokud je obraz osově souměrný, pak můžeme kreslit jen jeho polovinu, popř. čtvrtinu. Souměrnost se vyznačí na krajích stop rovin souměrnosti dvěma krátkými rovnoběžkami kreslenými tenkou souvislou čarou kolmo k čerchované čáře. U nás se souměrné předměty kreslí obvykle tak, že obrysové čáry mírně překračují osu souměrnosti, popř. osu roviny souměrnosti a dvě krátké rovnoběžky se potom nekreslí.

Opakující se shodné prvky mohou být zobrazeny zjednodušeně (např. osami), vždy však musí být specifikován počet a rozměry prvků (kótováním). Jedná-li se o zuby nebo drážky, nakreslí se 1 prvek, případně prvek první a poslední, ostatní se dokreslí dvěma čarami – souvislou tlustou ukončení materiálu, souvislou tenkou patní čára nebo kružnice. Stejně díry, umístěné rovnoměrně na roztečné kružnici na přírubě, lze zjednodušeně kreslit podle obrázku. Průměr a počet děr se určí kótováním. [2] [39]

5.3 Řezy a kótování

Řez je obraz předmětu rozříznutého myšlenou rovinou (nebo jinou rozvinutelnou plochou). Přitom se nezobrazují části předmětu ležící před rovinou řezu, ale zobrazují se jen ty, které leží za touto rovinou. Materiál součásti v řezu (řezaná plocha) se vyznačuje šrafováním. Řez se má vést vždy nejužším místem. Je-li plocha roviny řezu zcela zřejmá, například leží-li v ose souměrnosti, a je-li obraz umístěn podle základních pravidel promítání, nemusí se ani rovina řezu, ani obraz řezu označovat. Není-li poloha řezu zřejmá, nebo je-li v obraze více rovin řezu, musí se označit rovina řezu i obraz řezu. Myšlená rovina řezu se v obraze vyznačuje tenkou čerchovanou čarou v celém průběhu. První a poslední čárka jsou kresleny tlustě. Myšlená rovina řezu a obraz řezu se označují shodnými písmeny velké abecedy, mohou se kombinovat s číslicemi.

Řezy rozdělujeme na podélné a příčné. Podélné řezy jsou vedeny podélnou osou nebo rovinou souměrnosti, popř. rovnoběžně s nejdelším rozměrem součásti. Příčné řezy jsou vedeny kolmo na podélnou osu.

Příčný řez je řez procházející kolmo na podélnou osu předmětu.

Podélný řez je takový řez, který prochází podélnou osou předmětu. V podélném řezu se nekreslí plné součásti, vyrobené z tyčí (převážně normalizované součásti – šrouby, čepy, kolíky, klíny, pera aj.), a také plné součásti vyrobené z plechů nebo pásů, dlouhé plné součásti se shodným tvarem průřezů (např. hřídele), žebra, ramena kol, výztuhy apod.

Lomený řez je řez tvořený různoběžnými rovinami, svírajícími úhel větší než 90° ; prvky, ležící v řezné rovině se zobrazují pootočené a promítnuté do průmětny.

Zalomený řez má stejné vlastnosti jako lomený řez, řezné roviny svírají úhel 90° .

Částečný (poloviční) řez je možné nakreslit u souměrných (obvykle rotačních) součástí tak, že jedna polovina se nakreslí v pohledu a druhá v řezu. V řezu se kreslí pravá nebo dolní polovina předmětu, řezná rovina se neoznačuje. Výhodou je, že v jednom obraze lze okótovat vnější i vnitřní hrany.

Rozvinutý řez má zakřivený tvar, přizpůsobený tvaru předmětu tak, aby bylo zobrazeno co nejvíce vnitřních hran. Obraz řezu se kreslí rozvinutý.

Místní řez se v obraze pohledu vyznačí tenkou čarou od ruky nebo tenkou čarou se zlomy, používá se pro zobrazení vnitřních detailů (šetří kreslení větších ploch v řezu – šrafování je pracné!). Úhlopříčky tenkou čarou na obrázku vyznačují rovinnou plochu.

Vynesená tvarová podrobnost (detail) se kreslí tehdy, když není možné určitý tvarový prvek vykreslit a okótovat úplně v měřítku, zvoleném pro celý výkres. Vynesená tvarová podrobnost nemusí být zobrazena shodně se základním obrazem, může být např. zobrazena jako řez, i když základním obrazem je pohled, nebo naopak. Poloha musí odpovídat poloze základního obrazu, popř. může být označena pootočená poloha.

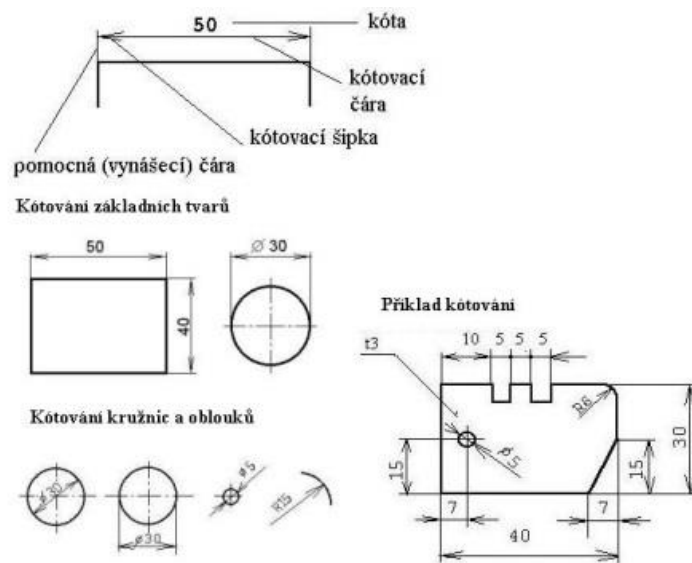
Kótování strojních součástí, zařízení nebo strojů nestačí jen správně zobrazit. Zobrazením součásti je dán její tvar, nikoli však její velikost. Odměřování rozměrů součásti z výkresu není ve výrobě obvyklé, proto musíme zapsat na výkresu všechny údaje potřebné pro výrobu, kontrolu a montáž. Zapisování rozměrů na výkrese se nazývá kótování. Kóty určující

velikost a vzájemnou polohu tvarových prvků na výkrese výrobku se posuzují se zřetelem k: funkci výrobku, postupu jeho výroby a montáže a ke způsobu kontroly jeho rozměrů.

Funkční kóta je rozměr důležitý z hlediska funkce předmětu

Nefunkční kóta je rozměr, který není důležitý z hlediska funkce výrobku

Informativní kóta je přibližný rozměr uvedený pouze pro informaci v oblých závorkách
Informativní kóta je obvykle odvozena z jiných rozměrů na výkrese nebo v ostatní dokumentaci. Informativní kóty nejsou určující pro výrobu, ani pro kontrolu.



Obrázek 29 – Základní vysvětlivka ke kótování

Úchylka rozměrů znamená, že skutečný rozměr součásti musí ležet mezi dvěma pevně stanovenými mezními rozměry. Předepisování mezních rozměrů, tj. vytvoření předpokladu správného vztahu mezi dvěma součástmi, které jsou v sobě uloženy nebo na sebe dosedají, se označuje obecným pojmem lícování. Lícováním lze u funkčně vázaných ploch dosáhnout buď jistého stupně volnosti vzájemného pohybu součástí, nebo naopak zaručit jistý odpor nutný k jejich spojení a rozebrání. Tento vzájemný vztah se nazývá uložení. Velikosti tolerancí i uložení jsou předepisovány pomocí horních a dolních mezních úchylek.

[2] [39]

6 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část bakalářské práce se věnovala obecnému popisu CAD programů, se kterými se může student vysoké školy setkat během studia. Zabývala se možnostmi konstrukce v jednotlivých programech, jejich vývojem a popisovala samotnou historii těchto programů.

Konkrétní kapitoly se věnovaly:

- Historie CAD programů
- Popis programu AutoCAD a jeho využití při konstrukci součástí
- Popis programu CATIA a jeho využití při konstrukci součástí
- Popis programu Solid Edge a jeho využití při konstrukci součástí

Tyto informace z teoretické části bakalářské práce budou využity při konstrukci v praktické části této práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zjistit, jaké jsou možnosti jednotlivých programů, při tvorbě dílu (hřídele) a sestavy ve třech odlišných programech. V každém z programů bude řešena problematika návrhu, konstrukci dané součásti a následné vytvoření výkresové dokumentace.

Hřídel i sestava budou vytvořeny pomocí těchto programů:

- AutoCAD 2009
- CATIA V5R19
- Solid Edge ST5

V této práci budou vytvořeny součásti sestavy a hřídel ve 3D pouze u programu CATIA V5R19 a Solid Edge ST5. Následně dojde k vytvoření výrobních výkresů, u kterých bude rozebrána problematika tvorby. U AutoCADu 2009 bude rovnou vytvořen výrobní výkres pomocí 2D. Na závěr této práce bude uvedena jednoduchá tabulka, která se bude týkat vyhodnocení jednotlivých odvětví při tvorbě v programech.

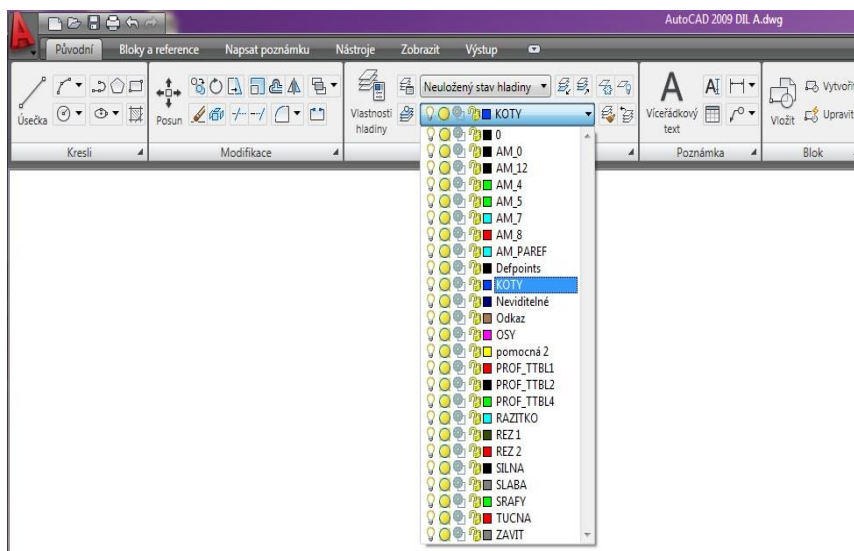
8 AUTOCAD 2009

V AutoCADu bude vytvořen výkres hřídele i sestavy ve 2D. Tím je praktická část zaměřena na přímou tvorbu výkresu, vykreslení částí výkresu a samotnou tvorbu kót.

8.1 Tvorba hřídele

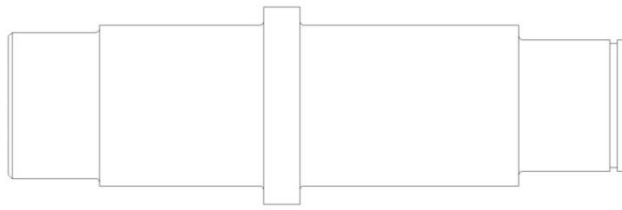
Při tvorbě hřídele, je nezbytné si uvědomit, že se jedná o 2D kreslení, a že celá práce bude vycházet z jednoho výkresu. Pro začátek je tedy dobré, aby bylo vhodně navrženo prostředí, ve kterém bude práce probíhat. To zahrnuje jak nastavení pozadí, tak vhodné nastavení hladin ve kterých budeme pracovat. Jelikož u této práce je nastaveno pozadí v bílé barvě, je tedy logické, postupovat s hladinami ve tmavších odstínech.

Při nastavení hladin můžeme nejen zvolit barvu dané hladiny, ale i typ čáry jaká bude použita a také i její tloušťku, aby byly dodrženy zásady technického kreslení. Jelikož víme, že se jedná o válcovou součást, je nezbytné si nastavit hladinu, která bude zahrnovat osy. V této práci bude pak zapotřebí vytvořit hladinu pro tlustou čáru, tenkou čáru, šrafy, závit, neviditelné hrany, a nezbytnou součástí bude i hladina pro kóty. Každá z hladin, může být samostatně nastavena. Hladinu lze zhasnout, aby nebyla v danou chvíli viditelná, ale taky ji lze uzamknout, aby nebylo možné manipulovat s objekty v dané hladině.



