

Možnosti konstrukce plechových profilů s využitím programu CATIA V5

Tomáš Hošťák

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: **Tomáš Hošťák**
Osobní číslo: **T11234**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Možnosti konstrukce plechových profilů s využitím programu CATIA V5**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie zaměřené na téma bakalářské práce**
- 2. Zpracování ovládání a možností modulu Generative Sheetmetal Design**
- 3. Vypracování postupů používání daného modulu**
- 4. Tvorba modelových příkladů**

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

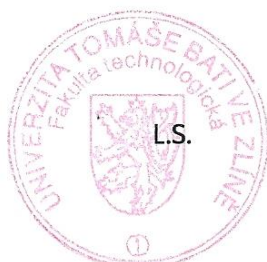
Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

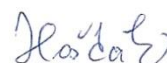
ředitel ústavu

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 28. 4. 2014



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

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

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

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

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

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

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

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

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá spracovaním možností programu CATIA s ohľadom na tvorbu dielov z plechu. V práci je využitý modul CATIE Generative Sheetmetal Design. Sú vytvorené popisy prostredia, vrátane vysvetlenia funkcií a postupu činností a následne sú taktiež spracované modelové príklady vrátane návodov.

Kľúčové slová: CATIA, Generative Sheetmetal Design, plech

ABSTRACT

The work deals with the processing of program's options CATIA with regard to the creation of sheet metal parts. The work will be used by the module CATIE Generative Sheetmetal Design. They created reny descriptions environment, including explanations of functions and operations activities and subsequently processed weights model examples and instructions.

Keywords: CATIA, Generative Sheetmetal Design, sheet

Touto cestou chcem poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Lubošovi Rokyto-
vi, Ph.D. , za jeho odbornú výpomoc, rady a návrhy počas celej mojej práce. Taktiež by
som chcel poďakovať hlavne mojím rodičom, za finančnú a osobnú podporu počas celého
doterajšieho štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej/diplomovej práce a verzia nahraná do
IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MODELOVACIE SOFTWARE	12
1.1 HISTÓRIA	12
1.2 SÚČASNOSŤ	15
1.3 KONKURENTI MEDZI MODELOVACÍMI SOFTWARE	17
1.3.1 Pro/Engineer, Creo	17
1.3.2 SolidEdge	18
1.3.3 Autodesk Inventor Professional	19
2 POROVNANIE CATIA V5 A CATIA V6	20
2.1 CATIA VO VŠEOBECNOSTI.....	20
2.2 CATIA V5	20
2.3 CATIA V6.....	22
3 GENERATIVE SHEETMETAL DESIGN	24
3.1 ČO JE TO PLECH ?.....	24
3.2 GENERATIVE SHEETMETAL DESIGN (GSMD) VO VŠEOBESNOTI	24
3.3 VZUŽITIE A MOSŽNOSTI.....	25
4 OHÝBANIE	26
4.1 DEFORMÁCIA PRIEREZU, NEUTRÁLNA OSA	26
4.2 ODPRUŽENIE A PRASKANIE MATERIÁLU	27
4.3 SILA A PRÁCA VYNALOŽENÁ PRI OHÝBANÍ	28
4.3.1 Ohyb do tvaru U	28
4.3.2 Ohyb do tvaru V	28
4.4 DRUHY OHÝBANIA POUŽITÝCH PŘI TVORBE VÝLISKU.....	30
4.4.1 Klasické ohýbanie	30
4.4.2 Ohraňovanie	31
4.4.3 Lemovanie.....	31
4.4.4 Navíjanie	31
4.4.4 Zakružkovanie.....	32
4.5 OHÝBACIE NÁSTROJE	32
5 TVORBA PLECHOVÝCH DIELOV V KONKURENČNÝCH CAD PROGRAMOCH	33
5.1 SOLIDEDGE	33
5.2 AUTODESK INVENTOR	34
6 ANALÝZA OHÝBANEHO PLECHU V GSMD	36
7 ZÁVER TEORETICKEJ ČASTI PRÁCE	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
8 CIEĽ PRÁCE	40
9 GENERATIVE SHEET METAL DESIGN	41
9.1 ÚVOD.....	41

10	POPIS PRACOVNÉHO PROSTREDIA GSMD	43
10.1	SPUSTENIE MODULU GSMD.....	43
10.2	NASTAVENIE PARAMETROV PLECHOVÉHO DIELU	44
10.3	PRACOVNÝ PANEL WALLS.....	45
10.3.1	Tvorba základnej funkčnej steny	45
10.3.2	Tvorba vedľajších stien	46
10.4	PRACOVNÝ PANEL BENDING	49
10.4.1	Tvorba ohybov	49
10.4.2	Ohýbanie a rozbalovanie plechových dielov	51
10.5	PRACOVNÝ PANEL CUTTING/STRAMPING	53
10.5.1	Tvorba vylisovaných miest plechu.....	53
11	TVORBA PLECHOVÝCH DIELOV	60
11.1	JEDNODUCHÝ PLECHOVÝ MODEL DRŽIAKU NA MOBIL	60
11.2	MRIEŽKOVÝ KRYT.....	67
12	MODELY PLECHOVÝCH DIELOV	71
	ZÁVER	72
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY	73
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK	76
	ZOZNAM OBRÁZKOV	77
	ZOZNAM PRÍLOH	80

ÚVOD

Požiadavky ľudí na proces výroby a kvalitu výsledných produktov sú v súčasnosti pomerne vysoké. Táto požiadavka ľudí je zabezpečená rôznymi modernými modelovacími softwary a modernou technikou. Ich počiatok je zaznamenaný koncom 60. rokov, kedy boli využívané len veľkými firmami, ktoré si ich mohli dovoliť vďaka ich veľkým rozmerom a kúpnyim nákladom. Postupom zdokonaľovania počítačovej techniky, sa z týchto veľkých sálových počítačov stali menšie a zároveň aj výkonnejšie počítače. V súčasnosti je už samozrejmosťou, že vlastníkom takéhoto počítača môže byť aj bežný človek, ktorý si do neho môže nainštalovať ktorýkoľvek požadovaný modelovací software.

Teoretická časť je spracovaná na základe literárneho rešeršu. Obsahom teoretickej časti je stručné oboznámenie sa s modelovacími softwary a ich históriou. Následne je aj jednoducho opísaná Catia s konkurenčnými softwary. Súčasťou teoretickej časti je základné oboznámenie sa s pracovným modulom Catie Generative Sheet Metal Design, s jeho možnosťami a využitím. Keďže tento modul obsahuje spracovanie plechov pomocou ohýbania, tak ďalšia časť je venovaná aj samotnému tvárneniu plechových dielov ohýbaním. Posledná časť teoretickej práce je zameraná na analýzu plechových dielov, uskutočnenú priamo cez daný modul.

Obsahom praktickej časti je oboznámenie sa s jedným z modulov programu Catia V5 a to s modulom Generative Sheet Metal Design. Stručne je popísané pracovné prostredie tohto modulu, vrátane jednotlivých funkcií. Následne sú vytvorené jednotlivé modely, so stručným návodom a popisom ich tvorby.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 MODELOVACIE SOFTWARE

Už odpradáva sa ľudia snažili uľahčiť si svoju prácu, či už to boli rôzni remeselníci alebo stavbári a dosiahnuť čo najlepšieho výsledku a zároveň vynaložiť čo najmenej námahy. Preto museli mať vopred nejakú predstavu o tom, čo plánujú spraviť a hlavne ako si to uľahčiť. Hlavne v dnešnom uponáhľanom svete, kde človek ako keby bojoval neustále s časom, chce aby bol pomer efekt/námaha čo najväčší a preto výsledok jeho snaženia závisí hlavne na dokonalosti jeho predstavivosti o tom čo plánuje urobiť. Veľkým uľahčením pre človeka sa stali z tohto dôvodu modelovacie software, ktoré neskutočne uľahčili prácu, zvýšili výkon, zabránili vzniku nežiaducich chýb a tak zlepšili i produktivitu a ziskovosť firiem pracujúcich s týmito softwari. Modelovacie software sú vlastne programy vďaka ktorým si či už v 2D alebo 3D môžeme jednoducho namodelovať prvok, ktorý potrebujeme, následne ho skontrolovať rôznymi analýzami, vidieť ako bude vyzerat' či aká bude jeho funkcia či už v zostavách alebo samostatne, a tak predísť k vzniknutým chybám, ktoré môžeme priamo v programe upraviť či odstrániť, a následne ho môžeme dať vyrobiť. Tieto software môžeme nazvať aj CAD programy.

Existujú na pracovnom trhu už niekoľko desiatok rokov, pričom sa stále vylepšujú a dosahujú lepších výsledkov či už medzi konštruktérmi, designérmi, technológmi ale aj medzi bežnými používateľmi či študentmi. Medzi najznámejšie firmy produkujúce tieto programy patria určite firmy ako Autodesk, Siemens, DassaultSystem ale ja mnoho iných, ktoré produkujú software v 2D i 3D. Tieto spomínane firmy majú na trhu veľký význam a to hlavne vďaka ich veľkej spoľahlivosti, dlhoročnej skúsenosti s vývojom a dobrým predajom.

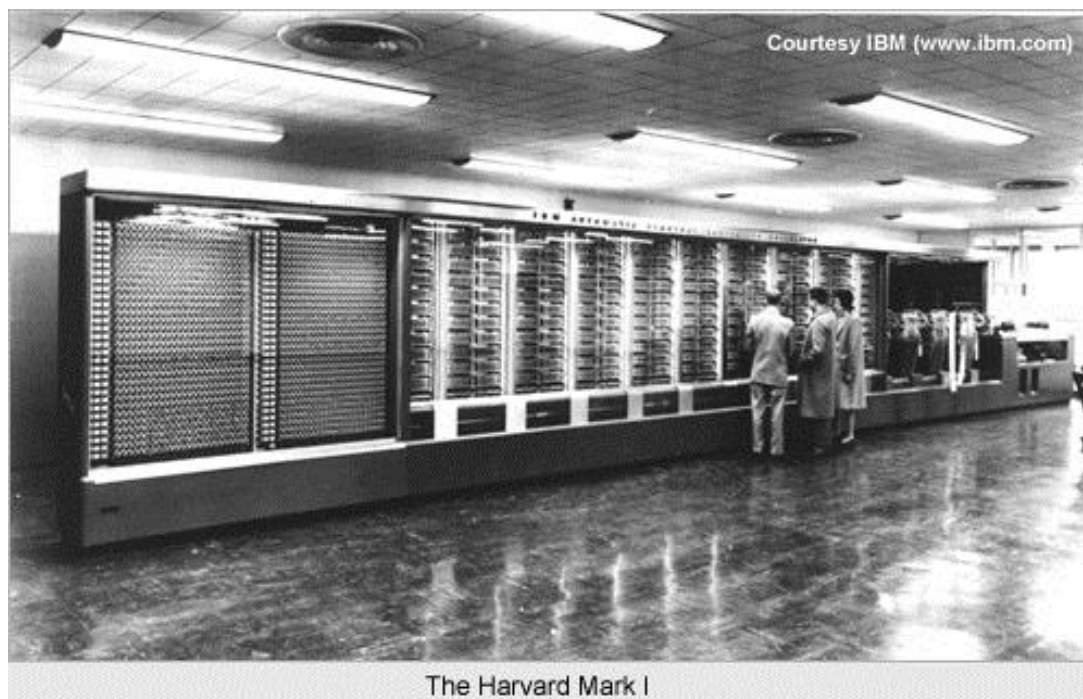
1.1 História

Za začiatok či už modelovania alebo kreslenia na pc sa považuje začiatok 60. rokov, kedy bolo vynájdené svetelné pero, ktoré kreslilo na obrazovku a ktorá slúžila zároveň ako aj pamäť kde bol daný obraz uložený. Vynález bol uskutočnený armádou, kde aj dostal uplatnenie u protivzdušných obranách, ako radarový systém SAGE, vyvinutý v MIT (Massachusetts Institute of Technology) Lincolnových laboratóriách. [2]



Obr. 1. Systém SAGE využívající světelné pero [15]

Komunikácia medzi konštruktérom a kresleným modelom nebola cez myš ako je tomu teraz, ale cez spomínané svetelné pero, pomocou ktorého sa priamo kreslilo na obrazovku.



The Harvard Mark I

Obr. 2. Sálový počítač [16]

V roku 1960 študent menom Ivan Sutherland uskutočnil svoju Ph.D. prácu, ktorej výsledkom bol kresliaci program s názvom Sketchpad a ktorý je považovaný za začiatok histórie CAD(Computer Aided design- aplikácia umožňujúca ľahkú tvorbu a editáciu geometrie výrobku). O pár rokov neskôr, Sutherland vynášiel HMD (Head Mounted Display) čo už z názvu vyplýva, že sa jedná o pred predka virtuálnej reality. V tomto období sa vyskytovali len veľmi veľké počítače s obyčajnými primitívnymi softwary. Ich cena nebola najnižšia, takže si ich mohli dovoliť len veľmi veľké firmy alebo laboratória. [1,2]



Obr. 3. Ivan Sutherland pracujúci v Sketchpade [17]

Vďaka firme Tektronix, došlo k nástupu minipočítačov, už s hardwarovými zlepšeniami a k zníženiu ceny. Kresliaci software bol ale obmedzený len na 2D kreslenie. Grafika týchto počítačov bola len vektorová. Rýchlosť kreslenia v porovnaní s rysovaním na papier nebola rozdielna, pretože keď konštruktér spravil chybu napr. len v jednej čiare, tak musel zmazať celú obrazovku a potom dlho čakať kým sa všetko vykreslí späť na obrazovku. [2]

Rastová grafika, ktorá je používaná v dnešnej dobe vznikla až koncom roku 1978. V tomto období sa začala vyvíjať aj celková grafika počítačov a začali sa vymýšľať algoritmy na zobrazenie skrytých plôch.

Predstava modelu bola dlho vytváraná len cez nejakú sieť čiar, model existoval iba v drôtovej podobe.. Tieto laby boli prelomené až v roku 1980, kedy vznikol kresliaci program s názvom ARCH MODEL, v ktorom sa dali modelovať telesá s trojrozmernou grafikou plôch a renderovaním.

V tejto dobe firma Intel začína s generáciou procesorov triedy x86, mnoho organizácií začína vyvíjať kresliace software pracujúce na „lacnejších“, počítačoch a popritom sa objavujú grafické editory ako je VersaCAD, AutoCAD, CADkey atd. Tieto editory boli dominantou hlavne pre 2D kreslenie. 3D kreslenie slúžilo len ako predstava myšlienky návrhu. [2]

Zmeny v trojrozmernom modeli boli dosť komplikované, niekedy bolo výhodnejšie celý model zmazať a proste vytvoriť znovu, čo bolo časovo pomerne dosť náročné a pracné a veľká časť tvorby modelu bola využitá neefektívne. Vtedy sa začala rodiť myšlienka parametrického modelovania, kde základom bolo hrubé naskicovanie tvaru modelu, následné zakótovanie čím sa zadefinovali parametre, postupným spresňovaním do konečnej podoby. Systémy tohto typu sa vyskytujú aj v súčasnosti. V roku 1988 sa firma PTC objavuje ako prvá s týmto typom modelovania vo svojom produkte s názvom Pro/Engineer. K parametrickému modelovaniu sa následne začínajú dostávať aj firmy SolidEdge, SolidWorks, Unigraphics a iné. Po celú dobu CAD systémy pracovali pod operačným systémom UNIX, ale až po roku 1993 dochádza k zvratu a táto platforma sa mení a CADy pracujú v operačnom systéme Windows NT, ktorý dokázal zaistiť stabilitu. [2]

V sedemdesiatych rokoch začína vznikať CAM(Computer Aided Manufacturing). Je definovaný ako využitie počítačových systémov pre riadenie a prípravu vo výrobnom procese. Do výroby začínajú byť zavádzané prvé číslicové stroje (NC) cez firmu Boeing a to v roku 1961. Pre ukladanie dát sa používali dierovacie pásy, alebo občas niektorý stroj obsahoval feritovú pamäť. Neskôr boli do výroby zavedené počítačom riadene obrábacie stroje (CNC), čo znamenalo veľkú výhodu hlavne z hľadiska minimálnej zmätkovitosti pri podstatne vyššej produktivite výroby. Hlavné uplatnenie CNC strojov si našli firmy s kusovou alebo malo- sériovou výrobou. [2]

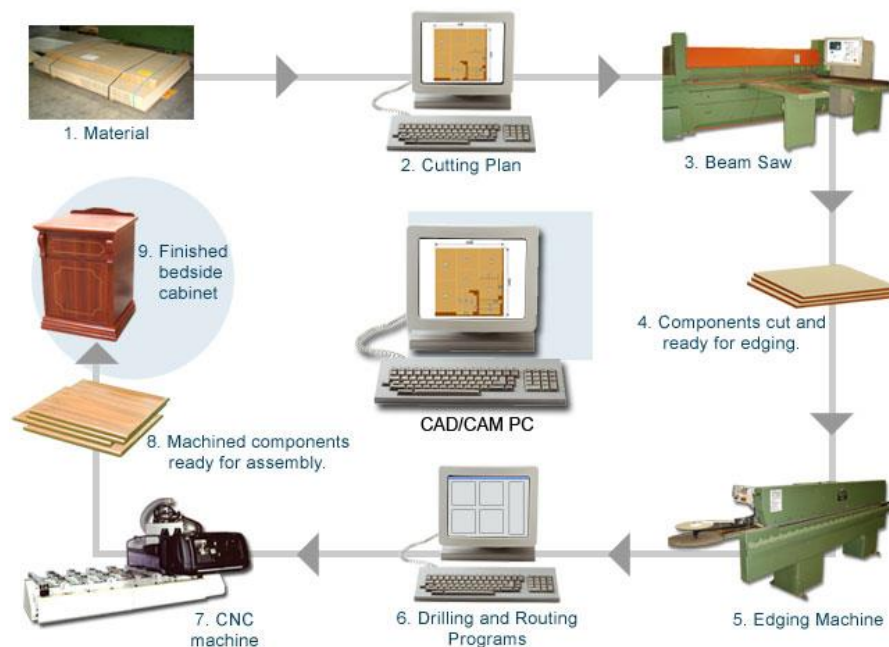
1.2 Súčasnosť

V dnešnej dobe na chod CAD systému už netreba nejakú špeciálnu grafickú stanicu ako tomu bolo predtým, ale stačí len bežný kancelársky počítač, s primerane výkonnou grafickou kartou. Tieto CAD software sú navrhované tak, aby užívateľa nezaťažovali nejakými špeciálnymi znalosťami a ich pracovné prostredie je veľmi príjemné. V súčasnosti sa modelovacie software vyznačujú veľkou inteligenciou modelu, ktorá je daná pomocou väzieb a riadiacich parametrov, čo je vlastne veľká výhoda z dôvodu, že užívateľovi ušetrí čas, aby sa mohol radšej sústrediť na riešenie prednostných úloh. Každý modelovaný ob-

jekt obsahuje strom, v ktorom sú postupne zaznamenané úkony ktoré boli ma modelu vykonané. Tieto úkony sú na seba naviazané, preto si konštruktér musí vopred premyslieť aká bude výsledná konštrukcia modelu. [2]

Najviac používané modelovanie v súčasnosti je parametrické, explicitné a hybridné. Každé modelovanie má svoje výhody aj nevýhody. Pri parametrickom modelovaní môžeme jednoducho upravovať parametre modelu ale zas nevýhodou je že vznikajú väzby, ktoré sú na seba naviazané, a pri ďalšom upravovaní môžu zásadne ovplyvniť celý model, preto si treba vopred premyslieť celý postup tvorby modelu. Pri explicitnej metóde je tvorba modelu rýchlejšia a jednoduchšia. Metoda nie je založená na automatizácii parametrických systémov, preto neskoršie upravovanie modelu je trochu skomplikované, a preto je v dnešnej dobe používané viac parametrické modelovanie ako explicitné. U hybridného modelovania sa používa kombinácia objemových a plošných elementov. Výhodou je že pri zmene jednotlivých elementov sa zmeny prejavia hneď na daných dieloch. [2]

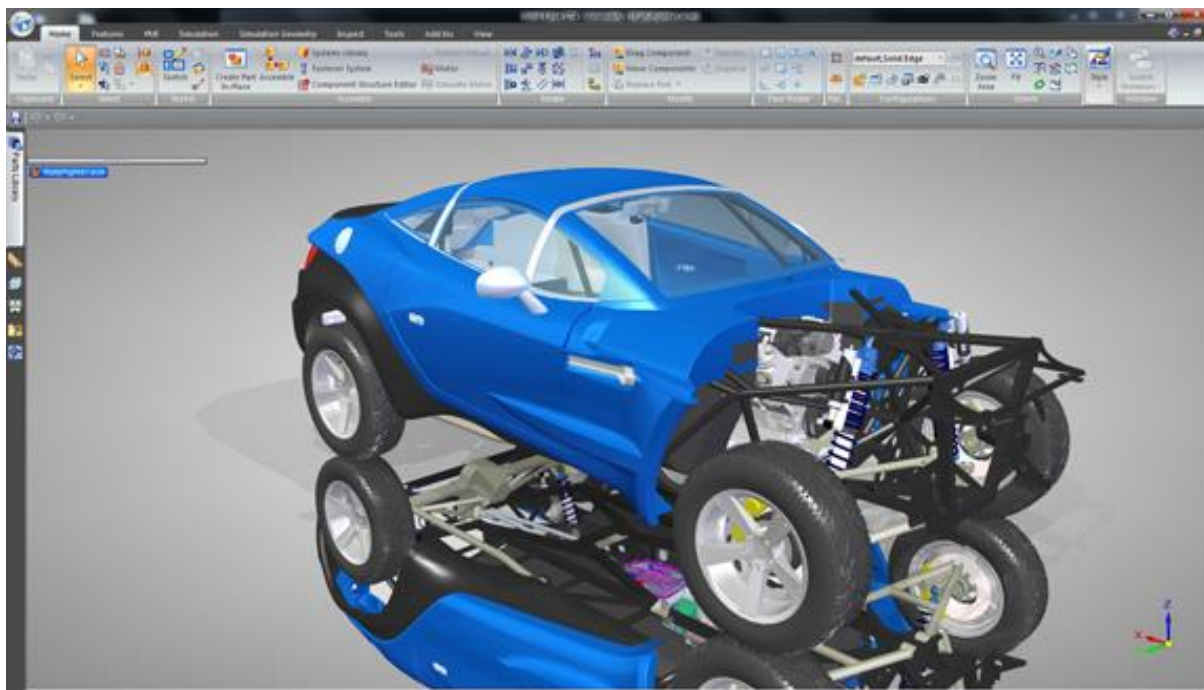
U CAM systémoch je zaujímavé, že ešte donedávna sa dáta do stroja nahrávali stále pomocou dierovanej pásky. Dnes sú výrobné stroje čoraz viac závislé od počítačovej techniky. Stále viac sa skracuje čas medzi okamihom návrhu modelu a vznikom hotového výrobku.



