

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

VYUŽITÍ ADAPTIVNÍCH CAD SYSTÉMU PRO MODELOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH STROJŮ

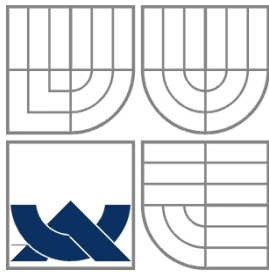
ADAPTIVE CAD SYSTEMS FOR MODELLING ELECTRICAL MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

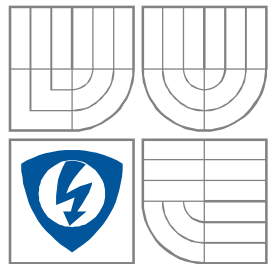
Petr Mánek

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

VYUŽITÍ ADAPTIVNÍCH CAD SYSTÉMU PRO MODELOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH STROJŮ

ADAPTIVE CAD SYSTEMS FOR MODELLING ELECTRICAL MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

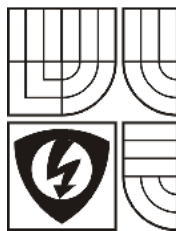
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Petr Mánek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková

BRNO, 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Mánek Petr

Ročník: 3

ID: 72931

Akademický rok: 2009/10

NÁZEV TÉMATU:

Využití adaptivních CAD systémů pro modelování elektrických strojů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Posuďte možnosti tvorby geometrie v moderních animačních a vizualizačních programech.
2. Popište postup tvorby adaptivních prvků v programu Autodesk Inventor Series.
3. Vytvořte model jednoduchého elektrotechnického modelu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 1.10.2009

Termín odevzdání: 27.5.2010

Vedoucí projektu: doc. Dr. Ing. Hana Kuchyřková

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na možnosti tvorby geometrie a animace v moderních animačních a vizualizačních programech. V první části práce jsou shrnuty výhody a funkce vybraných animačních a vizualizačních programů. Další část práce popisuje postup tvorby jednoduchých modelů v programu Autodesk Inventor 2010. Je ukázán postup tvorby náčrtu, 3D součásti, 3D součásti z plechu a sestavy. Jednou z hlavních částí této práce je popis tvorby adaptivní součásti v sestavě. Jsou zde shrnuty výhody adaptivního modelování a na jednoduchém modelu je adaptivní modelování předvedeno. V další části se práce věnuje možnostem animace vytvořených modelů v prostředí modulu prezentace a v programu Autodesk Inventor Studio, ve kterém je následně vytvořena animace elektronicky komutovaného motoru.

Abstract

This work is focussed on possibilities of creation geometry and animation in modern animation and visualization programs. In the first part of this work are summarized advantages and possibilities of selected animation and visualization programs. The next section of this thesis describes procedure for creating simple models in Autodesk Inventor 2010. Is shown creation sketching, 3D components, 3D sheet metal parts and assemblies. One of the main parts of this work is description of the creating an adaptive component in the assembly. Are summarized the benefits of adaptive modelling, and is presented the creation of adaptive model. The next part of the work deals with the possibilities of animation created models in an environment module Presentations and Autodesk Inventor Studio, in which is then created animation of electronically commutated motor.

Klíčová slova

Animace; modelování; elektronicky komutovaný motor; Autodesk Inventor; Inventor Studio; CAD systémy;

Keywords

Animation; modelling; Electronically commutated motor; Autodesk Inventor; Inventor Studio; CAD systems

Bibliografická citace

MÁNEK, P. *Využití adaptivních CAD systémů pro modelování elektrických strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 49 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Využití adaptivních CAD systémů pro modelování elektrických strojů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

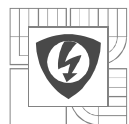
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Dr. Ing. Haně Kuchyňkové za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

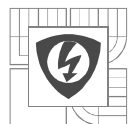
V Brně dne

Podpis autora



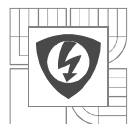
OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
1 ÚVOD	10
1 ÚVOD	10
2 CAD SYSTÉMY	10
2.1 ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMŮ.....	11
3 ANIMAČNÍ A VIZUALIZAČNÍ SYSTÉMY	11
3.1 PRO/ENGINEER	11
3.2 SOLIDWORKS	12
3.3 SOLID EDGE.....	13
3.4 NX	13
3.5 MECHANICAL DESKTOP	14
3.6 3DS MAX	14
4 AUTODESK INVENTOR.....	15
4.1 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ AUTODESK INVENTORU	15
4.2 ZÁKLADY PRÁCE V AUTODESK INVENTORU	17
4.2.1 MODELOVÁNÍ SOUČÁSTI.....	17
4.2.2 TVORBA SOUČÁSTÍ Z PLECHU	21
4.2.3 TVORBA SESTAV	25
4.3 ADAPTIVNÍ MODELOVÁNÍ V SESTAVÁCH.....	27
4.3.1 POSTUP TVORBY ADAPTIVNÍCH SOUČÁSTÍ	28
5 ANIMACE A VIZUALIZACE V PROGRAMU AUTODESK INVENTOR.....	34
5.1 TVORBA PREZENTACE	34
5.2 INVENTOR STUDIO	37
6 ANIMACE ELEKTRONICKY KOMUTOVANÉHO MOTORU.....	37
6.1 ELEKTRONICKY KOMUTOVANÉ MOTORY	37
6.2 TVORBA ANIMACE ELEKTRONICKY KOMUTOVANÉHO MOTORU.....	38
6.3 TVORBA EFEKTU TEKOUČÍ TAVENINY	45
7 ZÁVĚR.....	47
POUŽITÁ LITERATURA	48
INTERNETOVÉ ZDROJE	48
PŘÍLOHY	49

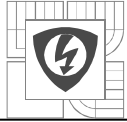


SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Pracovní prostředí Autodesk Inventoru 2010</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 2 – Dynamicky se měnící pás karet</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 3 – Prohlížeč součástí v režimu Náčrt a Sestava</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 4 – Nabídka možností nového souboru</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 5 – Rozhraní pro tvorbu náčrtů.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 6 – Vytvořený náčrt součásti a zobrazené vazby.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 7 – Okótovaný náčrt</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 8 – Prostředí pro 3D modelování.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 9 – Vysunutí náčrtu</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 10 – Nová náčrtová rovina a nový náčrt.....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 11 – Přiřazení materiálu součásti</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 12 – Hotová součást</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 13 – Rozhraní pro tvorbu plechových součástí</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 14 – Zadání tloušťky plechu a jeho materiálu.....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 15 – Upřesnění definice materiálu</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 16 – Náčrt plechové součásti</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 17 – Použití příkazu Plocha</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 18 – Použití příkazu Obruba</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 19 – Tvorba lemu.....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 20 – Tvorba čáry pro ohyb.....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 21 – Použití příkazu Ohnutí</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 22 – Hotová součást z plechu.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 23 – Dialogové okno vložit komponentu</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 24 – Komponenty pro tvorbu sestavy</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 25 – Použití vazby vložit proti sobě.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 26 – Součásti po aplikaci vazby</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 27 – Zobrazení stupňů volnosti součástí hotové sestavy.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 28 – Rozhraní pro tvorbu sestav s vloženou součástí</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 29 – Dialogové okno vytvořit komponentu v místě</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 30 – Náčrtová rovina pro tvorbu nové součásti.....</i>	<i>29</i>



<i>Obrázek 31 – Náčrt nové součásti</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 32 – Vysunutí nové komponenty</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 33 – Nová součást bez adaptivních vazeb</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 34 – Aktivace adaptivity</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 35 – Použití vazby Stejný směr</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 36 – Součásti po přiřazení adaptivní vazby Stejný směr</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 37 – Přiřazení vazby Proti sobě</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 38 – Použití vazeb Tečně</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 39 – Součásti po přiřazení všech adaptivních vazeb</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 40 – Sestava po modifikaci rozměrů spodní části</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 41 – Projekce hran spodní součásti do nového náčrtu</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 42 – Hotová sestava vytvořená projekcí hran součásti</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 43 – Modifikovaná sestava vytvořená projekcí hran součásti</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 44 – Aktivace automatického rozpadu vazeb</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 45 – Dialog automatického rozpadu</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 46 – Zobrazení tras komponent</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 47 – Manuálně definovaná trasa komponenty</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 48 – Dialog animace</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 49 – Nastavení parametrů videa</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 50 – Užití funkce Animovat vazbu</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 51 – Dialog pro nastavení doby zrychlení zpomalení</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 52 – Použití funkce Animovat komponenty</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 53 – Definování parametrů při použití funkce Animovat komponenty</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 54 – Dialogové okno funkce Útlum</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 55 – Dialogové okno Animovat kameru</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 56 – Použití funkce Animovat kameru</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 57 – Manipulace s kamerou</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 58 – Dialog Renderování</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 59 – Typy renderování Ilustrace a Realistické</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 60 – Průběh animace tekoucí taveniny</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 61 – Tvorba komponent pro efekt tečení taveniny</i>	<i>46</i>



1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá moderními animačními a vizualizačními programy. Zvláště pak programem Autodesk Inventor 2010. V první části jsou popsány funkce a možnosti vybraných animačních a vizualizačních programů.

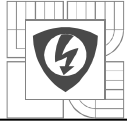
V další části této práce jsou popsány základy modelování v programu Autodesk Inventor 2010. Na jednoduchém příkladu je popsána tvorba součástí, sestavy a součásti z plechu. Jako stěžejní bod této části práce je popsána tvorba adaptivní součásti v sestavě a to pomocí aktivace adaptivity v průběhu modelování a s pomocí projekce hran součásti, na které má být referenční geometrie vázána.

V poslední části se práce zabývá tvorbou animací vytvořených modelů. Jsou popsány možnosti tvorby animací v programu Autodesk Inventor 2010 a to tvorba animace s pomocí modulu *Prezentace* a tvorba pokročilé animace v programu Inventor Studio. V tomto programu je jako součást práce vytvořena animace výroby a chlazení elektronicky komutovaného motoru.

2 CAD systémy

CAD neboli Computer Aided Design, v překladu počítačová podpora konstruování jsou softwarové aplikace, které slouží v úvodních etapách výrobního procesu k tvorbě geometrie výrobků a jejich následné editaci. Tvorba v CAD programech probíhá jako klasické 2D kreslení (výkresová dokumentace) nebo jako 3D modelování (3D model definovaný pomocí objemů a ploch).

V minulosti se CAD systémy používaly pouze pro tvorbu výkresové dokumentace. Uživatel vytvářel výkresy součástí v jednotlivých pohledech na základě pravidel technického kreslení. V moderních CAD systémech již uživatel ve většině případů nevytváří výkresovou dokumentaci, ale přímo objemový model dané součásti, ze kterého je výkresová dokumentace následně odvozena. Takto vytvořená výkresová dokumentace součásti je plně asociativně svázána s modelem a při jakékoliv dodatečné editaci modelu se tato změna automaticky promítne do výkresové dokumentace. Byla vytvořena řada specializovaných systémů pro různá odvětví (strojírenství, elektrotechnika, stavebnictví, apod.). Moderní CAD systémy nabízí uživateli řadu nových funkcí, jako jsou analýzy vymodelovaných součástí (pevnostní, teplotní atd.), možnost generování normalizovaných dílů, základní mechanické výpočty a možnost animace vymodelovaných součástí a sestav. [17][18]



2.1 Rozdělení CAD systémů

CAD systémy lze rozdělit do tří kategorií:

1. **Malé CAD systémy** – podporují tvorbu dvojrozměrných objektů a umožňují generování výkresové dokumentace. Zástupci této skupiny jsou např. AutoCAD LT, TurboCAD Delux.
2. **Střední CAD systémy** – podporují 2D a 3D parametrické konstruování a vizualizaci. Výhodou těchto programů je, že umožňují integraci speciálních programů tzv. nástaveb. Mezi tyto systémy patří např. AutoCAD.
3. **Velké CAD systémy** – jde o systémy, které umožňují 2D a 3D parametrické konstruování, umožňují odvodit 2D výkresovou dokumentaci z 3D modelu, tvorbu sestav a zahrnují nástroje pro analýzu modelovaných součástí a sestav. Mezi tyto systémy patří např. Autodesk Inventor, SolidWorks, NX aj.

[17]

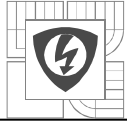
3 Animační a vizualizační systémy

Moderní animační a vizualizační systémy nabízí uživateli možnost názorně a velmi efektivně prezentovat vytvořené 3D modely součástí a sestav. Animace a vizualizace se stala běžnou součástí výrobního procesu. V této kapitole bude uveden stručný výčet funkcí a možností vybraných animačních a vizualizačních programů, které nalézají své využití ve strojírenství, elektrotechnickém průmyslu a mnoha dalších odvětvích.

3.1 Pro/Engineer

Pro/Engineer- je strojírenský CAD/CAM/CAE systém programů pro tvorbu výrobku od projektu až po výrobu. Je založen na 3D parametrickém konstruování reálných součástí pomocí konstrukčních prvků. Díky webovému propojení mají konstruktéři přístup ke všem informacím a funkcím, které potřebují od koncepčního návrhu přes detailní konstrukci výrobku a vývoj výrobních nástrojů až po výrobu.