Obrázek 30 – Nastavení hladin v AutoCAD 2009

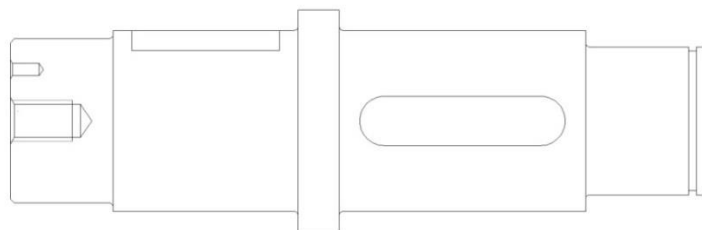
Důležitá součást každého výkresu je razítko, to je v této práci použito ze vzoru dostupného pro studenty UTB Zlín, formát výkresu je zvolen A3 pro lepší práci a měřítko součásti 1:1 pro lepší přehlednost, není jej potřeba kvůli formátu nijak zmenšovat.



Obrázek 32 – Obrys hřídele se zkosením a zaoblením

Na této zvolené hřídeli je jako další krok zvoleno vykreslení díry pro šroub, díry pro kolík, a drážky pro dvě pera.

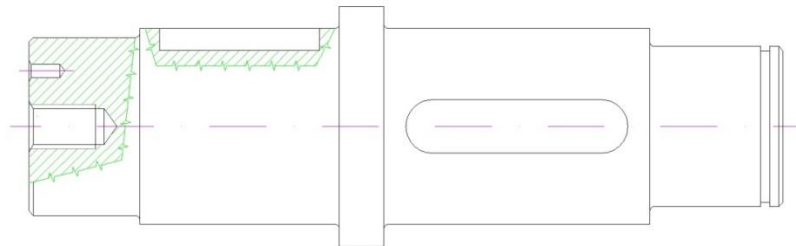
Pro vykreslení díry pro kolík a šroub je použit příkaz *ÚSEČKA*, díru je však nutné zvolit dle tabulek pro šroub M10. Stejná věc se týká zkosení konce díry a nástupní hrany. Pro drážku prvního pera, které bude v řezu, bude zvolen příkaz *ÚSEČKA*. Drážky musí být také zvoleny dle strojírenských tabulek, aby odpovídaly pro normalizovanou velikost per. Druhá drážka pro pero nám bude viditelná, tudíž bude použit příkaz *ÚSEČKA* a také příkaz *KRUŽNICE*. Přes tento příkaz vytvoříme střed kružnice a samotnou kružnici zadáním požadovaného poloměru. Musíme si dávat pozor u samotného zadávání, na vzdálenosti a délkách všech čar. Všechny tyto čáry jsou již vykresleny a musí být v pořádku dle norem pro technické kreslení.



Obrázek 33 – Obrys hřídele s drážkami pro pero

V této fázi práce je potřeba vytvořit řez, šrafy a osy. Osy jsou vytvořeny jednoduše a to použitím příkazu *ÚSEČKA*. Je zapotřebí, aby byla přepnutá hladina na Osy, zvolená hladina má jiný druh čáry a jinou tloušťku. Částečný řez je vytvořen příkazem *ÚSEČKA*, je zvolena jiná hladina než obrysová, má jiný typ čáry a jinou tloušťku. Řez vedeme kolem děr pro šroub a kolík. Druhý řez je veden podél drážky pro pero, která je řezána. Samotné šrafy jsou pak vytvořeny pomocí příkazu *ŠRAFA*. Ta vyplní uzavřenou oblast kolem děr, hranič-

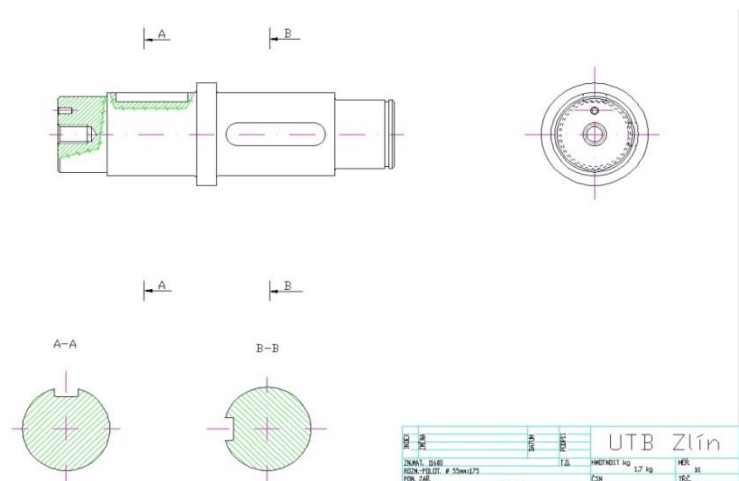
ní oblasti hřídele a vykreslené čáry pro řez. V příkazu lze nastavit jednotlivé oblasti, typ čáry, tloušťka, měřítko a zkosení, pod kterým se zobrazí.



Obrázek 34 – Hřídel s řezy a osami

Následně bude nakreslen promítnutý pohled a průřezy v místě drážek. Promítnutý pohled je vykreslen pomocí příkazu *KRUŽNICE*. Při tomto vykreslení je použito více hladin, samozřejmě obrysová hladina, ale také neviditelné hrany a osy. Osy se dokreslí přes příkaz *ÚSEČKA*.

Průřezy jsou vykresleny pomocí příkazu *KRUŽNICE*, následně pro vytvoření drážek lze použít příkaz *ÚSEČKA* a nutné je zde použít příkaz *OŘÍZNOUT*, který ořízne objekty tak, aby odpovídaly hranám požadovaných objektů.

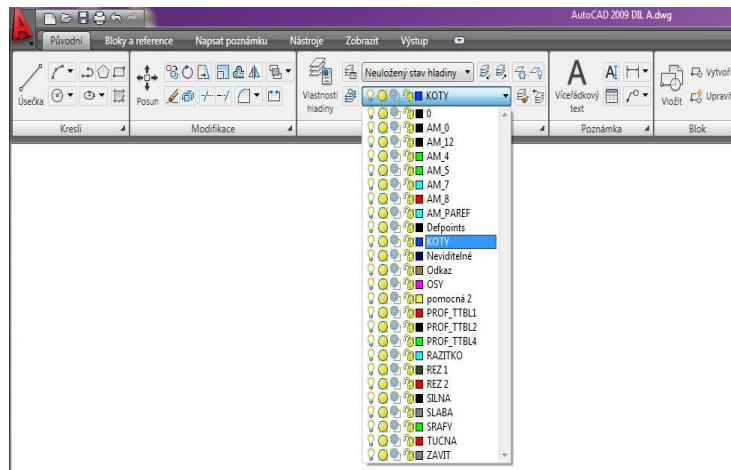


Obrázek 35 – Promítnutí a průřezy

Nyní je přistoupeno na finální úpravy v podobě kotování. Pro vytvoření většiny kót, je použit příkaz *PŘÍMÁ KÓTA*. Tímto způsobem okótujeme většinu hřídele i řezů a promítnutého pohledu. Při kótování se zadává vždy vzdálenost dvou úseček nebo hran, které je potřeba zakótovat. Kóty s tolerancí, kóty s průměrem a kóty s číselnou tolerancí, lze vytvořit upravením vlastností dané kóty. Dvojitým kliknutím levé myši na danou kótu je zobrazena tabulka s vlastnostmi kóty. V těchto vlastnostech pak lze nastavit potřebné hodnoty, od

8.2 Tvorba sestavy

Pro tvorbu sestavy platí stejná ustanovení jako pro hřídel. Nastavení hladin, čar a pozadí bude stejné, formát je zvolen A3 pro lepší čitelnost. Razítko je použito ze vzoru, které je dostupné pro studenty UTB Zlín. Ovšem při samotném návrhu výkresu je důležité si uvědomit, že základní pohled je sám o sobě dost velký a další promítnuté pohledy, či řezy se na výkres nevejdou. Proto je důležité si určit pro tento výkres měřítko 1:2.



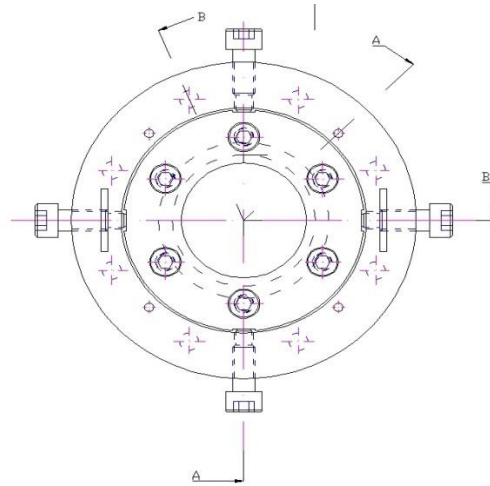
Obrázek 37 – Nastavení hladin

Při tvorbě výkresu sestavy, je důležité si uvědomit, že jde o sestavu spojenou s více součástmi dohromady. Tedy důležité je vykreslit základní pohled a řez

Pro tvorbu kruhových části bylo použito příkazu *KRUŽNICE* a za tohoto příkazu byly vytvořeny všechny viditelné obrysové hrany, ale i kružnice znázorňující šrouby, díry pro šrouby či závity. Tyto kružnice byly vytvořeny v jiných hladinách pro dodržení technických norem. Většina kružnic byla vytvořena jen jednou a za pomoci příkazu *ZRCADLI*, byla podél vybrané osy ozrcadlena. Některé kružnice, nemohly být ozrcadleny hned a na jednu ale muselo dojít k jejich kopírování pomocí příkazu *KOPÍROVAT* a následně k jejich otočení pomocí příkazu *OTOČIT*. Tímto způsobem bylo dosaženo vykreslení všech kruhových částí sestavy. Pomocí změny hladiny na *OSY* byly vytvořeny příkazem *ÚSEČKA* osy každé díry a hlavní osy celé sestavy.

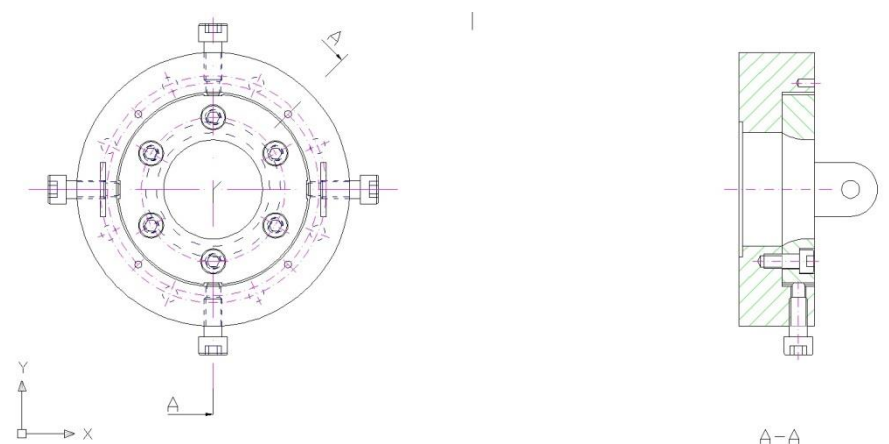
Pomocí příkazu *ÚSEČKA* byla vytvořena drážka pro šroub, svislá díra a samotný šroub, který prochází dírou a končí až v drážce vnitřní součásti sestavy. Pro zaoblení hran na hlavě šroubu bylo použito příkazu *ZAOBLI*. Následně pomocí příkazu *ZRCADLI* došlo k ozrcadlení šroubu, díry a drážky na protější stranu od osy sestavy. Poté pomocí příkazu *KOPÍROVAT* došlo ke kopii těchto dvou šroubů, děr a drážek a následně byli pomocí pří-

kazu *OTOČIT*, pootočený o 90° a umístěny na své místo. Příkazem *ÚSEČKA* pak došlo k vytvoření obrysů koncovky na sestavě a k zrcadlení přes příkaz *ZRCADLI*. Na hlavním pohledu tak byly už jen vytvořeny pomocí příkazu *ÚSEČKA* hraniční čáry pro řezy.



Obrázek 38 – Základní pohled sestavy

Pro vytvoření řezů bylo nejjednodušší použít příkaz *ÚSEČKA*, pomocí kterého se vykreslili obrysové hrany od základního pohledu. Tím vznikl obrys řezu, a dále pak už jen stačilo pomocí téhož příkazu dokreslit tloušťku sestavy a obrysy jednotlivých dílů. Dále pomocí příkazu *ÚSEČKA* byly vytvořeny šrouby, díry a veškeré obrysy řezaných částí. Při tvorbě vnitřního zaoblení bylo použito příkazu *KRUŽNICE*, kdy došlo k označení dvou koncových bodů a následně pomocí zadání poloměru došlo k vytvoření zaoblení. Pomocí *ÚSEČKA* došlo k vytvoření os děr, šroubů a hlavní osy sestavy. Příkazem *ŠRAFA* bylo vytvořeno šrafování v jednotlivých řezech. Při spuštění příkazu se objeví tabulka, ve které lze nastavit obrys objektu, který bude šrafován, typ šraf, velikost, či jejich natočení.