Obr. 4. Postup návrhu modelu až po jeho výrobu [18]

1.3.2 SolidEdge

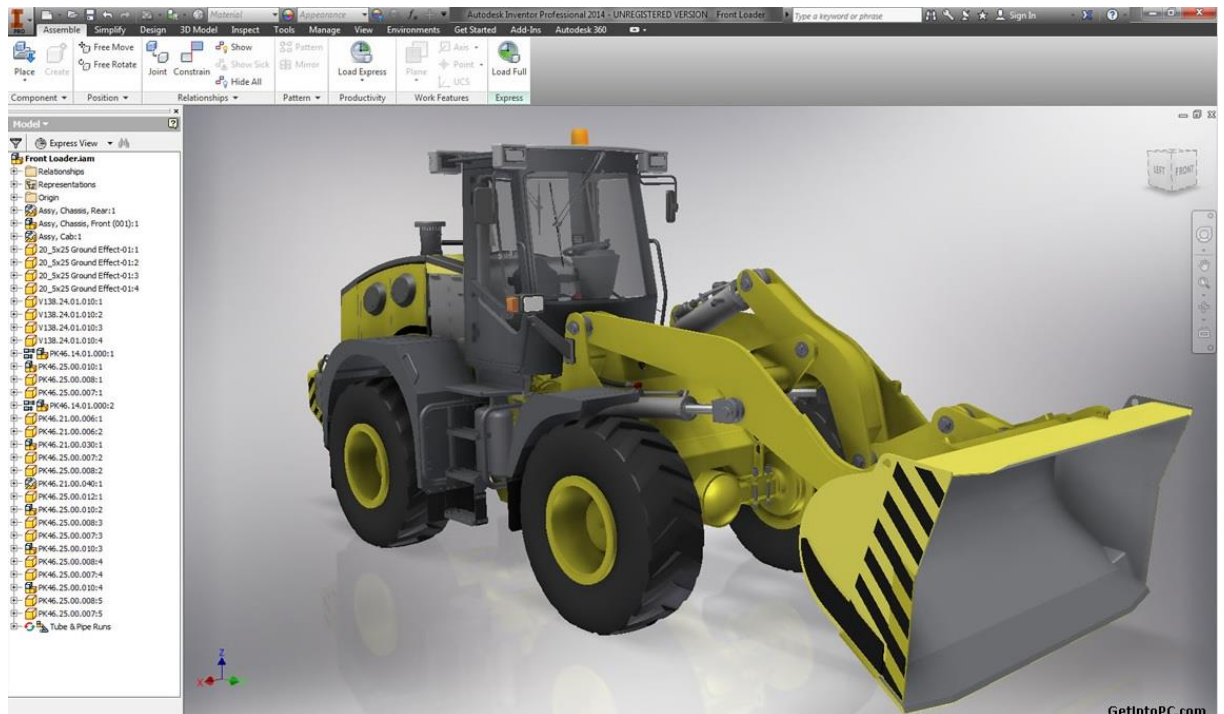
Je hybridný 2D/3D návrhový systém od spoločnosti Siemens. Jeho cieľom je organizáciám zvýšiť tržby pri znížených nákladoch. Užívateľské prostredie je veľmi príjemné, je vybudované na základoch technológie Stream, ktorá zaručuje jednoduchosť práce s týmto produktom aj pre začiatočníkov. Synchronná technológia zabezpečuje spôsob práce, ktorý dokáže kombinovať rýchlosť a pružnosť explicitného modelovania s ovládateľnosťou parametrického modelovania. Výhodou je vkladanie kót aj na 3D geometriu telesa, čím užívateľ získa väčšiu voľnosť pri modifikácii telesa a definícií parametrov. Vďaka menovaným technológiám je možné v tomto systéme upravovať importované modely z iných CAD systémov jednoduchšie a rýchlejšie, ako v niektorých konkurenčných programoch. [5]



Obr. 6. Pracovné prostredie programu SolidEdge ST4 [20]

1.3.3 Autodesk Inventor Professional

Výrobcom tohto programu je firma Autodesk. Patrí medzi svetovo najpredávanejšie CAD systémy, hlavne pre strojárenskú konštrukciu v 3D i 2D. Úlohou výrobcu je zvýšenie produktivity navrhovania a rozširuje možnosti Inventoru o konštrukciu špecifických strojárenských prvkov ako napríklad potrubných systémov a zostáv s vedením pevných a ohybných trubiiek, zostáv s doskami plošných spojov, dynamické simulácie a iné. Výhodou Inventoru je jeho jednoduché nasadenie a údržba v podniku a možnosť postupného pridávania funkcií. Jeho veľkou nevýhodou tak ako aj pri programe Pro/Engineer, je jeho vysoká náročnosť na operačnú pamäť a grafickú kartu. Tento CAD systém je súčasťou niekoľkých sád Design Suite, ktoré kombinujú komplexnú funkčnosť Inventoru s produktmi AutoCAD Mechanical, AutoCAD, Autodesk Vault a ďalšími. [6]



Obr. 7. Pracovné prostredie programu Autodesk Inventor Professional 2014 [21]

2 POROVNANIE CATIA V5 A CATIA V6

2.1 Catia vo všeobecnosti

Catia patrí medzi najuznávanejšie CAD/CAM softwary dnešnej doby. Je vyvinutá firmou Dassault Systems v roku 1977, sídliacou vo Francúzsku. Je to 3D systém určený na konštruovanie, návrh a výrobu veľmi zložitých strojárnských výrobkov, využívaný najmä v leteckom a automobilovom priemysle firmami ako napríklad Boeing, Airbus, Audi, BMW, ale je používaný aj medzi výrobcami lodí a pneumatík. Využíva hybridné modelovanie. Pracovné prostredie je veľmi jednoduché, príjemne a navrhnuté tak, aby na ňom dokázali pracovať aj začiatočníci. [7]

Vo všeobecnosti je využívaná predovšetkým od návrhu, cez konštrukciu, simuláciu, analýzy až po vlastnú údržbu a výrobu. Na to je určených mnoho modulov, ktoré je možné súčasne pri návrhu využívať. Všetky moduly a modelárske techniky sú navzájom prepojené, čo znamená, že zmeny vykonané na jednotlivých modeloch sa okamžite prejavia aj na ostatných dieloch. Príkladom je aj prepojenie výkresu s modelom, kedy zmeny vykonané na modeli sa okamžite prejavia aj na výkrese a naopak, čo je typické pre veľa 3D softwarov. Možnosťou Catie je aj voľné modelovanie, spracovanie naskenovaných dát, alebo aj práca s kompozitami.

2.2 Catia V5

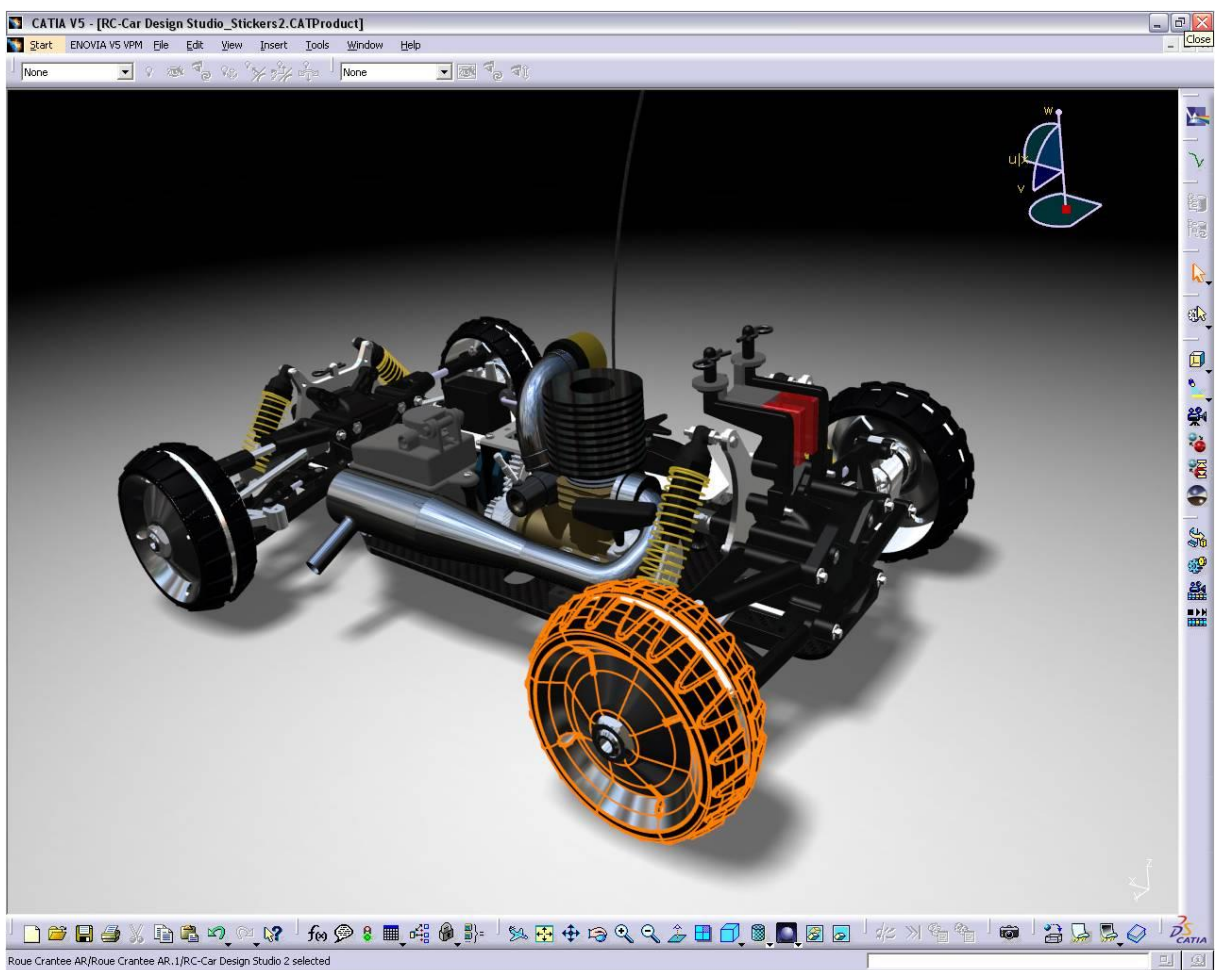
Catia V5 sa vyznačuje vysokou úrovňou priemyselnej univerzálnosti, čo znamená, že je ju možné využiť aj v úplne odlišných častiach strojárstva. V porovnaní s inými CAD softwary, patrí medzi tie viac prepracované a sofistikovanejšie a to z dôvodu prepracovanosti svojich príkazov, nástrojov a rôznorodosťou funkcií. Vyrábaná je v 32 a 64 bitovej verzii. Je vyvinutá v troch rôznych platformách, ktoré sú rozdelené podľa toho, načo chce používateľ Catiu využívať. [8,9]

Platforma P1 je vhodná hlavne pre začínajúcich užívateľov, a je zameraná najmä na objemové modelovanie na báze features. Taktiež ju môžu používať aj užívatelia ktorý pri svojej práci nepotrebujú plný rozsah aplikácií a funkcionalít systému.

Platforma P2 je založená na hybridnej modelovacej technológii, je o čosi zložitejšia ako P1. Pracuje sa v nej v štandardnom 3D modelovacom prostredí s tvorbou výkresovej dokumentácie.

Platforma 3 je určená pre špecialistov, programátorov a náročných užívateľov. Obsahuje vysokú úroveň špecifickej funkčnej výbavy.

Výhodou je že medzi platformami sa dajú navzájom používať vytvorené dáta. Taktiež sa dajú medzi platformami zadávať odkazy na modely z inej platformy, čím môžeme vytvoriť kontextový návrh. [8]

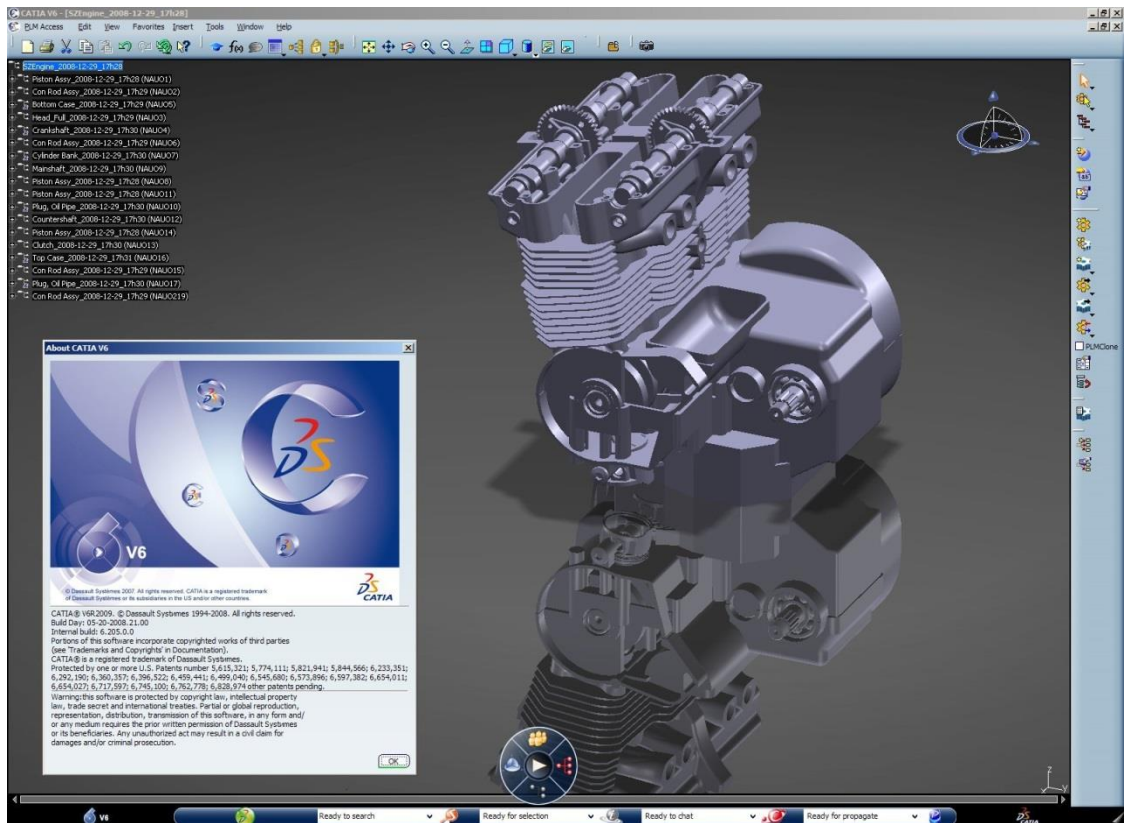


Obr. 8. Pracovné prostredie programu Catia V5 [22]

2.3 Catia V6

Je komplexné CAD/CAM riešenie, ktoré tvorí základný prvok novej platformy PLM 2.0. Vďaka nástrojom tejto platformy, umožňuje rozšíriť spoluprácu na výrobu pre celý podnikový ekosystém. Catia V6 umožňuje užívateľom komplexné pokrytie procesu od vývoja produktu až po údržbu a recykláciu. Je použiteľná vo všetkých výrobných odvetviach. Spolupráca všetkých účastníkov na realizácii návrhu je uskutočnená prostredníctvom webového prístupu. V tejto dobe je na trhu najnovšia verzia R2013x . Tá obsahuje V6 PLM Express ktorý umožňuje konfiguráciu pomocou baličky, ktoré obsahujú jednotlivé moduly platformy, a týmto sa Catia V6 stala ešte prehľadnejšia. Catia V6 taktiež obsahuje profesné role:

- **Product Shape Engineer-** využíva sa pri koncepčnej fáze vývoja produktu
- **Product Mechanical Engineer-** slúži na tvorbu jednotlivých komponentov produktu
- **Product Equipment Engineer-** slúži na návrh vybavenia produktu v koncepte celej zostavy
- **Product Mufacturing Engineer-** pripravuje produkt do výroby
- **Colaborator-** keďže v organizáciách sú aj ľudia, ktorí nie sú súčasťou konštrukčných a vývojových skupín, ale je potrebná aj ich spolupráca na vývoji produktov, potrebujú mať aj oni prístup k nástrojom na prezeranie 3D dát v spolupráci PLM procesov. A nato slúži táto posledná profesná rola. [10]



Obr. 9. Pracovné prostredie programu Catia V6 [23]



Obr. 10. PLM- Základný prvok novej platformy [24]

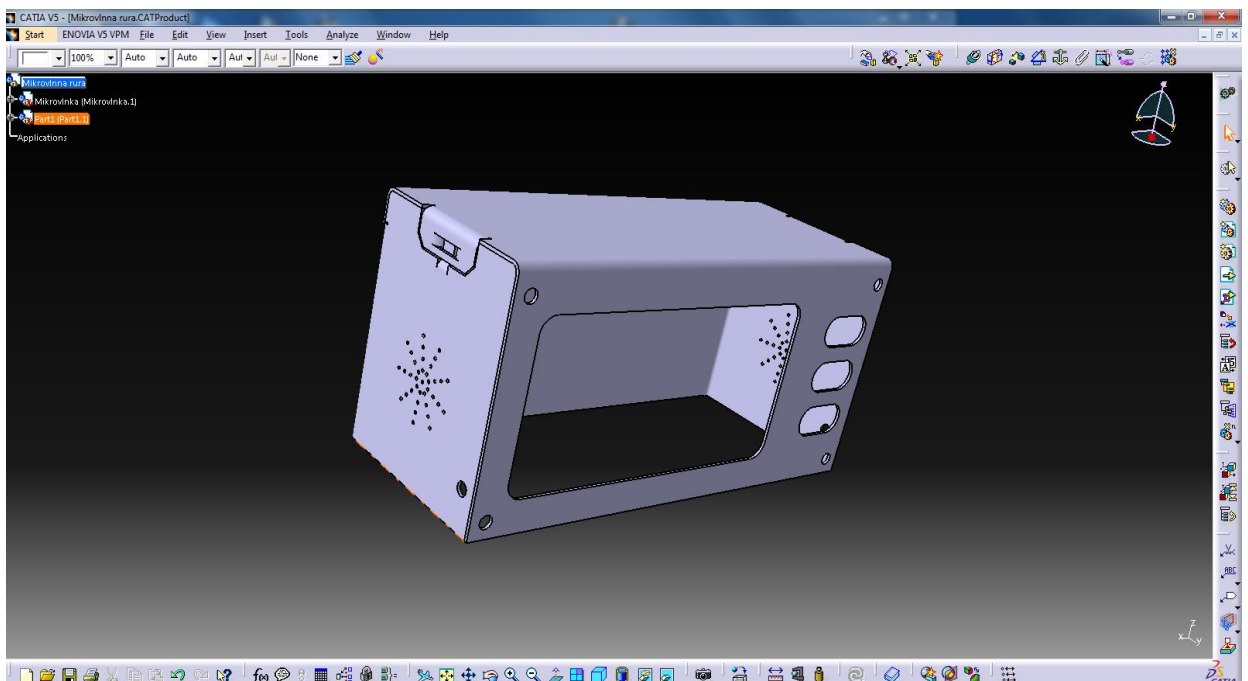
3 GENERATIVE SHEETMETAL DESIGN

3.1 Čo je to plech ?

Polotovár, ktorého rozmery sú väčšie ako nula a menšie ako 12 mm sa nazýva plech. Súčiastky vyrobené z plechu sú spracované technológiami ako je ohýbanie alebo razenie. Tenký plechový diel s rovnako stennou hrúbkou nie je možné obrábať bežným procesom, vtedy sa použije obrobenie napríklad pomocou laseru. Aby sa získal tvar plechu, musí byť plechový diel po vytvorení rozvinuteľný. Výhodou plechových prvkov je, že sú ľahké a keď sú dobre navrhnuté, tak sú aj dostatočne tuhé na plnenie požadovanej funkcie. [7]

3.2 Generative Sheetmetal Design (GSMD) vo všeobecnosti

Program Catia obsahuje modul, v ktorom je možné tieto plechové diely navrhovať. Toto prostredie pre tvorbu plechových dielov sa nazýva Generative Sheetmetal Design. Diely vytvorené v tomto prostredí majú príponu súboru CatPart. Pracovné prostredie GSMD je užívateľsky príjemné a jednoduché, dá sa v ňom dobre orientovať a dokáže s ním pracovať aj začiatočník, ktorý má aspoň základné znalosti v programe Catia.



Obr. 11. Pracovné prostredie modulu Generative Sheet Metal Design

3.3 Využitie a možnosti

Modul GSMD je pomerne dosť využívaný najmä v automobilovom priemysle u karosériách, u krytoch obrábacích centier, a hlavne tam, kde je prítomná existencia plechových dielov. Pracovníkom uľahčuje prácu pri tvorbe nových dielov tým, že plech si môžeme rozvinúť a tým vedieť jeho presné rozmery a tvar pri vystrihnutí, a taktiež môžeme skontrolovať jeho správnosť, pomocou rôznych analýz.

Modul GSMD je vlastne rozšírením modulu Part Design. V oboch je možné vytvárať najmä jednoduchšie súčiastky, samozrejme aj zložité, ale na tie tvarovo a plošne zložitejšie je určený modul Generative Shape Design.

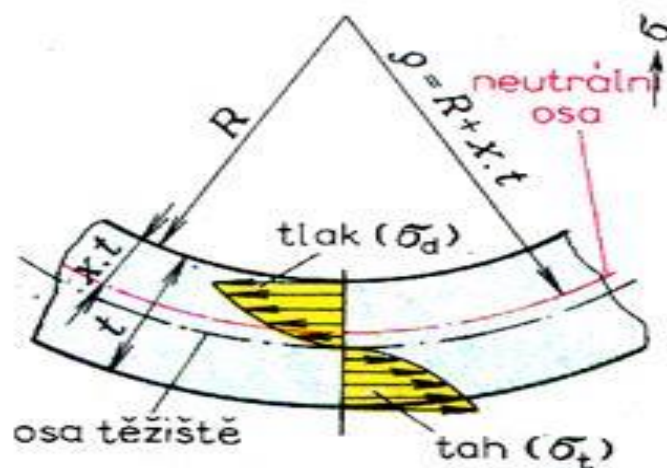
4 OHÝBANIE

Ohýbanie je základný druh plošného tvárnenia, pri ktorom je materiál trvalo deformovaný prekonaním medze klzu, do požadovaného uhlu so vznikom ostrej alebo oblej hrany alebo plochy. Ohýbanie môže byť ručné, na ručných stojoch, ale aj strojové, uskutočňované na lisoch. K strojovému ohýbaniu sa používa nástroj- ohýbadlo, a výrobok vzniknutý po ohýbaní je výlisok. [11]

4.1 Deformácia prierezu, neutrálna osa

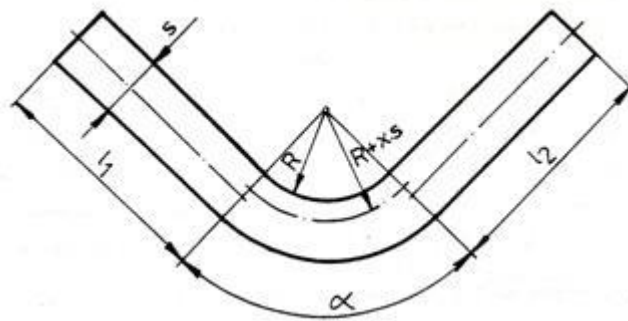
Pri namáhaní na ohyb v mieste ohybu dochádza k deformáciám prierezu a vyššie prierezy sú viac deformované ako nižšie. Špeciálnym prípadom sú široké materiály vzhľadom k malej hrúbke, pri ktorých ku deformáciám nedochádza, lebo proti tejto deformácii v priečnom smere pôsobí odpor materiálu.

Neutrálna osa je osa, v ktorej sa napätie nenachádza a pri ohýbaní sa ani neskráti ani nepredĺži. Táto osa nie je totožná s osou ťažiska ohýbaného materiálu, lebo sa pri ohybe posúva smerom k vnútornej strane ohybu. [11]



Obr. 12 Znáročenie napätí pri ohybe [11]

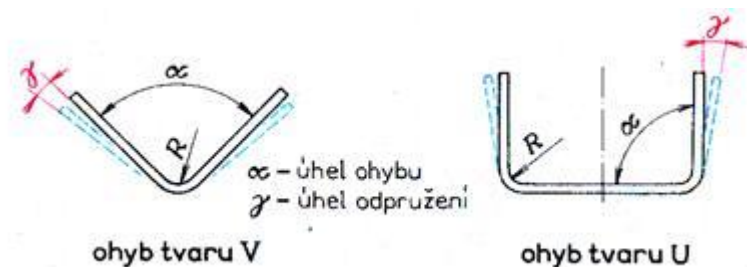
Z dĺžky neutrálnej osy v ohýbaných častiach a z dĺžky rovinných úsekov, sa dá určiť rozvinutá dĺžka polotovaru pred ohybom, lebo ako bolo už spomenuté, dĺžka neutrálnej osy sa počas ohybu nemení.