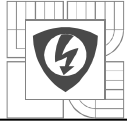
Program pracuje s plnou asociativitou modelovaných součástí, takže se případné změny kterékoliv součásti promítnou do všech jejích výskytů. Program umožňuje objemové modelování včetně plechových dílů a jejich rozvinu, tvorbu sestav, tvorbu svařovaných a rámových konstrukcí a mechanismů. Podporuje navrhování v sestavách a 3D modelování svarů v sestavách. Umožňuje kótování v 3D výkresech a nabízí podporu řady formátů



souborů jako *STEP, IGES, DXF, DWG, Parasolid, JT a ASIC import*. Program je schopen generovat automaticky kompletní výrobní dokumentaci. Výhodou je možnost vytvářet různé typy pohledů, průmětů, detailů, ISO pohledů apod. Je schopen generovat automatické řezy v díle a sestavě a podporuje tvorbu montážních tzv. rozstřelených sestav. Samozřejmostí je možnost komunikace s jinými CAD programy. V oblasti animace a vizualizace poskytuje sadu nástrojů pro tvorbu komplexních animačních sekvencí pohybu dílů, sestav a mechanismů ve fotorealistické kvalitě - např. animace postupu montáže a demontáže nebo výrobního postupu na lince. Zahrnuje speciální aplikaci pro tvorbu válcovaných ocelových, hliníkových a plechových profilů. Umožňuje simulovat, vyhodnocovat a optimalizovat strukturální chování v oblasti statiky, vlastních frekvencí, dynamiky, vzpěrné stability, kontaktu, velkých deformací, teplotních zátěžových stavů, dále životnost, pohybové a dynamické analýzy mechanismů. Poskytuje nástroje pro návrh elektrických, kabelových a potrubních systémů. [14][15]

3.2 SolidWorks

Solidworks je jeden z nejpobulárnějších 3D CAD systémů. Hlavní využití nalézá ve strojírenství. Poskytuje nástroje pro 3D modelování součástí, sestav, tvorbu výkresové dokumentace, modelování plechových součástí a svařovaných konstrukcí. Nabízí nejlepší objemové modelování a tvorbu 2D výrobní dokumentace. Podporuje řadu 2D a 3D datových formátů včetně *dwg*, který je schopen také editovat. Umožňuje snadnou integraci modulů třetích osob. Obsahuje nástroj pro ověření návrhu, který zahrnuje nejčastěji používané funkce pro vyhodnocení návrhu v oblasti napětí, poměrné deformace a posunutí. Dále obsahuje modul pro testování funkčnosti modelů a modul pro analýzu toku kapalin. Program podporuje fotorealistické zobrazení 3D modelů a fotorealistické renderování. Výhodou je možnost využít on-line adresář dílů nebo vestavěnou knihovnu dílů. Obsahuje funkce jako kontrola dílu, výkresů a ověření vyrobitelnosti. Umožňuje spolupráci v projekčních skupinách, správu dat a import naskenovaných dat. [11][12][13]

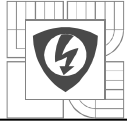


3.3 Solid Edge

Jedná se o hybridní 2D/3D návrhový systém vyvíjený společností Siemens. Je primárně určený pro návrh strojírenských konstrukcí. Systém obsahuje modul pro zpracování 2D výkresové dokumentace, jehož licence je zdarma. Obsahuje také nástroje pro správu technické dokumentace a podporuje spolupráci více projektantů na jednom projektu. Solid Edge přináší novou tzv. *Synchronní technologii*, která spojuje to nejlepší z dosud známých způsobů modelování. Je založena na modelování bez závislosti na předchozí historii. V *Synchronní technologii* není důležité, jak daný tvar vznikl, ale je důležité, jak vypadá před požadovanou změnou a jak má vypadat po změně. Tato technologie výrazně zjednodušuje úpravu modelů importovaných z jiných CAD systémů. Program zavádí nový způsob skicování v 3D prostoru a s tím souvisí i možnost kótování v 3D prostoru. Těmito kótami lze 3D model přímo editovat. Program zavádí tzv. *Procedurální prvky*, což jsou speciální operace na modelu pro tvorbu děr, polí, zaoblení a dalších obdobných funkcí. Tvary, respektive stěny, které vznikly za použití procedurálních prvků, jsou vybaveny informacemi, které slouží pro snadnější editaci. Například díra si nese informaci o typu, průměru, hloubce závitů apod. Díky těmto údajům lze snadno změnit například typ díry nebo změnit velikost a typ závitů. Pro editaci a úpravu rozměrů modelu obsahuje program speciální objekt tzv. *Ovládací prvek*, což je objekt podobný osovému kříži a tažením za jednotlivé šipky se vybrané stěny posouvají určeným směrem. [7][8][9]

3.4 NX

NX je program, který poskytuje podporu činností v konstrukci a výrobě. Umožňuje provést ideový návrh, tvorbu výkresové dokumentace, návrh elektromechanických systémů, výpočty, simulace a analýzy, modelování jednotlivých dílů i celých sestav, programování NC obráběcích a měřicích strojů, simulaci obrábění, kontrolu kvality, správu dat a projektů. Protože je systém NX vyvíjen společností Siemens, obsahuje také synchronní technologii se všemi funkcemi stejně jako Solid Edge. Nabízí uživateli velmi kvalitní vykreslování vytvářených modelů v reálném čase. Výhodou je uživatelské rozhraní, které bylo navrženo pro co největší komfort obsluhy. Pomocí radiálního pop – up menu usnadňuje uživateli použití nejvíce využívaných nástrojů. Funkce *Celá obrazovka* umožňuje maximálně využít plochu obrazovky. Program poskytuje funkci *Dynamických řezů*, která umožňuje zadat a zobrazit vícenásobné řezy. [10]

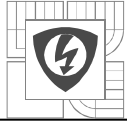


3.5 Mechanical Desktop

Mechanical Desktop je objemový a povrchový 3D modelář firmy Autodesk. Umožňuje modelování součástí, sestav a obsahuje funkci pro automatické vytvoření výkresové dokumentace odvozené z modelované součásti. Umožňuje přímou editaci těles importovaných z programu AutoCAD nebo z jiných zdrojů a umožňuje přenášet vytvořenou geometrii do programu Autodesk Inventor. Obsahuje rozsáhlou knihovnu normalizovaných součástí a funkcí pro strojní konstruování. Poslední vydanou verzí je Mechanical Desktop 2009. Další vývoj byl zastaven. Program sjednocuje 2D CAD s moderním přístupem 3D modelování. Umožňuje práci s neúplně zadanou geometrií. Tato vlastnost umožňuje definovat jen významné kóty a vazby a ostatní definovat až po dokončení celého modelu. Obsahuje funkci vizuální indikace vazeb a stupňů volnosti, což je výhodné při spolupráci několika konstruktérů na tomtéž projektu. Po načtení modelu vytvořeného jiným konstruktérem může Mechanical Desktop zobrazit vazby a stupně volnosti a tak umožnit pochopit způsob konstrukce modelu, bez nutnosti komunikovat s původním konstruktérem. Mechanical Desktop je dokonce vybaven funkcí, která přehraje postup konstrukce celého modelu. Výhodou je možnost provázání s kancelářskými programy a tím možnost zefektivnit práci na kompletní projektové dokumentaci. Umožňuje výpočet hmotnostních parametrů a momentů setrvačnosti jednotlivých součástí nebo sestav i kontrolu kolizí jednotlivých částí v sestavách. Podporuje práci ve stínovaném režimu nebo v režimu skrytých hran. Výhodou je možnost doplnit funkce prostřednictvím aplikací nezávislých vývojářů. [21]

3.6 3ds max

3ds max je světově nejrozšířenější animační a vizualizační program, který sdružuje komplexní řešení pro 3D modelování, vizualizaci a renderování. Jeho využití je značně obsáhlé od tvorby reklam, filmů, v architektuře až po konstrukční vizualizace a tvorbu počítačových her. Program nabízí uživateli interaktivní prostředí, rychlý rendering, rozsáhlou knihovnu doplňkových plug-in aplikací dalších vývojářů, podporu formátu *dwg* a plnou kompatibilitu s ostatními aplikacemi firmy Autodesk. Při modelování má uživatel možnost výběru z předem vytvořených geometrií, včetně základních či rozšířených objektů, 2D tvarů a architektonických elementů. Umožňuje převádět parametrické či složené objekty na základní geometrické typy a využívat 2D tvary pro tvorbu modelů založených na křivkách a ty následně převádět na libovolný typ 3D geometrie. Obsahuje přesné nástroje pro tvorbu profilů a konstrukci povrchů na základě křivek, které zahrnují funkce pro vytažení profilů nebo povrchů podél cesty, zkosení, vytažení či zaoblení hran, uzavření otvorů, posun, zrcadlení a tvorbu objektů rotací nebo spojením několika křivek a povrchů. [5][6]



4 Autodesk Inventor

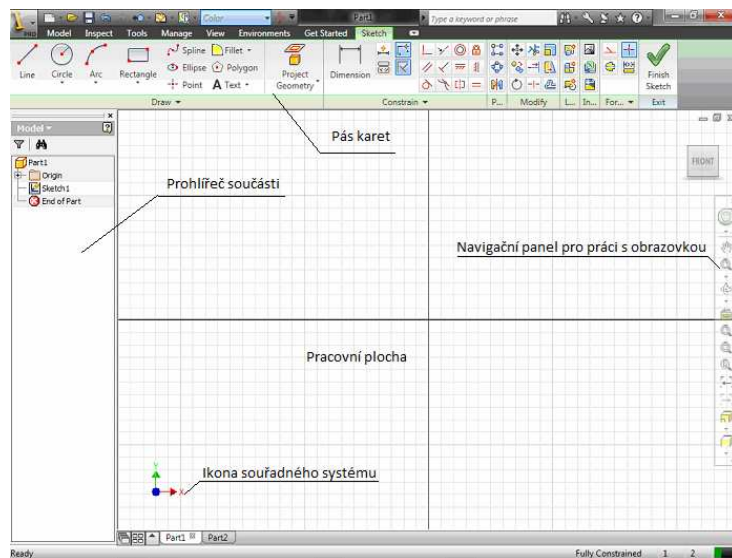
Program Autodesk Inventor je jeden ze světově nejprodávanějších CAD systémů. Největší využití nalézá v automobilovém průmyslu, pro modelování plechových dílů, při výrobě nábytku, v elektrotechnice a ve stavebnictví. Jedná se o parametrický CAD systém, ve kterém je geometrie součásti definována sadou rozměrových a geometrických parametrů. Lze v něm vytvářet jednoduché 3D modely součástí, složité 3D modely sestav, 2D výkresovou dokumentaci odvozenou z vymodelované součásti a animovanou prezentaci vytvořené sestavy. Nabízí také možnost tvorby MKP/FEM analýzy součástí a od verze 2010 i sestav. Program Autodesk Inventor navíc podporuje formát souborů *dwg*, čímž je dána možnost provázání tvorby s programem AutoCAD, který patří mezi nejpoužívanější neparametrické modeláře. Program podporuje i techniku adaptivního modelování, při kterém jsou součásti vytvářeny jako částečně parametrické nebo úplně parametrické a jejich výsledný tvar se vytváří pomocí vazeb na okolní součásti v sestavě. [1][2][3]

4.1 Pracovní prostředí Autodesk Inventoru

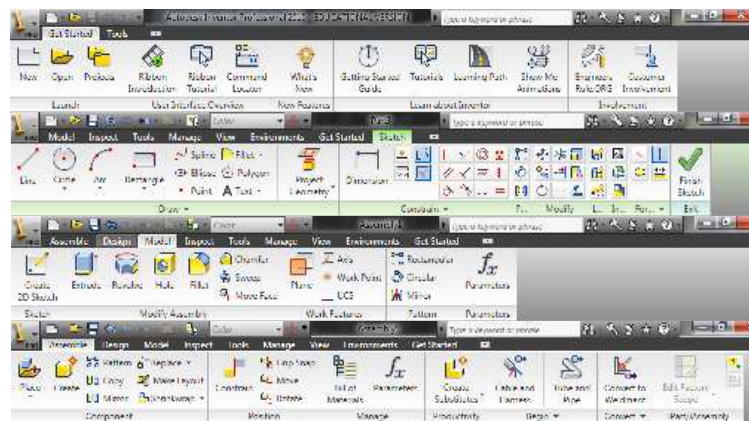
Pracovní prostředí programu Autodesk Inventor je navrženo tak, aby poskytovalo uživateli co nejvyšší komfort obsluhy jednotlivých funkcí. (Obrázek 1) Je jednoduché, přehledné s velmi intuitivním ovládním modelovacích nástrojů. Rozhraní je navrženo jako dynamické. To znamená, že při práci v různých módech programu (náčrt, sestava...) je umístění prohlížeče součástí a pásu karet neměnné, ale mění se jejich obsah. (Obrázek 2) Ovládací prvky jsou do značné míry podobné ovládacím prvkům z jiných modelovacích CAD systémů. Tyto vlastnosti spolu s možností uživatelského přizpůsobení programu zaručují vysokou produktivitu práce a snadný přechod konstruktérů mezi jednotlivými CAD programy.

Pracovní prostředí programu Autodesk Inventor 2010 se skládá z těchto částí:

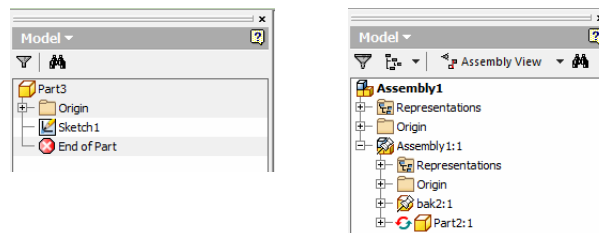
1. **Pracovní plocha** – Je náhledem na vytvářený náčrt nebo modelovaný objekt.
2. **Pás karet** – Obsahuje nejpoužívanější funkce pro modelování. Jeho obsah se dynamicky přizpůsobuje právě vykonávané činnosti. (Obrázek 2)
3. **Prohlížeč součástí** – Je navržen jako stromová struktura, do které se zaznamenávají jednotlivé kroky tvorby modelu. Kterýkoliv krok lze zpětně prohlížet a jeho parametry editovat. Prohlížeč součástí lze nalézt v různé podobě u všech CAD systémů. (Obrázek 3)
4. **Navigační panel pro práci s obrazovkou** – obsahuje nástroje pro práci s pohledy a funkce přiblížení.
5. **Ikona souřadného systému** – Dává uživateli informaci o aktuální pracovní ploše.