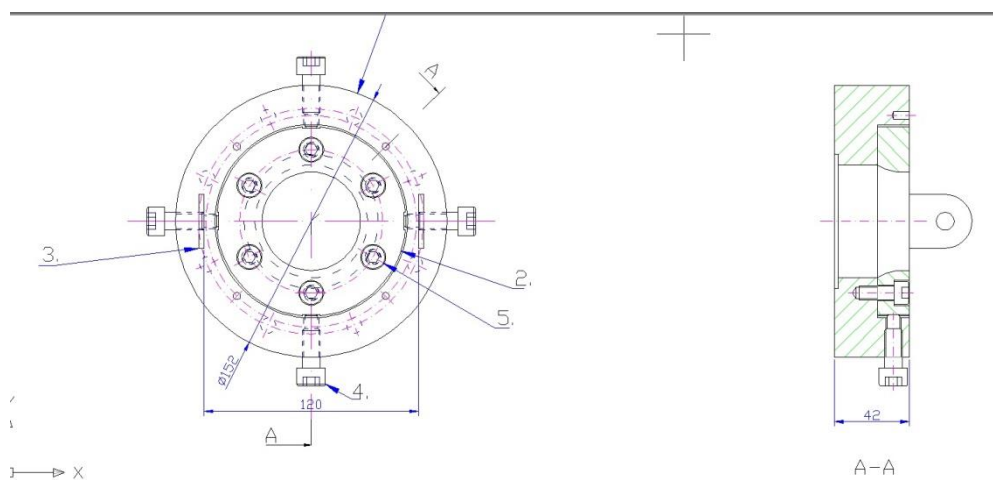


Obrázek 39 – Pohled s řezem

Pro zmenšení pohledů bylo použito příkazu *MĚŘÍTKO*. Pomocí tohoto příkazu byly vybrány všechny objekty na výkrese a následně je zmenšily v poměru 1:2.

Pro kótování průměrů bylo využito příkazu *PRŮMĚR*. Tímto příkazem byl okótován největší průměr sestavy. Následně pro zakótování vzdálenosti koncovek a výšky sestavy byl použit příkaz *PRÍMÁ KÓTA*. Při kótování se zadává vždy vzdálenost dvou úseček nebo hran, které je potřeba zakótovat. Dvojitým kliknutím levé myši na danou kótu je zobrazena tabulka s vlastnostmi kóty. V těchto vlastnostech pak lze nastavit potřebné hodnoty, od tolerancí, průměrů, tloušťky čar, až po velikost a směr šipek. Také lze nastavit jednotky, zaokrouhlování. Příkazem *KOPIE VLASTNOSTI* pak lze nastavit tyto hodnoty u všech vybraných kót.

Pro sestavu je důležité nastavit měřítko číselného zobrazení kót. Jelikož jsou pohledy zmenšeny v poměru 1:2, kóty musí být naopak zvětšeny 2:1, aby číselné vyjádření kót odpovídalo skutečným mírám.



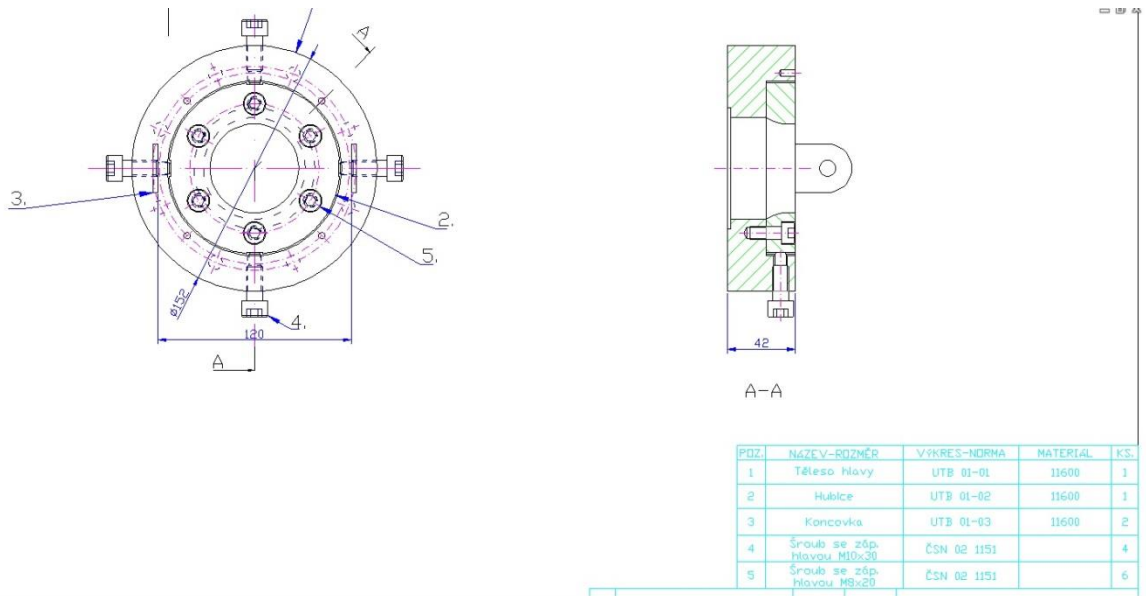
Obrázek 40 – Zakótovaný výkres

Pomocí příkazu *MULTIODKAZ* jsou vytvořeny šipky pro umístění označení částí sestavy, následně je ke každé šipce připsána číselná hodnota. Jedná se tedy o vytvoření pozic.

Pomocí příkazu *TABULKA* lze vytvořit kusovník sestavy a v něm pomocí příkazu *TEXT* vypsát dané hodnoty. V tomto příkazu můžeme nastavit počet řádků, sloupců, styl tabulky a také styl textu. Při tvorbě tabulky může dojít k nepřehlednosti a přehučení prostoru výkresu, proto může být kusovník vytvořen mimo výkres, například pomocí programu Microsoft Word.

Razítko výkresu lze vytvořit pomocí příkazu *TABULKA*, ve kterém je možnost nastavit požadovaný počet sloupců, řádků, jejich velikosti a text. Výsledný výkres je nachystán

k tisku. Tisk je nutné nastavit. Pomocí funkce *VYKRESLIT* je možné nastavit formát tisku, oblast tisku, tiskárnu, na které bude tištěno, a také barvu tisku. Oblast tisku, lze jednoduše vybrat pomocí tlačítka *OKNO*, označit tak daný výkres a pomocí *NÁHLED* zkontrolovat, zda je vše vybráno a nachystáno na tisk.



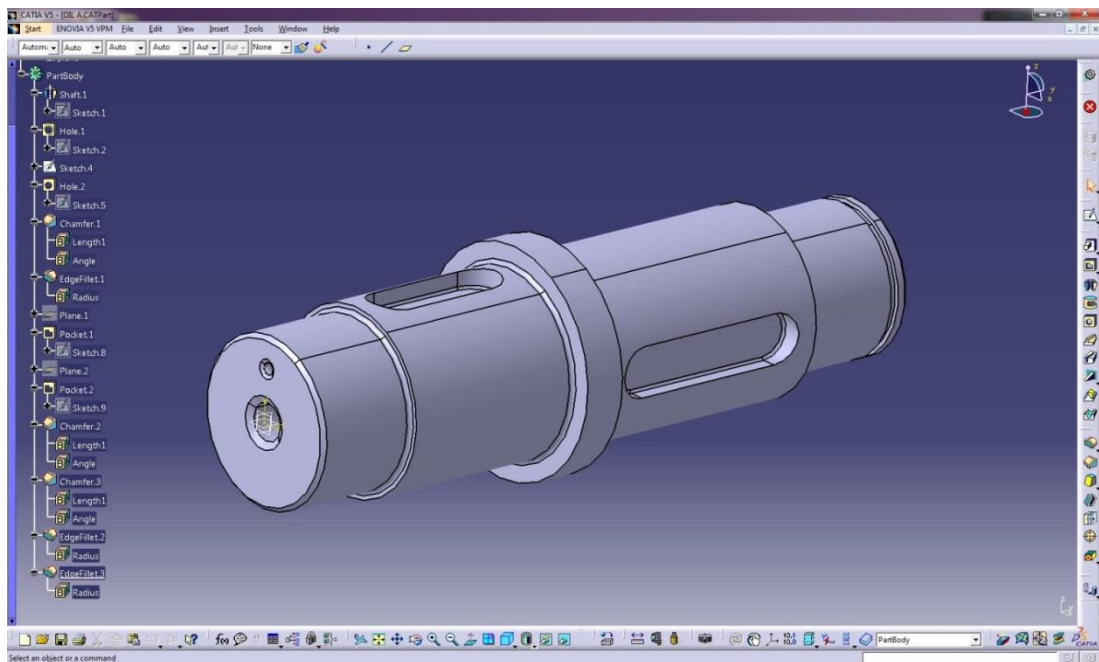
Obrázek 41 – Hotový výkres sestavy

9 CATIA V5 R19

V Catii bude převedena vymodelovaná 3D hřídel i sestava na výkres 2D. Tato část práce bude zaměřena na přenesení 3D objektu na 2D a vypracování výkresu, včetně vykreslení pohledů, řezů a kótování výkresu.

9.1 Tvorba hřídele

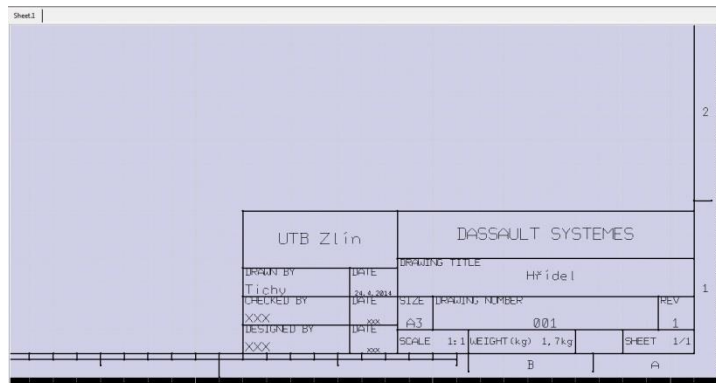
Pro tvorbu výkresu hřídele je potřeba vymodelovat samotnou hřídel ve 3D. K tomu nám slouží *PART DESIGN*. V Samotném *PART DESIGNU* bude nakreslena *SKETCH*, která nám bude sloužit k rotování součásti pomocí příkazu *SHAFT*. Tento příkaz nám součást orotuje o 360° a tím vytvoří 3D hřídel. Na této hřideli jsou následně pomocí příkazu *HOLE* vytvořeny díry pro šroub M10 a pro kolík. Při spuštění příkazu se objeví tabulka k navolení požadovaných parametrů a pomocí sketche je umístíme na danou plochu. Pro vytvoření drážek pro pero bude použit příkaz *POCKET*, který nám v tečné rovině vyřízne drážku do hřídele. Následně bude vytvořeno zkosení pomocí *CHAMFER* a pomocí *EDGE FILLET* zaoblení. Tím nám vznikne kompletní hřídel ve 3D.



Obrázek 42 – Hřídel v Part Designu

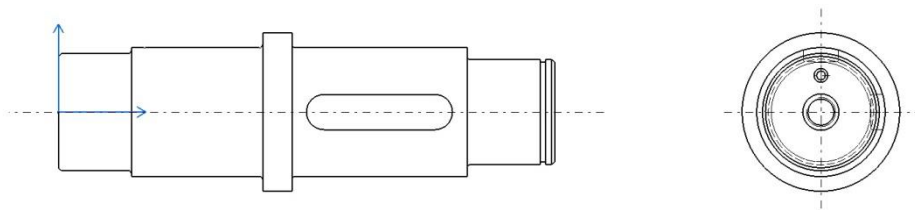
Pro vytvoření výkresu použijeme záložku s názvem *DRAFTING*. Ještě před vytvořením okna pro tvorbu výkresu bude pomocí automatické tabulky nastaven požadovaný formát, norma pro promítání, a počet pohledů, které budou na začátku vytvořeny. Díky této funkci se dostaneme do prostředí pro tvorbu výkresu. Zde bude tvořen celý výkres hřídele. Před

samotným přenesením hřídele do *DRAFTINGU* je důležité si nastavit pozadí, které je zde označeno jako *SHEET*. V *SHEETU* je nastaveno razítko a okraje.