Obr. 13 Posuv neutrálnej osi pri ohýbaní [11]

4.2 Odpruženie a praskanie materiálu

Odpruženie má pri ohýbaní väčší význam než pri ostatných technológiách, kde ho bolo možné aj zanedbať. K odpruženiu dochádza, keď na materiál prestane pôsobiť deformačná sila, a jeho rozmery sa čiastočne vrátia do pôvodného stavu. Odpruženie je spôsobené vplyvom pružnej deformácie materiálu okolo neutrálnej osi a je charakterizované uhlovou odchýlkou γ , ktorá závisí na veľkosti ohýbaných ramien. Odpruženiu sa dá vyhnúť napríklad tak, že sa materiál ohne viac o hodnotu odpruženia, ktorá je nájdená v tabuľkách, podľa hrúbky ohýbaného materiálu, alebo je vypočítaná z empirického vzťahu alebo sa použijú prelysi na výlisku, kedy je odpruženie odstránené úplne, alebo aj použitím kalibrácie, teda zväčšením lisovacej sily na konci lisovacieho cyklu. [11]



Obr. 14. Odpruženie materiálu pri ohyboch V a U [11]

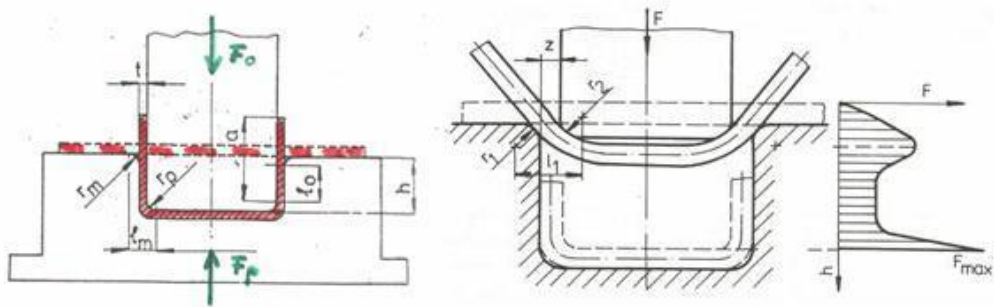
K prasknutiu materiálu nastane, keď dôjde k prekročeniu kritickej hodnoty polomeru ohybu, materiál sa vtedy spevní až natoľko, že začne praskať. Praskanie môže byť spôsobené aj tepelným stavom v akom sa daný materiál nachádza, či už je žiňaný alebo tvárnený za studena a pod. [11]

4.3 Sila a práca vynaložená pri ohýbaní

Pri procese ohýbania je potrebné, vynaložiť určitý druh sily, aby došlo k prekonaniu medze klzu aby deformácia ostala trvalá. Veľkosť ohýbanej sily nie je vždy rovnaká, je závislá od druhu ohybu, preto aj výsledná práca je vždy rozdielna.

4.3.1 Ohyb do tvaru U

Pri tomto druhu tvarovania plechu, prebieha ohyb súčasne v dvoch prierezoch naraz.



Obr. 15. Ohyb do tvaru U [11]

Veľkosť ohýbacej sily sa dá určiť vyjadrením momentu s pevnostnej rovnice namáhania na ohyb:

$$M = 2 \cdot M_o = \sigma_o \cdot W_o = b \cdot t^2 \cdot \frac{\sigma_o}{2} \rightarrow F_o$$

Veľkosť práce vynaloženej pri ohybe do tvaru U sa potom rovná:

$$A = F \cdot k_2 \cdot h$$

4.3.2 Ohyb do tvaru V

Ohýbaný výlisok možno považovať ako nosník na dvoch podperách zaťažený silou uprostred. Výpočet sily je rovný:

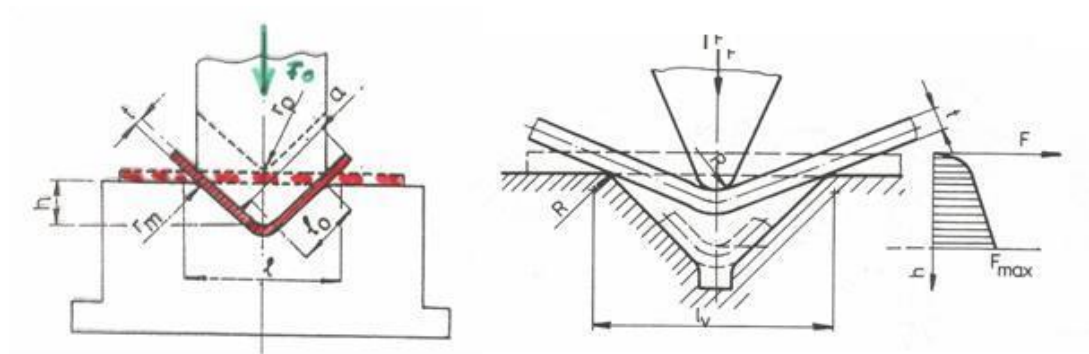
$$M_o = \sigma_o \cdot W_o = F_o \cdot \frac{l}{4} = b \cdot t^2 \cdot \frac{\sigma_o}{4} \rightarrow F_o$$

Pri ohybe ale dochádza aj k treniu medzi pracovnými časťami a ohýbanou súčiastkou, a treba aj to zohľadniť pri výpočte ohybovej sily:

$$F = F_o + 1/3 \cdot F_o$$

Súčasne musíme uvažovať aj kalibrovanie, aby sa predišlo vzniku odpruženia $F_k = S \cdot q$ a potom dostaneme celkovú ohybovú silu ktorá sa rovná:

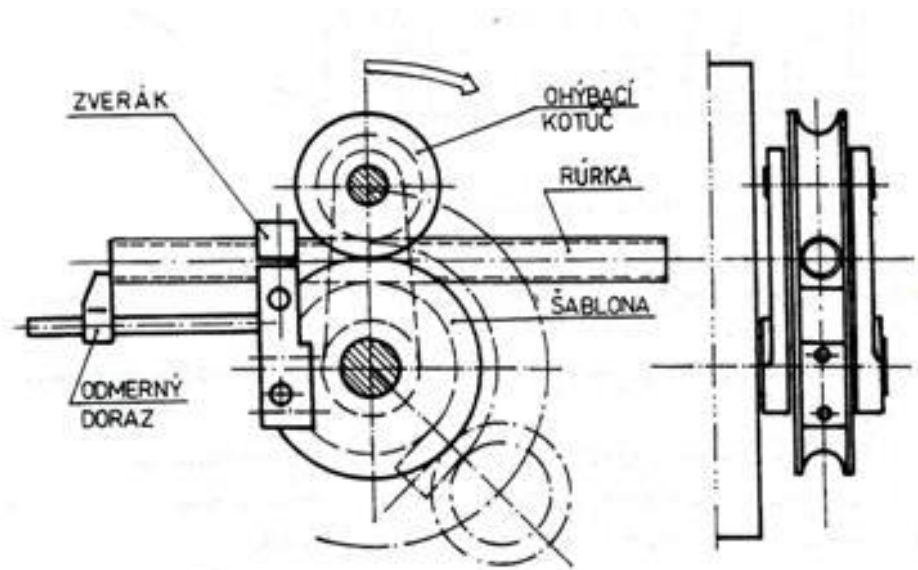
$$F = 1,3 \cdot F_o + F_k$$



Obr. 16. Ohyb do tvaru V [11]

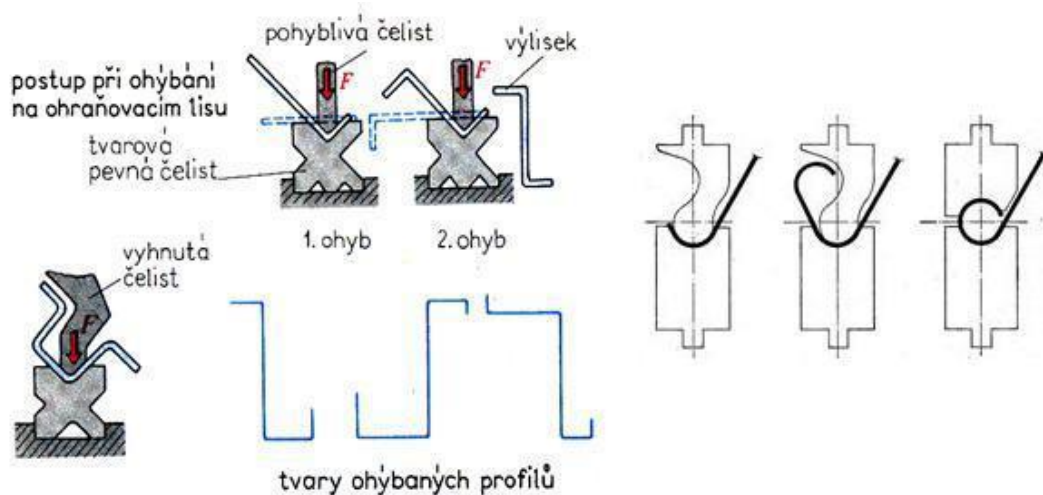
4.4 Druhy ohýbania používané pri tvorbe výlisku

4.4.1 Klasické ohýbanie je používané najmä na ohýbanie trubiek. K ohnutiu dôjde vložení trubky medzi dva kotúče a následným odvalovaním tvarového kotúča po trubke vloženej v drážke druhého kotúča. Výhodou je že tento proces zabraňuje rozšíreniu sa trubke.



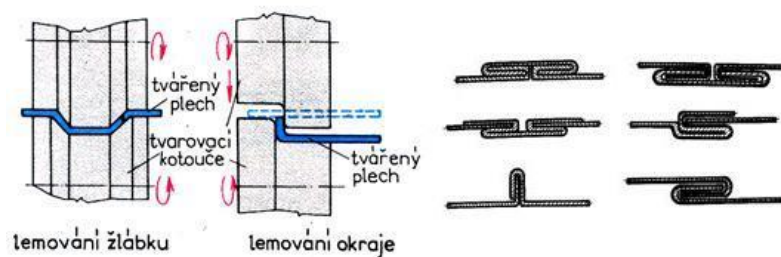
Obr. 17 Ohýbanie trubiek [11]

4.4.2 Ohraňovanie je používané pri tenkostenných profiloch s malým polomerom zaoblenia. Dochádza k ohýbaniu po celej dĺžke tvárneného plechu, pričom pri každej tvárniacej operácii sa uskutoční jeden zdvih lisu pri každom potrebnom tvare profilu. Nástroj je ohraňovadlo a stroj je ohraňovací lis, ktorý je mechanický. Dĺžka nástroja je obmedzená šírkou ohraňovacieho lisu.



Obr. 18 Ohraňovanie [11]

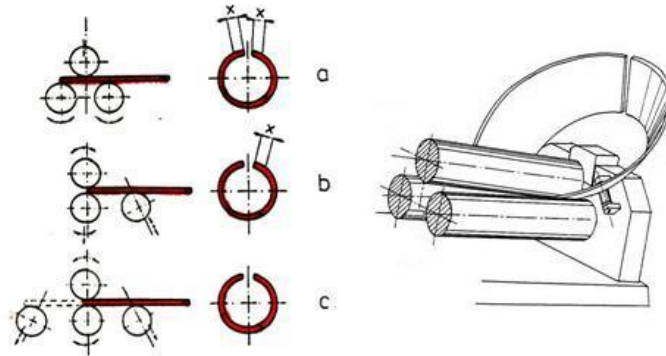
4.4.3 Lemovanie použijeme vtedy, keď chceme vystužiť okraje vylisku, na výrobu žľabov alebo na zvýšenie tuhosti vylisku po okrajoch.



Obr. 19 Lemovanie [11]

4.4.4 Navíjanie sa využíva pri navíjaní plechov do zvitkov. Materiál je postupne navíjaný na valec a tým dostáva požadovaný tvar zhodný s tvarom nástroja.

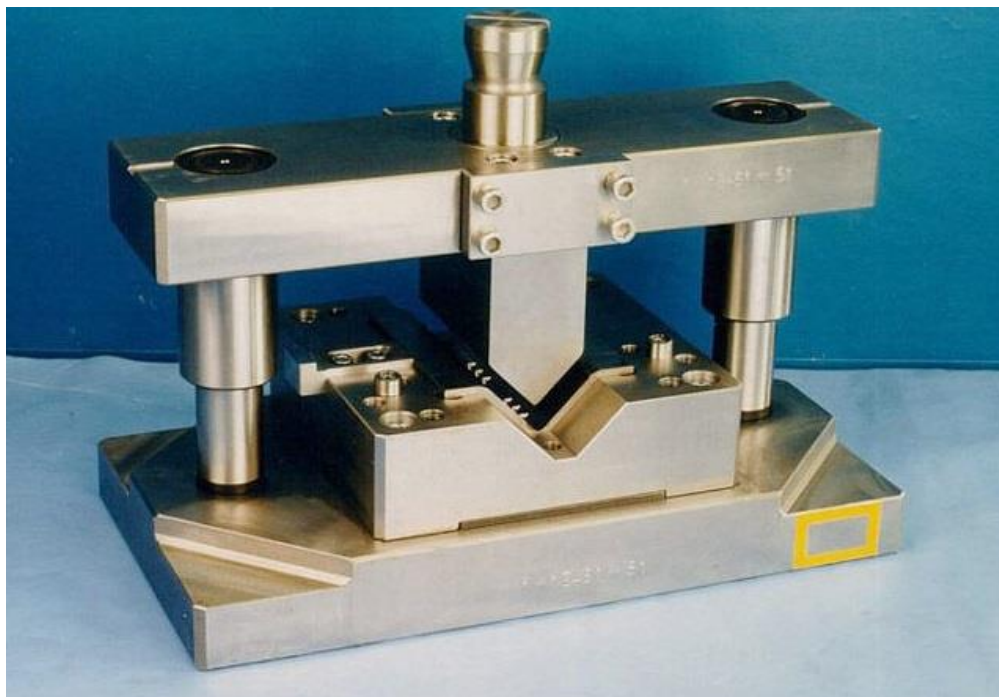
4.4.5 Zakružkovanie používa sa na zmenu rovinných plôch na valcové alebo kužeľové. Používa sa pri tenších plechoch, pri hrubších ho možno použiť iba za tepla. Stroj je zakružovadlo a skladá sa z troch alebo viacerých valcov.



Obr. 20 Zakružkovanie [11]

4.5 Ohýbacie nástroje

Nástroj na ohýbanie sa nazýva ohýbadlo, ktorého hlavné časti sú ohybník (pohyblivá časť) a ohybnica (pevná časť). Sú väčšinou konštruované ako združené nástroje, ktoré ohýbajú do tvaru U alebo V. Stroj na ktorom sa uskutočňuje proces ohýbania sa nazýva lis.



Obr. 21. Ohýbadlo ohýbajúce do tvaru V [11]

5 TVORBA PLECHOVÝCH DIELOV V KONKURENČNÝCH CAD PROGRAMOCH

5.1 SolidEdge

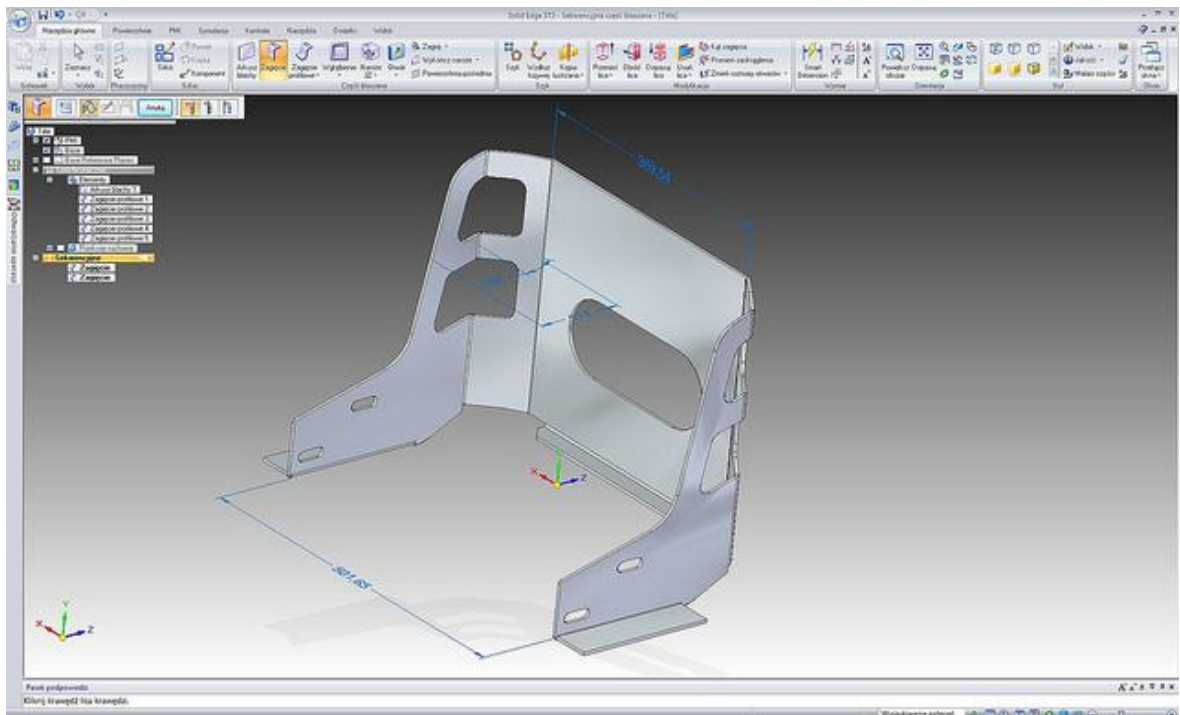
SolidEdge je jedným z najlepších CAM systémov určených pre tvorbu plechových dielov. Pre tvorbu plechových dielov v programe SolidEdge je určený modul ISO Sheet Metal.

ISO Sheet Metal využíva synchronne technológie, vďaka ktorým konštruktér veľmi ľahko vytvorí požadované plechové diely s minimálnym použitím príkazov za veľmi krátky čas. Veľkou výhodou je, že súčiastky je možné modelovať len pomocou ťahania a následného pustenia, bez uvažovania ako bude model tvorený.

Ďalšou veľkou výhodou je možnosť načítania plechových súčiastok vytvorených v iných systémoch a pracovať s nimi rovnako efektívne ako so svojimi vlastnými dátami a preto sa radí medzi bezkonkurenčne systémy v oblasti spracovania cudzích dát.

Taktiež kvalitu tvorby plechových dielov zlepšuje aj fakt, že rozvinutý tvar plechu je vygenerovaný priamo z modelu bez tvorby výkresu. Model je vygenerovaný v stave obsahujúcom kóty, a tak je pripravený priamo na využitie na stroji alebo na spracovanie nejakým CAM systémom. Pri generovaní je zabezpečená kontrola medzných hodnôt. [12]

Na ohýbanie a tvarovanie plechov má SolidEdge svoje vlastné špeciálne prostredie. Toto prostredie verne simuluje reálne procesy ohýbania a tvarovania plechov. Taktiež jeho obsahom sú aj príkazy, ktoré sú určené na podporu výroby. Výhodou je že priamo v modeli je možné vygenerovať tabuľku s ohybmi a v tej určiť ich poradie použitia.



Obr. 22. Plech vytvorený v pracovnom prostredí systému Solid Edge ST6 [25]

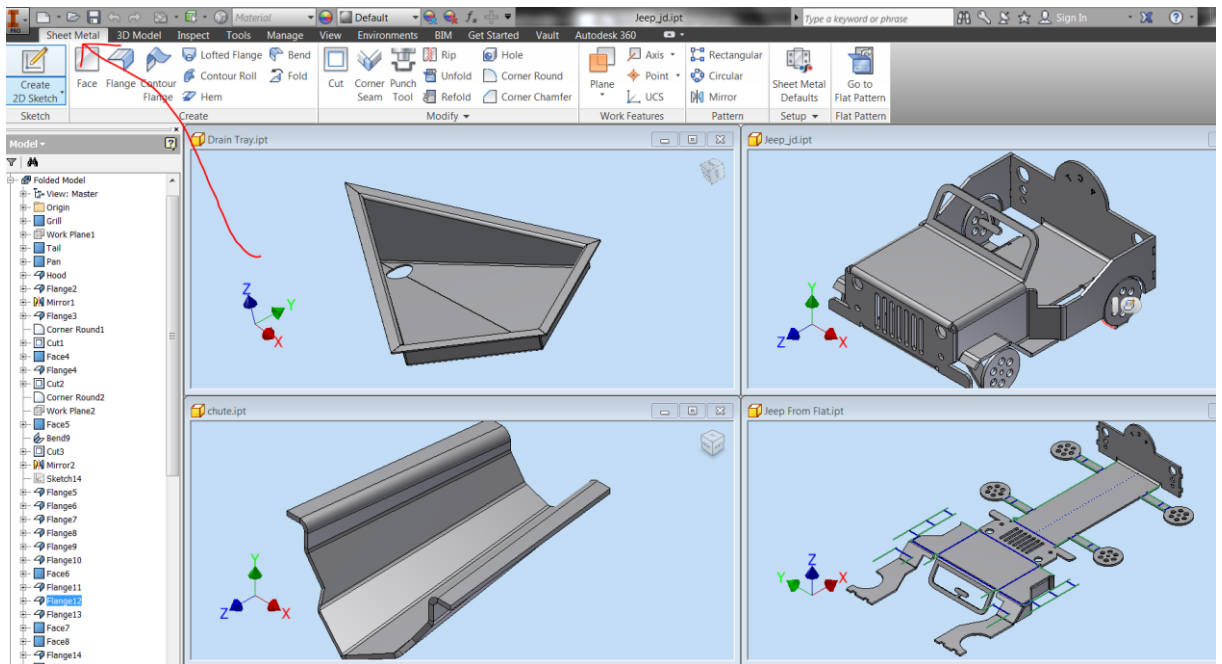
5.2 Autodesk Inventor

Ďalším známym CAD softwarom umožňujúcim tvorbu plechových dielov je Autodesk Inventor. Užívateľské prostredie je veľmi jednoduché a v porovnaní napríklad s programom Catia po vizuálnej stránke krajšie prevedené. Plech vytvorený v tomto programe má príponu plech.ipt.

Základné funkcie plechu v Autodesk Inventore výrazne dopĺňuje aplikácia SPI Sheet Metal Inventor Suite, ktorá ponúka veľa užitočných schopností pri tvorbe a rozvine zložitých plechových dielov i zostáv.

Výhodou je, že pri počiatočnom výbere sú ponúknuté výrobné možnosti, ktoré zaisťujú, že pri návrhu konštruktérom budú ponúknuté len vybrané materiály a nástroje, a tým ja zabezpečený vznik len vyrobiteľných dielov. Ďalšou výhodou je možnosť rozvinu dielcov s ostrými rohmi, bez nutnosti zaoblenia.