Obrázek 1 – Pracovní prostředí Autodesk Inventoru 2010



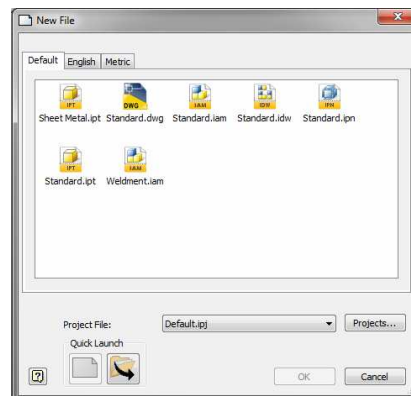
Obrázek 2 – Dynamicky se měnící pás karet



Obrázek 3 – Prohlížeč součástí v režimu Náčrt a Sestava

4.2 Základy práce v Autodesk Inventoru

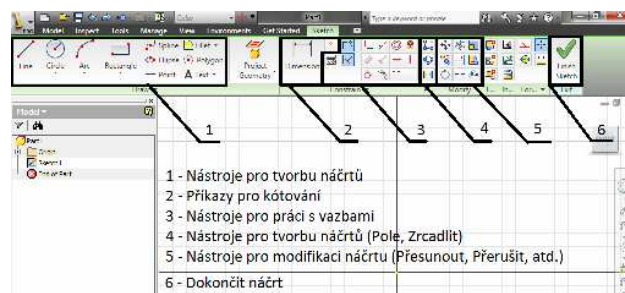
Tato kapitola se věnuje základům práce v programu Autodesk Inventor 2010. Popsána bude tvorba součástí, součástí z plechu, sestav a tvorba adaptivních součástí v sestavách. Po spuštění programu a volbě položky *Nový* má uživatel možnost vybrat si, zda bude vytvářet model součásti, výkresovou dokumentaci, animaci, model svařované součásti atd. (Obrázek 4)



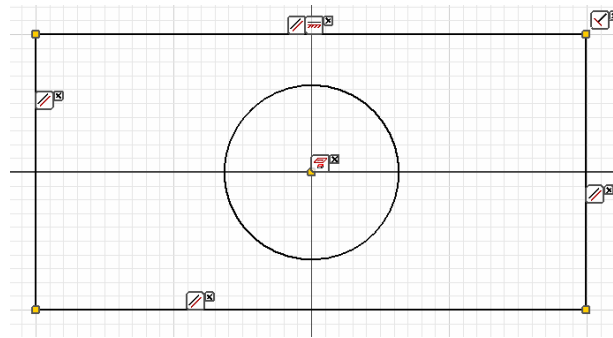
Obrázek 4 – Nabídka možností nového souboru

4.2.1 Modelování součásti

Základem každé součásti je její náčrt. Pro vytvoření náčrtu slouží soubor s příponou *ipt*, po jehož výběru se zobrazí náčrtové rozhraní s prohlížečem součástí a pásem karet, který obsahuje příslušné nástroje pro tvorbu náčrtu např. *Přímka*, *Kružnice*, *Oblouk*, *Mnohohelník*, atd. (Obrázek 5) Zobrazí se také pracovní plocha s pomocnou mřížkou, která slouží jako pomůcka pro odhad vzdáleností. Pomocí kreslicích funkcí se vytvoří základní náčrt součásti zatím bez jakékoliv rozměrové parametrizace. (Obrázek 6) Dalším krokem je úprava tvaru základního náčrtu pomocí geometrických vazeb. Některé vazby program automaticky přiřadí pomocí nástroje *trasování vazeb* a další vazby je možno doplnit ručně. Pro modifikaci vazeb je nutné je nejdříve zobrazit, což se provede pomocí příkazu *Zobrazit vazby*.

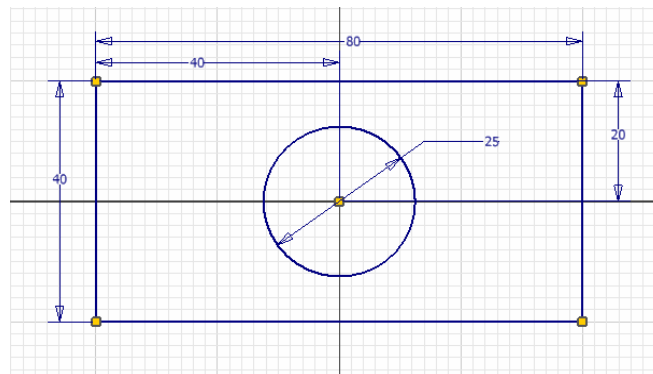


Obrázek 5 – Rozhraní pro tvorbu náčrtů

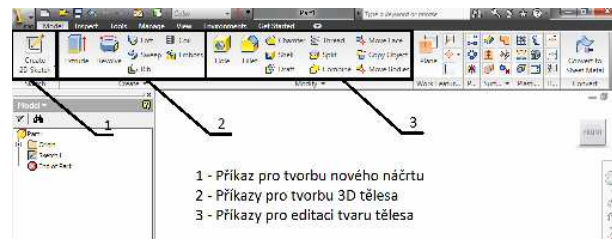


Obrázek 6 – Vytvořený náčrt součásti a zobrazené vazby

Po vytvoření základního náčrtu se určí jeho přesné rozměry. K tomu slouží příkaz *Kótování*. S jeho pomocí se náčrt okótuje tak, aby byl plně rozměrově určen. (Obrázek 7) Při vlastním kótování lze využít dvě možnosti a to ruční kótování nebo příkazu pro automatické kótování. Kóty lze kdykoliv editovat jednoduchým kliknutím tlačítka myši na danou kótu. Program automaticky kontroluje potřebnost kót. To znamená, že uživatele upozorní, pokud je určitý rozměr kótován dvakrát, nebo jej není třeba kótovat z důvodu, že lze jeho rozměr odvodit pomocí jiných již okótovaných rozměrů. Podle stupně rozměrové parametrizace se součásti dělí na *částečně parametrické*, u nichž jsou určeny jen důležité rozměry, *plně parametrické*, které jsou plně rozměrově určeny a *adaptivní* u kterých se rozměry řídí referenční geometrií. Právě vytvářená součást je plně parametrická.



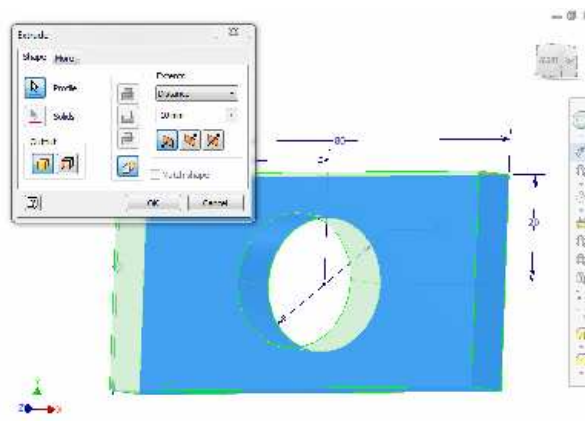
Obrázek 7 – Okótovaný náčrt



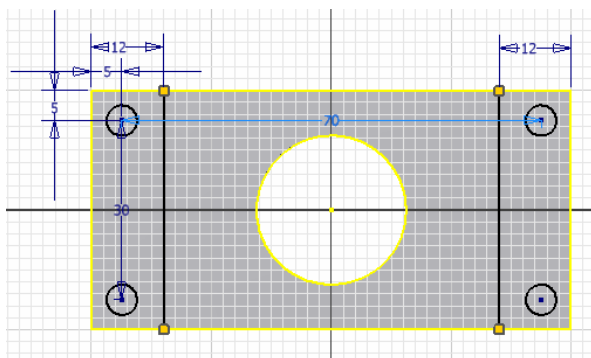
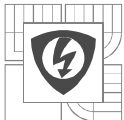
Obrázek 8 – Prostředí pro 3D modelování

Po přiřazení všech rozměrů základnímu náčrtu se pomocí příkazu *Dokončit náčrt* zobrazí rozhraní pro tvorbu 3D modelů. (Obrázek 8) Objeví se příslušná nabídka příkazů pro práci s 3D modelem, např. *Vysunutí*, *Rotace*, *Šablonování*, *Zaoblení*, *Pole* atd. Pomocí těchto příkazů se vymodeluje z plošného náčrtu 3D těleso a určí se jeho konečný tvar.

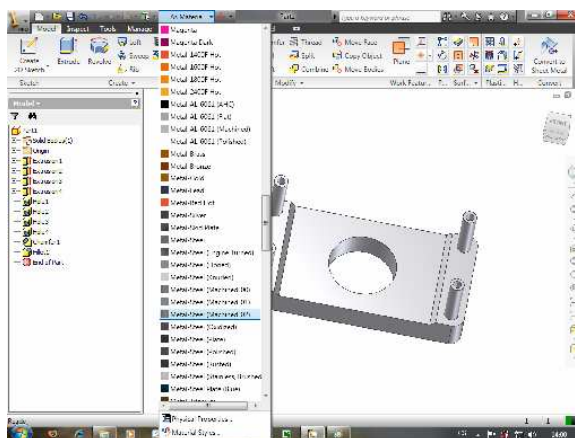
Pro vytvoření 3D tělesa z nakresleného náčrtu se použije nástroj *Vysunutí*. (Obrázek 9) Po jeho aktivaci se objeví příslušný dialog, ve kterém je nutné vybrat plochu pro vysunutí, zadat jeho výšku a směr. Dialog rovněž nabízí možnost použití množinových operací *Průnik*, *Připojit* a *Oříznout*. Po potvrzení dialogu *Vysunout* vznikne objemové těleso a dalšími příkazy např. *Zaoblení*, *Zkosení*, *Díra*, *Závit* atd. se může pokračovat v úpravě výsledného tvaru součásti. Je možné také pokračovat tvorbou nového náčrtu na libovolné ploše vymodelovaného tělesa příkazem *Vytvořit náčrt* a pomocí 3D nástrojů opět pokračovat v tvorbě součásti. (Obrázek 10) Po dokončení tvarové modifikace se pro lepší orientaci v následné sestavě a pro výpočet fyzikálních vlastností modelu může přiřadit součásti materiál. Program Autodesk Inventor nabízí obsáhlou knihovnu materiálů. (Obrázek 11) Nyní je součást zcela hotova. (Obrázek 12)



Obrázek 9 – Vysunutí náčrtu



Obrázek 10 – Nová náčrtová rovina a nový náčrt



Obrázek 11 – Přirazení materiálu součásti

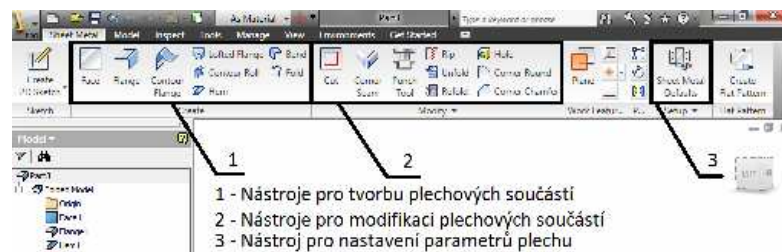


Obrázek 12 – Hotová součást

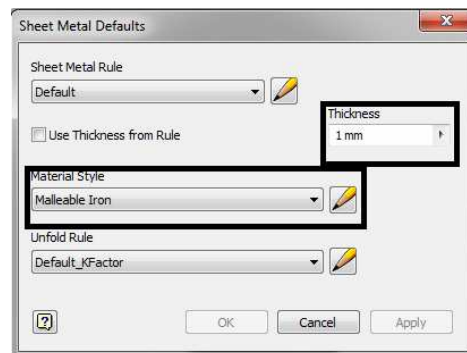
4.2.2 Tvorba součástí z plechu

Autodesk Inventor nabízí uživatelům optimalizované prostředí a nástroje pro tvorbu součástí z plechu. Namísto modelování plechových dílů běžnými technikami lze s výhodou využít nástrojů speciálně určených pro tvorbu plechových součástí. V dalším textu bude popsána tvorba jednoduché součásti z plechu.

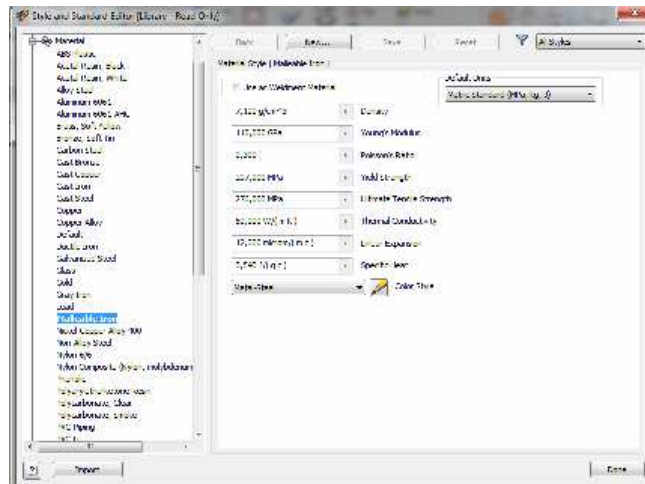
Po výběru příslušného typu souboru *plech.ipt* v dialogu *Nový*, se objeví uživatelské rozhraní s nástroji pro tvorbu plechových součástí. (Obrázek 13) Prvním krokem je definování materiálu plechu a jeho tloušťky. Pomocí nástroje pro nastavení parametrů plechu se nadefinují v příslušných dialozích všechny důležité parametry. Jako první je třeba zadat jeho tloušťku a materiál. (Obrázek 14) Materiálové konstanty (hustota, modul pružnosti, mez skluzu, tepelná vodivost, atd.) lze upřesnit v editoru stylů a norem. (Obrázek 15)



Obrázek 13 – Rozhraní pro tvorbu plechových součástí



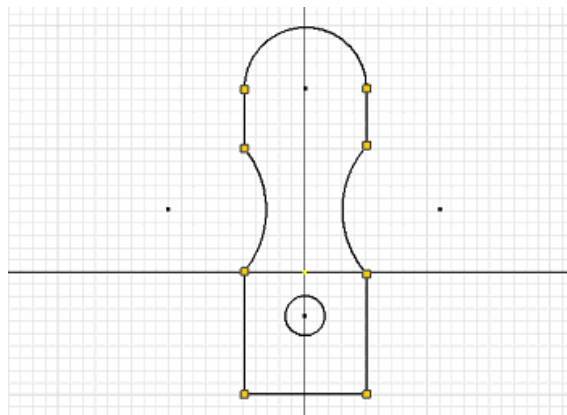
Obrázek 14 – Zadání tloušťky plechu a jeho materiálu



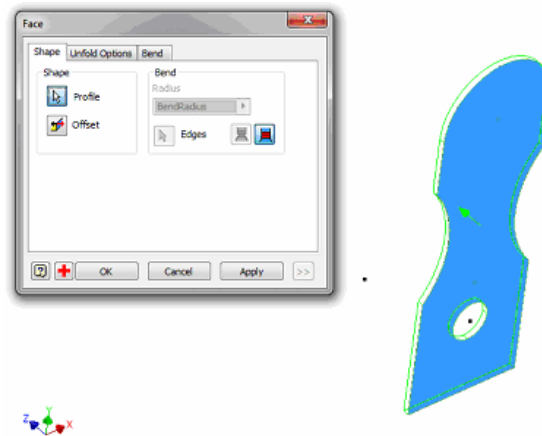
Obrázek 15 – Upřesnění definice materiálu

Druhým krokem je tvorba základního náčrtu nové součásti a to běžným způsobem v prostředí pro tvorbu 2D náčrtů a s pomocí základních kreslicích nástrojů. (Obrázek 16)

Po jeho dokončení a použití příkazu *Dokončit náčrt* se zobrazí prostředí pro tvorbu plechových součástí. Aby z 2D náčrtu vznikla 3D plechová součást, je nutné použít nástroje *Plocha*. (Obrázek 17) Jeho použití je obdobné příkazu *Vysunout*.