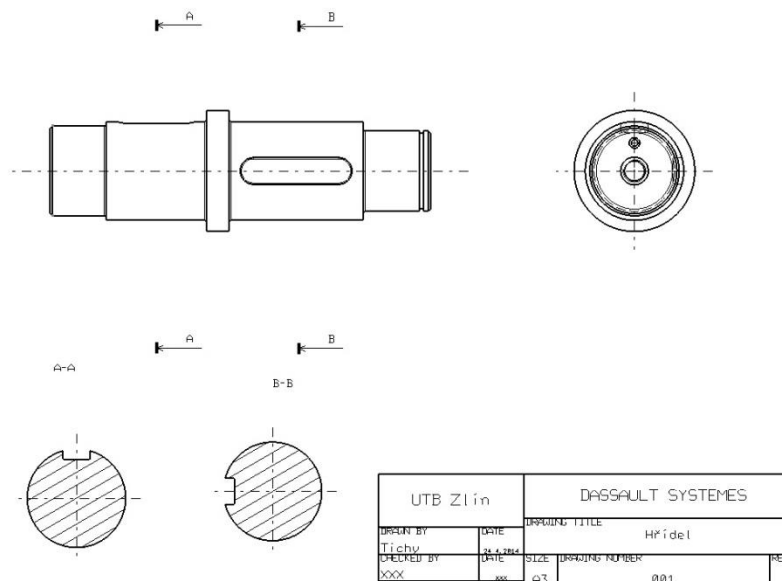
Obrázek 43 – Razítko

Pro přenesení pohledu byl použit příkaz *FRONT VIEW*. Pro dokončení příkazu se však musíme přepnout přes záložku *WINDOW* do okna v *PART DESIGN* a zvolit si plochu, nebo rovinu, která pro nás bude v tomhle pohledu primární a která se vykreslí jako základní pohled. Příkazem *PROJECTION VIEW* bude vytvořen promítnutý pohled vedle naší hřídele, důležité pro tento příkaz je, aby základní pohled byl aktivní. Po spuštění příkazu pak stačí kliknout levou myší na stranu, kde chceme vytvořit promítnutý obraz.



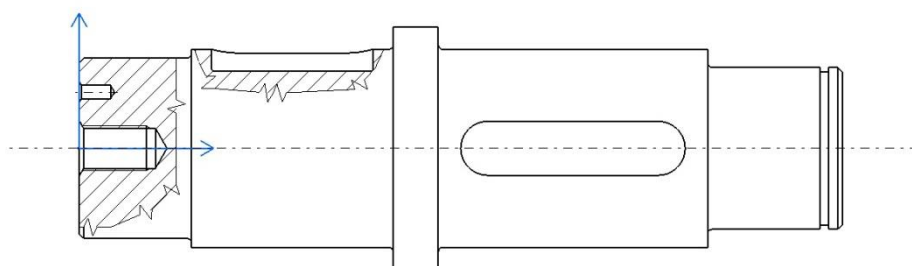
Obrázek 44 – Aktivní základní pohled s promítnutým pohledem

Pro vytvoření průřezů bude využit příkaz *OFFSET SECTION CUT*. Po spuštění příkazu stačí dvěma kliky levou myší vytvořit úsečku, která nám bude dělit hřídel v požadovaném místě a následně určit kterým směrem se bude promítat průřez. Důležitou součástí je určit si typ čáry a její styl zobrazení. To bude docíleno v *PROPERTIES* při rozkliknutí čáry pravým tlačítkem myši. Pro přenos průřezů pod základní pohled je zapotřebí rozkliknout pravým tlačítkem každý z průřezů a pomocí záložky *VIEW POSITIONING* od aktivovat držení pozice tak jak bylo promítnuto a to kliknutím na příkaz *POSITION INDEPENDENTLY OF REFERENCE VIEW*.



Obrázek 45 – Hřídel s průřezy a vedlejším pohledem

Následujícím krokem vytvoříme řezy na hřídeli. Pomocí příkazu *BREAK OUT VIEW* vytvoříme úsečky, které budou lemovat prostor, který chceme řezat. To znamená, že na konci hřídele, kde jsou díry pro šroub a kolík vedeme řez. Profil musí být uzavřený, tudíž přesáhneme přes hřídel a čáry k sobě spojíme mimo hřídel. Hloubku řezu pak lze nastavit pomocí příkazového řádku, kde můžeme zvolit hloubku číselně v milimetrech, nebo pomocí promítnutého pohledu. Na tomto promítnutém pohledu pak označíme osu, jako střed řezu a nám se tam vytvoří řez přímo v polovině průměru hřídele. Stejný postup bude použit i u tvorby řezu drážky pro pero.



Obrázek 46 – Vytvořené řezy na hřídeli

V této podobě je hřídel nachystána ke kótování. To bude uděláno pomocí několika příkazů. Nejpoužívanější příkaz bude *LENGTH/DISTANCE DIMENSIONS*, který bude použit pro vytvoření přímých kót. Tento typ příkazu poslouží jak k vytvoření kót pro délky, tak ke kótování průměrů. Pomocí tohoto, příkazu lze také kótovat šikmé hrany, či šikmé hrany s horizontální projekcí. To lze nastavit při rozkliknutí příkazu a natavení námi zvoleného

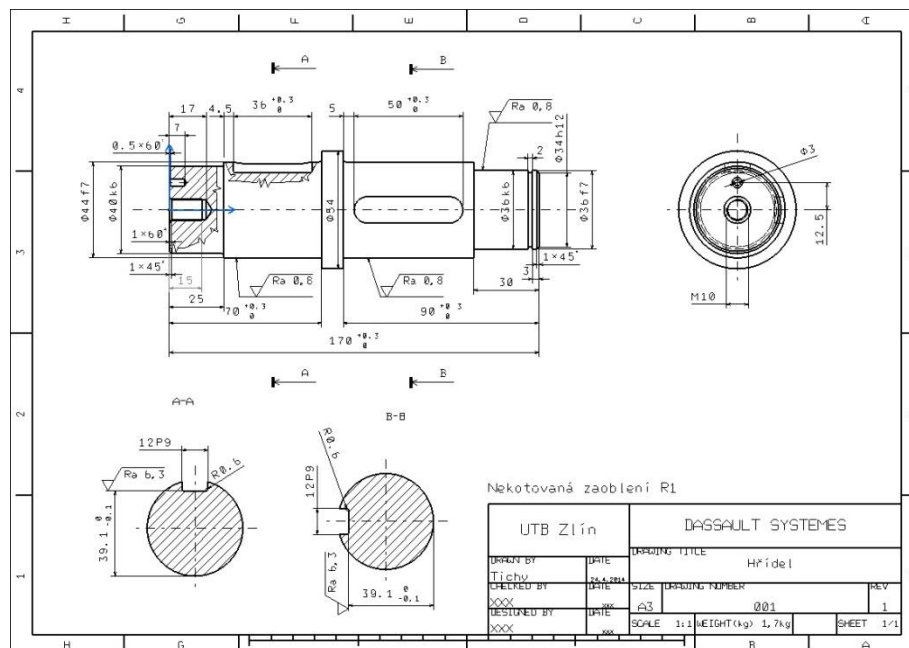
kótování v *TOOLS PALETTE*. Pro vytvoření tolerancí, průměrů, ale i textu ke kótě, lze využít záložky *PROPERTIES*. Do této záložky se dostaneme pomocí rozkliknutí pravého tlačítka myši na danou kótu a v ní pak lze doplňovat námi požadované parametry. K Vytvoření zkosení bude použito příkazu *CHAMFER DIMENSIONS*, kde si vybereme dané zkosení na hřídeli a pomocí délky a úhlu jej vytvoříme. Zaoblení je vytvořeno přes příkaz *RADIUS DIMENSIONS*. Přes tento příkaz si vybereme dané zaoblení a to bude následně vytvořeno.

Pomocí dalších příkazů pro kótování, lze vytvořit kóty odlišným způsobem. Pro vytvoření řetězových kót, může být použito příkazu *CHAINED DIMENSIONS*, a určit délku kterou automaticky řetězově okótuje. Pro kótování od základny lze využít příkazu *STACKED DIMENSIONS*. Dalším nezbytným příkazem je příkaz *ANGLE DIMENSIONS*, který lze použít pro kótování úhlů a dále pak *THREAD DIMENSIONS*, který lze použít pro tvorbu kót závitů.

Pro ulehčení kótování jsou tu příkazy s dodatkem *TECHNOLOGICAL FEATURE*. To znamená, že kóty budou vytvořeny automaticky programem. Například pomocí příkazu *TECHNOLOGICAL FEATURE DIMENSIONS* lze vytvořit kóty délkové nebo pomocí příkazu *ANGLE TECHNOLOGICAL FEATURE DIMENSIONS* lze dosáhnout automatické tvorby úhlových kót. Při rozkliknutí pravým tlačítkem myši a vybráním příkazu *PROPERTIES* lze kóty editovat, upravovat šipky, text nebo tloušťku čar, nastavovat tolerance, přepis hodnot a jiné.

Příkazem *ROUGHNESS SYMBOL* vytvoříme pak poslední nezbytnou věc a to drsnosti povrchů. Po spuštění příkazu se nám otevře tabulka, ve které si navolíme umístění textu, typ čáry, tvar drsnosti a poté jen kliknutím na požadovanou plochu se vytvoří. Pomocí příkazu *TEXT* jen doplníme nad razítko informaci o nekotovaném zaoblení a je vše nachystáno na tisk.

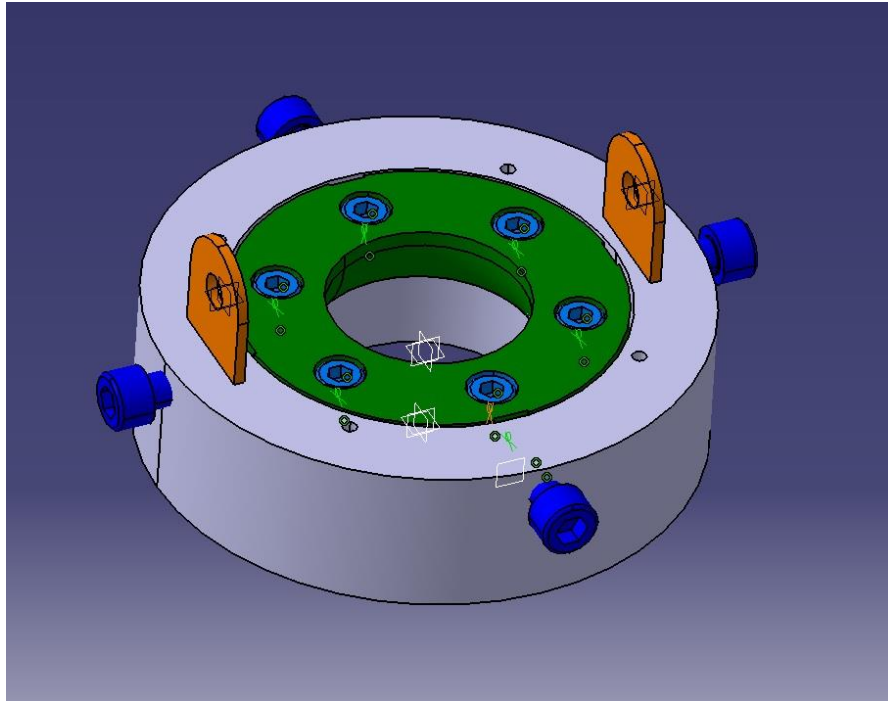
Tisk nastavíme pomocí funkce *PRINT*. Zde lze po rozkliknutí v tabulce nastavit tiskárnu na které bude tištěno, formát, okno které bude tištěno, vsazení okna na stránku, otočení a barvy. Všechno lze před tiskem zkontrolovat pomocí tlačítka *PREVIEW* a následně vytisknout.