Obsahom aplikácie SPI je aj knižnica s dielmi SPI- Ducting. Je využívaná najmä pri tvorbe potrubného systému a vzduchotechniky. Po vymodelovaní súčiastky z knižnice pomocou šablóny, do ktorej boli zadané rozmery, je prípadná zmena rozmerov veľmi rýchla a jednoduchá a zaberie len niekoľko sekúnd. [13]

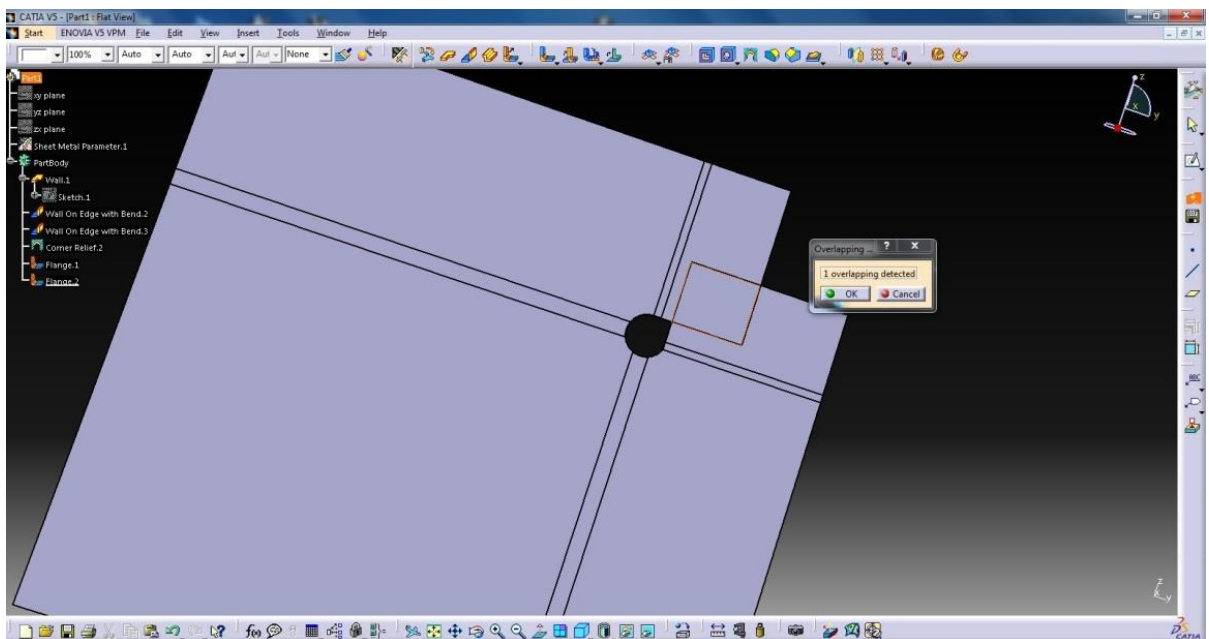


Obr. 23. Tvorba dielov programe Autodesk Inventor Professional [26]

6 ANALÝZA OHÝBANÉHO PLECHU V GSMD

Pojem analýza ohýbaného plechu si môžeme predstaviť ako kontrola ohýbaného plechu. Ako aj v iných moduloch programu Catia tak aj v module GSMD je možné tieto analýzy vykonávať. Výhodou analýz je, že konštruktér pomocou nej zistí nežiaduce problémy vo vytvorenom plechovom dieľci a hneď ich môže aj opraviť a až potom dať plechový dielec vyrobiť.

Existujú tri analýzy ktoré je možné v použiť. Prvá sa dá využiť pri prekrývajúcich sa plechoch. V prípade kladnej kontroly prekrývania sa zobrazí v strome histórie krivky a línie ohraničujúce miesto prekrytia. Táto kontrola sa dá uskutočniť pomocou funkcie Check Overlapping. Danú funkciu je možné uskutočniť len pri rozvinutom plechu, kedy sa objaví okno s počtom prekrytí. [14]



Obr. 24. Kontrola prekrytia plechu cez funkciu Check Overlapping

Ďalším typom kontroly je kontrola polomerov ohybu. Pomocou funkcie Check Bends rádius sa zobrazia polomery zaoblenia, ktoré nezodpovedajú polomeru ohybu vo funkcii Sheet Metal Parameters. Následne je možné polomer upraviť na požadovanú hodnotu. [14]

Posledná kontrola ktorá sa dá uskutočniť, je kontrola objektov cez funkciu Check Feature. Služi na skontrolovanie plechov pri rozvine. V niektorých prípadoch sa môže stať,

že pri rozvine nie sú niektoré časti plechu zobrazené, napríklad ako zaoblenie, čo je spôsobené tým, že každá časť plechu je samostatný diel. Ak chceme aby tieto časti boli ako jeden celok musíme nadefinovať tangentsnú podmienku naviazanosti dielov. [14]

7 ZÁVER TEORETICKEJ ČASTI PRÁCE

Teoretická časť bakalárskej práce sa zaoberala popisom programu Catia a jeho využitím v oblasti konštrukcie plechových súčastí s využitím modulu Generative Sheetmetal Design.

Jednotlivé kapitoly sa venovali:

- Modelovacím softwarom (histórii, súčasnosti a konkurentmi na trhu)
- Popisom softwaru Catia V5 a jeho porovnanie s novším softwarom V6
- Spracovaním modulu GSMD
- Popisu procesu tvárnenia plechových súčastí ohýbaním
- Tvorbe plechových súčastí v konkurenčných programoch
- Analýzam plechových dielov

Tieto kapitoly boli zvolené, pretože vhodne popisujú problematiku, ktorá bude riešená v rámci praktickej časti tejto práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CIEĽ PRÁCE

Základnou úlohou práce je, oboznámenie sa a získanie znalostí o software Catia V5R18. Hlavnou úlohou je ale podrobné prebratie modulu Generative Sheet Metal Design, ktorý je určený pre tvorbu a konštrukciu plechových súčastí. V tejto časti práce je popísané a spracované:

- Hlavné pracovné prostredie
- Popis jednotlivých činností
- Tvorba vzorových modelov s vytvorenými tutoriálmi
- Zhodnotenie daného modulu

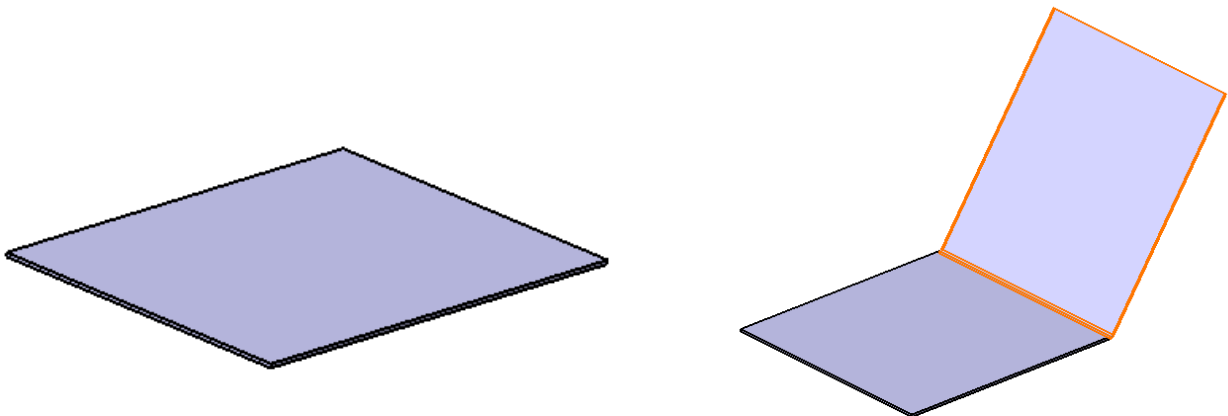
9 GENERATIVE SHEET METAL DESIGN

9.1 Úvod

Ako už bolo spomenuté, modul *GSMD* je určený práve na tvorbu plechových dielov a umožnenie naplánovania jednotlivých cyklov pri tvorbe tohto dielu. Pred začatím tvorby plechového dielu sa zadajú parametre plechu ako je hrúbka a vnútorný polomer zaoblenia, ktoré sú počas celého modelovania dodržané. Taktiež sa vopred zadáva, či v miestach rohov je súčiastka spojená, alebo vzniknú v týchto miesta rôzne reliéfy.

Pojem stena znamená určitú sekciu v ohýbanom profile. V *Catii* existujú dve typy stien a to základná a stena na hrane. Základná je prvotná plocha plechu od ktorej sa budú odvíjať, pripájať steny od hrany.

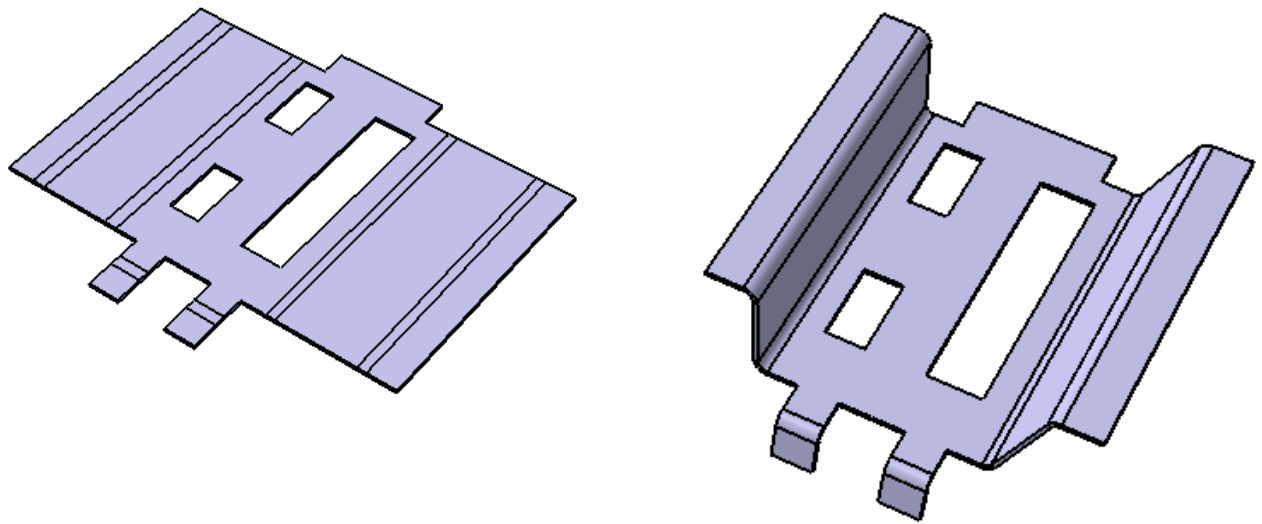
Stena na hrane je so základnou stenou spojená rádiusom s vnútorným polomerom zadaným na začiatku určovania parametrov. Táto stena na hrane môže byť naklopená pod rôznym uhlom.



Obr. 25 Základná stena(vľavo) a stena na hrane(vpravo)

Ohýbanie súčiastok v *GSMD* je veľmi jednoduché, lebo stačí vytvoriť len čiaru, podľa ktorej sa plech bude ohýbať alebo popripade označiť hranu o ktorú sa bude ohýbať. Nevýhodou je, keď chceme už v ohnutom diely vytvoriť v mieste ohnutia výrez, tak diel musíme najprv rozvinúť, až potom spraviť požadovaný výrez a späť zvinúť.

Ako som už v predchádzajúcich vetách spomínal, vytvorený plech je možné rozvinúť, čo je veľká výhoda, pretože tento rozvinutý diel hrá dôležitú rolu vo fáze výroby. Tento tvar je dôležitý, aby pracovník vedel vyrezať presný tvar budúceho výlisku a následne na ňom vykonať potrebné operácie.



Obr. 26. Rozložený a zložený tvar plechového dielu

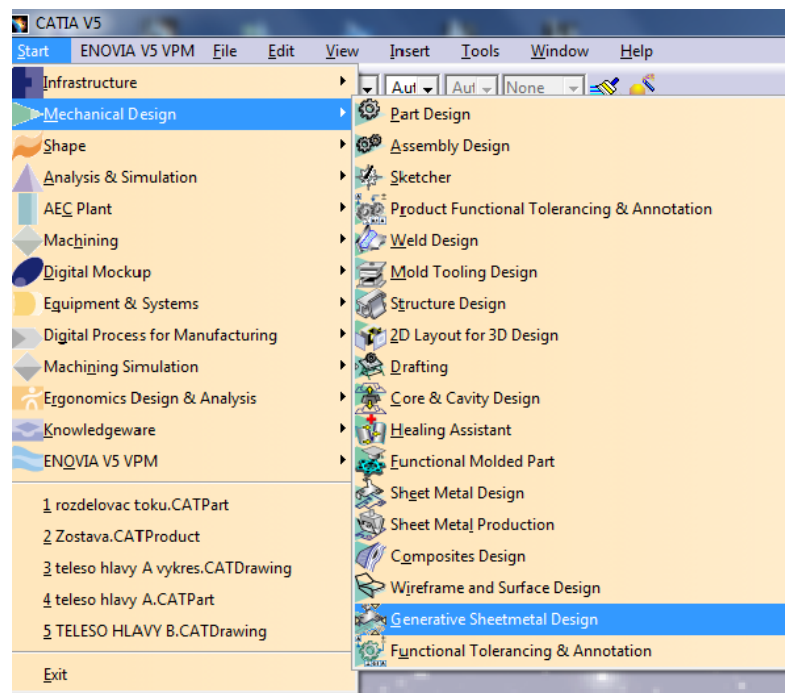
10 POPIS PRACOVNÉHO PROSTREDIA GSMD

Pracovné prostredie tohto modulu sa skladá z piatich základných častí:

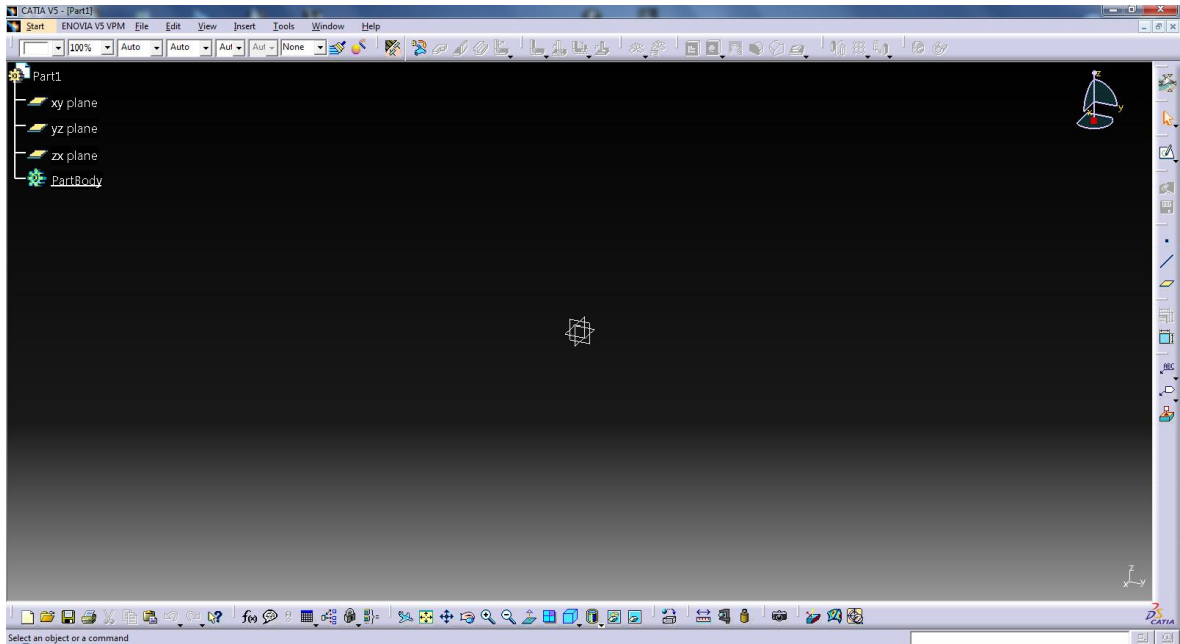
- zo základného panela s ponukou, ktorý je rovnaký vo všetkých moduloch
- zo spodnej príkazovej lišty
- z pracovného prostredia, na ktorom je daný model tvorený
- z pracovného stromu, na ktorom sú jednotlivé postupy tvorby daného diela
- z hlavných pracovných panelov, ktoré obsahujú jednotlivé funkcie typické pre modul *GSMD*

10.1 Spustenie modulu GSMD

Do pracovného prostredia *GSMD* sa dá dostať jednoducho pomocou príkazu na pracovnej lište a to cez ponuku *Štart* → *Mechanical Design* → *Generative Sheetmetal Design*. Po zakliknutí sa zobrazí dialógové okno *New Part*. Na obrázku (Obr.28) možno vidieť pracovné prostredie modulu. Každý súbor *GSMD* má príponu *Part*.



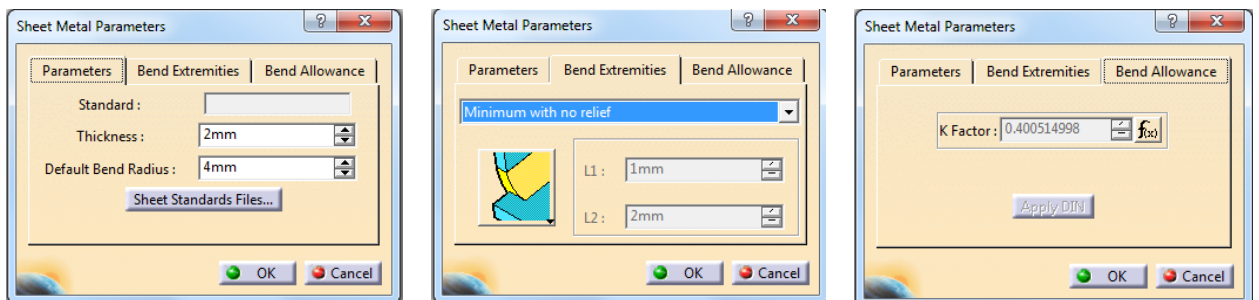
Obr. 27. Spustenie modulu Generative Sheetmetal Design



Obr. 28. Pracovné prostredie modulu Generative Sheetmetal Design

10.2 Nastavenie hlavných parametrov plechového dielu

Po spustení nového Part súboru, je nutné nastaviť požadované parametre budúceho plechového dielu. Táto požiadavka sa vykoná pomocou panela s nástrojmi *Walls* a funkcie *Sheet Metal Parameters*, ktorú je vidieť aj na obrázku (Obr. 29).



Obr. 29. Počiatočné nastavenia cez funkciu Sheet Metal Parameters

Dialógové okno *Sheet Metal Parameters* pozostáva z troch záložiek:

- *Parameters*- záložka určená k nastaveniu hrúbky plechu (*Thickness*) a polomeru ohybu (*Default Bend Radius*)
- *Bend Extremities*- záložka určená na tvorbu rôznych typov reliéfov v mieste ohybu
- *Bend Allowance*- záložka obsahujúca príkaz *K factor*, ktorý udáva pomer medzi vzdialenosťou od neutrálnej osy ohybu a hornej plochy dielu k celkovej hrúbke súčastky.

Výhodou nastavovania parametrov plechu je, že nazačiatku zadané parametre môžeme kedykoľvek počas modelovania zmeniť. Samozrejme nástroje na modelovanie u *GSMD* je možné použiť, iba vtedy keď parametre plechu sú už nastavené.

10.3 Pracovný panel Walls



Obr. 30. Panel Walls

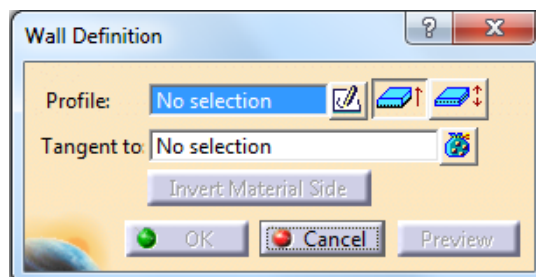
10.3.1 Tvorba základnej funkčnej steny

Je to vlastne prvá funkčná, počiatočná stena vytvorená počas modelovania dielu. Jej parametre sú odpovedajúce parametrom, ktoré boli zadané na začiatku v dialógovom okne *Sheet Metal Parameters*. Na túto základnú stenu následne nadväzujú ostatné steny. Túto tzv. základňu možno vytvoriť pomocou dvoch funkcií nachádzajúcich sa na príkazovom paneli *Walls*.

Funkcia Wall



Po vyvolaní príkazu *Wall* sa zobrazí dialógové okno *Wall Definition* (Obr. 31). Skica, z ktorej bude pozostávať základná stena, môže byť nakreslená vopred a potom ju stačí len označiť a vysunie sa z nej stena s hrúbkou zadanou v *Sheet Metal Parameters*. Taktiež skicu možno nakresliť až po spustení príkazu *Wall*, kde sa v dialógovom okne *Wall Definition* vyberie ikonka *Sketch* a rovina, v ktorej sa požadovaná skica načrtne. Po odchode zo skice a po potvrdení *OK* vznikne požadovaná základná stena.



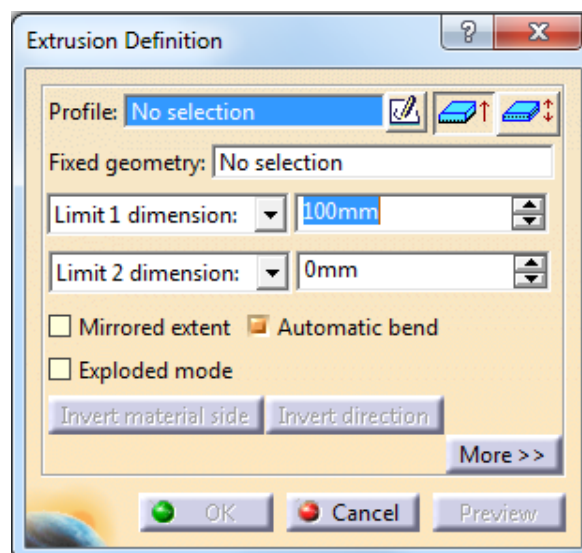
Obr. 31. Dialógové okno Wall Definition

Funkcia Extrusion

Je to funkcia, ktorá sa nachádza tiež na príkazovom paneli *Walls*. Je definovaná ako vysunutie steny pri vopred namodelovanej skice. Po zvolení príkazu *Extrusion*, sa zobrazí dialógové okno *Extrusion Definition* (Obr. 32). Následne sa označí skica, potrebná na vysunutie a zadá sa dĺžka vysunutia. Skicu stačí nakresliť len vo forme požadovanej krivky. Hrúbka vysunutej steny odpovedá hrúbke zadanej v *Sheet Metal Parameters*.

Pomocou tejto funkcie možno robiť aj vedľajšie steny. Rozbalovacie riadky *Limit 1 dimension* (dĺžka vysunutia) a *Limit 2 dimension* (vzdialenosť od základnej steny a miesta vysunovania steny) zaručia, že sa stena vysunie kolmo na základnú stenu.

Zaškrtnuté políčko *Automatic Bend* zabezpečí, oblé hrany v mieste spojenia. Políčko *Mirrored extent* umožňuje vysunutie steny naraz v oboch smeroch o rovnakú hodnotu.

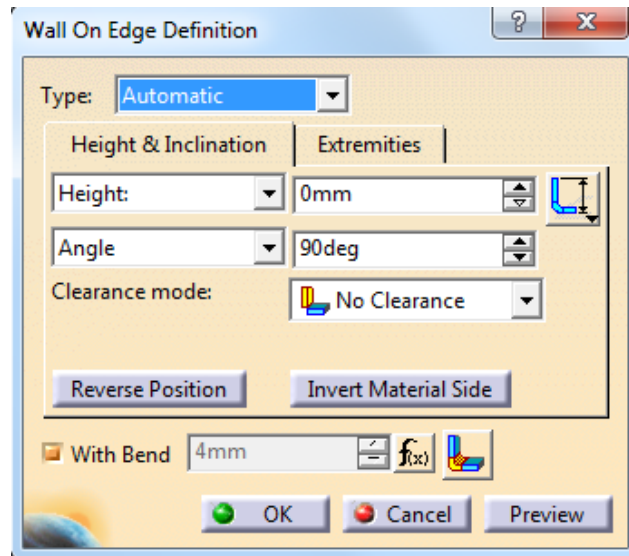


Obr. 32. Dialógové okno Extrusion Definition

10.3.2 Tvorba vedľajších stien


Stena na hrane- Wall On Edge

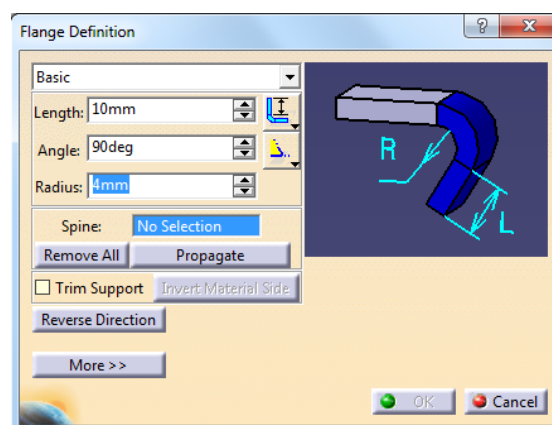
Pomocou tejto funkcie je možné vytvoriť vedľajšiu stenu na hrane základnej funkčnej steny. Funkcia sa nachádza v paneli *Walls* a po jej rozkliknutí sa zobrazí dialógové okno *Wall On Edge Definition*. Následne je potrebné určiť, či má byť stena vytvorená z konkrétnej hrany (voľba *Automatic*) alebo zo skice (voľba *Sketch Bend*). Nastavenie je možné zvoliť v rozbalovacom menu *Type*, ako je vidieť aj na Obr. 33.