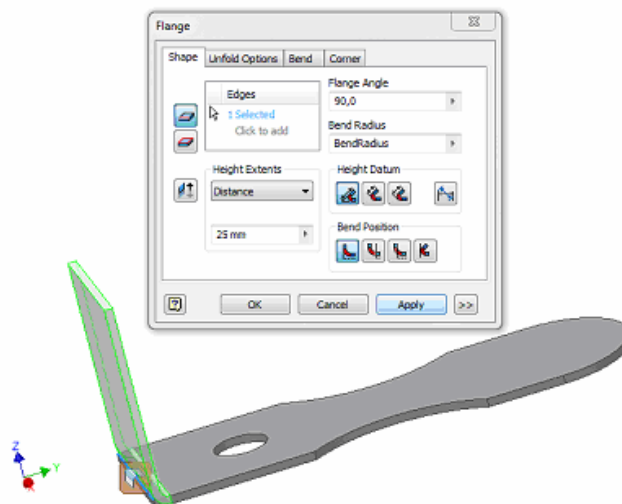


Obrázek 16 – Náčrt plechové součásti

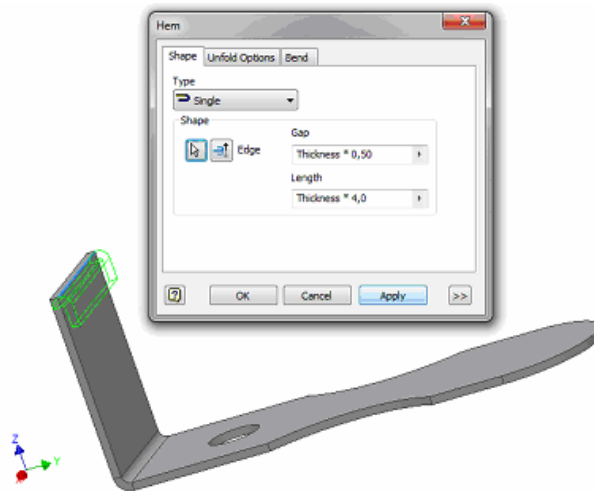


Obrázek 17 – Použití příkazu Plocha

Vznikla tedy 3D plechová součást. K vytvoření ohybu plechové součásti se použije příkaz *Obruba*. (Obrázek 18) Tento nástroj se využívá k tvorbě libovolného ohybu podél jakékoliv vybrané hrany. V dialogu *Obruba* se tedy vybere hrana pro vytvoření obruby, zadá se úhel ohybu a provede se potvrzení dialogu. Výsledný ohyb je zobrazen na následujícím obrázku. Na konci vytvořené obruby se může dále vytvořit lem příkazem *Lem*. (Obrázek 19) Jeho použití je shodné s předchozími příkazy.

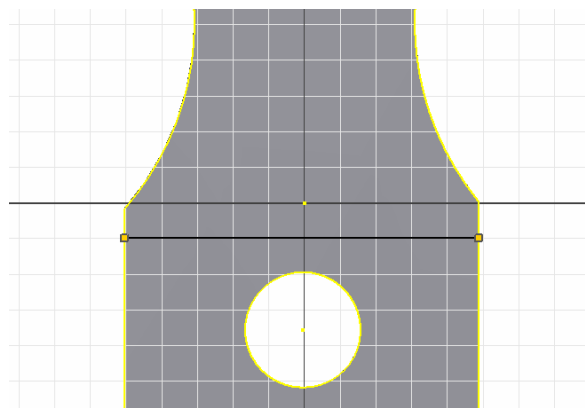


Obrázek 18 – Použití příkazu Obruba

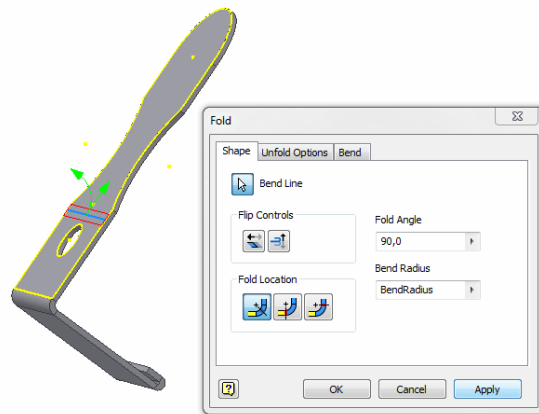


Obrázek 19 – Tvorba lemu

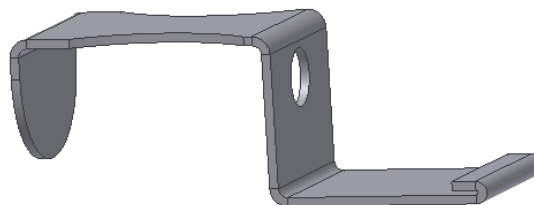
Pro vytvoření ohybu, který bude umístěn těsně za otvorem vytvářené součásti, je nutné nakreslit čáru pro ohyb. Pomocí příkazu *Vytvořit náčrt* se určí náčrtová rovina, v níž se ve vybraném místě nakreslí čára. (Obrázek 20) Za použití příkazu *Ohnout* se vytvoří ohyb podél vytvořené čáry. (Obrázek 21) V dialogu *Ohnout* se vybere právě vytvořená čára pro ohyb a zadá se úhel ohnutí. Stejným způsobem může uživatel součást dále upravovat podle své představy.



Obrázek 20 – Tvorba čáry pro ohyb



Obrázek 21 – Použití příkazu Ohnutí

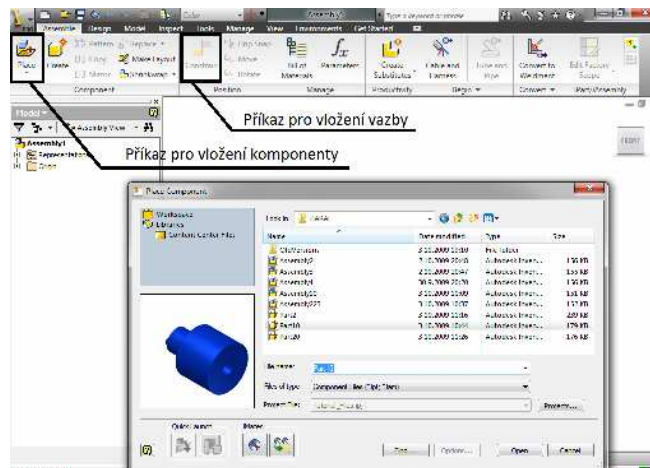


Obrázek 22 – Hotová součást z plechu

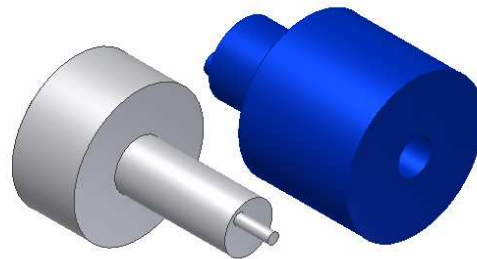
4.2.3 Tvorba sestav

Sestava je model obsahující více součástí vzájemně spojených vazbami. K tvorbě sestavy je nutné se v programu Autodesk Inventor přesunout do příslušného rozhraní. Což se provede výběrem nového soubor typu *iam* v dialogu *Nový*. Na pásu karet se zobrazí nástroje pro tvorbu sestav. S využitím příkazu *Vložit komponentu* a příslušného dialogového okna, (Obrázek 23) se rozmístí na pracovní plochu všechny potřebné komponenty sestavy. (Obrázek 24) Poté je možné začít sestavu kompletovat a to pomocí vazeb. Vazby definují vzájemnou polohu součástí v sestavě a fungují na principu omezování stupňů volnosti jednotlivých dílů, nebo jinými slovy omezení vzájemného pohybu komponent. Při tvorbě sestav nabízí program možnost využít řady vazeb v závislosti na požadované funkci součásti v sestavě. Pokud chce uživatel například úplně zamezit pohybu několika součástí vůči sobě a to v jakémkoliv směru, musí použít takové vazby, aby počet stupňů volnosti byl nulový. Program nabízí tyto vazby: *Proti sobě*, *Úhel*, *Tečně*, *Vložit* a *Rotace*.

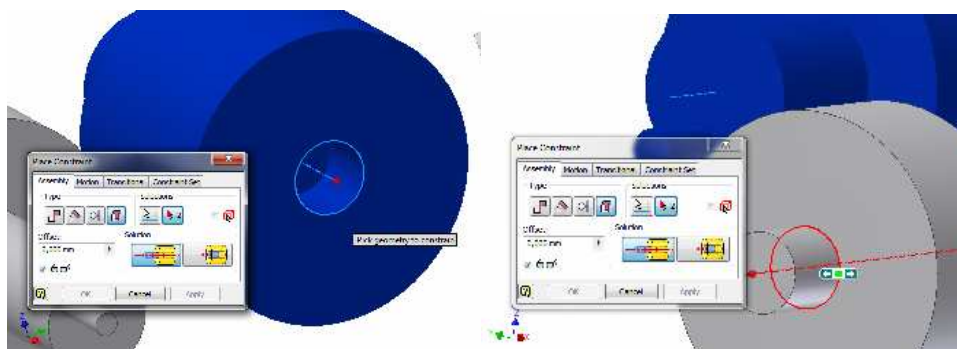
Na příkladu tvorby sestavy níže je použita vazba *Vložit proti sobě*. Po výběru vhodných hran (Obrázek 25) a potvrzení volby příkazem *Aplikovat* na dialogu vazeb se obě součásti spojí vybranými plochami proti sobě. (Obrázek 26) Uživatel má možnost zobrazit stupně volnosti pomocí příslušné funkce na pásu karet. (Obrázek 27) Na obrázku je vidět, že se součásti vůči sobě nemohou posouvat, pouze je povolena rotace světlejší části vůči druhé.



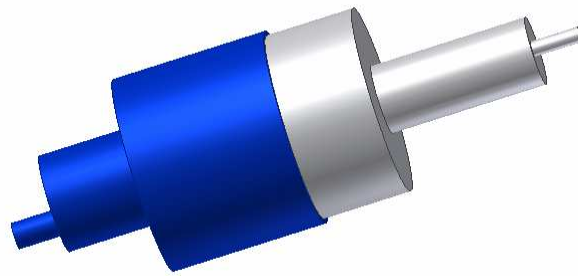
Obrázek 23 – Dialogové okno vložit komponentu



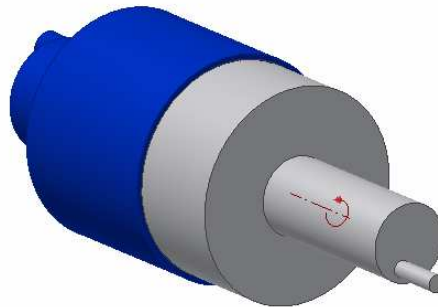
Obrázek 24 – Komponenty pro tvorbu sestavy



Obrázek 25 – Použití vazby vložit proti sobě



Obrázek 26 – Součásti po aplikaci vazby



Obrázek 27 – Zobrazení stupňů volnosti součástí hotové sestavy

4.3 Adaptivní modelování v sestavách

Adaptivní modelování je novou a velmi efektivní metodou tvorby modelů, která je založena na principu tvorby součástí přímo v sestavách bez nutnosti její rozměrové parametrizace a geometrických vazeb. Součásti jsou modelovány jako částečně nebo plně parametrické a jejich přesné rozměry a tvar se odvozují pomocí adaptivních vazeb na okolní součásti v sestavě. Součást vytvořená adaptivním modelováním se při jakékoliv následné změně okolních součástí adaptivně deformuje a tím se přizpůsobuje nové geometrii. Je tedy výrazně ulehčen návrh funkčnosti celé sestavy.

Effektu adaptivní deformace součástí v závislosti na geometrii sestavy lze dosáhnout dvěma základními metodami:

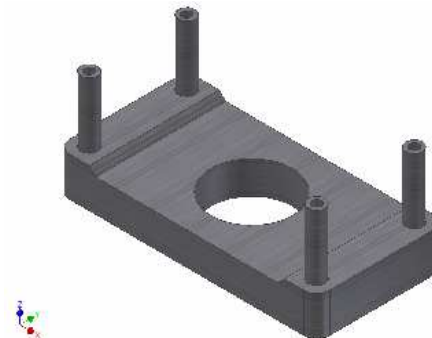
- *Aktivace adaptivity v průběhu modelování součástí v sestavě* - Při tomto způsobu je nutné dodržovat podmínku možnosti adaptivně řídit požadovanou geometrii součástí. To znamená, že taková geometrie nesmí být omezena rozměrovým parametrem nebo geometrickou vazbou. Pokud tato podmínka nebude splněna, nebude možné adaptivní modifikaci uskutečnit.



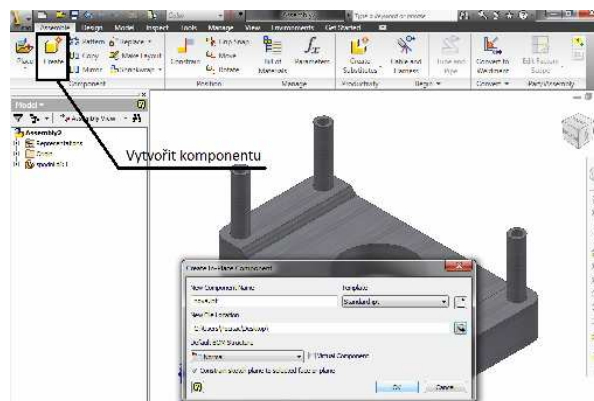
- *Aktivace adaptivity projekcí hran součástí, na které má být referenční geometrie vázána* - Autodesk Inventor aktivuje takto vytvořenou referenční geometrii náčrtu jako adaptivní. Nemůže tedy nastat případ, kdy nelze adaptivní deformaci uskutečnit z důvodu rozměrového parametru nebo geometrické vazby.