Obrázek 47 – Hotová hřídel

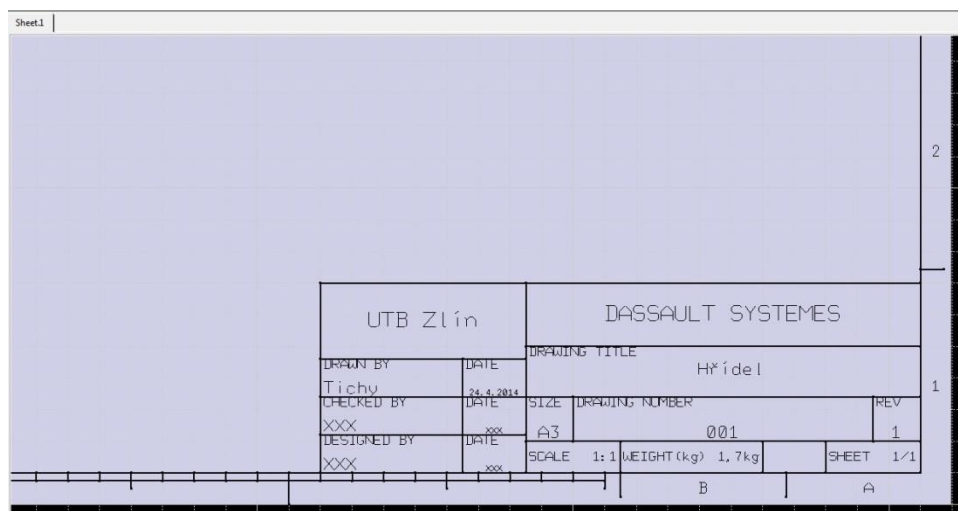
9.2 Tvorba sestavy

Při tvorbě sestavy pracujeme v části *ASSEMBLY DESIGN*. Při spuštění příkazu *EXISTING COMPONENT* v záložce *INSERT* můžeme vkládat existující části sestavy z námi vybrané složky. Tímto způsobem bude postupováno v naší práci. Dalším způsobem jak vložit část do sestavy je její samotné vytvoření v *ASSEMBLY DESIGN*. To lze dosáhnout spuštěním příkazu *CREATE COMPONENT* v záložce *INSERT*. Další výhodou programu je využití knihovny pro normalizované součásti. Po spuštění knihovny můžeme vybrat prvek, který má být vložen do sestavy. To je velká výhoda a nemusí tak být šrouby kresleny. Po vložení součástí na plochu je nutné tyto součásti k sobě zavazbit, tak aby nedošlo k jejich posunu, či nežádoucím otočením. Pro zavazbení součástí k sobě plošně bylo využito příkazu *SURFACE CONTACT*. Tím došlo k připojení daných ploch k sobě. Pro sousední zavazbení bylo využito příkazu *COINCIDENCE*. Při spuštění příkazu stačí vybrat námi danou součást se součástí, se kterou má být sousední. Pro oddálení součástí, či vyrovnání jejich ploch bylo použito příkazu *OFFSET*. Tímto příkazem bylo dosaženo nulové vzdálenosti dosedacích ploch šroubů, či vyrovnání ploch koncovek do jedné roviny a jejich posun od středu na určitou vzdálenost. Sestava se tak nachází ve spojeném stavu, ale je nutné doplnit zbývající šrouby do volných děr. To je dosaženo použitím příkazu *CIRCULAR PATTERN*, kdy byl vybrán šroub který má být okopírován pro námi zadané kruhové ploše.



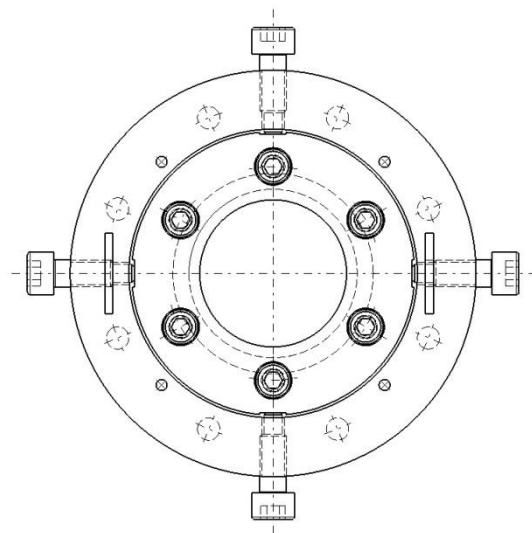
Obrázek 48 – Složená sestava

Dále bude vytvořen výkres podobným způsobem jako u hřídele. Kdy je zapotřebí nejprve vytvořit razítko, velikost výkresu a rozložení pohledů. Pro vytvoření výkresu použijeme záložku s názvem *DRAFTING*. Ještě před vytvořením okna pro tvorbu výkresu bude pomocí automatické tabulky nastaven požadovaný formát, norma pro promítání, a počet pohledů, které budou na začátku vytvořeny. Díky této funkci se dostaneme do prostředí pro tvorbu výkresu. Zde bude tvořen celý výkres sestavy. Před samotným přenesením sestavy do *DRAFTINGU* je důležité si nastavit pozadí, které je zde označeno jako *SHEET*. V *SHEETU* je nastaveno razítko a okraje.



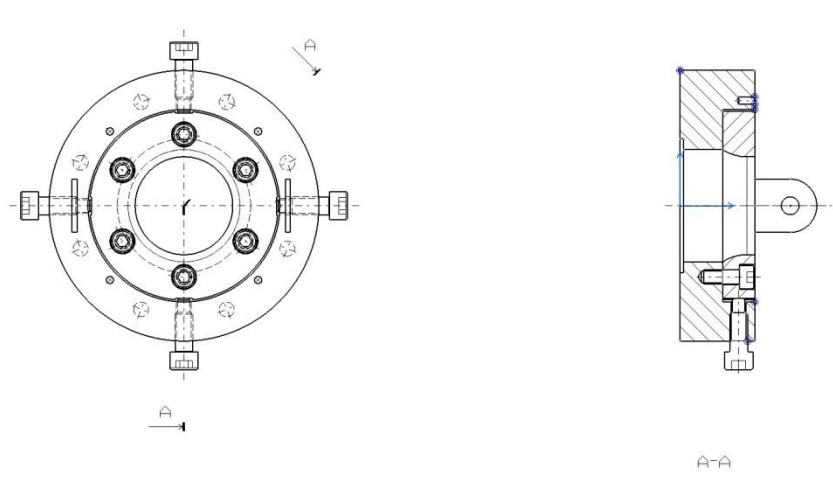
Obrázek 49 – Razítko

Pro přenesení pohledu byl použit příkaz *FRONT VIEW*. Pro dokončení příkazu se však musíme přepnout přes záložku *WINDOW* do okna v *ASSEMBLY DESIGN* a zvolit si plochu, nebo rovinu, která pro nás bude v tomhle pohledu primární a která se vykreslí jako základní pohled. V základním pohledu je pak nutné přes *PROPERTIES* nastavit aby byly vykresleny neviditelné hrany a vyobrazeny osy.



Obrázek 50 – Základní pohled sestavy

Pro vytvoření řezů bude využit příkaz *ALIGNED SECTION CUT*. Po spuštění příkazu stačí pár kliky levou myší vytvořit lomenou úsečku, která nám bude dělit sestavu v požadovaném místě a následně určit kterým směrem se bude promítat průřez. Při volbě průřezů je nezbytné si uvědomit, kde budeme řezat a proč je tak zvoleno. Důležitou součástí je určit si typ čáry a její styl zobrazení. To bude docíleno v *PROPERTIES* při rozkliknutí čáry pravým tlačítkem myši.

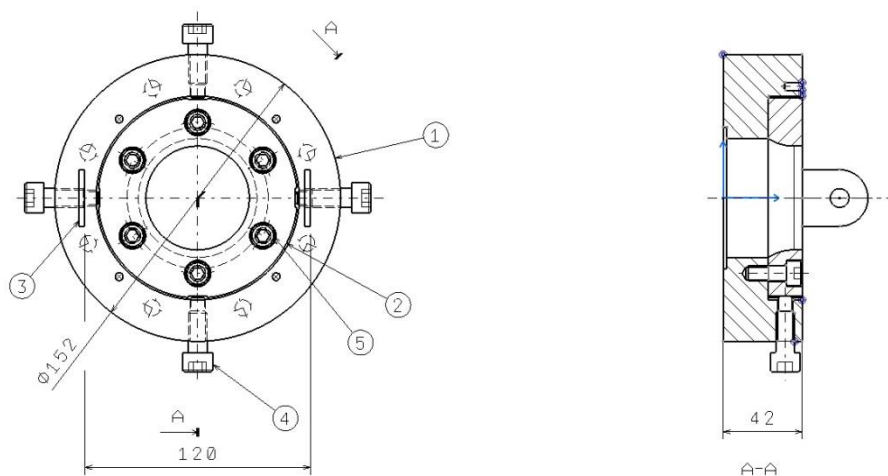


Obrázek 51 – Vyobrazení sestavy

Sestava bude zakótována pomocí několika příkazů. Prvním příkazem bude *LENGTH/DISTANCE DIMENSIONS*, který bude použit pro vytvoření přímých kót. Tento typ příkazu poslouží jak k vytvoření kót pro délky, tak ke kótování průměrů. Pomocí tohoto příkazu lze také kótovat šikmé hrany, či šikmé hrany s horizontální projekcí. To lze nastavit při rozkliknutí příkazu a natavení námi zvoleného kótování v *TOOLS PALETTE*. Pro vytvoření tolerancí, průměrů, ale i textu ke kótě, lze využít záložky *PROPERTIES*. Do této záložky se dostaneme pomocí rozkliknutí pravého tlačítka myši na danou kótu a v ní pak lze doplňovat námi požadované parametry. Dalším příkazem zvoleným v této práci je *DIAMETER DIMENSIONS* kdy jeho pomocí došlo k zakótování největšího průměru sestavy.

Pro ulehčení kótování jsou tu příkazy s dodatkem *TECHNOLOGICAL FEATURE*. To znamená, že kóty budou vytvořeny automaticky programem. Například pomocí příkazu *TECHNOLOGICAL FEATURE DIMENSIONS* lze vytvořit kóty délkové nebo pomocí příkazu *ANGLE TECHNOLOGICAL FEATURE DIMENSIONS* lze dosáhnout automatické tvorby úhlových kót. V této situaci však nebyly využity.

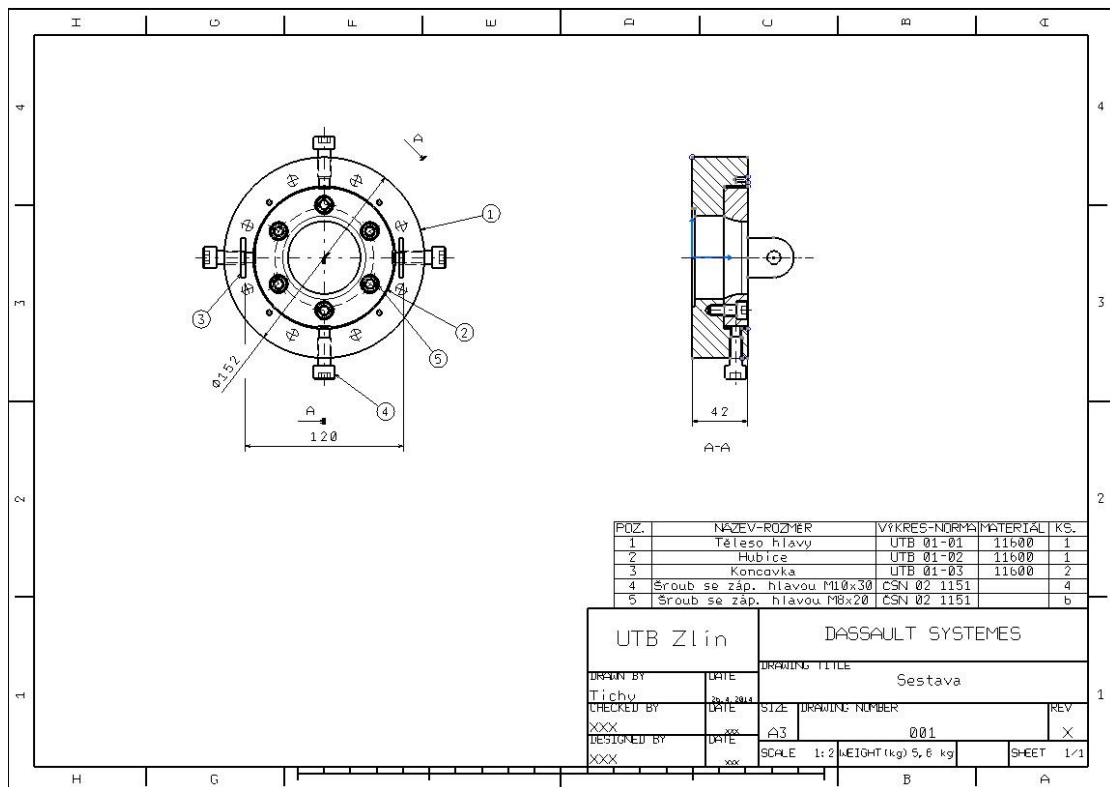
Příkazem *BALLOON*, dojde k vytvoření označení částí sestavy pod jednotlivými čísly. Ty lze přepisovat a modifikovat dle potřeby. Lze také nastavit styl, jakým bude číslování zobrazeno. Další možností jak vytvořit označení je automatická generace a to přes příkaz *GENERATE BALLOON*. Tím lze automaticky vytvořit číslování programem, jen za předpokladu, že sestava má díly ve vlastnostech označené. Poté se automaticky vytvoří i tabulka, ale je to velmi složité, záleží na stromu součástí a tabulka se následně musí předělávat.



Obrázek 52 – Sestava včetně kót

Kusovník může být vytvořen mimo výkres a to například v programu Microsoft Word, to lze využít, když je výkres přehušťený. Dalším způsobem jaký byl použit v práci je využití příkazu TABLE a vytvoření tabulky ručně. Do tabulky se dopíše text a přichytí se nad rážičko výkresu.

Tisk nastavíme pomocí funkce *PRINT*. Zde lze po rozkliknutí v tabulce nastavit tiskárnu na které bude tištěno, formát, okno které bude tištěno, vsazení okna na stránku, otočení a barvy. Všechno lze před tiskem zkontrolovat pomocí tlačítka *PREVIEW* a následně vytisknout.