Obr. 33. Dialógové okno Wall On Edge Definition

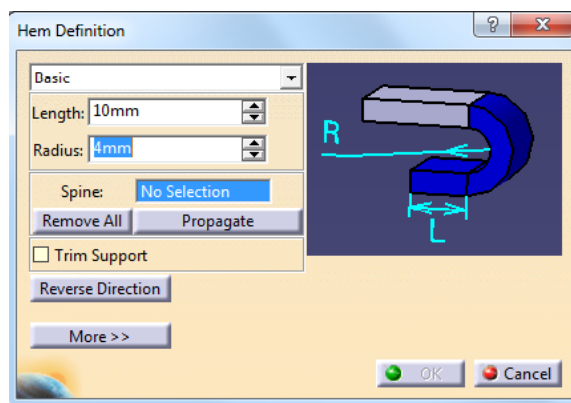
Ohnutá stena(Flange), lem(Hem), kvapkový reliéf(Tear Drop), užívateľské olemovanie(User Flange)

Pri tvorbe klasickej **ohnutej steny** alebo príruby sa používa príkaz *Flange*  na panely *Walls*. Po zobrazení dialógového okna *Flange Definition*(Obr. 34) sú zadané rozmery ako dĺžka ohnutej steny(*Length*), uhol sklonu steny(*Angle*) a polomer ohnutia(*Rádus*). Taktiež je možné navoliť aj šírku ohnutej steny. Umožňuje to rozbalovacie menu, kde je automaticky zadaná funkcia *Basic*, ktorá zabezpečí, že šírka ohnutej steny bude zodpovedať šírke vybranej hrany. Taktiež možno vytvoriť aj ohnutý plech s nerovnakou šírkou a to zvolením funkcie *Releimited* v rozbalovacom menu. Následne sa zobrazia dve limity, pomocou ktorých sú definované osadenia ohnutého plechu od okrajov.




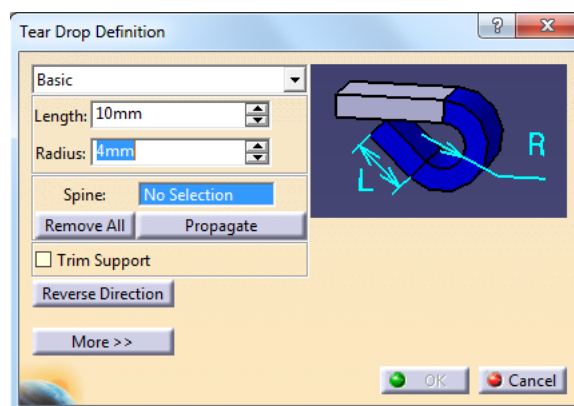
Obr. 34 Dialógové okno Flange Definition

Tvorba **lemu**, zaoblenej plochy vytvorenej na ostrej hrane dielu, je možné uskutočniť spustením príkazu *Hem*  na paneli *Walls*. Po zobrazení dialógového okna *Hem Definition* (Obr. 35) postupujeme rovnako ako aj pri tvorbe klasickej ohnutej steny cez príkaz *Flange*, ale tu nie je možné zadať uhol sklonu lemu, pretože lem je rovnobežný so stenou, na ktorej sa nachádza. Dialógové okno obsahuje políčko *Spine*, ktoré udáva vybranú krivku na ktorej je lem tvorený. Ak je zvolená nesprávna krivka lemu, tak sa jednoducho zruší pomocou príkazu *Remove All*.




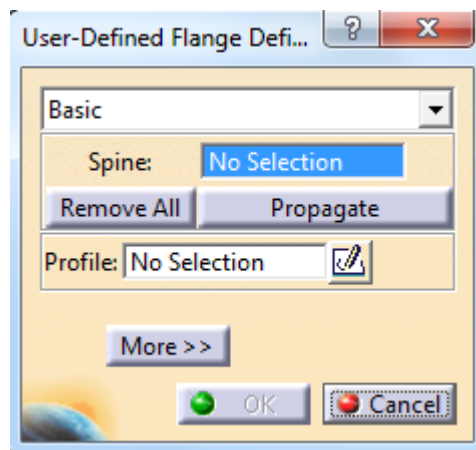
Obr. 35. Dialógové okno Hem Definition

Kvapkový reliéf, reliéf pod určitým uhlom, je možné vytvoriť pomocou príkazu *Tear Drop*  na paneli *Walls*. Zadávanie parametrov reliéfu a jeho šírky v dialógovom okne *Tear Drop Definition* (Obr. 36) prebieha rovnako ako v predošlých prípadoch.



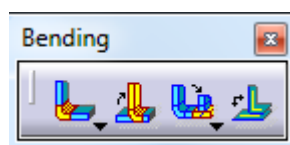
Obr. 36. Dialógové okno Tear Drop Definition

Užívateľské olemovanie je definované, ako vytvorenie tvarového lemu pomocou krivky a hrany. Slúži na to funkcia *User Flange*  umiestnená na panely *Walls*. Po zobrazení dialógového okna *User- Defined Flange Definition*(Obr. 37) pokračujeme rovnako ako v predošlých prípadoch, ale potrebou je aj vybratie požadovanej krivky, podľa ktorej bude lem vytvorený.



Obr. 37. Dialógové okno User- Defined Flange Definition


10.4 Pracovný panel Bending



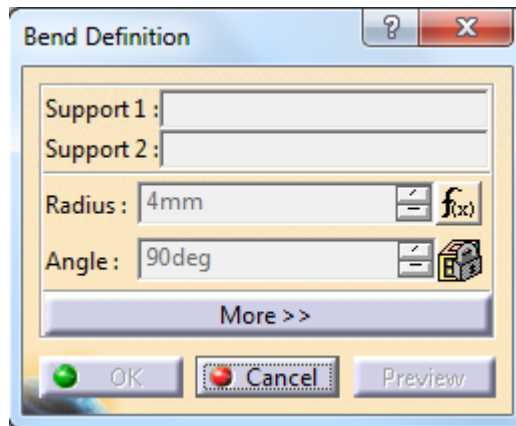
Obr. 38. Panel Bending

10.4.1 Tvorba ohybov


Ohyb, je miesto priesečníku dvoch stien. Na tvorbu ohybov v module *GSMD* sú na to určené tri funkcie nachádzajúce sa na paneli *Bending*. Po klepnutí na tlačidlo *Bends* sa rozbaľí ponuka s možnosťami tvorby prvých dvoch funkcií určených na ohyb.

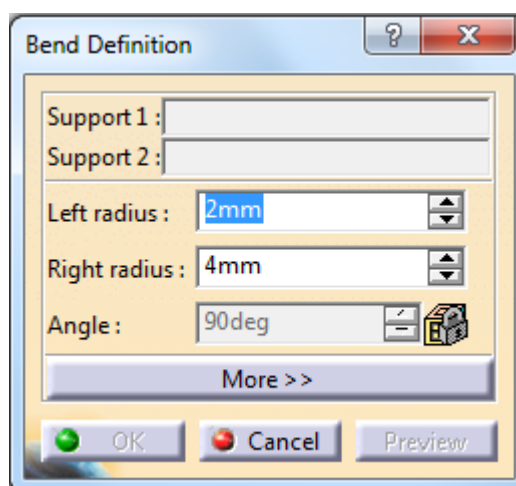
Prvá možnosť má názov *Bend*  a umožňuje vytvorenie jednoduchého ohybu. Po kliknutí na ňu sa zobrazí dialógové okno *Bend Definition*(Obr. 39). Ako prvé sa vyberú dve

stény označené políčkami *Support*, ktoré budú tvoriť výsledný ohyb. Rádus a uhol ohybu sa zobrazia v políčkach ako pevne zadané hodnoty, ktoré boli zadané už na začiatku v *Sheet Metal Patameters*.




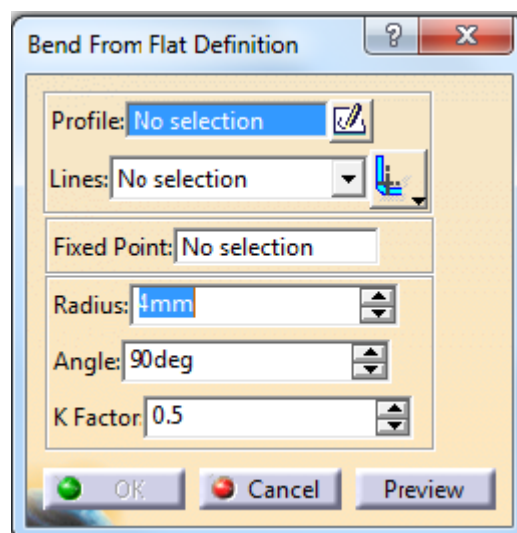
Obr. 39. Bend Definition(prostý ohyb)

Druhá možnosť je určená na tvorbu tzv. kužeľového ohybu, teda ohybu, ktorý má nerovnomerný priemer po celej dĺžke ohybu. Po rozkliknutí ponuky *Bends* sa zobrazí druhá funkcia určená pre tento typ ohybu s názvom *Conical Bned* . Zobrazí sa dialógové okno *Bend Definition*(Obr. 40), ktoré je rozdielne od predošlého prípadu len tým, že je potrebné zadať rádus na začiatku dĺžky ohybu(*Left Radius*) a na konci dĺžky ohybu(*Right Radius*).



Obr. 40. Bend Definition(kužeľový ohyb)


Tretou možnosťou je ohýbanie plechu pomocou čiary. Na to je určený nástroj *Bend From Flat* . Po kliknutí naň sa zobrazí dialógové okno *Bend From Flat Definition* (Obr. 41). Následne je vybratá skica (*Profile*), ak nie je vytvorená, vytvorí sa pomocou tlačidla *sketch*. Potom sa vyberie krivka (*Lines*) podľa ktorej bude vybraný profil kopírovať ohyb. Políčko *Fixed point* udáva pevný bod, ktorý po vybratí náčrtu sa pridá na jeho totožnú plochu. Rádus ohybu je pevne nastavený z parametrov plechu. Pri nastavovaní uhlu (*Angle*), môžeme nastaviť rôzny uhol pre viac kriviek, záleží to podľa toho ktorú krivku máme momentálne vybranú, tak pre tú nastavujeme príslušný uhol.

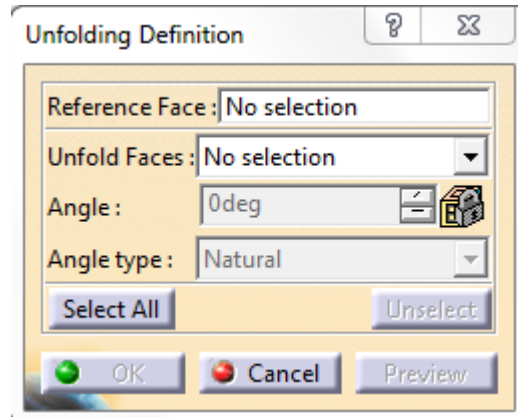


Obr. 41. Bend From Flat Definition


10.4.2 Ohýbanie a rozbaľovanie plechových dielov

Tieto operácie sú užitočné hlavne z toho dôvodu, keď je potrebné vytvoriť nejaký výrez v mieste ohybu. Tieto výrezy nie je možné robiť v ohnutom stave plechu a preto je za potreby ho najprv rozbaľiť. Tieto funkcie je možné nájsť tiež na pracovnom paneli *Bending* v rozbalovacom menu *Unfolding* (rozbalenie) a *Folding* (zloženie).

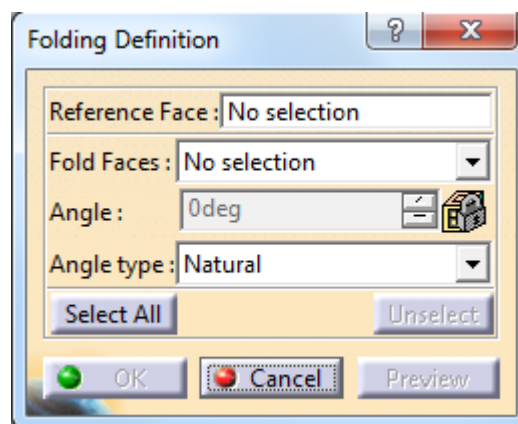
Po klepnutí na tlačidlo *Unfolding* , dôjde k otvoreniu dialógového okna *Unfolding Definition* (Obr. 42). Ako prvé je za potreby zadať referenčnú plochu (*Reference Face*), následne je zadaná plocha alebo konkrétny ohyb ktorý je požadovaný pre ohnutie (*Unfold Faces*). Ak je potrebné rozvinúť celý plechový diel so všetkými ohybmi naraz stlačí sa tlačidlo *Select All*. Tlačidlom *Unselect All* sa výber preruší. Po potvrdení tlačidlom *OK* sa docieli rozvinutý plech.




Obr. 42. Dialógové okno Unfolding Definition


Ak je výrez v mieste ohybu vytvorený, je za potreby diel späť zložiť. V tom prípade sa použije funkcia príkazového panelu *Bending* s názvom *Folding* . Po jej vyvolaní sa objaví dialógové okno *Folding Definition* (Obr. 43). Ako prvá sa vyberá referenčná plocha (*Reference Face*). Následne je vybrané miesto ohybu (*Fold Faces*), ktoré bude naspäť zložené. Políčko *Angle* určuje uhol výsledného ohnutia plechu a políčko *Angle type* určuje typ výsledného uhlu. Výsledný uhol môže mať tri varianty:

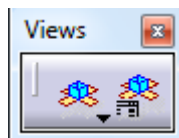
- *Natural*- je to predvolená voľba, cez ktorú sa stena zloží späť do pôvodného stavu v akom bola, v tomto prípade zadávanie uhlu (*Angle*) nie je potrebné.
- *Defined*- voľba určená pre zloženie do uhlu s inou hodnotou ako bola hodnota pôvodná, v tomto prípade sa zadáva hodnota uhlu do políčka *Angle*.
- *Spring Back*- voľba určená na zloženie plechu do určitého uhlu vzhľadom k pôvodnému uhlu ohnutia plechu.



Obr. 43. Dialógové okno Folding Definition

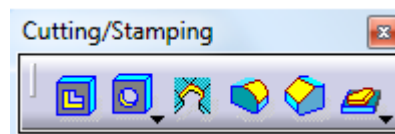
Na jednoduchšie skladanie a rozkladanie dielu možno použiť aj funkciu panela *Views* (Obr. 44), *Fold/Unfold* . Je to vlastne prepínacie tlačidlo ktoré rozloží a po prepnutí späť zloží plechový diel. Táto funkcia je odlišná od predchádzajúcej tým, že diel v rozloženom stave nie je možné nijak upravovať. Funkcia je používaná hlavne z dôvodu rozvinutého pohľadu, vďaka ktorému môže pracovník vyrezať presný tvar a veľkosť plechu.

Použitím funkcie *Multi Viewer* , je rozložený plech zobrazený v inom okne.



Obr. 44. Panel Views

10.5 Pracovný panel Cutting/Stamping



Obr. 45. Panel Cutting/Stamping


10.5.1 Tvorba vylisovaných miest plechu

Sú to miesta v plechu, vytvorené lisovacími operáciami ako sú strihanie, formovanie a dierovanie. Panel *Cutting/Stamping* obsahujúci operácie známe aj s iných modulov programu Catia, obsahuje aj operácie určené pre lisovanie a to v rozbalovacom menu *Stamping*.

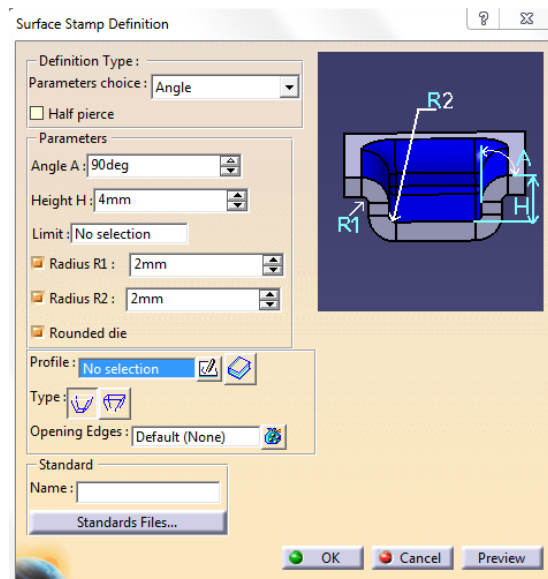


Obr. 46. Operácie lisovania plechu


Jednotlivé druhy lisovacích operácií sú prebrané následne:

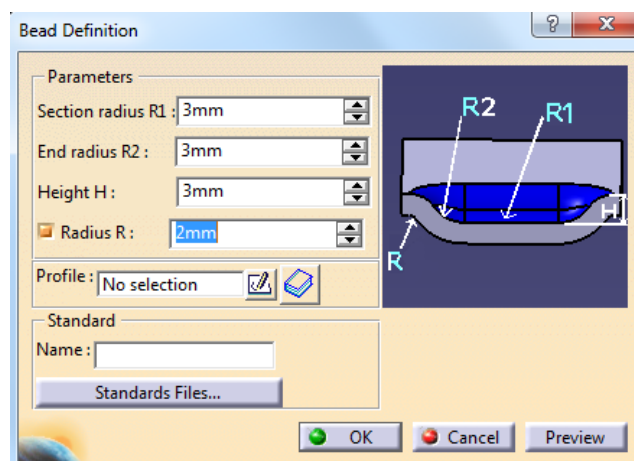
- Funkcia *Surface Stamp*  je definovaná ako vylisovanie oblasti uzavretého profilu. Po klepnutí na tento príkaz sa zobrazí dialógové okno *Surface Stamp Definition* (Obr. 47). Následne je vybraný potrebný profil na vylisovanie v poličku *Profile*. Ďalšie možnosti nastavenia v okne sú uhol (*Angle A*), výška lisovaného profilu (*Height H*). Výšku taktiež možno určiť aj u polička *Limit*. Limitou bude potom

plocha alebo rovina. Ďalej možno nastaviť veľkosť zaoblenie vo vnútri(R2) a vonku(R1) na výlisku. V oblasti Type možno určiť, či sa rozmery hornej plochy prvku budú rovnať rozmerom skici vybranej na začiatku(*Upward sketch profile*), alebo či sa rozmery dolnej plochy prvku budú rovnať rozmerom skici vybranej na začiatku(*Downward sketch profile*). Ak je za potreby vytvoriť lisovaný funkčný prvok s otvorenou stenou, zvolí sa funkcia *Opening Edges*.




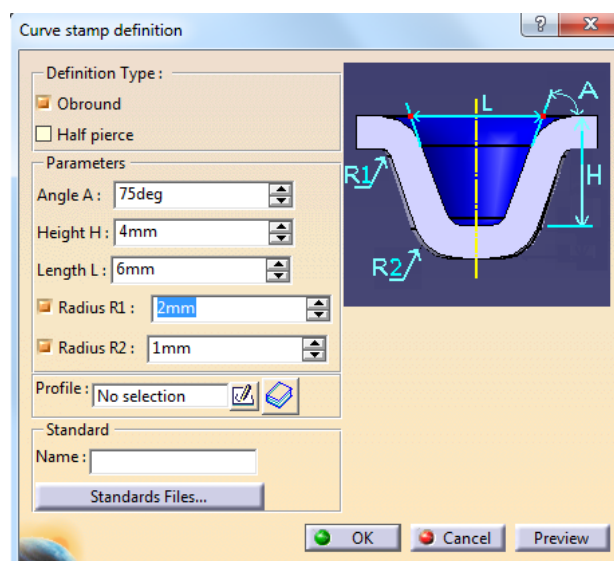
Obr. 47. Dialogové okno Surface Stamp Definition

- Funkcia *Bead*  je používaná k tvorbe žľabov. Po klepnutí na príkaz *Bead* sa zobrazí dialógové okno *Bead Definition*(Obr. 48). Nastavenia hodnôt sú rovnaké ako v predošlom prípade. Pri zrušení zaškrtnutia políčka *Radius R*, bude výsledný žliabok bez zaoblenia s ostrou hranou.




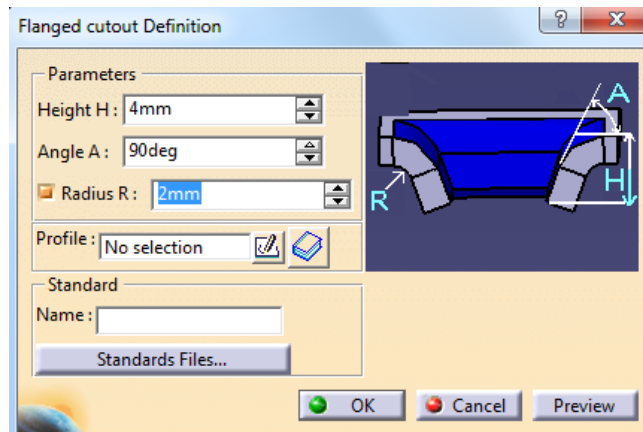
Obr. 48. Dialogové okno Bead Definition

- Funkcia *Curve Stamp*  slúži na vytvorenie žliabku podľa krivky(*entit*), ktoré k sebe nadväzujú tangenciálne. Po vyvolaní spomínanej funkcie sa vyvolá dialógové okno *Curve stamp Definition*(Obr. 49). Ako prvý je vybraný profil(*Profile*), podľa ktorého bude žliabok vytvorený. Pri zaškrtnutom políčku *Obround* ostanú zaoblené krajné hrany a pri zaškrtnutí políčka *Half-pierce* nemožno zadávať výšku alebo hĺbku žliabku. Následne možno v okne nastavovať parametre ako sú uhol sklonu žliabku(*Angle A*), výška alebo hĺbka žliabku(*Height H*), šírka žliabku(*Length L*), spodný(*R1*) a horný(*R2*) rádius.




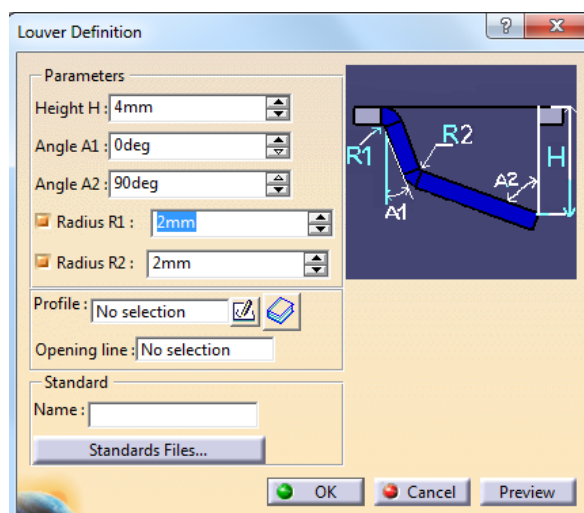
Obr. 49. Dialogové okno Curve Stamp Definition

- Funkcia *Flange Cut Out* , je definovaná ako tvorba výrezu s olemovaním. Po vytvorení skice uzavretého profilu a kliknutí na spomínanú funkciu sa vyvolá dialógové okno *Flange cutout Definition*(Obr. 50). Po vybraní načrtnutej skice(*Profile*), nasleduje nastavenie hlavných rozmerov ako je uhol sklonu olemovaného výrezu(*Angle A*), výška alebo hĺbka olemovaného otvoru(*Height H*) a ak je zaškrtnutý aj rádius, tak aj veľkosť rádiusu(*Radius R*). Po kliknutí na *OK* sa vytvorí funkčný prvok.