4.3.1 Postup tvorby adaptivních součástí

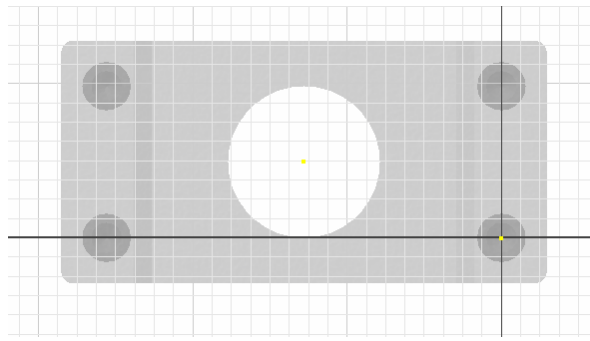
Nyní bude na jednoduchém modelu vysvětlen princip adaptivního modelování v sestavách. Jedná se o vytváření sestavy, proto je nutné otevřít rozhraní pro tvorbu sestav – soubor typu *iam*. Po zobrazení příslušného módu se vloží vybraná komponenta příkazem *Vložit komponentu*. Tato součást bude v dalším textu nazývána *Část 1*. Součást se tedy umístí kdekoli na pracovní ploše. (Obrázek 28) K tvorbě nové součásti přímo v sestavě slouží příkaz *Vytvořit*. Objeví se dialogové okno *Vytvořit komponentu v místě*, v němž je možné zadat název nové součásti a umístění příslušného souboru v počítači. (Obrázek 29) Po potvrzení dialogu je nutné vybrat plochu pro náčrtovou rovinu nové součásti (jakákoliv plocha *Části 1*). Následně dojde k zobrazení náčrtové roviny a současně se *Část 1* zprůhlední. (Obrázek 30) Nyní je možné začít náčrt nové součásti. V dalším textu bude označována jako *Část 2*.



Obrázek 28 – Rozhraní pro tvorbu sestav s vloženou součástí

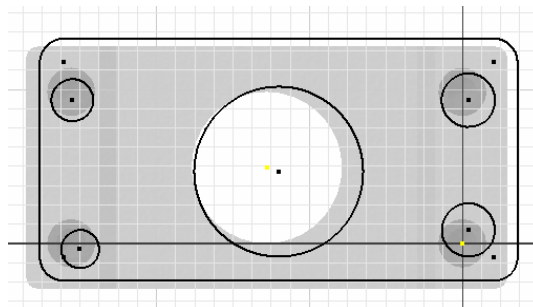


Obrázek 29 – Dialogové okno vytvořit komponentu v místě

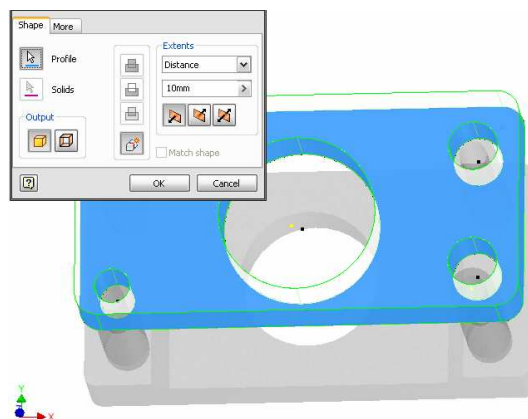


Obrázek 30 – Náčrtová rovina pro tvorbu nové součásti

Existují dvě možnosti jak vytvořit novou součást přímo v sestavě. Pro názornost budou popsány obě dvě. V případě prvního způsobu tvorby se nejdříve vytvoří náčrt nové součásti, který nemusí být rozměrově zcela přesný. Náčrt se neparаметrizuje. (Obrázek 31) Dalším krokem je vysunutí vytvořeného náčrtu již známým způsobem pomocí příkazů *Dokončit náčrt* a *Vysunout*. (Obrázek 32)



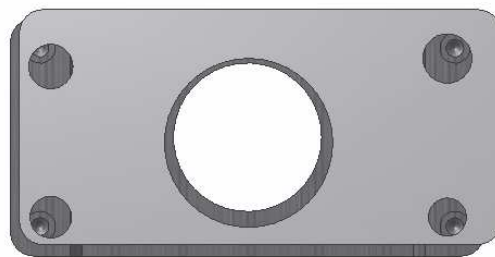
Obrázek 31 – Náčrt nové součásti



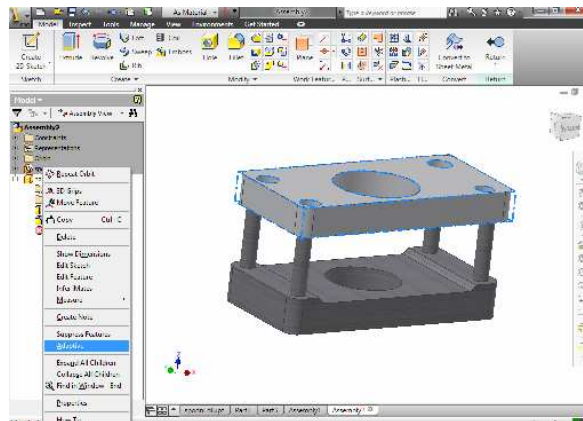
Obrázek 32 – Vysunutí nové komponenty



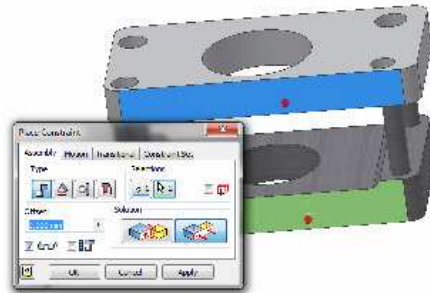
Je vidět, že vzniklá *Část 2* není rozměrově stejná s *Částí 1*. (Obrázek 33). Nyní se aktivuje u takto vytvořené součásti adaptivita. Prostým kliknutím pravého tlačítka myši na položku právě realizovaného vysunutí v prohlížeči součástí a výběrem položky *Adaptivně*. (Obrázek 34) Adaptivitu lze aktivovat i v předchozím kroku. Kliknutím pravého tlačítka myši na položku vytvořeného náčrtu v prohlížeči součástí a výběrem položky *Adaptivně*. V prohlížeči součástí se okamžitě objeví symbol adaptivity (červenozelený kruh). Aby hrany a díry obou součástí byly navzájem zarovnané, použije se nyní adaptivních vazeb. Nejprve se zarovnají strany obou součástí použitím vazby *Stejný směr*. (Obrázek 35) Vazby se jednoduše aplikují na plochy, které budou adaptivně svázány. Po aplikaci na všechny boční strany se nyní obvodové hrany *Části 2* přizpůsobily obvodovým hranám *Části 1*. (Obrázek 36) Zbývá přiřadit adaptivní vazby vytvořeným díram. Pro zarovnání děr na *Části 1* a *Části 2* je zapotřebí použít dvou vazeb a to vazby *Proti sobě*, kterou se díry navzájem vystředí a vazby *Tečně*, kterou se upraví rozměr děr na *Části 2* podle rozměrů děr na *Části 1*. Použití vazby *Proti sobě* je velmi jednoduché. Vazba se přiřadí vnitřnímu plášti obou editovaných děr. (Obrázek 37) Díra na *Části 2* má nyní stejnou polohu a rozměr jako díra na *Části 1*. Jako poslední se využije vazba *Tečně*. Její použití je opět stejné jako u předchozí vazby. (Obrázek 38) Obě vazby se následně aplikují na všechny zbývající díry a zaoblení. Nyní je vidět, že se všechny díry překrývají. (Obrázek 39) Právě byla vytvořena adaptivní součást *Část 2*, která se při jakékoliv změně rozměrů *Části 1* bude přizpůsobovat jejím novým rozměrům. (Obrázek 40)



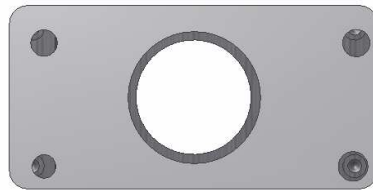
Obrázek 33 – Nová součást bez adaptivních vazeb



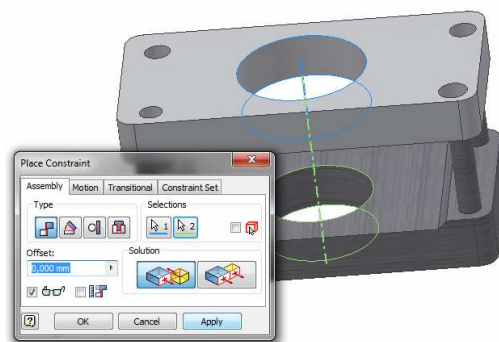
Obrázek 34 – Aktivace adaptivity



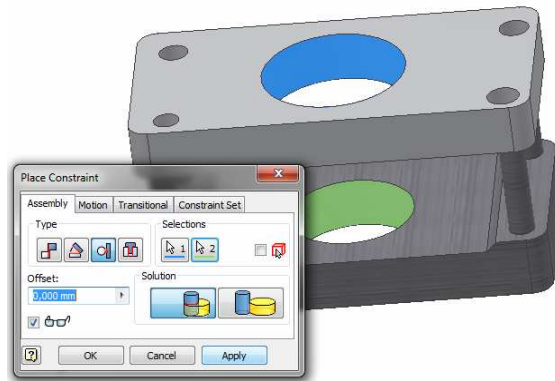
Obrázek 35 – Použití vazby Stejný směr



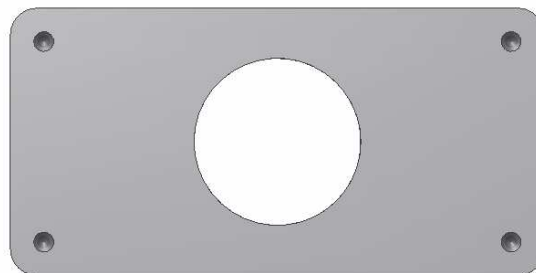
Obrázek 36 – Součásti po přiřazení adaptivní vazby Stejný směr



Obrázek 37 – Přiřazení vazby Proti sobě



Obrázek 38 – Použití vazeb Tečně



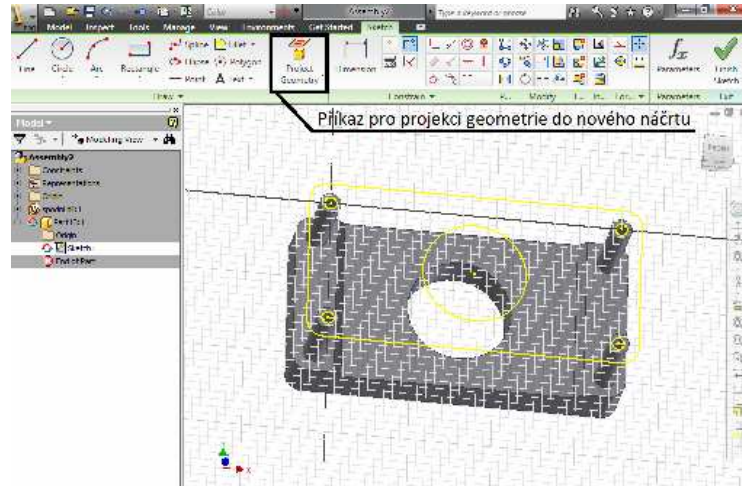
Obrázek 39 – Součásti po přiřazení všech adaptivních vazeb



Obrázek 40 – Sestava po modifikaci rozměrů spodní části

..

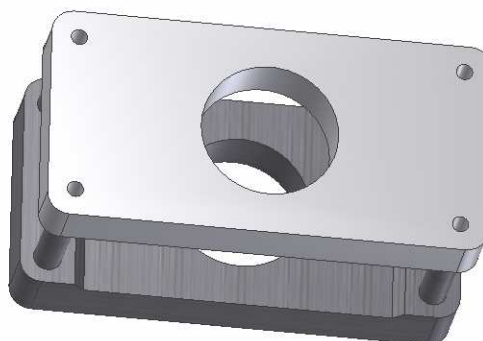
Druhý způsob spočívá v aktivaci adaptivity projekci hran součásti, na které má být referenční geometrie vázána. Tento postup je velice jednoduchý. Příkazem *Projekce hran* se výběrem aktivují všechny geometrie vložené součásti, které budou použity při tvorbě nové součásti. V našem případě jsou to hrany obvodu *Části 1* a všechny hrany děr. (Obrázek 41)



Obrázek 41 – Projekce hran spodní součásti do nového náčrtu

Program Inventor automaticky aktivoval nový náčrt jako adaptivní, takže není třeba aktivovat adaptivitu ručně. Dále se postupuje shodně jako při obvyklém modelování součástí. Použitím nástroje *Vysunutí* se z náčrtu stane 3D součást. (Obrázek 42) Sestava se opět může kdykoliv modifikovat bez nutnosti zásahu do rozměrových a geometrických parametrů nově vytvořené *Části 2*. (Obrázek 43) Funkčnost celé sestavy je tak zcela zajištěna.

Postup tvorby adaptivní součásti byl s pomocí programu HyperCam2 nahrán do videosouboru, který je přílohou této práce.



Obrázek 42 – Hotová sestava vytvořená projekcí hran součásti



Obrázek 43 – Modifikovaná sestava vytvořená projekcí hran součásti

5 Animace a vizualizace v programu Autodesk Inventor

Program Autodesk Inventor poskytuje vhodné nástroje pro prezentaci, animaci a vizualizaci vytvořených součástí a sestav pro obchodní účely, výuku nebo jako montážní návod. Konkrétně je to nástroj pro vytváření jednoduchých prezentací a modul Inventor Studio, který obsahuje pokročilejší funkce jako animace kamery, styly scén, osvětlení atd.

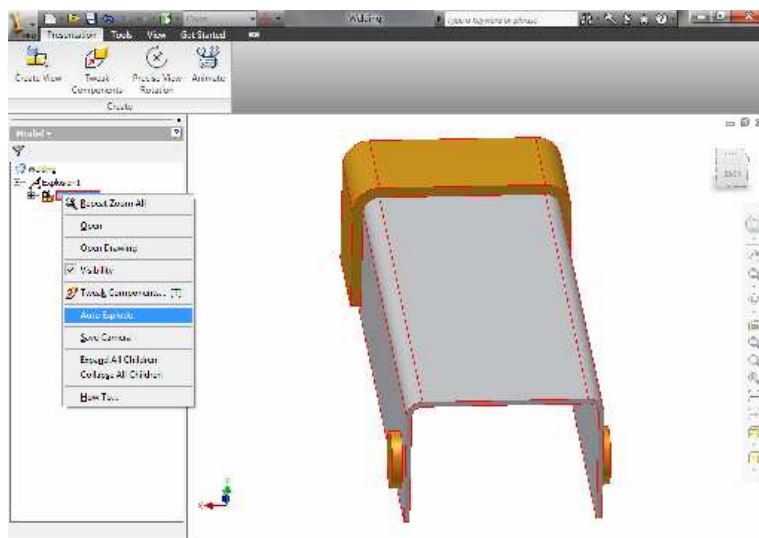
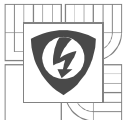
5.1 Tvorba prezentace

Výběrem souboru typu *ipn* v dialogu *Nový* se zobrazí pracovní prostředí modulu pro tvorbu prezentace, do něhož se vloží předem vytvořená sestava příkazem *Vytvořit pohled*. Dalším krokem je nastavení pohybu jednotlivých částí. Zde má uživatel možnost pohyb částí nastavit manuálně, nebo může využít funkce pro automatický rozpad.