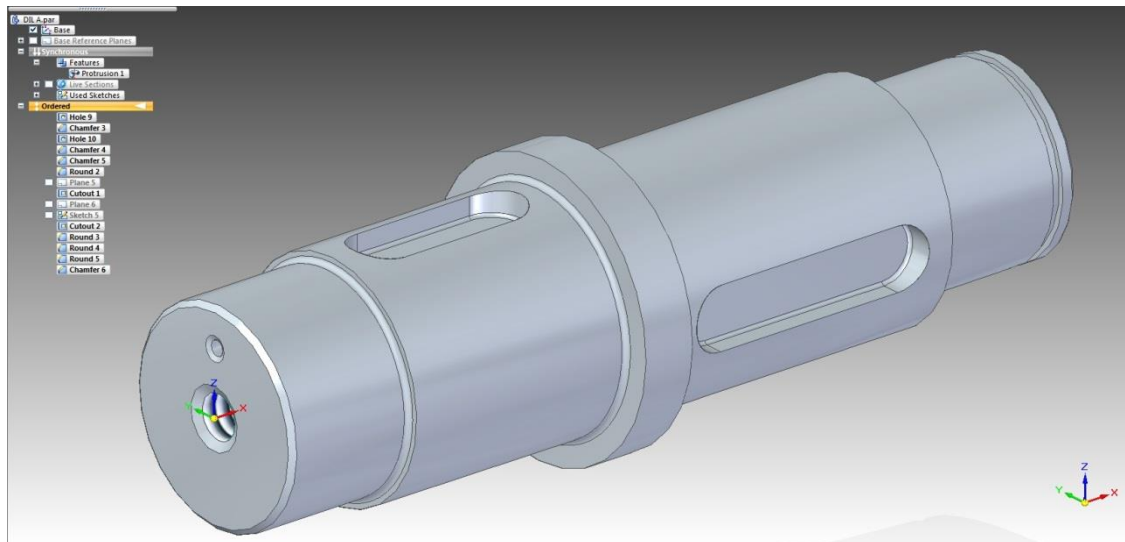
Obrázek 53 – Hotový výkres sestavy

10 SOLID EDGE ST5

V programu Solid Edge ST5 bude vymodelovaná 3D hřídel a sestava, která bude následně převedena na výkres 2D. Tato část práce bude zaměřena na přenesení 3D objektu na 2D a vypracování výkresu, včetně vykreslení pohledů, řezů a kótování výkresu.

10.1 Tvorba Hřídele

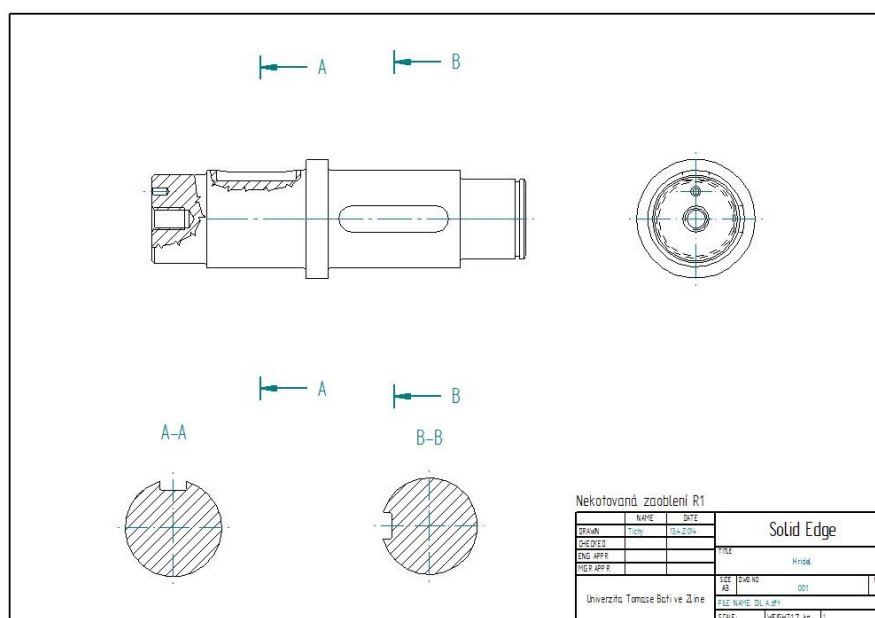
Pro tvorbu výkresu hřídele je potřeba vymodelovat samotnou hřídel ve 3D. K tomu nám slouží *ISO PART*. V této části modelování použijeme funkci *REVOLVE*. Přes tuto funkci lze vytvořit rotační součást, kterou si vykreslíme pomocí sketchu v dané rovině. Na konci hřídele bude vymodelována díra pro kolík a díra pro šroub pomocí příkazu *HOLE*. Při spuštění příkazu, se objeví tabulka, ve které lze nastavit parametry požadované díry a pomocí sketchu umístit střed díry na požadované ploše. Pro vytvoření drážek pro pero bude použit příkaz *CUTOUT*, kde si pomocí roviny a sketchu vykreslíme požadovanou drážku a následně ji vyřízneme do požadované hloubky. Na zaoblení je využit příkaz *ROUND*, kde označíme požadované hrany a určíme poloměr zaoblení. Podobný příkaz je použit i na zkosení, tento příkaz označený jako *CHAMFER*, funguje na stejném principu jako *ROUND*. Označí se hrany, které mají být zkosené a následně je zadáno jaké délky či úhlu zkosení bude. Tímto způsobem je docíleno vymodelování 3D hřídele.



Obrázek 54 – 3D hřídel včetně všech drážek a děr

Pro přenesení 3D hřídele na výkres použijeme funkci *ISO DRAFT*. Nyní je nutné nastavit pozadí, ve kterém se bude pracovat. Pomocí záložky *VIEW* a spuštění příkazu

Pomocí příkazu *CUTTING PLANE* lze vytvořit řezné roviny, které budou za potřeby pro vytvoření průřezů. Pro vytvoření řezné roviny stačí spustit příkaz, označit pohled, ve kterém bude řezáno a nakreslit čáru přes místo které má být řezáno. Poté bude využito příkazu *SECTION*, kterým vytvoříme průřez danou rovinou. Po spuštění příkazu stačí jen vybrat řeznou rovinu, kterou jsme v předchozím kroku vytvořili, a přenést průřez na výkres. Pro přesun průřezů pod základní pohled je nutné pravým kliknutím myši na průřez zrušit přes příkaz *MAINTAIN ALIGNMENT* přichycení pohledu k pohledu základnímu. Dále bude vytvořena osa hřídele a děr pomocí příkazu *CENTERLINE*, pro vytvoření středových os lze použít příkaz *CENTER MARK*, kde stačí označit obrysy kružnic a příkaz vytvoří osy automaticky.



Obrázek 57 – Vytvořené průřezy včetně pohledů

V následujících krocích bude využito příkazů pro tvorbu kót, textu a drsností. Pro přímé, tedy pro nás kóty délkové, ale i pro kóty průměrové bude použito příkazu *DISTANCE BETWEEN*. V tabulce, která se zobrazí při vytváření kóty lze pomocí funkce *DIMENSION TYPE* nastavit jakou chceme u kóty toleranci. Pro číselnou hodnotu lze nastavit funkci *UNIT TOLERANCE* a následně vypsát dolní a horní meze. Pro třídu opracování hřídele na průměru lze nastavit funkci *CLASS* a poté umístit ke kótě požadovanou třídu přesnosti.

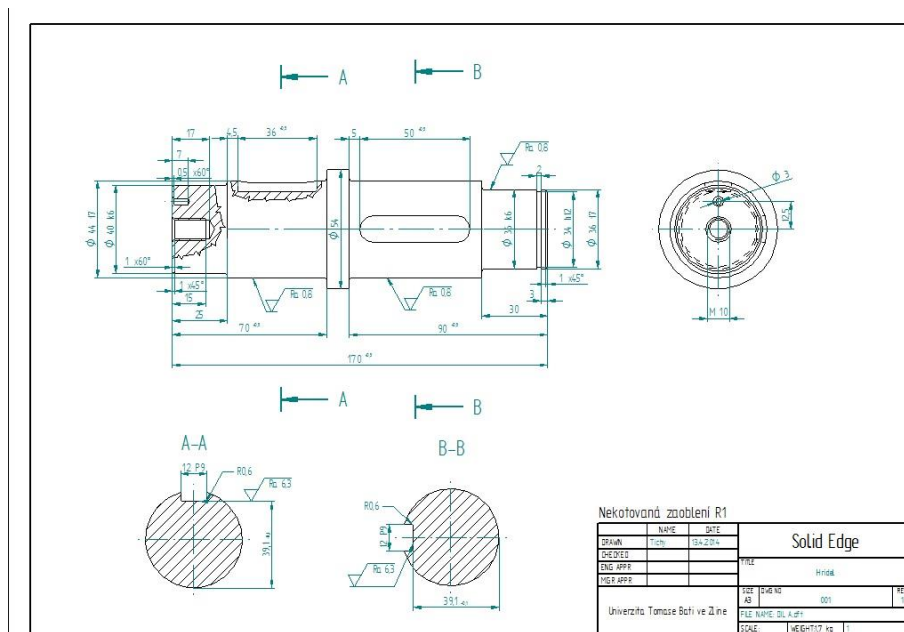
Při vytvoření kóty označující průměr je nutné před číslici kóty vytvořit značku průměru a to pomocí funkce *PREFIX*. V této funkci lze dopisovat text, vkládat symboly a znaky a umístit doplňující znaky k námi označené kótě. Pomocí příkazu *DIMENSION BETWEEN*

a funkce *PREFIX* byly vytvořeny i kóty pro zkosení, kdy se za text dopsal úhel zkosení a symbol. Na zaoblení bylo využito příkazu *CALLOUT*, kde se v tabulce při spuštění vypsal požadovaná hodnota zaoblení a druh či tvar šipky, následně se pak umístila k námi zvolenému zaoblení.

Pro rychlejší a jednodušší kótování lze využít příkazu *AUTO-DIMENSION*, kde stačí vybrat objekt, který chceme kótovat a program nám jej automaticky okótuje. Další možností je použití příkazu *SMART DIMENSION*. V tomto příkazu lze v průběhu kótování, měnit parametry jako je kótování průměru, sražení, úhly nebo přímo za využití tohoto příkazu doplňovat tolerance či text k nově vytvořeným kótám. Další možností je využití příkazu *ANGLE BETWEEN* pro vytvoření úhlové kóty, nebo *CHAMFER DIMENSION* pro tvorbu kóty pro zkosení.

Editace kót je zde jednoduchá, stačí levým kliknutím myši vybrat kótu a automaticky se zobrazí tabulka pro vytváření kót, jak již bylo zmíněno u tvorbě kót.

Pro vytvoření drsností bylo použito příkazu *SURFACE TEXTURE SYMBOL*. Při spuštění tohoto příkazu se otevře tabulka, ve které lze nastavit typ symbolu a umístění textu u symbolu. Poté lze jednoduchým kliknutím umístit drsnost k požadované části hřídele. Na závěr se k tabulce doplnil text určující nekotovaná zaoblení a to pomocí příkazu *TEXT*. Hřídel je kompletně nachystána na tisk a to pomocí funkce *PRINT*, kde lze nastavit aktuální *SHEET*, barvu, formát a tiskárnu na které bude tištěno.



Obrázek 58 – Hotový výkres

10.2 Tvorba sestavy

Při vytváření sestavy pracujeme v části programu *ISO ASSEMBLY*. Zde může být zvoleno dvojí vkládání součástí. První možností je vložení již vytvořené součásti přes záložku *DOCUMENTES* a přetažením souboru ji vložit do sestavy. Druhým způsobem je vytvořit součást přímo v sestavě a to pomocí funkce *CREATE PART IN-PLACE*. Další výhodou programu je využití knihovny pro normalizované součásti. Po spuštění knihovny můžeme vybrat prvek, který má být vložen do sestavy. To je velká výhoda a nemusí tak být šrouby kresleny. Po vložení všech součástí je nutné sestavu zavazbit. To je dosaženo přes několik příkazů. Prvním z nich je příkaz *MATE*, kdy je zavazbena plocha na plochu, zarovnání ploch vůči sobě nebo je tak dosaženo i odsazení mezi plochami součástí. Příkazem *PLANAR ALIGN* je možné vytvořit vazbu za rovnající plochu k ploše hranou. Pro rotační části jako jsou šrouby bylo použito příkazu *AXIAL ALIGN* pro vytvoření sousostí mezi jednotlivými částmi sestavy. Všechny části sestavy byli zavazbeny a následně stačí jen některé její prvky zkopírovat. K tomu nám poslouží příkaz *PATTERN* ve kterém si zvolíme co se má kopírovat po jakém profilu a na jaké součásti. Tím bylo dosaženo k rozkopírování šroubů po sestavě.