Obr. 50. Dialogové okno Flange cutout Definition

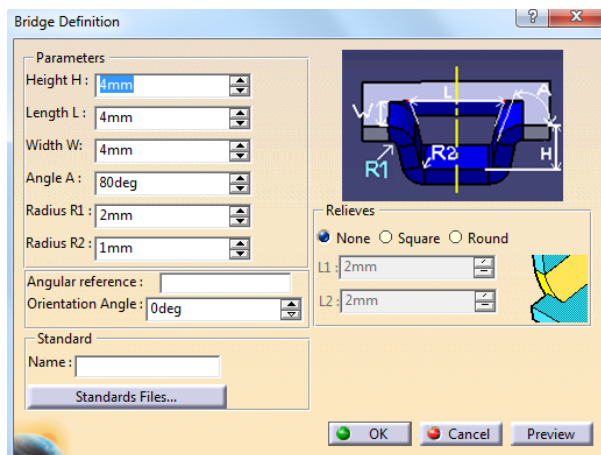
- Funkcia *Louver*  je určená pre tvorbu drážok v tvare žalúzií. Tieto žalúzie sú používané v praxi napríklad pre zaistenie ventilácie. Po kliknutí na funkciu *Louver* sa vyvolá dialógové okno *Louver Definition* (Obr. 51). Po vybraní náčrtu (*Profile*) je zadaná výška žalúzie. Hodnoty *Angle A1* a *A2* slúžia na nastavenie uhlov sklonu žalúzie podľa potreby. Následne je potrebné zadať otvorenú hranu žalúzie, ktorá bude zobrazená v políčku *Opening line*. Následným kliknutím na *OK* sa vytvorí výsledný prvok, žalúzia.




Obr. 51. Dialogové okno Louver Definition

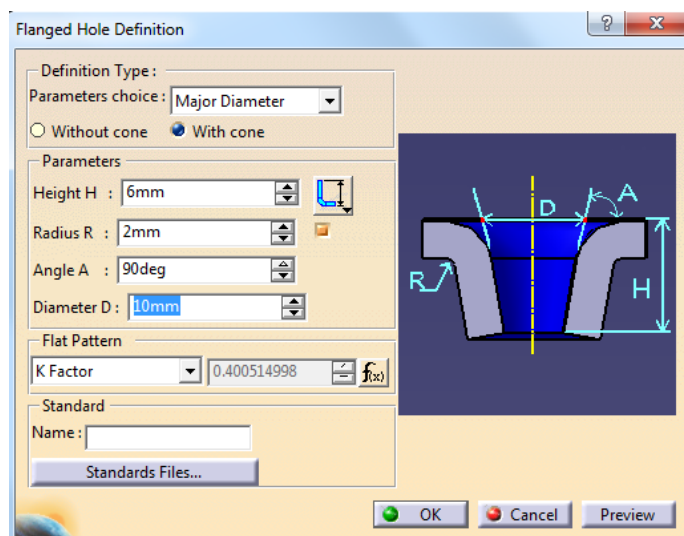
- Funkcia *Bridge* , ako už z názvu vyplýva, slúži na vytvorenie mostíku určeného napríklad na zachytenie súčiastky. Na jeho vytvorenie treba načrtnúť bod na ploche, ktorý sa následne označí aj s plochou a po kliknutí na funkciu *Bridge* sa vyvolá dialógové okno *Bridge Definition* (Obr. 52). Nasleduje nastavenie hodnôt

ako sú výška mostíku(*Height H*), dĺžka mostíku(*Length L*), šírka mostíku(*Width W*), uhol stien mostíku(*Angle A*), a hodnoty vnútorného(*R1*) a vonkajšieho(*R2*) rádiusu. V oblasti *Relievers* možno nastavovať tvar alebo reliéf výsledného mostíku. Pri hodnote *None* bude mostík bez reliéfu, pri hodnote *Square* bude reliéf obdĺžnikový a pri hodnote *Round* bude mať kruhový tvar.




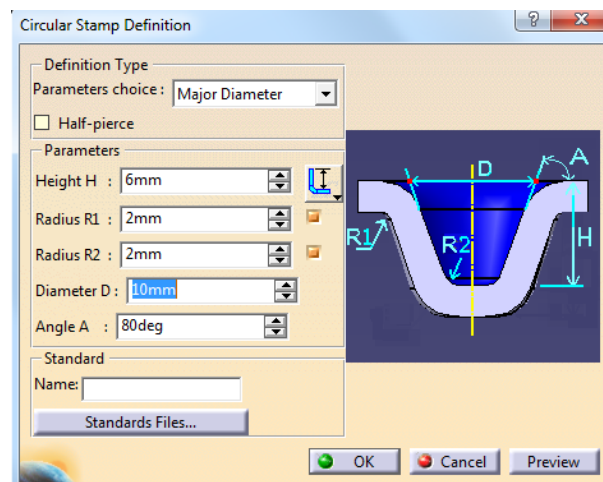
Obr. 52. Dialogové okno Bridge Definition

- Funkcia *Flanged Hole*  slúži na vytvorenie olemovanej diery. Po vytvorení bodu na ploche a stlačení funkcie sa vyvolá dialógové okno *Flanged Hole Definition*(Obr. 53). Následne sú nastavené hodnoty výšky(*Height H*), polomeru(*Radius R*), uhlu(*Angle A*) a priemeru diery(*Diameter D*). Pre vytvorenie otvoru bez vyčnievania ja aktívne políčko *Without cone* a s vyčnievaním zas políčko *With cone*.




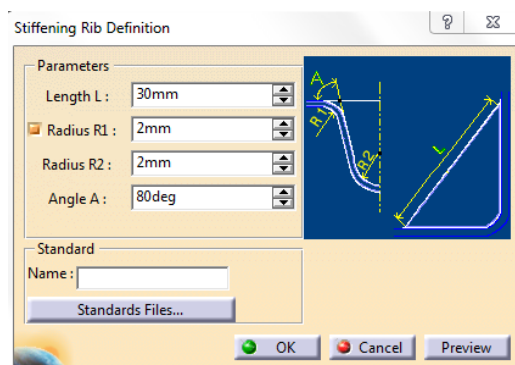
Obr. 53. Dialogové okno Flnged Hole Definition

- Funkcia *Circular Stamp*  slúži na vytvorenie jamky s rozmermi a parametrami razidla. Pre jeho vytvorenie je za potreby načrtnúť bod na ploche. Označením bodu a danej plochy a vybraním spomínanej funkcie sa vyvolá dialógové okno *Circular Stamp Definition*(Obr. 54). V okne je možné zadať parametre jamky ako sú hĺbka(*Height H*), šírka(*Diameter D*), uhol sklonu(*Angle A*) a vnútorný(*R2*) a vonkajší(*R1*) rádius. Pri zaškrtnutom políčku *Hlaf- pierce* je jamka bez možnosti zadania hĺbky.




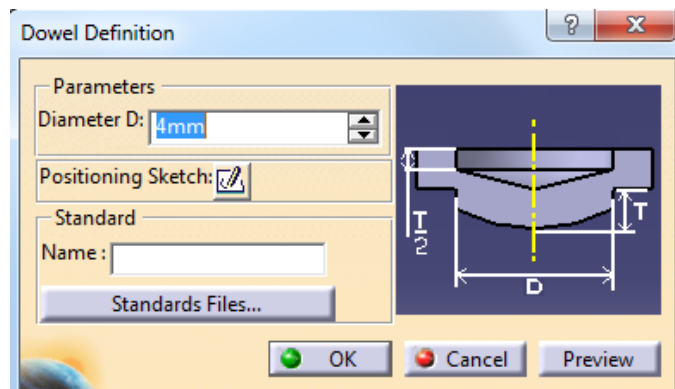
Obr. 54. Dialogové okno Circular Stamp Definition

- Funkcia *Stiffening Rib*  je používaná pre tvorbu rebrovej výstuhy. Po kliknutí na danú funkciu sa zobrazí dialógové okno *Stiffening Definition*(Obr. 55). Ako prvé je za potreby vybrať valcovú plochu(rádius) na ktorej bude výstuha. Ale pozor, vyberá sa vonkajšia valcová plocha. V dialógovom okne je možné nastaviť parametre ako dĺžka(*Length L*), rádiusy(*R1* a *R2*) a uhol sklonu výstuhy(*Angle A*). Rebro je vytvorené potvrdením tlačidla *OK*.



Obr. 55. Dialogové okno Stiffening Rib Definition

- Funkcia *Dowel*  je určená pre tvorbu vpichov. Po jej vybraní je za potreby určit plochu alebo bod vpichu. Následne sa zobrazí dialógové okno *Dowel Definition* (Obr. 56). Miesto vpichu je možné presne zakótovať pri stlačení tlačidla *Positioning Sketch*. Priemer vpichu sa nastavuje u políčka *Diameter D*. Ak sú parametre nastavené, tak potvrdením tlačidla *OK* sa vytvorí daný vpich.

Obr. 56. Dialogové okno *Dowel Definition*

11 TVORBA PLECHOVÝCH DIELOV

Jednotlivé funkcie modulu *GSMD* sú popísané a znázornené pomocou obrázkov pri tvorbe vzorových súčiastok, pre ľahšie pochopenie, z ktorých bola následne aj jedna vyrobená.

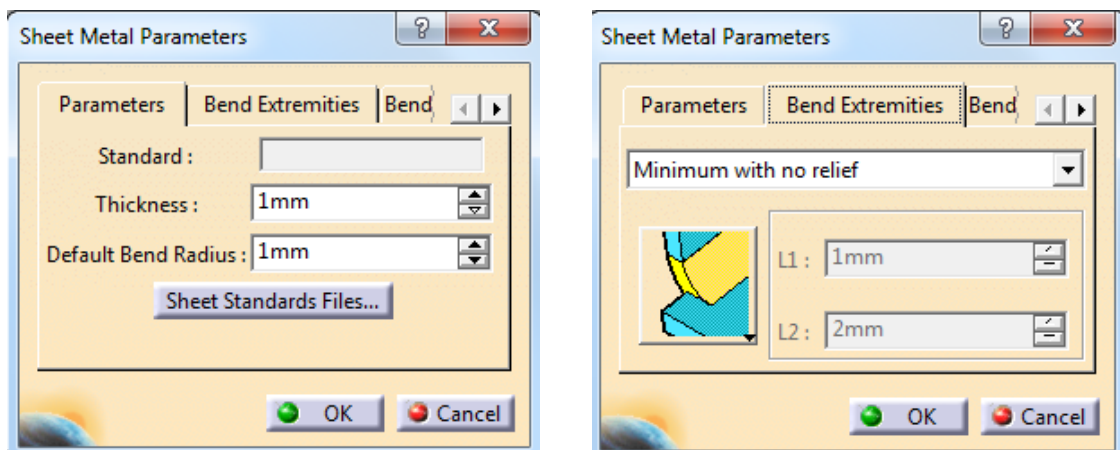
Taktiež boli vytvorené aj obecné popisy funkcií modulu. Boli vytvorené súčiastky rôznej obtiažnosti, pre ktoré boli vytvorené postupy tvorby, ako ukážka aplikácie daného modulu na konkrétnych dieloch. Postupy sú uložené aj v prílohách vrátane hotových modelov.

11.1 Jednoduchý plechový model držiaku na mobil

Tento model bol namodelovaný v programe Catia V5R18 a aj vyrobený.


Návod tvorby plechového držiaku:

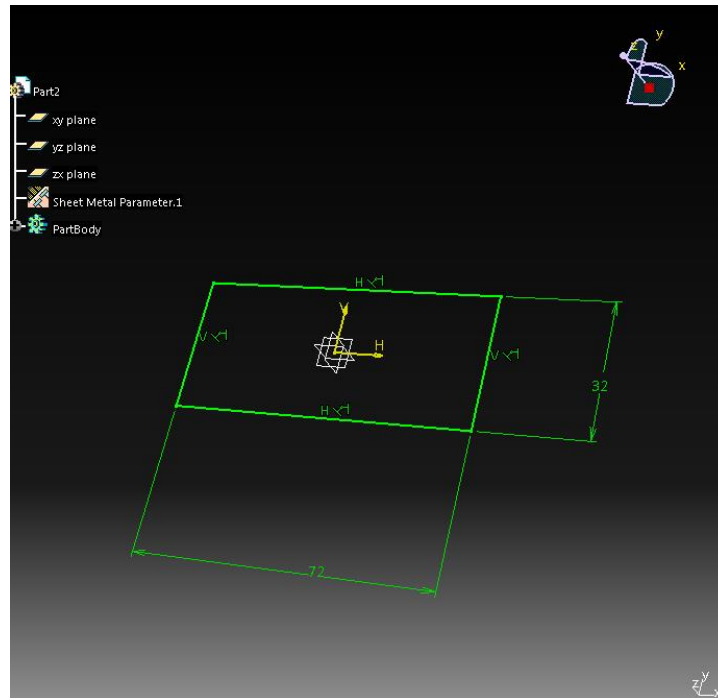
Po otvorení pracovného prostredia *GSMD*, boli zadané parametre plechu (Obr. 57) cez príkaz *Sheet Metal Parameters*, kde hrúbka plechu je 1mm, rádius 1mm a miesta spojov sú bez reliéfov.



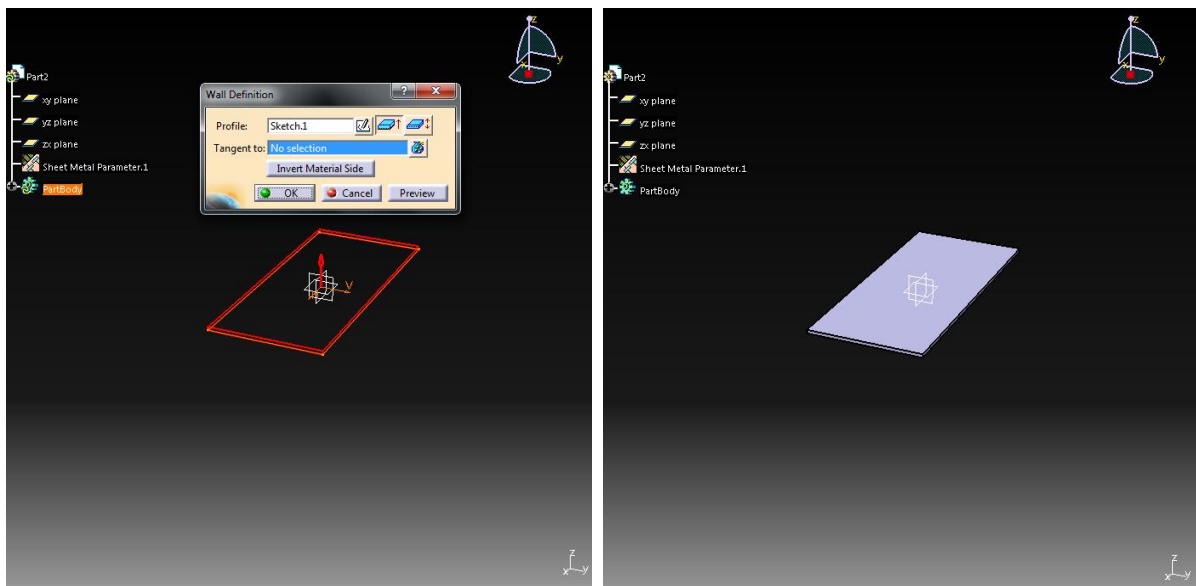
Obr. 57 Nastavenie parametrov plechu

Následne bol vytvorený náčrt základnej funkčnej steny cez funkciu *Sketch*  (Obr. 58)


a cez funkciu *Wall*  došlo k vysunutiu hotovej steny (Obr. 59).

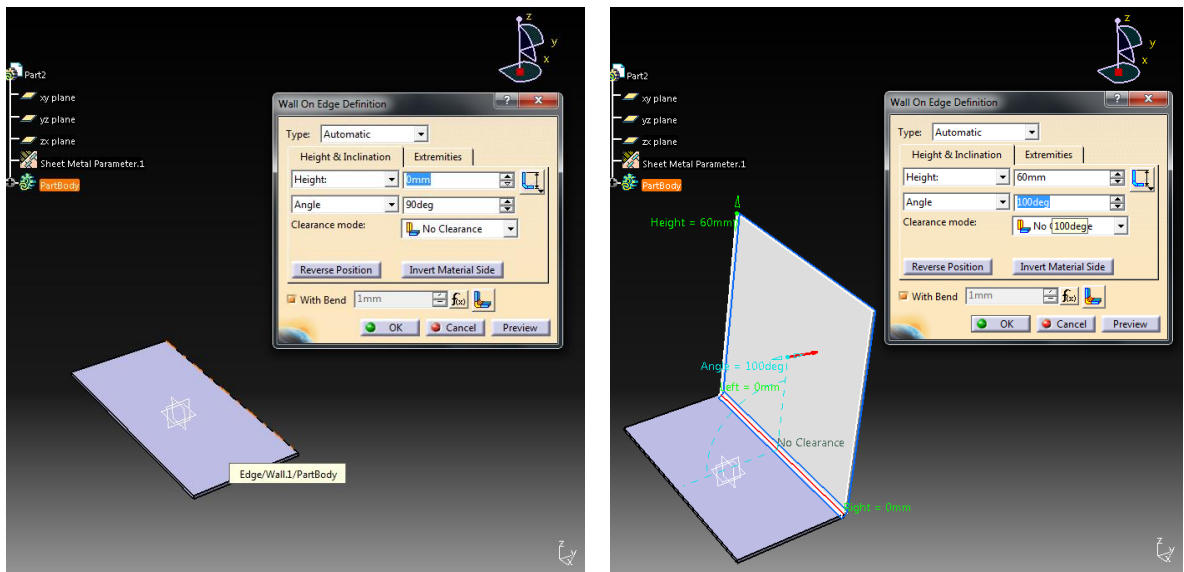


Obr. 58 Sketch základnej steny




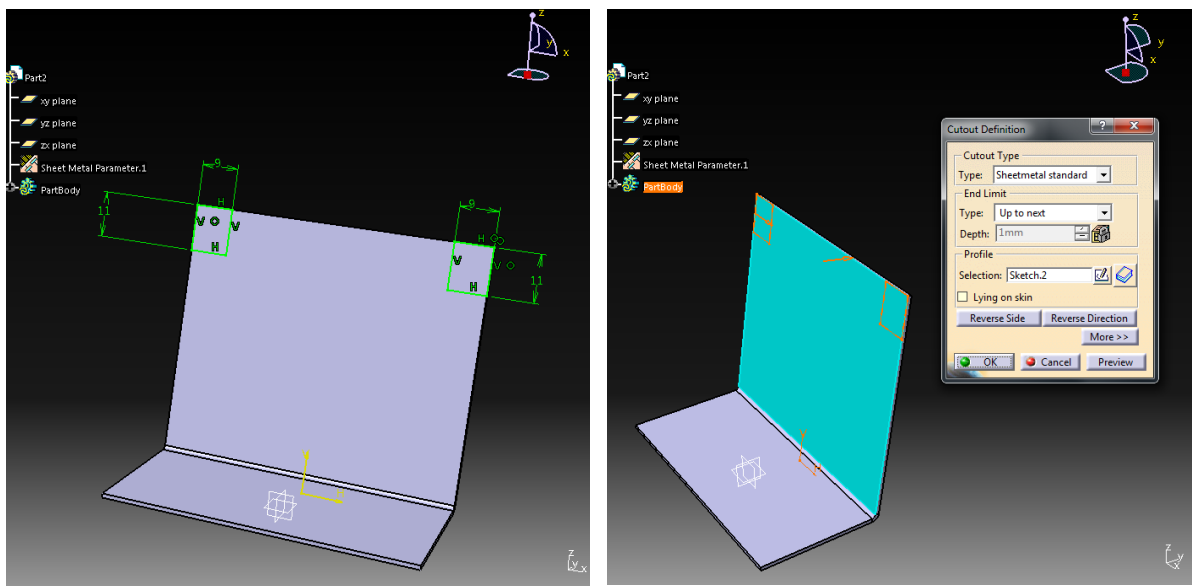
Obr. 59 Vysunutie základnej steny

Po vytvorení základne nasledovalo vytvorenie zadnej opernej steny cez funkciu *Wall On Edge* . Postup tvorby a rozmery steny je vidieť na obrázku (Obr. 60). Ako prvá sa vybrala hrana podľa obrázka a použil sa daný príkaz v ktorom sa nastavili rozmery steny.




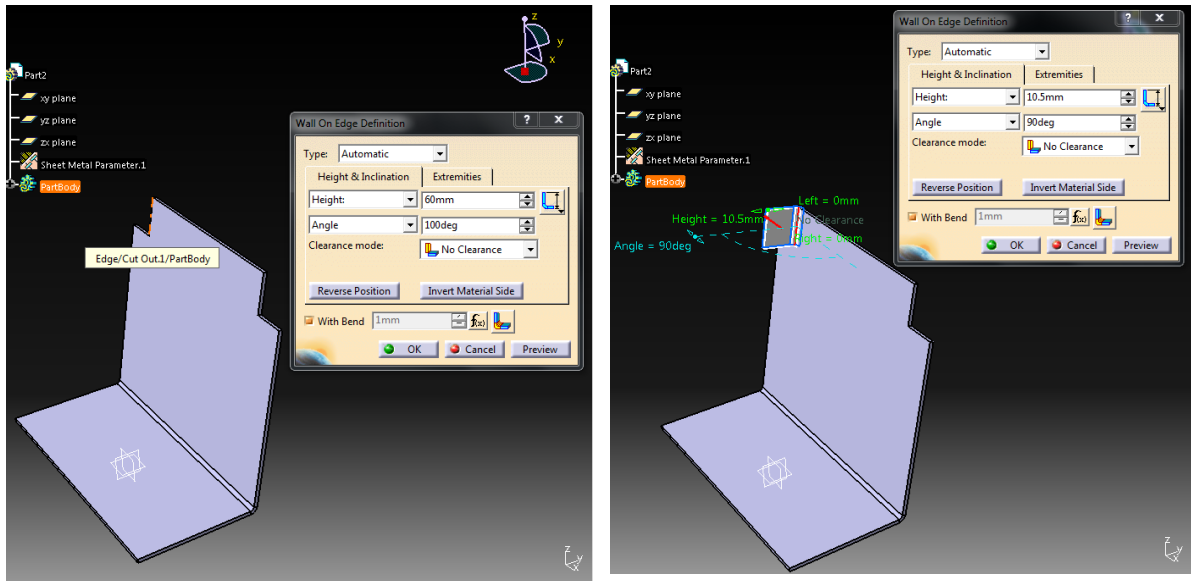
Obr. 60. Tvorba zadnej steny

Na zaistenie telefónu proti posunutiu do bokov sú na zadanej stene vytvorené úchytky. Ich tvorby spočívala vo vyrezaní dvoch štvorcov na zadnej stene cez funkciu *Cut Out*  ako vidieť aj na obrázku (Obr. 61), štvorce boli vytvorené cez príkaz *Sketch*.