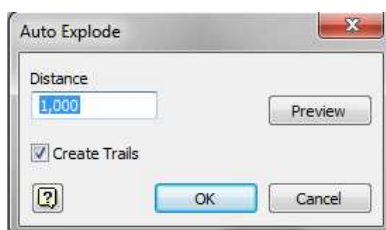
Druhá možnost je velmi jednoduchá. V prohlížeči součástí se kliknutím pravého tlačítka myši na název sestavy zvolí možnost *Automatický rozpad*. (Obrázek 44) V příslušném dialogu se zadá vzdálenost, kterou komponenty urazí při rozpadu sestavy. (Obrázek 45) Po potvrzení dialogu se jednotlivé části přesunou do nové polohy. (Obrázek 46)

Další možností je definovat pohyb komponent ručně. Příkazem *Pohyb komponent* se zobrazí příslušný dialog a následně se provede volba umístění souřadného systému, komponenty, se kterou bude pohybováno a počátku trasy pohybu. Jednoduchým tažením se určí trasa, po které se komponenta bude pohybovat. (Obrázek 47)

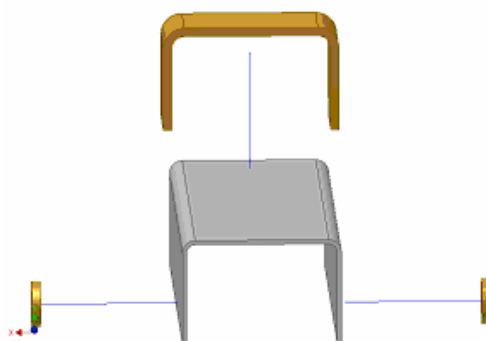
Pokud je uživatel s rozmístěním komponent spokojen, může začít s animací. Příkazem *Animovat* vyvolá dialog (Obrázek 48), ve kterém si vytvořenou animaci může kdykoliv přehrát. Pro zachycení animace do videosouboru slouží tlačítko záznam (červené tlačítko v dialogu animovat). Objeví se další dialog, ve kterém je nutno zadat umístění souboru v počítači a v dalším dialogovém okně pak nastavit parametry (kvalitu) vytvářeného videa. (Obrázek 48) Po potvrzení dialogu, následném spuštění vytvořené prezentace a opětovném stisku tlačítka pro záznam se videozáznam uloží do vybraného umístění.



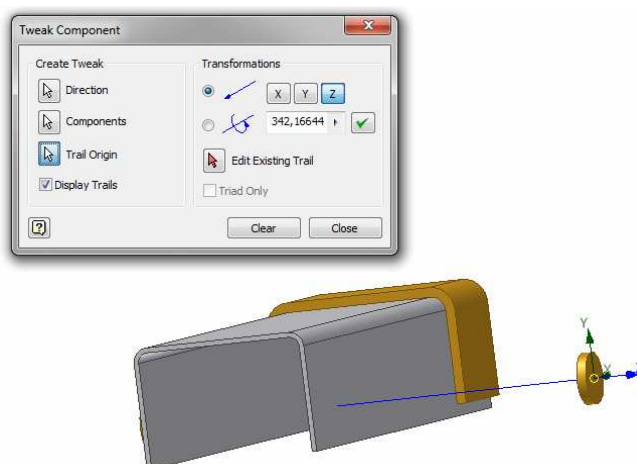
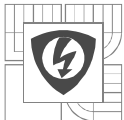
Obrázek 44 – Aktivace automatického rozpadu vazeb



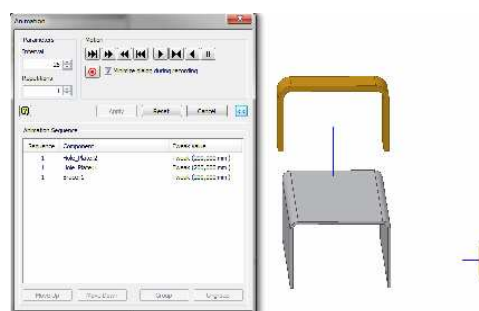
Obrázek 45 – Dialog automatického rozpadu



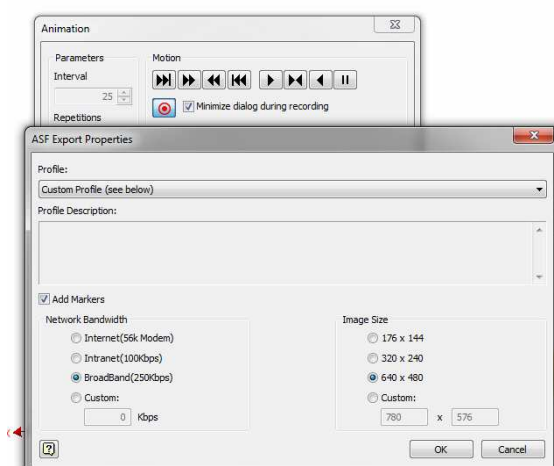
Obrázek 46 – Zobrazení tras komponent



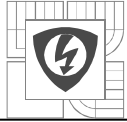
Obrázek 47 – Manuálně definovaná trasa komponenty



Obrázek 48 – Dialog animace



Obrázek 49 – Nastavení parametrů videa



5.2 Inventor Studio

Inventor Studio umožňuje vytvářet vizualizace modelů a sestav ve fotorealistické kvalitě. Nabízí pokročilejší stupeň animace než modul prezentace. V Inventor Studiu je možné měnit typ povrchu součástí, pozadí scény, její osvětlení nebo animovat pohyb kamery. Animovat lze rovněž rozpad sestavy, jednotlivé vazby a funkčnost celé sestavy.

- Povrch součástí - uživatel má možnost vybrat si z obsáhlé knihovny povrchů, u kterých lze dále upravovat parametry jako odlesk, průhlednost atd.
- Styl osvětlení - uživatel vybírá z již přednastavených stylů, nebo využije možnosti vytvořit styl vlastní. Může například měnit zdroj světla, velikost jasu, vrhání stínu a další parametry.
- Styl scény - uživatel vybírá z již přednastavených typů scén a má dokonce možnost vložit vlastní fotografii, která se poté zobrazí jako pozadí animace.
- Animace kamery - kamera se v průběhu prezentace může pohybovat nebo otáčet.

Po nastavení těchto základních parametrů uživatel dále definuje pohyb jednotlivých komponent. Animovat lze polohu, orientaci, viditelnost jednotlivých dílů, světla a vazby. K zřehlednění pohybu součástí v jednotlivých časových úsecích slouží časová osa, na které se každá akce zobrazí.

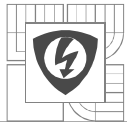
Poslední fází tvorby prezentace je renderování vytvořené animace. Inventor Studio nabízí možnost tvorby velmi kvalitních vizualizací ve fotorealistické kvalitě. Renderování ovšem trvá velmi dlouhou dobu a to i na výkonných počítačích.

6 Animace Elektronicky komutovaného motoru

Tato kapitola se v první části věnuje rozdělení, konstrukci a principu funkce elektronicky komutovaných motorů. V druhé části je popsána tvorba animace výroby a chlazení předem vytvořeného modelu elektronicky komutovaného motoru.

6.1 Elektronicky komutované motory

Elektronicky komutovaný motor (EC motor) je též nazýván bezkomutátorový stejnosměrný motor. Zvláštností tohoto stroje je, že má vinutí umístěno na statoru a magnety na rotoru, což je opak klasického stejnosměrného stroje. Funkce komutátoru je zde nahrazena tranzistorovým měničem, který vhodným způsobem přepíná proud do jednotlivých vinutí statoru.



Tyto stroje lze podle konstrukce rozdělit do dvou skupin a to válcové a ploché EC motory. Ploché i válcové EC motory se dále dělí na motory s vnitřním rotorem a motory s vnějším rotorem. Válcové motory s vnitřním rotorem lze dále rozdělit na motory se satorovým vinutím bez drážek, motory se satorovým vinutím v drážkách a motory s rotujícím jhem.

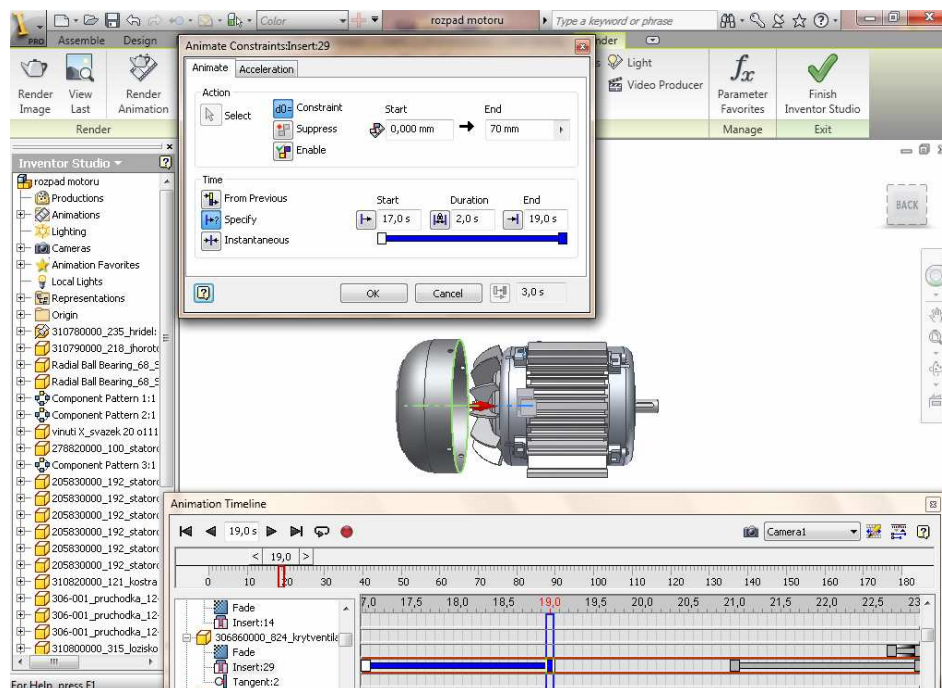
Konstrukční provedení elektronicky komutovaných motorů je následující. Stator EC motoru se podobá statoru třífázového asynchronního nebo synchronního motoru. V drážkách lištěného statoru je uloženo třífázové vinutí. Rotor je uspořádán buď s permanentními magnety na povrchu, nebo jsou magnety vestavěny uvnitř rotoru.

Princip činnosti EC motoru je založen na působení magnetického pole otočného permanentního magnetu na nepohyblivý vodič. Točivý moment motoru vzniká vzájemným působením magnetického pole otočného permanentního magnetu a proudu v nepohyblivém vinutí statoru. Vznik točivého momentu je podmíněn vznikem točivého magnetického pole v nepohyblivém vinutí. Proto je vinutí tvořeno nejméně třemi sekcemi (fázemi). Pro zajištění správného napájení sekcí je nutné znát relativní polohu rotoru vůči poli statoru, což je nejčastěji zajišťováno pomocí tří Hallových senzorů umístěných na obvodu statoru a rozmístěných v úhlu 120°. Používají se též fotoelektrické senzory. Spínání cívek je prováděno pomocí výkonových spínacích tranzistorů a otáčky motoru odpovídají frekvenci spínání tranzistorů. [19] [20]

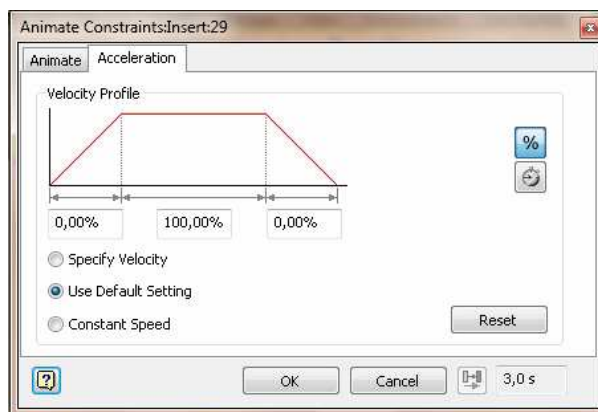
6.2 Tvorba animace elektronicky komutovaného motoru

Animace elektronicky komutovaného motoru byla vytvořena v programu Autodesk Inventor, v modulu Inventor Studio. Při tvorbě animace bylo použito několik základních funkcí, které program nabízí. Byly to funkce *Animovat vazby*, *Animovat útlum*, *Animovat komponenty* a *Animovat kameru*.

Použitím funkce *Animovat vazby* (Obrázek 50) se jednotlivé komponenty uvedou do pohybu po určených drahách. Vazbám je v tomto případě přiřazeno určité odsazení v jakémkoliv směru (podle použité vazby). Komponenta se poté pohybuje mezi počátečním umístěním a konečným bodem daným velikostí a směrem odsazení. Ve vytvářené animaci se po zadání hodnoty odsazení zobrazí náhled na součást v konečném umístění. Uživatel má tak přehled o rozsahu pohybu komponent. Zadávat časové rozmezí pohybu je možné buď pomocí klávesnice, nebo lze využít tlačítka *Import z časové osy*. Po zadání času začátku pohybu a času ukončení pohybu se automaticky vypočítá doba trvání pohybu, což je velmi užitečné pro tvorbu animace více součástí, kdy je žádoucí, aby se všechny komponenty pohybovaly stejnou rychlostí. Parametrem, který lze dále ovlivňovat u této a ostatních funkcí, je rychlost posuvu na začátku a konci pohybu komponent (Obrázek 51). Jde vlastně o nastavení doby zrychlování a zpomalování. Jako výchozí nastavení programu je tato doba nastavena na 20% celkové doby pohybu. Ve vytvořené animaci bylo provedeno nastavení těchto parametrů na 0%. Animovaná součást se tedy pohybuje konstantní rychlostí.