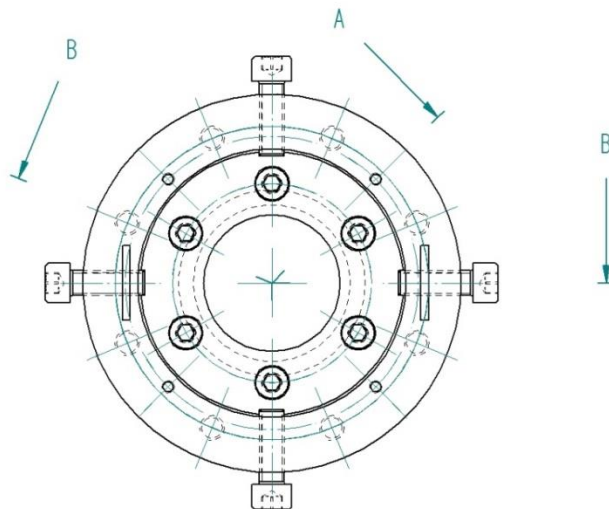
Pro přenesení 3D sestavy na výkres použijeme funkci *ISO DRAFT*. Nyní je nutné nastavit pozadí, ve kterém se bude pracovat. Pomocí záložky *VIEW* a spuštění příkazu *BACKGROUND* lze nastavit formát výkresu, vyplnit razítko a nachystat tak vše potřebné pro vykreslení sestavy.

	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Tichý	26.4.2014	TITLE		
CHECKED			Sestava		
ENG APPR			SIZE: A3		
MGR APPR			DWG NO: 001	REV: 1	
UTB Zlín			FILE NAME: VYTLACOVACI_HLAVAdft		
			SCALE: 12	WEIGHT: 5,8 kg 1	

Obrázek 59 – Razítko výkresu

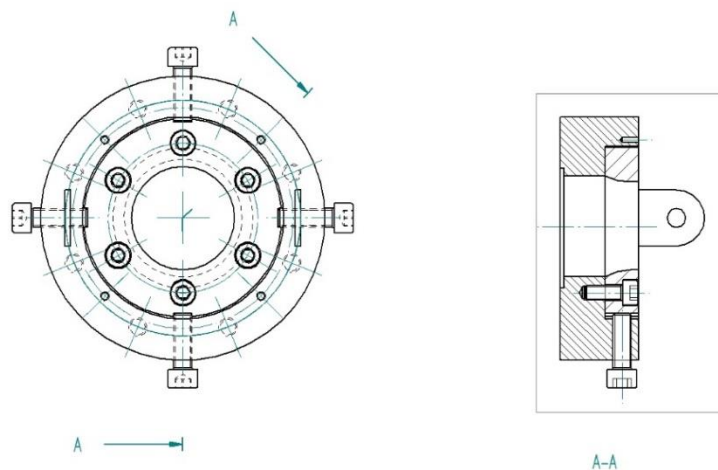
Funkcí *VIEW WIZARD* lze vykreslit sestavu. Stačí po rozkliknutí funkce vybrat sestavu a základní pohled, po tomto výběru se celá sestava překreslí na výkres. Pomocí příkazu

CENTE MARK dojde k vytvoření osy sestavy a přes příkaz *BOLT HOLE CIRCLE* dojde k vytvoření os pro všechny díry.



Obrázek 60 – Základní pohled sestavy

Následně bude pomocí příkazu *CUTTING PLANE* vytvořena řezná rovina přes kterou bude pomocí příkazu *SECTION* vytvořen řez. Pro vytvoření řezné roviny stačí spustit příkaz, označit pohled, ve kterém bude řezáno a nakreslit čáru přes místo které má být řezáno. Poté bude využito příkazu *SECTION*, kterým vytvoříme průřez danou rovinou. Po spuštění příkazu stačí jen vybrat řeznou rovinu, kterou jsme v předchozím kroku vytvořili, a přenést průřez na výkres. Pro přesun průřezů pod základní pohled je nutné pravým kliknutím myši na průřez zrušit přes příkaz *MAINTAIN ALIGNMENT* přichycení pohledu k pohledu základnímu. V *PROPERTIES* každého z pohledů lze nastavit různé parametry jako je vykreslování zaoblení, schování neviditelných hran nebo naopak jejich vykreslení.

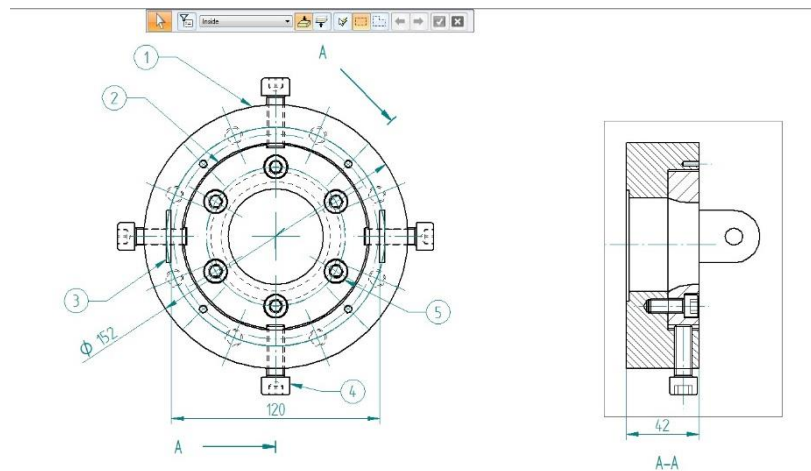


Obrázek 61 – Základní pohled včetně řezu

V následujících krocích bude využito příkazů pro tvorbu kót a textu. Pro přímé, tedy pro nás kóty délkové, ale i pro kóty průměrové bude použito příkazu *DISTANCE BETWEEN*. V tabulce, která se zobrazí při vytváření kóty lze pomocí funkce *DIMENSION TYPE* nastavit jakou chceme u kóty například toleranci nebo text. Při vytvoření kóty označující průměr je nutné před číslici kóty vytvořit značku průměru a to pomocí funkce *PREFIX*. V této funkci lze dopisovat text, vkládat symboly a znaky a umisťovat doplňující znaky k námi označené kótě.

Pro rychlejší a jednodušší kótování lze využít příkazu *SMART DIMENSION*. V tomto příkazu lze v průběhu kótování, měnit parametry jako je kótování průměru, sražení, úhly nebo přímo za využití tohoto příkazu doplňovat tolerance či text k nově vytvořeným kótám.

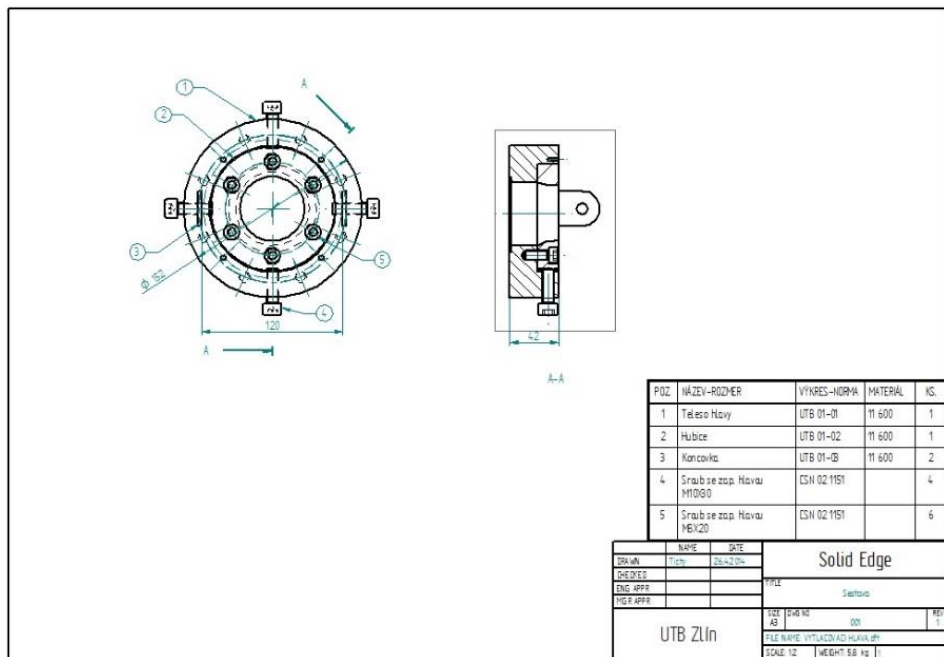
Pomocí příkazu *BALLOON* došlo k vytvoření číselných značek, které byly umístěny k sestavě. V příkazu můžeme nastavit výšku textu, přepsat číslo, umístění a tvar šipek. Největší výhodou je možnost výběru z několika tvarů ohraničení číslic. At už je to kružnice či trojúhelník.



Obrázek 62 – Sestava a kóty

Pomocí příkazu *PART LIST* byla vytvořena tabulka pro kusovník. Tímto způsobem byla tabulka vytvořena automaticky a stačilo jen přepsat některé hodnoty přímo v tvorbě tabulky. Pro manuální vytvoření tabulky by zde byl příkaz *TABBLE* a po zobrazení tabulky nastavení by se volilo, kolik sloupců, řádků má být vytvořeno, jakým stylem vytvořeny nadpisy nebo přímo text v daných sloupcích.

Sestava je kompletně nachystána na tisk a to pomocí funkce *PRINT*, kde lze nastavit aktuální *SHEET*, barvu, formát a tiskárnu na které bude tištěno.



Obrázek 63 – Hotový výkres

ZHODNOCENÍ PRÁCE

V závěru práce je pomocí tabulek vyhodnocena práce s jednotlivými programy. Jednotlivá odvětví jsou rozdělena a ohodnocena body od 0 jako nejhorší až po 5 jako nejlepší možný obdržovaný počet bodů. Hodnocení vychází z vlastního studia všech tří programů.

Tvorba razítka a pozadí výkresu	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	4	5	4
Přehlednost	3	4	4
Editace textu	3	4	3
Nastavení vlastností	4	3	4
Výběr razítek	5	3	3
Celková známka	3,8	3,8	3,6

Tabulka 1 – Hodnocení tvorby razítka a pozadí výkresu

Tvorba pohledů	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Jednoduchost tvorby	3	5	4
Přenášení pohledů	5	5	4
Příkazy k posunu pohledů	5	4	4
Přehlednost	3	5	5
Editace a manipulace	3	4	3
Vykreslování hran	3	5	5
Vlastností vykreslování	1	4	4
Možnosti auto. generace	0	5	4
Celková známka	2,9	4,6	4,1

Tabulka 2 – Hodnocení tvorby pohledů

Tvorba řezů	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	3	5	4
Postup tvorby	3	4	4
Vykreslení šraf	4	4	3
Vlastnosti šraf	5	4	3
Nastavení řezaných částí	2	5	2
Nastavení vykreslení čar	4	3	3
Editace	3	4	3
Celková známka	3,4	4,1	3,1

Tabulka 3 – Hodnocení tvorby řezů

Tvorba kót	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	5	5	4
Množství příkazů	4	4	3
Práce s příkazy	4	4	3
Vlastnosti kót	5	4	4
Nastavení typu čar a šipek	3	4	5
Doplnění symbolů	3	5	4
Možnost auto. kótování	2	4	4
Přehlednost	5	4	4
Možnosti editace kót	4	3	3
Celková známka	3,9	4,1	3,8

Tabulka 4 – Hodnocení tvorby kót

Tvorba drsností a tabulek	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	3	4	4
Tvorba drsností	3	4	5
Vkládání drsností	4	4	4
Editace kót pro drsnost	2	3	4
Generace tabulky	4	5	3
Vyplnění tabulky	3	4	4
Umístění tabulky	5	5	4
Auto. generace tabulky	0	3	5
Přehlednost	4	4	4
Editace tabulky	2	3	3
Celková známka	3	3,9	4

Tabulka 5 – Hodnocení tvorby drsností a tabulek

Tvorba textu	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	4	4	4
Vlastnosti textu	3	3	4
Přehlednost	3	4	4
Editace textu	3	4	3
Posun po výkrese	5	5	4
Kopie textu a vlastností	3	3	3
Celková známka	3,5	3,8	3,7

Tabulka 6 – Hodnocení tvorby textu

Tvorba pozic	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	4	4	4
Vkládání pozic	2	5	4
Možnosti značení	5	4	3
Editace značení	3	4	4
Možnost tvorby rámečků	2	5	5
Přehlednost	3	4	4
Vlastnosti textu	4	4	4
Editace	4	4	3
Celková známka	3,4	4,3	3,9

Tabulka 7 – Hodnocení tvorby pozic

Tvorba kusovníku	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Pochopitelnost příkazů	4	4	5
Možnosti vložení	4	5	4
Posun kusovníku	5	5	4
Rozvržení tabulky	4	4	3
Nastavení textu	4	4	4
Editace s pozicemi	2	3	4
Přehlednost	3	4	4
Auto. generace kusovníku	0	2	5
Upgrade kusovníku	0	4	4
Celková známka	2,9	3,9	4,1

Tabulka 8 – Hodnocení tvorby kusovníku

Tisk výkresů	AutoCAD 2009	Catia V5 R19	Solid Edge ST5
Nastavení tisku	4	5	4
Rozložení na papír	5	4	4
Orientace v nastavení	3	4	2
Vykreslení na papír	4	5	4
Vícestránkový tisk	0	5	4
Přehlednost	5	4	2
Nastavení tiskárny	4	4	3
Celková známka	3,6	4,4	3,3

Tabulka 9 – Hodnocení tisku výkresů

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala obecnému popisu CAD programů. Dále se zabývala možnostmi konstrukce v jednotlivých programech, jejich vývojem a využitím. Nezbytnou součástí byla tvorba výkresové dokumentace v AutoCAD, Catia, Solid Edge. Zhotovení popisu tvorby, postupu tvorby a samotné výkresové dokumentace.