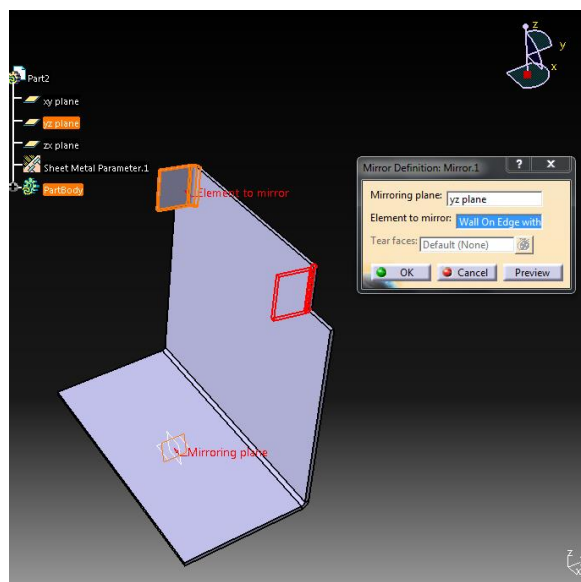


Obr. 61 Tvorba výrezov zadnej steny

Tieto prázdne miesta boli nahradené už spomínanými ohnutými úchytkami vytvorenými cez príkaz *Wall On Edge*, znázornené na obrázku (Obr. 62). Druhá úchytku bola iba odzrkadlená cez príkaz *Mirror*  (Obr. 63).

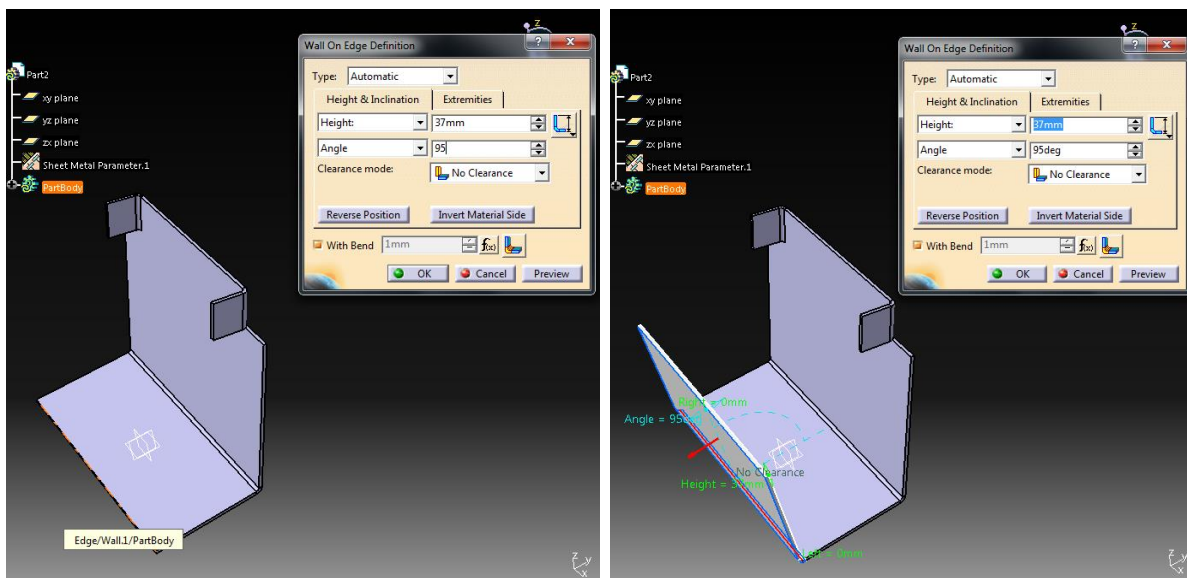


Obr. 62. Tvorba úchytky

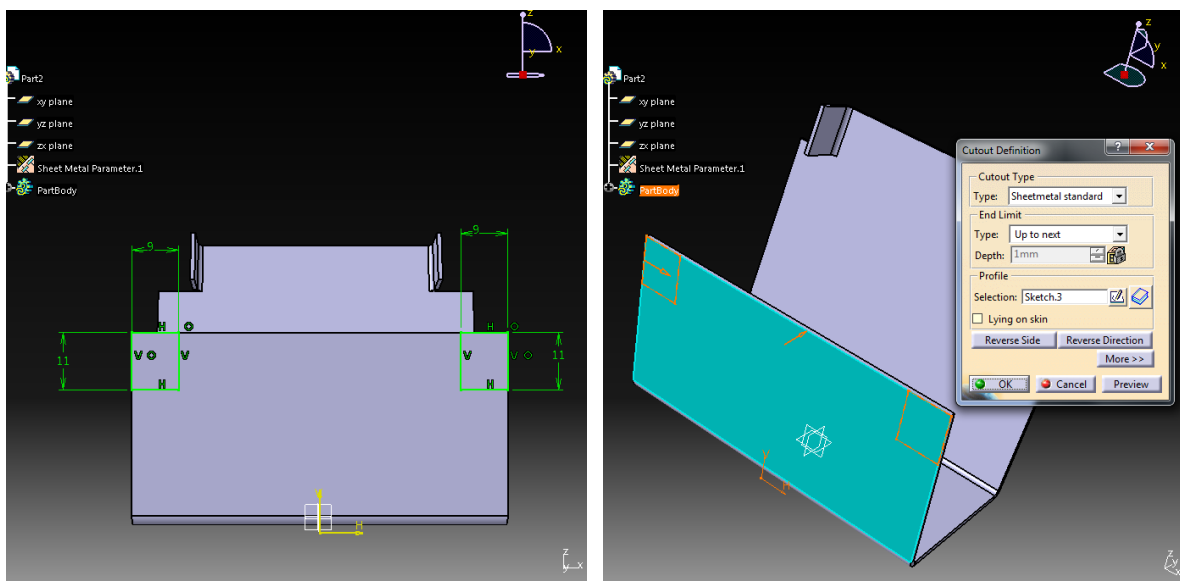


Obr. 63. Zrkadlenie úchytky

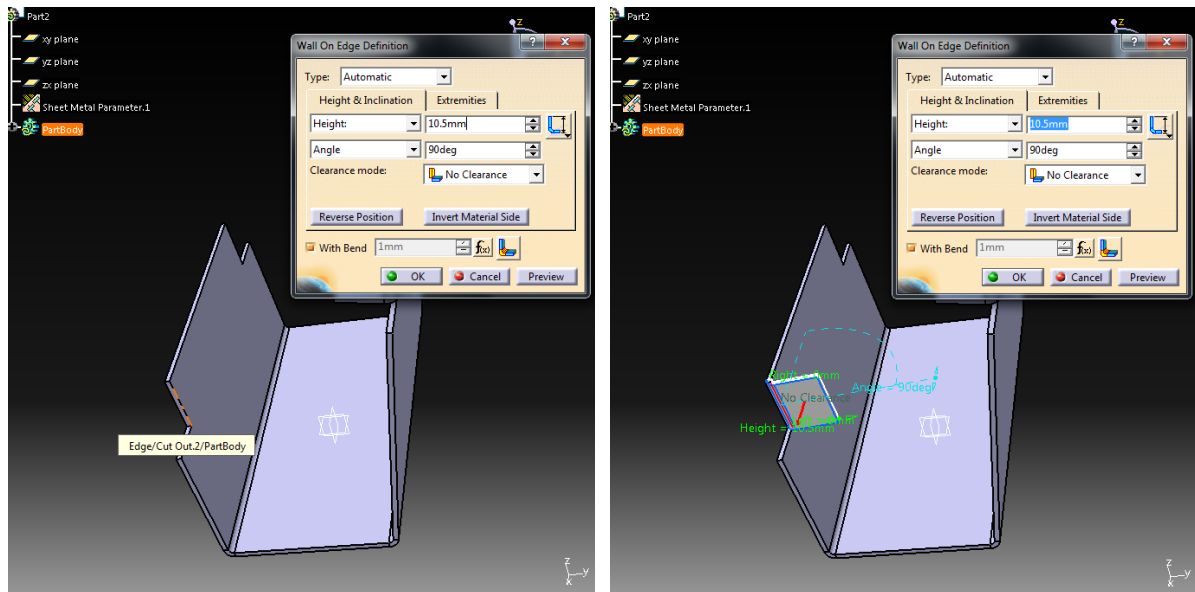
Po zhotovení zadnej steny bola vytvorená predná stena rovnakým postupom ako zadná, len s inými rozmermi. Ako prvá sa vytvorila predná stena cez príkaz *Wall On Edge* (Obr. 64). Predne úchytky boli rovnako vytvorené ako u zadnej steny, najprv založením náčrtu cez príkaz *Sketch*, následným orezaním cez príkaz *Cut Out* (Obr. 65), vytvorením jednej úchytky cez príkaz *Wall On Edge* (Obr. 66) a odzrkadlením druhej úchytky cez príkaz *Mirror* (Obr. 67).



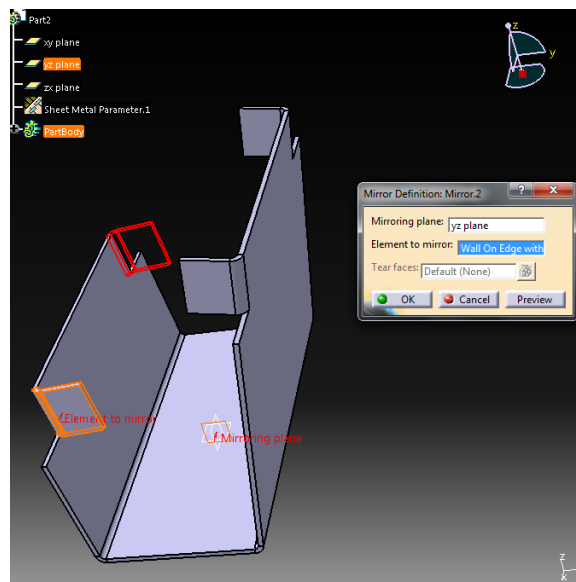
Obr. 64. Tvorba prednej steny





Obr. 65. Náčrt a výrez otvorov

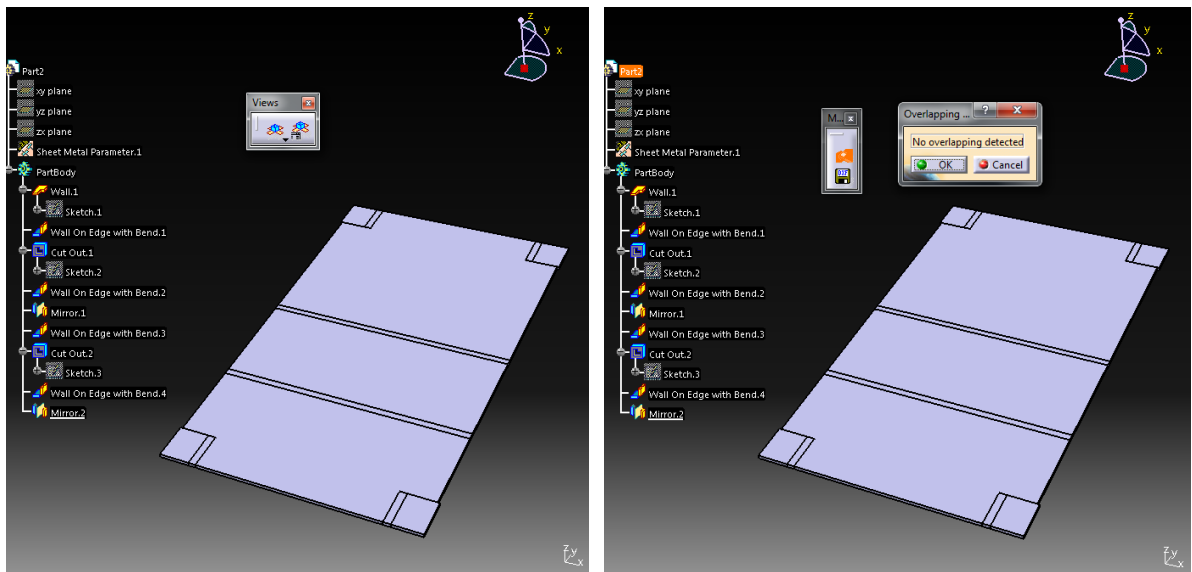


Obr. 66. Tvorba prednej úchytky

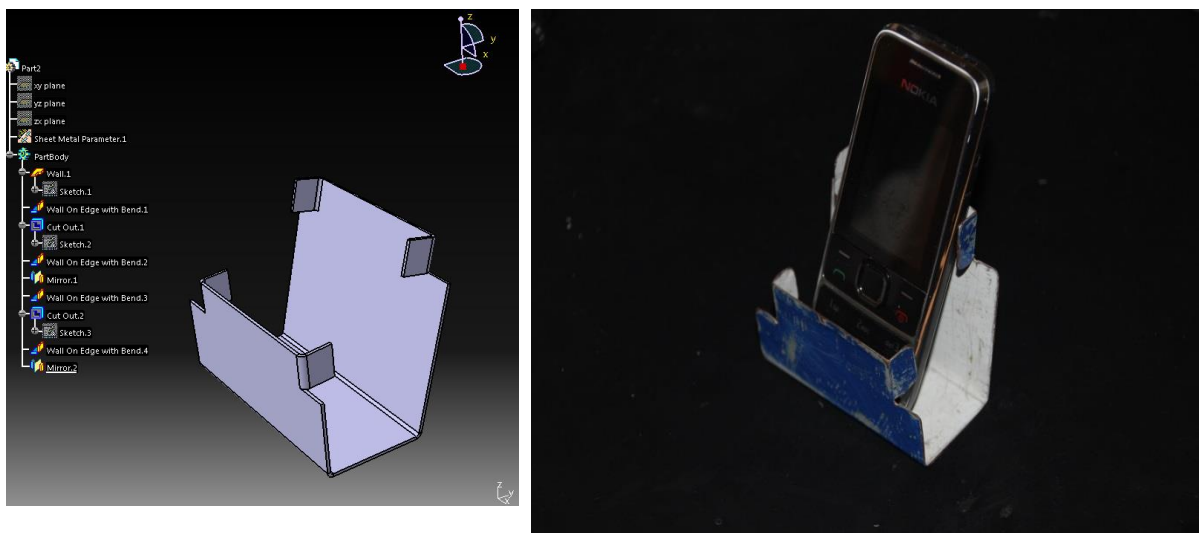


Obr. 67. Zrkadlenie úchytky

Nakoniec po tvorbe modelu, bol model rozbalený pomocou prepínacej funkcie *Fold/Unfold*  ako vidieť aj na obrázku(Obr. 68 vľavo). Následne bol model pomocou funkcie analýzy *Check Overlapping*  skontrolovaný na prekrývanie stien plechu(Obr. 68 vpravo). Následne mohol byť model vyrobený ako je vidieť aj na obrázku(Obr.69). Vľavo je model držiaka v module *GSMD* aj s rozbaleným stromom ukazujúcim jednotlivé postupy tvorby modelu, vpravo je hotový výrobok.




Obr. 68. Rozložení a analýza modelu

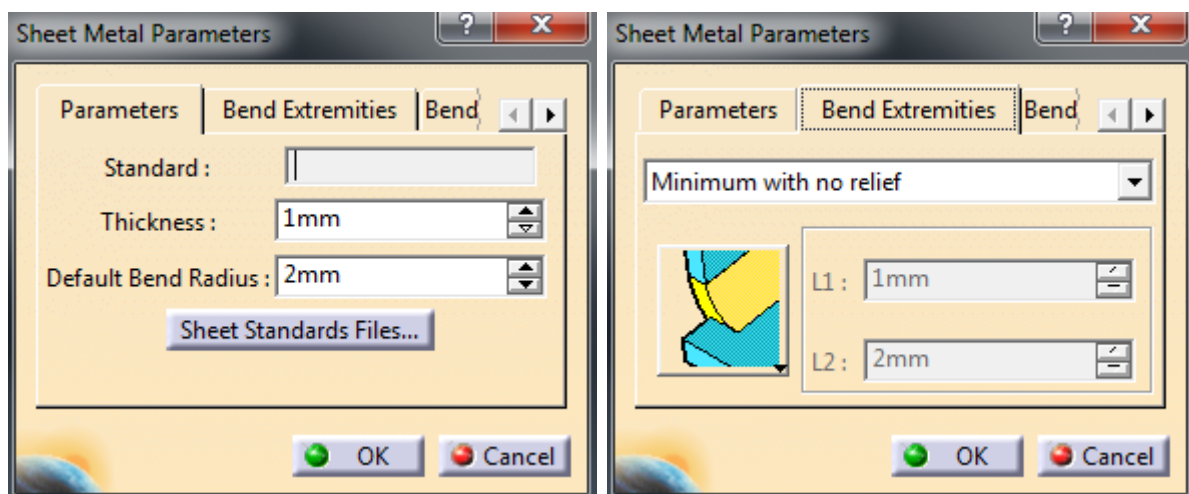


Obr. 69 Model a výrobek



11.2 Mriežkový kryt

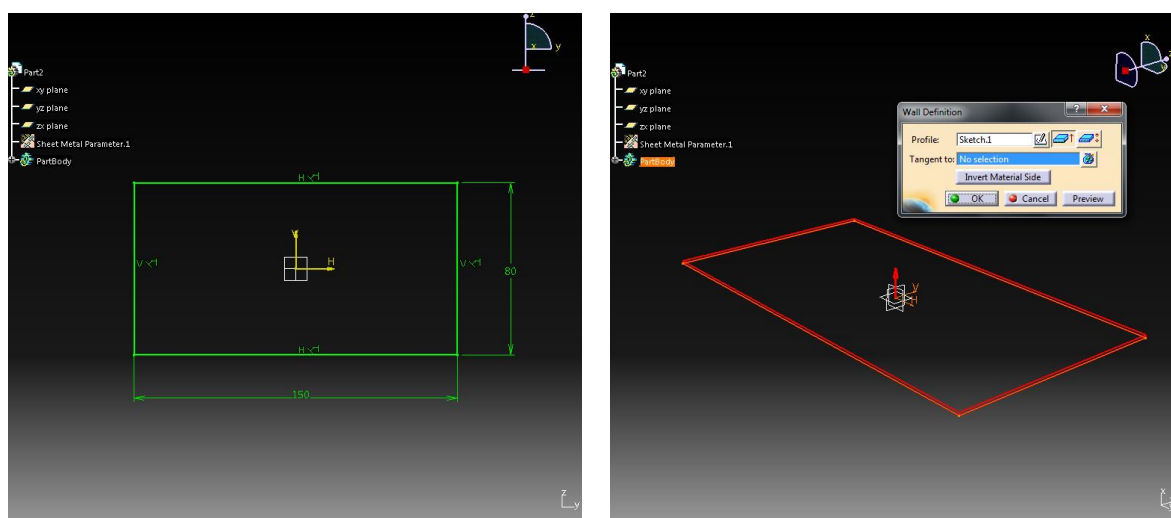
Tento kryt je v praxi využívaný pre zaistenie ventilácií. Jeho tvorba je veľmi jednoduchá a pozostáva z nasledujúcich procesov modelovania. Po otvorení nového súboru *Part.*, v module *GSMD* sú ako prvé zadané parametre plechu cez príkaz *Sheet Metal Parameters*

 (Obr. 70). Ako vidieť na obrázku, hrúbka plechu je 1mm, polomer rádiusu je 2mm a miesta ohnutia spojov sú bez reliéfu.




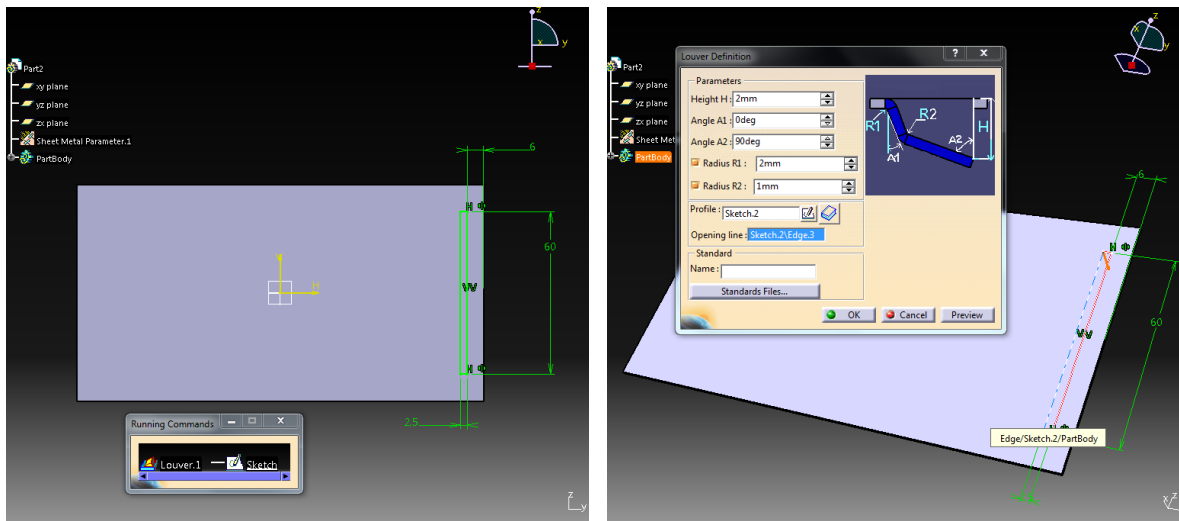
Obr. 70. Parametre plechovej mriežky

Po zadaní parametrov už môže nasledovať samotné modelovanie mriežky. Prvá je namodelovaná základná funkčná plocha založením náčrtu cez funkciu *Sketch*  a následne vysunutie pomocou funkcie *Wall* . Celý postup je vidieť na obrázku (Obr.71).



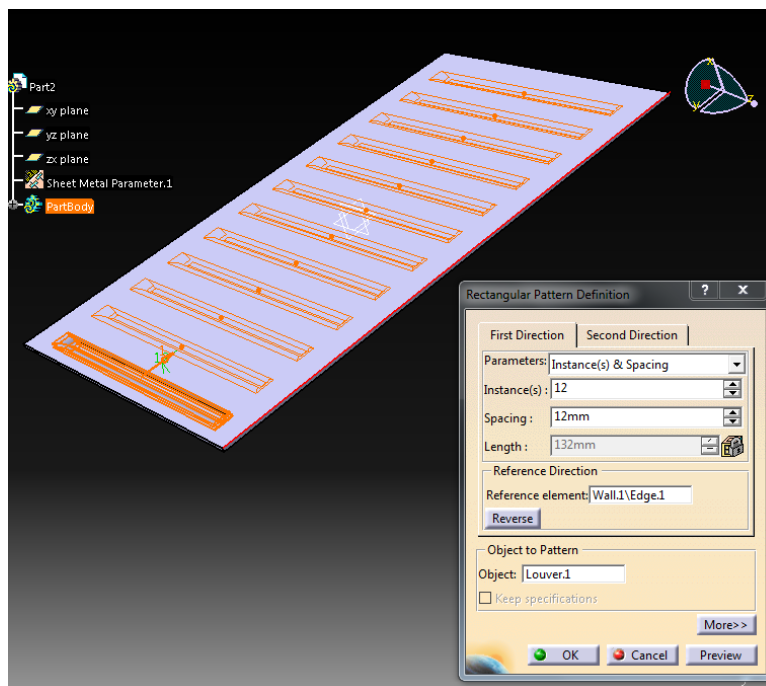
Obr. 71. Založenie skice a vysunutie základne

Pomocou funkcie *Louver*  sú vytvorené dané mriežky. V dialógovom okne *Louver Definition* cez ikonku *Sketch* je načrtnutý obdĺžnik s presnými rozmermi. Po opustení skice, sú zadané konkrétne parametre mriežky, miesto otvorenia mriežky je vyznačené na obrázku pomocou kurzoru. Celý postup je vidieť na obrázku(Obr. 72).