Obrázek 50 – Užití funkce Animovat vazbu

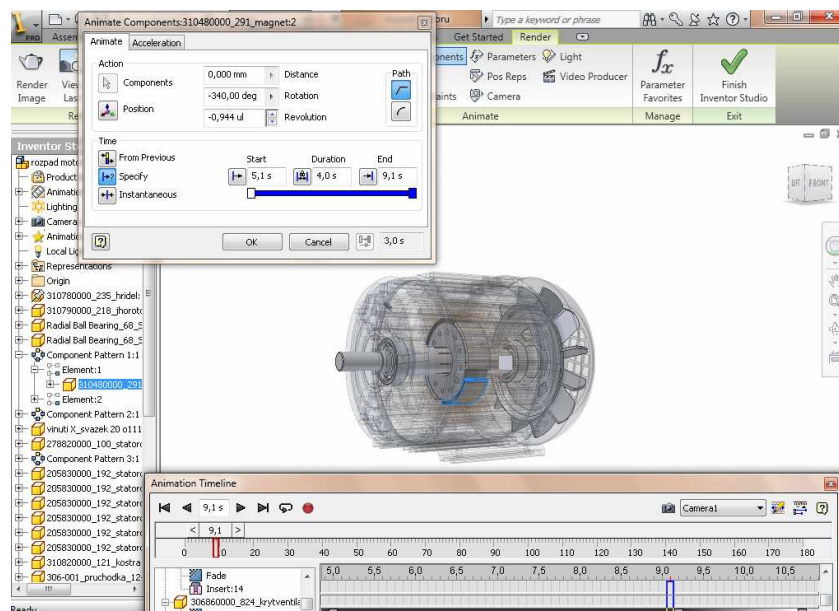


Obrázek 51 – Dialog pro nastavení doby zrychlení zpomalení

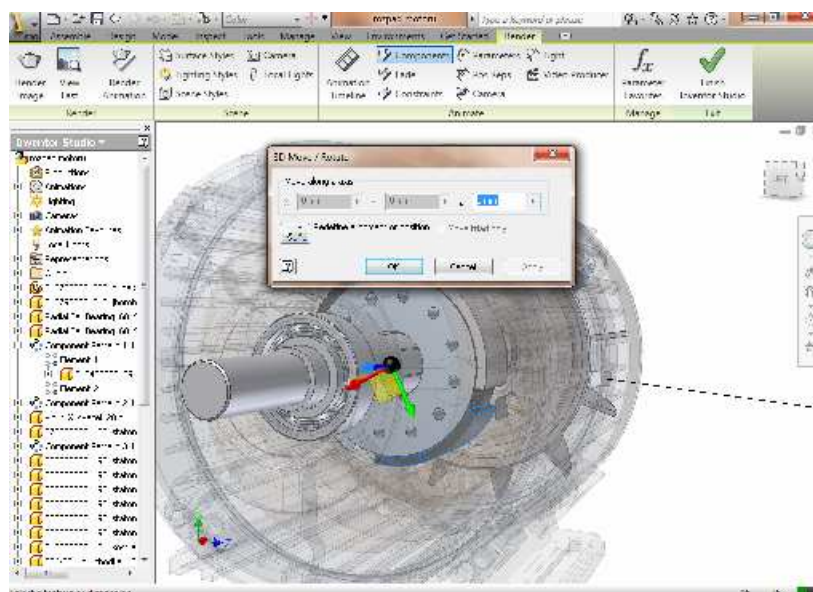
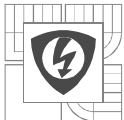
Další funkcí, která byla použita k vytvoření animace a umožňuje animovat pohyb komponent, je funkce *Animovat komponenty*. S pomocí této funkce je možné určovat komponentám pohyb ve všech směrech i pod určitým úhlem nebo je možné s komponentami rotovat kolem zvolené osy. Ve vytvářené animaci byla tato funkce použita pro rotaci šroubů, pohyb šipek při animaci chlazení a otáčení všech rotačních částí motoru. Podmínkou použití



a správné funkce je, aby vybraná komponenta, která se má pohybovat, nebyla omezena geometrickými vazbami. V případě, že komponenta je určitou vazbou omezena a tato vazba brání pohybu ve vybraném směru, určený pohyb se neuskuteční. V těchto případech lze využít možnosti vypnout vazbu. Je ale nutné vzít v potaz to, že všechny předchozí děje vytvořené funkcí animovat vazbu se pro vypnutou vazbu stávají nefunkční. Po výběru komponenty a volbě funkce *Animovat komponenty* se pomocí tlačítka *Pozice* v právě zobrazeném dialogovém okně (Obrázek 52) zobrazí u vybrané součásti osový kříž, s jehož pomocí lze vybrat směr pohybu nebo osu rotace a následně se zobrazí další dialogové okno (Obrázek 53), ve kterém je možné zadávat požadované parametry. V případě pohybu komponent se zadávají souřadnice umístění součástí, takže je možné vytvořit nejen pohyb vodorovný a svislý, ale též jakýkoliv pohyb v prostoru. Souřadnice umístění komponenty lze zadávat z klávesnice, nebo lze použít zobrazený osový kříž, kdy se tažením za jednotlivé šipky nebo přesouváním celého kříže definuje nová poloha komponent. Při animaci rotačního pohybu kolem zvolené osy se zadává úhel natočení. Zde je nutné dávat pozor na to, aby program nepřepočítal zadanou hodnotu natočení. Například při požadavku rotace součásti o úhel 350° program automaticky nastaví úhel natočení -10° , což je správné a z pohledu programu logické, ale komponenta se ve výsledku očí pouze o úhel 10° v záporném směru. Takže v případě, že má být zobrazena například funkce otočných částí motoru, je nutné hodnotu -10° v dialogu *Animovat komponenty* přepsat opět na 350° . Po této změně si program nové nastavení již uchová.

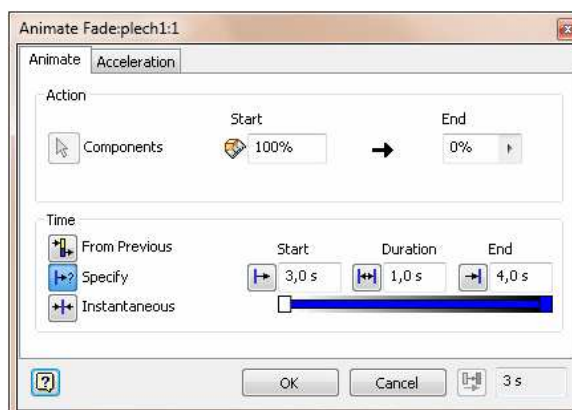


Obrázek 52 – Použití funkce *Animovat komponenty*



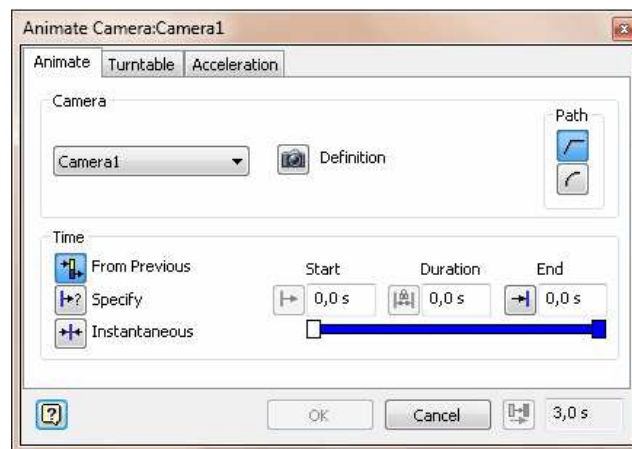
Obrázek 53 – Definování parametrů při použití funkce Animovat komponenty

Funkcí, která byla velmi často použita ve vytvořené animaci, byla funkce *Animovat útlum*. Používá se k částečnému nebo úplnému zprůhlednění komponent. Uživatel má možnost definovat počáteční a konečnou hodnotu průhlednosti v procentech od 0% do 100%. Hodnota 0% značí, že komponenta bude zcela průhledná a při hodnotě 100% bude zcela viditelná. Zde je nutno uvést, že s použitím této funkce se výrazně prodlužuje doba potřebná pro renderování výsledné animace. (Obrázek 54)

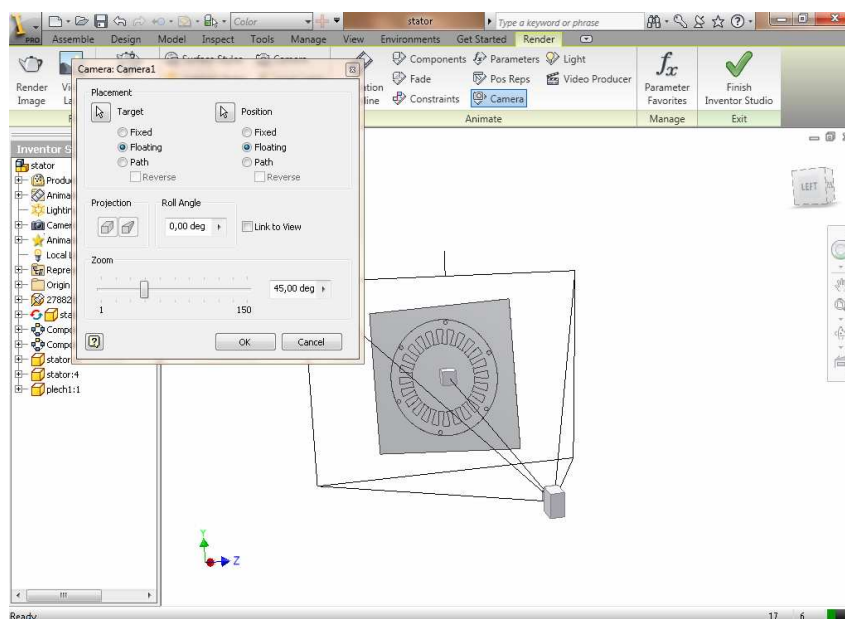
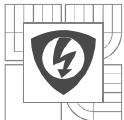


Obrázek 54 – Dialogové okno funkce Útlum

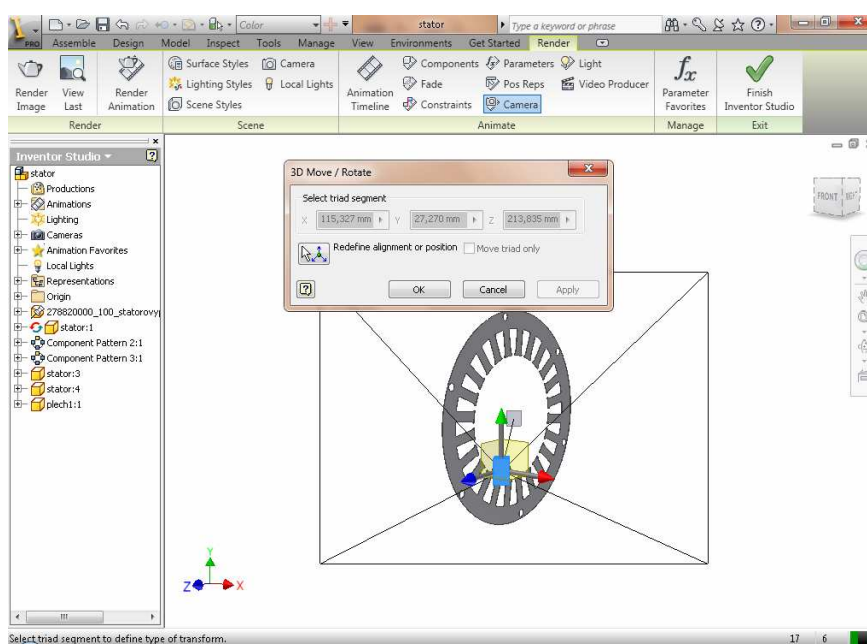
Další funkcí použitou k vytvoření animace výroby elektronicky komutovaného motoru byla funkce *Animovat kameru*. V úvodu animace je nutno provést počáteční nastavení kamery. Při tomto počátečním nastavení se musí zvolit tzv. cíl a odsazení objektivu kamery od cíle. Cíl je místo, které se nachází uprostřed zabírané oblasti. Dalšími parametry, které je možné editovat, je způsob promítání (ortografické, perspektivní), rotace kamery a zoom. Po potvrzení dialogu kamera se v prohlížeči součástí objeví zástupce kamery, která byla právě definována. Prostřednictvím tohoto zástupce se lze k počátečnímu nastavení kdykoliv vrátit a kterýkoliv parametr změnit. Při použití této funkce se definuje konečný bod umístění kamery a tím se určí dráha, po které se kamera bude pohybovat. Vytvářejí se tak různé pohledy na modelované součásti. Po vyvolání příslušného dialogového okna (Obrázek 55) a stisku tlačítka definice se zobrazí další dialogové okno, ve kterém je možné upravovat například funkci zoom. Mimo to se na pracovní ploše zobrazí ohraničení zabírané oblasti a spojnice cíle a objektivu. (Obrázek 56) Cíl a objektiv kamery jsou na pracovní ploše reprezentovány fiktivními objekty. Po výběru jednoho z těchto objektů se zobrazí osový kříž, prostřednictvím kterého je možné s kamerou a s cílem pohybovat stejně jako při animaci pohybu komponent. (Obrázek 57) Kamera se tak může pohybovat po jakékoliv zvolené trajektorii a je možné definovat i rotační pohyb kamery. (Obrázek) Při vytváření animace je možné vytvářet více kamer a mezi těmito kamerami přepínat.