Podle zhodnocení práce lze vidět, že se mi lépe pracovalo v programu Catia. Měl velké výhody při jednoduchosti příkazů a hlavně u tvorby řezů. Další výhodou, kterou lze zmínit je jednoduchost a rychlost při vkládání pozic. Nevýhodou je pak určitě tvorba automatického kusovníku, kdy součásti musí mít už od složení v sestavě zadaná čísla ve vlastnostech. O něco složitější byla práce v Solid Edge ale jeho největší výhodou byla tvorba automatické tabulky a pozic. Jako nevýhodu pak lze zmínit složitost tvorby řezů a hlavně nepřehlednost v nastavení tisku. V programu AutoCAD byla nevýhoda při zdlouhavém vykreslování pohledů a řezů. Další velkou nevýhodou je automatická generace tabulek a kusovníku, která zde není možná, avšak jeho největší výhodou při mé tvorbě byla určitě možnost editací kót a volba z mnoha druhů šraf a jednoduchost jejich editace. Proto bych vyhodnotil program Catia jako nejlepší možný program pro tvorbu výkresové dokumentace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Reference - HOUFEK: Strojírenství - implementace 3D MCAD aplikace Autodesk Inventor. [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z:
<http://www.cadstudio.cz/ref/houfek.asp>
- [2] KOTLANOVÁ, Anna. *Technická dokumentace (+TD): Sylaby pro studenty kvalifikačního programu ÚVE v rámci CŽV* [online]. Plzeň 2005 [cit. 2014-02-16].
- [3] *Strojírenské navrhování na plné obrátky* [online]. 2008 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z:
http://www.eximus.cz/CADELEC/ACADMechanical_2008.pdf
- [4] Sálové počítače firmy IBM. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.root.cz/clanky/salove-pocitace-firmy-ibm/>
- [5] The History of CAD. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
- [6] DORŇÁK, Lukáš. *Zpracování a hodnocení funkcí a možností modulu Part Design programu Catia*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Ing. Luboš Rokyta.
- [7] Produkty Autodesk. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: autodesk.cz
- [8] Revoluční Rhinoceros 4.0. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.rhino3d.cz/clanky/rhino/rhinoceros-4-v-prodeji.html>
- [9] Autodesk: Lekce 1. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/cad/autocad/ACAD-1.htm>
- [10] Technical data: Gordic. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.gordic.se/uk/technical.html>
- [11] CAXMIX: Tip pro AutoCad. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.caxmix.cz/2012/10/10/tip-pro-autocad-jak-se-rychle-prepinat-mezivice-otevrenymi-vykresy/>
- [12] AutoCad 2006. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://windows-az.com/muxtelif/muxtelifq/5166-autocad-2006-video-derslik.html>
- [13] Technodat: CAE systémy. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: technodat.cz
- [14] Dassault Systemes. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.cad.cz/component/content/article/1828.html>

- [15] EDS Technologies. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.edstechnologies.com>
- [16] Learn Catia V5. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://cadsolutionscatiaV5.blogspot.cz/>
- [17] CATIA. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
- [18] Custom 3-Pieces Wheel Design. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
http://forums.vwvortex.com/showthread.php?5046597-Custom-3-Piece-Wheel-Design-*PICS-INSIDE*
- [19] CATIA V6: Idiada. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
<http://www.idiada.cz/catia-v6.html>
- [20] Solid Edge. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
http://en.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge
- [21] Working with 2D Files. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
http://www.caddigest.com/exclusive/solid_edge/012213_working_with_2d_files_in_solid_edge_st.htm
- [22] Solid Edge ST6 First Looks. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
http://www.caddigest.com/exclusive/solid_edge/092413_simulation_and_linear_static_stress.htm
- [23] Solid Edge: Siemens PLM. In: [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z:
http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/
- [24] AutoCAD. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.cadstudio.cz/autocad>
- [25] AutoCAD Mechanical. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.autocadfamily.cz/autocad-mechanical>
- [26] AutoCAD Mechanical: Promosoft. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.promsoft.com.ua/AutoCADMechanical.html>
- [27] AutoCad. In: [online]. [cit. 2014-03-04]. Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/studium/materialy/autocad/acad_I_cz/defaultCE.html
- [28] AutoCad Mechanical 2011. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
http://www.mssoft.ru/Makers/Autodesk/AutoCAD_Mechanical_2011/SysReq/

- [29] AutoDesk. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://autodesk.idealab.cz/new/autocad-mechanical>
- [30] KRPAL, Jaroslav. *Studium využití programu Catia pro tvorbu vstříkovacích forem* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2014-02-20]. Bakalářská práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Ing. Luboš Rokyta.
- [31] Generative Shape Design: Catia V5. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://fjgvillaverde.blogspot.cz/p/catia-v5-r20.html>
- [32] CATIA V5: CAMPOST. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.camcoe.com/ccmtn.htm>
- [33] KNOL, Nikola. *Konstrukce ovládacího madla proudnice TURBO-JET 2000* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2014-02-20]. Diplomová práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Ing. Luboš Rokyta.
- [34] Dytron: Podpora plánování a konstrukce. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.dytron.cz/catia-popis/catia-v5.aspx>
- [35] Solid Edge navrhujte lépe: Solid Edge se synchronní technologií odhaluje tajemství lepšího návrhu. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: www.siemens.cz/plm
- [36] Solid Edge ST6. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.caxmix.cz/2013/07/03/solid-edge-st6-chce-nalakat-uzivatele-solidworksu-nabidne-vestaveny-cam-system/>
- [37] Plastové díly: AXIOM TECH. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.axiomtech.cz/24804-solid-edge-plastove-dily>
- [38] MM Spektrum: Průmyslové Spektrum. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/novinky-nejen-v-synchronni-technologie.html>
- [39] Tvorba výkresů. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.cadforum.cz/cadforum/Vyuka-Inventoru/vykresy2.htm>
- [40] Formáty papírů. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://www.tisknu.cz/uzitecne-informace/formaty-a-vyseky/formaty-papiru>
- [41] Technické zobrazování 2D. In: [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
<http://rodkovar.webzdarma.cz/2012/10/Technicke-zobrazovani.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD Computer Aided Design

CAM Computer Aided Manufacturing

CAE Computer Aided Engineering

CA Computer Aided

PC Personal Computer

DWF Design Web Format

DWG DraWinG

DXF Data eXchange Format

CNC Computer Numerical Control

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Ukázka sestavy [1]</i>	12
<i>Obrázek 2 – Sálový počítač IBM 705 [4]</i>	13
<i>Obrázek 3 – Kreslení světelným perem [5]</i>	14
<i>Obrázek 4 – Ukázka rastrové grafiky [6]</i>	14
<i>Obrázek 5 – 3D model kolečka nákupního vozíku [5]</i>	15
<i>Obrázek 6 – Nastavení hladin v AutoCADu [8]</i>	16
<i>Obrázek 7 – Roletové menu AutoCAD R 11 [9]</i>	17
<i>Obrázek 8 – Výkres v AutoCAD R 13 [10]</i>	18
<i>Obrázek 9 – Lišta pro práci s více výkresy [11]</i>	18
<i>Obrázek 10 – 3D model v AutoCAD 2006 [12]</i>	19
<i>Obrázek 11 – Oficiální partneři Dassault Systemes a IBM [14]</i>	20
<i>Obrázek 12 – Vývoj křídla Boeingu [16]</i>	21
<i>Obrázek 13 – Sestava Alu kola v Catii V5 [18]</i>	22
<i>Obrázek 14 – Ukázka Solid Edge 2D Drafting [21]</i>	23
<i>Obrázek 15 – Ukázka deformace a barevného spektra [22]</i>	24
<i>Obrázek 16 – Dimenzování součásti a volba tolerancí [26]</i>	27
<i>Obrázek 17 – Vygenerovaný řetězový převod [28]</i>	27
<i>Obrázek 18 – Vygenerovaná pružina [29]</i>	28
<i>Obrázek 19 – Knihovna pro normalizovaný šroubový spoj [25]</i>	28
<i>Obrázek 20 – Cylindrový blok motoru V6 [25]</i>	31
<i>Obrázek 21 – Analýza namáhaného tělesa</i>	31
<i>Obrázek 22 – Tvarování PET láhve [31]</i>	32
<i>Obrázek 23 – Obrábění náboje kola [32]</i>	32
<i>Obrázek 24 – Plošné modelování [36]</i>	35
<i>Obrázek 25 – Plastový výlisek [37]</i>	35
<i>Obrázek 26 – Svařenec [38]</i>	36
<i>Obrázek 27 – Formáty papírů [40]</i>	38
<i>Obrázek 28 – Promítání ISO E [41]</i>	39
<i>Obrázek 29 – Základní vysvětlivka ke kotování</i>	42
<i>Obrázek 30 – Nastavení hladin v AutoCAD 2009</i>	46
<i>Obrázek 31 – Razítko UTB Zlín</i>	47
<i>Obrázek 32 – Obrys hřídele se zkosením a zaoblením</i>	48

<i>Obrázek 33 – Obrys hřídele s drážkami pro pero</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 34 – Hřídel s řezy a osami</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 35 – Promítnutí a průřezy</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 36 – Hotový výkres</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 37 – Nastavení hladin</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 38 – Základní pohled sestavy</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 39 – Pohled s řezem</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 40 – Zakótovaný výkres</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 41 – Hotový výkres sestavy</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 42 – Hřídel v Part Designu</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 43 – Razítko</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 44 – Aktivní základní pohled s promítnutým pohledem</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 45 – Hřídel s průřezy a vedlejším pohledem</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 46 – Vytvořené řezy na hřídeli</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 47 – Hotová hřídel</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 48 – Složená sestava</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 49 – Razítko</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 50 – Základní pohled sestavy</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 51 – Vyobrazení sestavy</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 52 – Sestava včetně kót</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 53 – Hotový výkres sestavy</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 54 – 3D hřídel včetně všech drážek a děr</i>	<i>64</i>
<i>Obrázek 55 – Pozadí a razítko</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 56 – Hřídel s řezy a promítnutým pohledem</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 57 – Vytvořené průřezy včetně pohledů</i>	<i>66</i>
<i>Obrázek 58 – Hotový výkres</i>	<i>67</i>
<i>Obrázek 59 – Razítko výkresu</i>	<i>68</i>
<i>Obrázek 60 – Základní pohled sestavy</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 61 – Základní pohled včetně řezu</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 62 – Sestava a kóty</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 63 – Hotový výkres</i>	<i>71</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Hodnocení tvorby razítka a pozadí výkresu.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 2 – Hodnocení tvorby pohledů.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 3 – Hodnocení tvorby řezů.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 4 – Hodnocení tvorby kót.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 5 – Hodnocení tvorby drsností a tabulek.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 6 – Hodnocení tvorby textu.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 7 – Hodnocení tvorby pozic.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 8 – Hodnocení tvorby kusovníku.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 9 – Hodnocení tisku výkresů.....</i>	<i>76</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I	Výrobní výkres hřídele v programu AutoCAD 2009
Příloha II	Výrobní výkres hřídele v programu CATIA V5 R19
Příloha III	Výrobní výkres hřídele v programu Solid Edge ST5
Příloha IV	Výkres sestavy v programu AutoCAD 2009
Příloha V	Výkres sestavy v programu CATIA V5 R19
Příloha VI	Výkres sestavy v programu Solid Edge ST5

Na CD ve složce Přílohy jsou :

Příloha VII	Bakalářská práce v pdf
Příloha VIII	Výkres dílu, sestava v programu AutoCAD 2009
Příloha IX	Výkres dílu, sestava v programu CATIA V5 R19
Příloha X	Výkres dílu, sestava v programu Solid Edge ST5
Příloha XI	Hodnotící tabulky