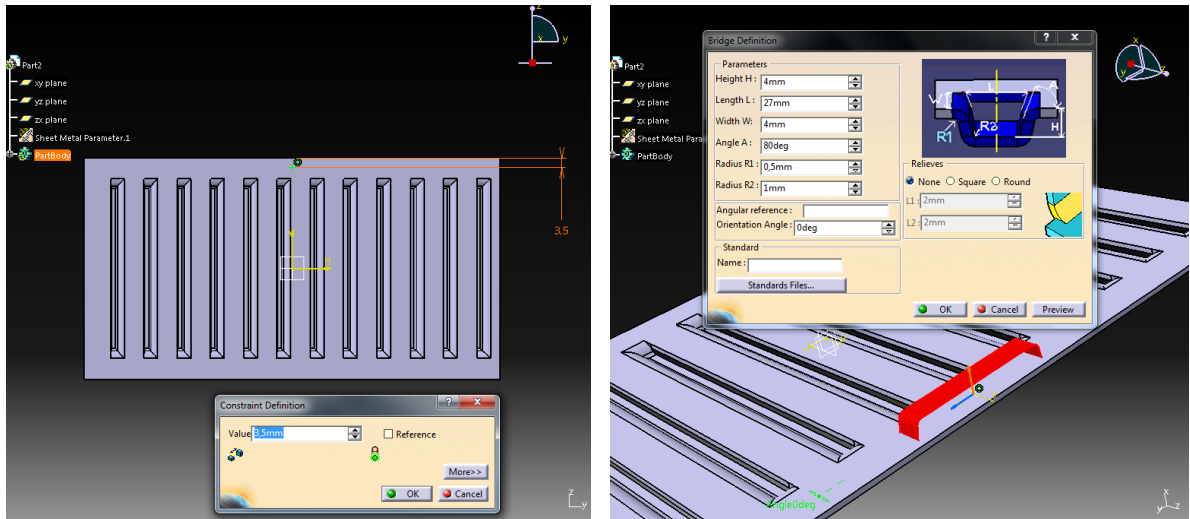
Obr. 72. Tvorba jednej mriežky

Pomocou funkcie *Rectangular Pattern*  je vytvorená kompletná mriežka po celej dĺžke plochy základnej steny(Obr. 73).




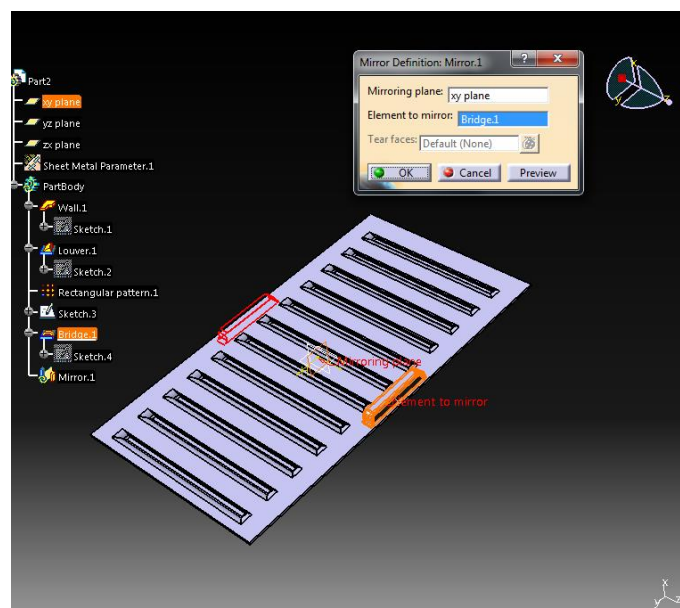
Obr. 73. Tvorba mriežky po celej dĺžke plechu

Na vytvorenie úchytky je použitá funkcie *Bridge* . Ako prvá sa založí skica, ktorá obsahuje jeden bod podľa obrázku(Obr. 74 vľavo). Následne je súčasne vybraný tento bod aj s plochou a potvrdená funkcia *Bridge*. Po zobrazení dialógového okna *Bridge Definicion* sú zadané parametre úchytky(Obr. 74 vpravo).




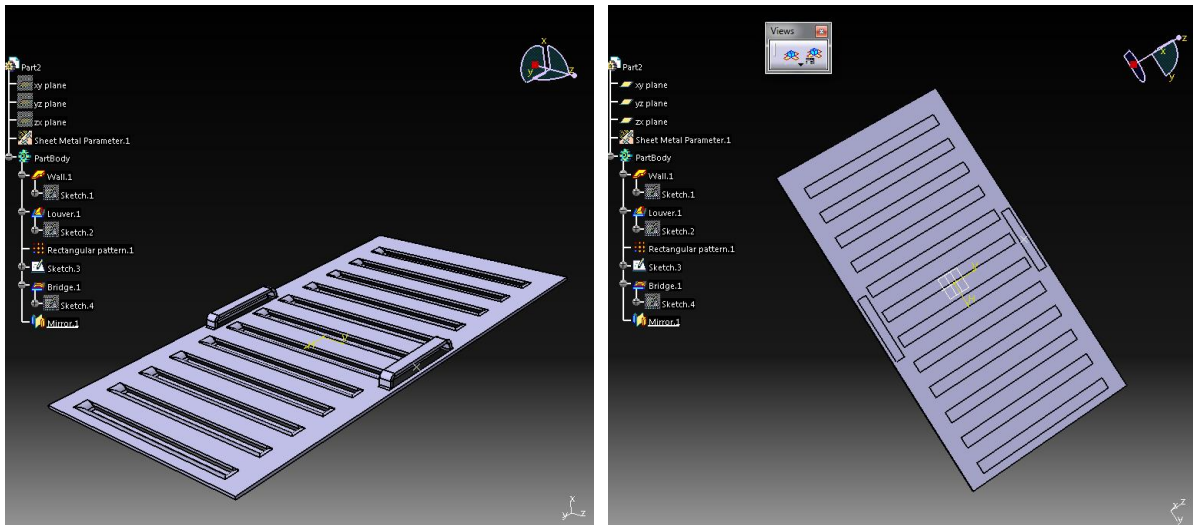
Obr. 74. Tvorba úchytky

Druhá úchytka je jednoducho len použitím príkazu *Mirror*  odzrkadlená na druhú stranu(Obr. 75).




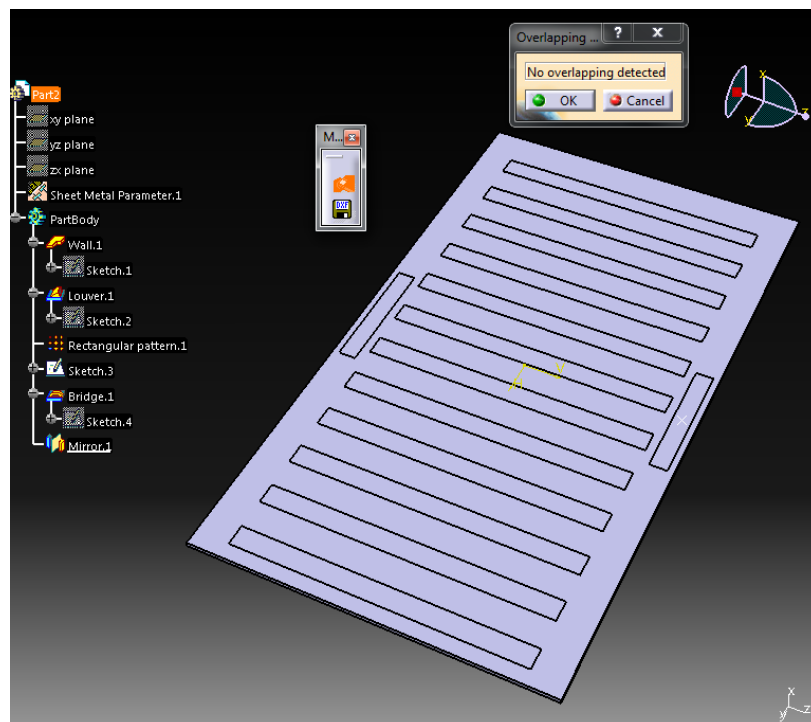
Obr. 75. Odzrkadlenie druhej úchytky

Na ďalšom obrázku(Obr. 76) možno vidieť hotový diel a rozbalený diel pomocou funkcie *Fold/Unfold* .



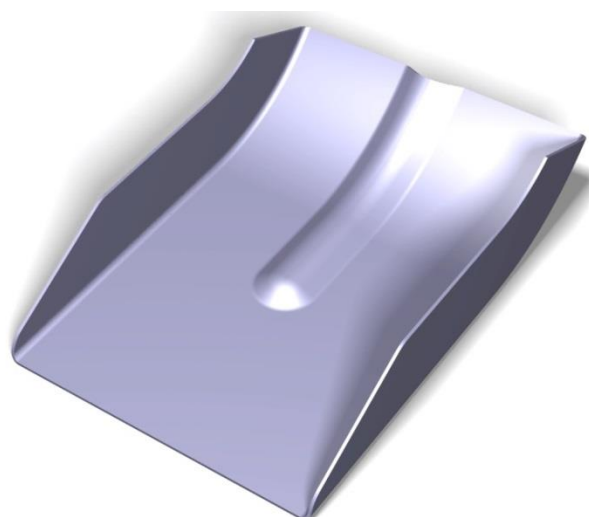
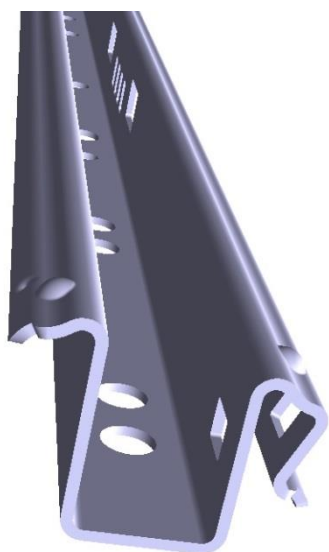
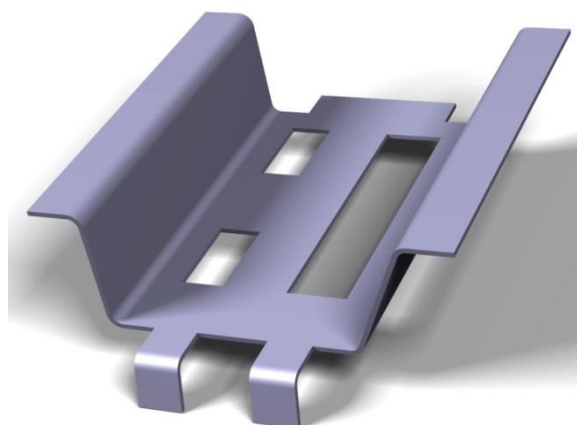
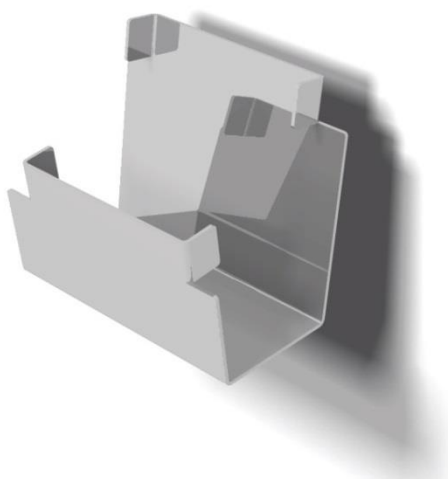
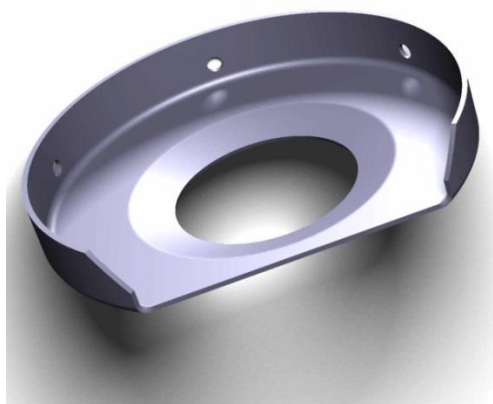
Obr. 76. Hotový a rozbalený model mriežky

Hotový model je následne skontrolovaný pomocou funkcie *Check Overlapping*  (Obr. 77) a pripravený na výrobu.



Obr. 77. Kontrola mriežky na prekrývanie

12 MODELY PLECHOVÝCH DIELOV



ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo oboznámenie sa s modulom GSMD určeným pre tvorbu a konštrukciu plechových dielov. Modul je špecifický svojimi funkciami použitými pri procesoch ohýbania, lisovania či strihania alebo dierovania. V module sú od počiatku zadávané presné rozmery a postupy tvorby plechových dielov. Výhoda modulu spočíva hlavne v rozbalení hotového modelu, čo pracovníkovi umožní ľahko zistiť rozmery a tvar výsledného plechu, potrebného pre vystrihnutie.

V praktickej časti sú vypracované a namodelované ukážkové modely vzorových dielov rôznych obtiažností, na ktorých sú vysvetlene základné funkcie modulu GSMD. Jeden z týchto dielov bol následne aj vyrobený podľa návrhu v tomto module. V prílohách sú ponúknuté ukážkové, zložitejšie plechové modely a to plechové kryty na mikrovlnnú rúru a na stolný počítač, ktorých modelová tvorba bola taktiež uskutočnená v GSMD module. Keďže tieto kryty sa skladali z viacerých častí, bol použitý aj modul určený pre tvorbu zostav a to Assembly Design. Vďaka možnosti rozbalenia hotového plechového dielu, sa dá z každého dielu vytvoriť aj výrobný výkres plechovej súčiastky.

Celkovo tento modul prináša širokú škálu využitia či už hlavne v automobilovom alebo leteckom priemysle. Práca v ňom je veľmi jednoduchá, avšak vyžaduje sa aspoň základná znalosť programu Catia. Modul ponúka tvorbu modelov len tých súčiastok, ktoré sú reálne vyrobiteľné presne zadanými operáciami, ktoré sú striktne dodržané či už pri tvorbe modelu, alebo pri tvorbe hotového dielu z plechu.

Pre zložitejšie plechové modely ako sú napríklad dvere áut, model GSMD nie je možné požiť, z dôvodu zložitého ohnutia, v tom prípade je použitý modul Generative shape design.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] Free CAD. *CAD Historia* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.freecad.sk/sk/cad-history>
- [2] Stručná historie CAD/CAM až po současnost. [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm
- [3] KTAM. *Pro/ENGINEER* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://ktam.tym.sk/NVN%20-%20ProEngineer.pdf>
- [4] AV ENGINEERING. *Pro/ENGINEER* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.aveng.cz/technologie/proengineer.aspx>
- [5] SIEMENS. *Solid Edge – základní přehled* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/velocity/solidedge/overview/index.shtml
- [6] cadstudio. *Autodesk Inventor* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/inventor>
- [7] JINDRICH, Jonák a Dagmar Szabová. *Catia Kompletní průvodce*. Brno, 2012. ISBN 978- 80- 251- 3527- 3.
- [8] CATIA. *Úvod do Catia* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.cad.phorum.cz/catia.html>
- [9] IBM. *Catia V5- základy navrhování* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.sps-prosek.cz/soubory/S/CAD/navodCatia.pdf>
- [10] TECHNODAT. *Catia V6* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.technodat.sk/catia-v6>
- [11] Doc. Dr. Ing. Petr Lenfeld. *Technologie II- Technologie plošného tvárnutí- ohýbání* [online]. [cit.2013-11-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [12] SOLID. *Solid Edge* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://solidedge.eu/?cat=29>
- [13] JAROSLAV, Kletačka a Petr Fort. *Autodesk Inventor- Adaptivní modelování v průmyslové praxi*. 2004. ISBN 80- 251- 0389- 7.
- [14] ŠKODA Auto, *Manuál CATIA V5*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z : <http://uloz.to/>

- [15] Computer History Museum, *AN/FSQ- 7 situation display console*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://www.computerhistory.org/revolution/real-time-computing/6/120/506>
- [16] Britannica Kids, *Harvard Mark I*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://kids.britannica.com/comptons/art-72306/The-Harvard-Mark-I-an-electromechanical-computer-designed-by-Howard>
- [17] Vision and Reality of hypertext and graphical user interfaces, *Sketchpad*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://www.mprove.de/diplom/text/3.1.2_sketchpad.html
- [18] Tools and Machinery, *CAD/CAM and CNC machines*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://toolboxes.flexiblelearning.net.au/demosites/series8/803/toolbox/shared/resources_dr/tools/cad/cad_cam_fs.htm
- [19] NoNaMe, *PTC Pro Engineer Wildfire 5.0 M030 Win64*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://nmm.me/blogs/ramzes_13/ptc_pro_engineer_wildfire_5_0_m030_win64/
- [20] DESKENG, *Solid Edge Design1, an Exclusive Product for Local Motors Members*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://www.deskeng.com/virtual_desktop/?p=4610
- [21] GET into PC, *Autodesk Inventor Professional 2014 Review*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://getintopc.com/software/development/download-autodesk-inventor-professional-2014-free-setup-32-bit-64-bit/>
- [22] Index Solutions, *Real Time Rendering 2 (RTR)*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://www.idxsolutions.com/software_solutions/catia/v5/rtr/
- [23] mercado livre, *Catia V6 and Catia V5 R19 Sp3 X32 and X64 a Pronta Entrega*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-523142203-catia-v6-r2009-catia-v5-r19-sp3-x32-x64-a-pronta-entrega-_JM
- [24] 4D System Corporation, LLC, *Diemens PLM*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://4dsysco.com/siemens-plm/>

-
- [25] ISAP, *Solid Edge ST6*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://www.isap.de/cad/solid-edge/solid-edge-st6/?L=1>
- [26] AUTODESK.COMMUNITY, *Sheet Metal Design*. [online]. [cit. 2013- 11- 22] Dostupné z: <http://forums.autodesk.com/t5/AutoCAD-2010-2011-2012-DWG/Sheet-Metal-Design/td-p/4304781>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

GSMD	Generative Sheet Metal Design.
CAD	Computer Aided Design.
MIT	Massachusetts Institute of Technology
HMD	Head Mounted Display
CAM	Computer Aided Manufacturing.
NC	Numerical Control.
CNC	Central Numerical Control.
PTC	Product Lifecycle Management.
M	Moment
M_o	Ohybový moment
σ_o	Napätie v ohybe
W_o	Modul v ohybe
t	Hrúbka plechu
F_o	Ohybová sila
A	Práca
h	Hĺbka ohybu
F_k	Sila odpruženia plechu
l	Dĺžka vtlačenej plochy

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Systém SAGE využívající světelné pero [15]	13
Obr. 2. Sálkový počítač [16]	13
Obr. 3. Ivan Sutherland pracující v Sketchpade [17]	14
Obr. 4. Postup návrhu modelu až po jeho výrobu [18]	16
Obr. 5. Pracovní prostředí programu Pro/Engineer Wildrife 5.0 [19]	17
Obr. 6. Pracovní prostředí programu SolidEdge ST4 [20]	18
Obr. 7. Pracovní prostředí programu Autodesk Inventor Professional 2014 [21]	19
Obr. 8. Pracovní prostředí programu Catia V5 [22]	21
Obr. 9. Pracovní prostředí programu Catia V6 [23]	23
Obr. 10. PLM- Základný prvok novej platformy [24]	23
Obr. 11. Pracovní prostředí modulu Generative Sheet Metal Design	25
Obr. 12. Znárodnenie napätí pri ohybe [11]	26
Obr. 13. Posuv neutrálnej osy pri ohýbaní [11]	27
Obr. 14. Odpruženie materiálov při ohyboch V a U [11]	27
Obr. 15. Ohyb do tvaru U [11]	28
Obr. 16. Ohyb do tvaru V [11]	29
Obr. 17. Ohýbanie trubiek [11]	30
Obr. 18. Ohraňovanie [11]	31
Obr. 19. Lemovanie [11]	31
Obr. 20. Zakružkovanie [11]	32
Obr. 21. Ohýbadlo ohýbajúce do tvaru V [11]	32
Obr. 22. Plech vytvorený v pracovnom prostredí systému Solid Edge ST6 [25]	34
Obr. 23. Tvorba plechových dielov v programe Autodesk Inventor Professional [26]	35
Obr. 24. Kontrola prekrytia plechu cez funkciu Check Overlapping	36
Obr. 25. Základná stena(vlavo) a stena na hrane(vpravo)	41
Obr. 26. Rozložený a zložený tvar plechového dielu	42
Obr. 27. Spustenie modulu Generative Sheetmetal Design	43
Obr. 28. Pracovní prostředí modulu Generative Sheetmetal Design	44
Obr. 29. Počiatočné nastavenie ce funkciu Sheet Metal Parameters	44
Obr. 30. Panel Walls	45
Obr. 31. Dialogové okno Wall Definicion	45
Obr. 32. Dialogové okno Extrusion Definicon	46

Obr. 33. Dialogové okno Wall On Edge Definicion.....	47
Obr. 34. Dialogové okno Flange Definicion.....	47
Obr. 35. Dialogové okno Hem Definicion.....	48
Obr. 36. Dialogové okno Tear Drop Definicion.....	48
Obr. 37. Dialogové okno User- Definet Flange Definicion.....	49
Obr. 38. Panel Bending.....	49
Obr. 39. Bending Definicion(prostý ohyb).....	50
Obr. 40. Bending Definicion(kužel'ový ohyb).....	50
Obr. 41. Bend From Flat Definicion.....	51
Obr. 42. Dialogové okno Unfolding Definicion.....	52
Obr. 43. Dialogové okno Folding Definicion.....	52
Obr. 44. Panel Views.....	53
Obr. 45. Panel Cutting/Stamping.....	53
Obr. 46. Operácie lisovania plechu.....	53
Obr. 47. Dialogové okno Surface Stamp Definicion.....	54
Obr. 48. Dialogové okno Bead Definicion.....	54
Obr. 49. Dialogové okno Curve Stamp Definicion.....	55
Obr. 50. Dialogové okno Flange Cut Out Definicion.....	56
Obr. 51. Dialogové okno Louver Definicion.....	56
Obr. 52. Dialogové okno Bridge Definicion.....	57
Obr. 53. Dialogové okno Flange Hole Definicion.....	57
Obr. 54. Dialogové okno Circular Stamp Definicion.....	58
Obr. 55. Dialogové okno Stiffening Rib Definicion.....	58
Obr. 56. Dialogové okno Dowel Definicion.....	59
Obr. 57. Nastavenie prametrov plechu.....	60
Obr. 58. Sketch základnej steny.....	61
Obr. 59. Vysunutie základnej steny.....	61
Obr. 60. Tvorba zadnej steny.....	62
Obr. 61. Tvorba výrezov zadnej steny.....	62
Obr. 62. Tvorba úchytky.....	63
Obr. 63. Zrkadlenie úchytky.....	63
Obr. 64. Tvorba prednej steny.....	64
Obr. 65. Náčrt a výrezanie otvorov.....	64

Obr. 66. Tvorba prvej úchytky.....	65
Obr. 67. Zrkadlenie úchytky	65
Obr. 68. Rozloženie a analýza modelu	66
Obr. 69. Model a výrobok.....	66
Obr. 70. Parametre plechovej mriežky	67
Obr. 71. Založenie skice a vysunutie základne.....	67
Obr. 72. Tvorba jednej mriežky	68
Obr. 73. Tvorba mriežky po celej dĺžke plechu.....	68
Obr. 74. Tvorba úchytky	69
Obr. 75. Odzrkadlenie druhej úchytky.....	69
Obr. 76. Hotový a rozbalený model.....	70
Obr. 77. Kontrola mriežky na prekryvanie	70

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA PI (CD):

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE – MOŽNOSTI KONSTRUKCE PLECHOVÝCH PROFILU
S VYUŽITIM PROGRAMU CATIA V5

PRÍLOHA PII (CD):

NÁVOD NA MODELOVANIE PLECHOVÝCH KRYTOV MIKROVLNKY A
NAMODELOVANE SUBORY KRYTOV

PRÍLOHA PIII (CD):

NÁVOD NA MODELOVANIE PLECHOVEHO KRYTU PC A NAMODELOVANE
SUBORY KRYTU

PRÍLOHA PIV (CD):

HOTOVE MODELY DIELOV