Obrázek 55 – Dialogové okno Animovat kameru



Obrázek 56 – Použití funkce Animovat kameru

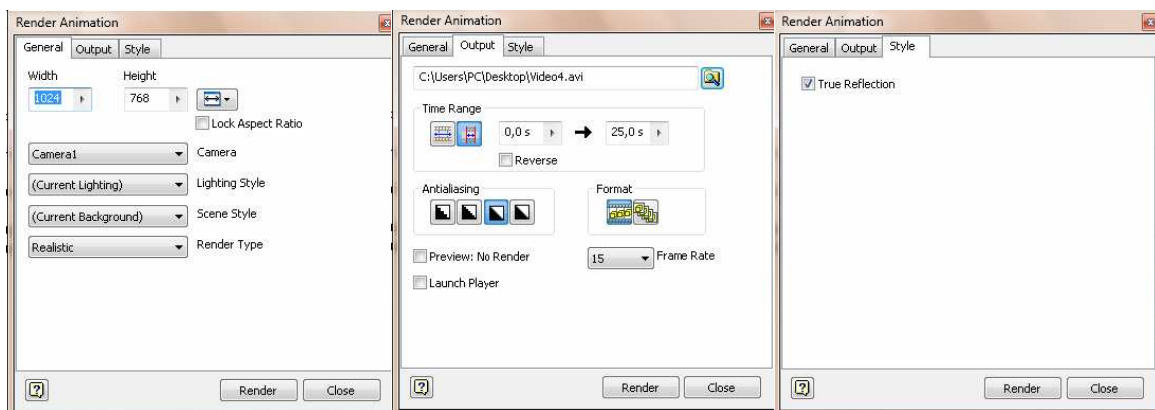


Obrázek 57 – Manipulace s kamerou

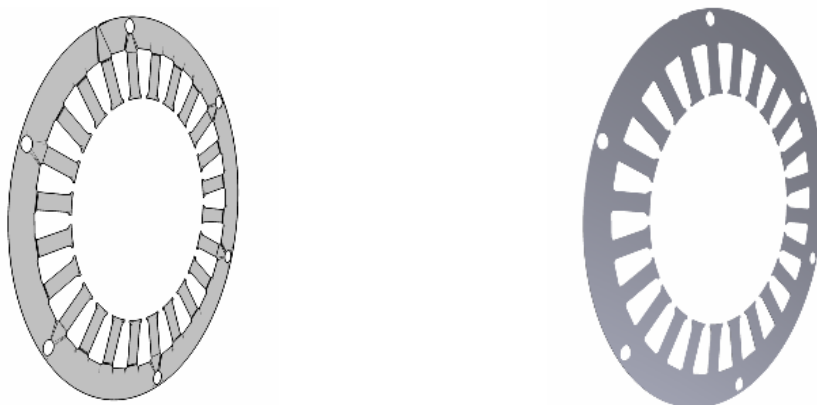


Pozadí animace bylo ponecháno stejné jako pracovní plocha a světlo bylo vybráno z předdefinovaných možností, které program nabízí. Je na uvážení uživatele jakou barvu pozadí a typ světla zvolí. Může si vybrat z předdefinovaných světel a pozadí nebo může definovat vlastní světla a vytvářet vlastní pozadí.

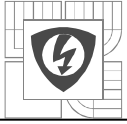
Poslední fází při tvorbě animace je její renderování. (Obrázek 58) V téhle fázi musí být vybrán formát videosouboru (avi, wmv...), rozlišení animace, počet snímků za sekundu, umístění souboru v počítači, stupeň vyhlazení hran a samozřejmě časový úsek, který bude renderován. Časovou osu je možné i invertovat. V dialogu *Renderovat animaci* je možné dále vybrat kameru, světla, pozadí scény a typ renderování. Typ renderování může být realistický, kdy budou objekty zobrazeny jako ve skutečnosti, nebo může být použit typ renderování ilustrace, kdy jsou vidět všechny hrany objektu. Srovnání obou typů je na následujících obrázcích. Vytvářená animace byla renderována jako soubor .avi s rozlišením 1024 x 768 pixelů, 25 snímků za sekundu a s vyšším stupněm antialiasingu. Doba trvání celé animace je 6 minut a 28 sekund, obsahuje cca 9800 snímků. Na závěr byly do animace vloženy průvodní texty pomocí programu Ulead Video Studio 11.



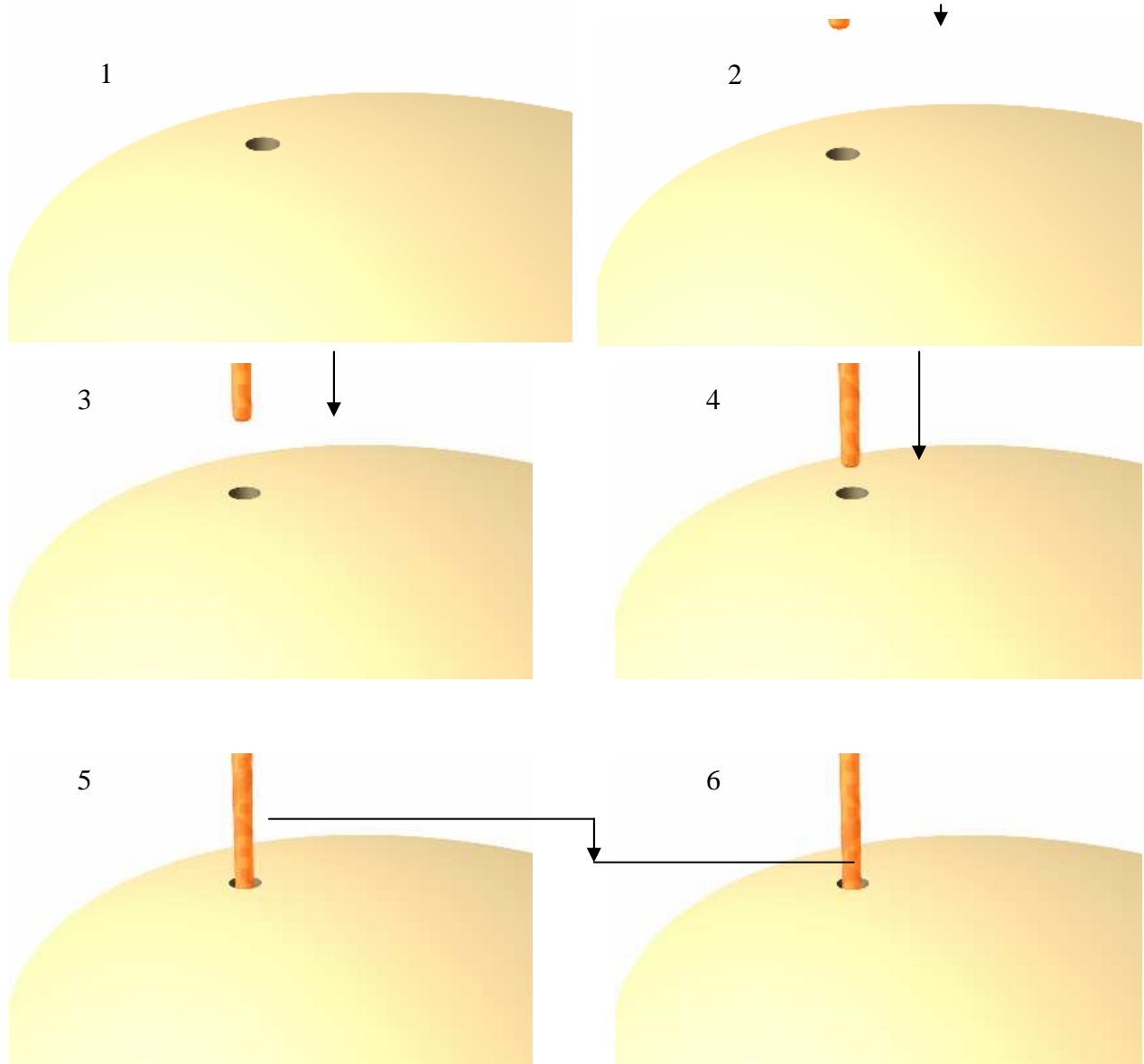
Obrázek 58 – Dialog Renderování



Obrázek 59 – Typy renderování Ilustrace a Realistické

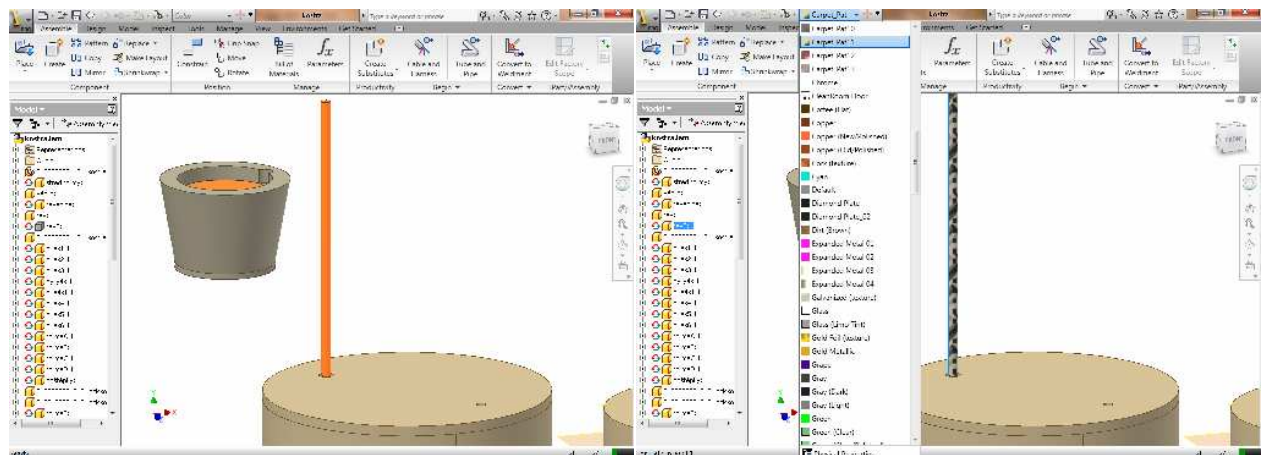


6.3 Tvorba efektu tekoucí taveniny

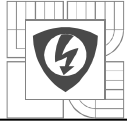


Obrázek 60 – Průběh animace tekoucí taveniny

Pro vytvoření efektu tekoucí taveniny byl nejdříve v sestavě pro animaci výroby kostry a ložiskových štítů vymodelován úzký válec, který představoval samotnou taveninu. Ve spodní části bylo vytvořeno zaoblení a nakonec byl této součásti přiřazen styl povrchu *Metal 1600F Hot*, aby měla barvu roztaveného kovu. (Obrázek 61) Pomocí adaptivního modelování v sestavě a funkce *Projekce geometrie* byla vymodelována další součást ve tvaru úzké trubky, která byla soustředná s již vytvořeným válcem. Této součásti byl přiřazen styl povrchu *Carpet Pat11* s vhodnou strukturou. (Obrázek 61) Při vlastní tvorbě animace byly nejdříve obě části umístěny do vhodné výšky nad otvor formy a pomocí funkce *Animovat útlum* zneprůhledněny. V daný časový okamžik byla funkce *Útlum* oranžové části, představující vlastní taveninu, nastavena na 100%. Tato součást je tedy v době svého pohybu úplně viditelná. Útlum druhé části byl nastaven na 30%. Ve výsledku je pak vytvořen klam, že se jedná o jednu součást, jejíž převládající barva je oranžová a má vhodnou strukturu. Tato kombinace vytváří při pohybu obou součástí efekt tečení.



Obrázek 61 – Tvorba komponent pro efekt tečení taveniny



7 Závěr

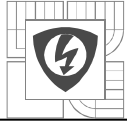
Tato práce se věnovala moderním animačním a vizualizačním programům. V největší míře pak programu Autodesk Inventor 2010, výukové verzi poskytované zdarma studentům.

První část se věnuje obecně CAD systémům a jejich rozdělení. V druhé části práce je uveden výčet funkcí a možností vybraných animačních a vizualizačních programů. Konkrétně programů NX, 3ds max, Mechanical Desktop, Solid Edge, SolidWorks a Pro/Engineer.

V dalších částech se práce věnuje výhradně programu Autodesk Inventor 2010. Je uvedeno stručné seznámení s pracovním prostředím a s programem samotným. Dále je na jednoduchých příkladech ukázána tvorba součástí, součástí z plechu a tvorba sestav.

Velmi důležitým bodem této práce je popis tvorby adaptivních součástí. Jedná se o nový a moderní způsob modelování součástí přímo v sestavách. Adaptivně vytvořená součást se přizpůsobuje referenční geometrii bez nutnosti zásahu do rozměrových a geometrických parametrů této součásti. Funkčnost takto vytvořené sestavy je zcela zaručena.

V další části se práce věnuje možnostem animace vytvořených modelů v programu Autodesk Inventor a to pomocí modulu prezentace a pomocí programu Inventor Studio. V části týkající se tvorby animace pomocí modulu prezentace je na jednoduchém modelu ukázán postup tvorby rozpadu sestavy. Pokročilejší možnosti animace nabízí integrovaný program Inventor Studio, kterému se věnují další části práce. Jsou popsány základní možnosti a nejpoužívanější funkce tohoto programu. V Inventor Studiu je také vytvořena animace výroby a chlazení elektronicky komutovaného motoru - animace je přílohou této práce. Tvorba animace je časově velmi náročná. Zvláště pak výsledné renderování, jehož délka je závislá na požadované kvalitě a délce animace. Výsledná animace může sloužit k výukovým nebo prezentačním účelům a pro výrobní účely.



Použitá literatura

[1] Fořt, P., 2004, Autodesk Inventor adaptivní modelování v průmyslové praxi ..

Internetové zdroje

[1] <http://www.xanadu.cz/inventor>

[2] <http://www.autodesk.cz/adsk/servlet/index?siteID=551663&id=12477380>

[3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor

[4] <http://www.cadforum.cz/cadforum/Vyuka-Inventoru/engine.htm>

[5] http://cs.wikipedia.org/wiki/3D_Studio_MAX

[6] <http://www.autodesk.cz/adsk/servlet/index?siteID=551663&id=12354905>

[7] http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml

[8] http://cs.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge

[9] <http://www.cad.cz/component/content/article/1415.html>

[10] http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/index.shtml

[11] <http://cs.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

[12] <http://www.solidworks.cz/produkty/strojirensky-cad/>

[13] <http://www.solidworks.cz/produkty/strojirensky-cad/solidworks-premium/>

[14] <http://www.aveng.cz/technologie/proengineer.aspx>

[15] <http://www.aveng.cz/technologie/proengineer.aspx>

[16] <http://www.designtech.cz/c/cad/navrhujeme-v-inventoru--1--dil---uvod.htm>

[17] http://esf.fme.vutbr.cz/modul/3/systemy_cad.pdf

[18] http://cs.wikipedia.org/wiki/Computer_aided_design

[19] jaja.kn.vutbr.cz/~huzlik/EC%20motor.pdf

[20] http://www.uzimex.cz/download.php?file=/soubory/20090911_te_2009-09.pdf

[21] <http://www.xanadu.cz/prod/md.asp>



Přílohy

DVD-R