

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Zabezpečování jakosti

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologická příprava výroby plechových dílů

Autor: **Tomáš Hansalander**

Vedoucí práce: **Ing. Jan Matějka**

Akademický rok 2011/2012

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Janu Matějkovi za ochotu při konzultacích k tématu a za odborné vedení mé bakalářské práce.

Mé největší díky však patří mé rodině za morální a hlavně finanční podporu během celého mého studia.

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Českých Budějovicích dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hansalander	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	B 2341 „Zabezpečování jakosti“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Matějka	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technologická příprava výroby plechových dílů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	49	TEXTOVÁ ČÁST	49	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem této bakalářské práce je navrhnout technologický postup výroby pro danou sestavu za účelem snížení celkových nákladů na výrobu. V první kapitole je zpracování výkresové dokumentace od zákazníka. Dále je seznámení se strojním parkem výrobního podniku. V další kapitole je výpočet využití materiálu a ceny za opracování pro obě dostupné technologie. Následuje zhodnocení obou technologií, kdy se zvolí nejvýhodnější technologie opracování pro každý plechový díl sestavy. V poslední kapitole je vytvořen technologický postup pro celou sestavu.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Výkresová dokumentace, Technologická příprava výroby, Vysekávací stroj TruPunch 5000R, Laser TruLaser 5040, Technologický postup</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Hansalander	Name Tomáš
FIELD OF STUDY	B 2301 „Department of Industrial Engineering and Management“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Matějka	Name Jan
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Technological preparation of production metal parts	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Quality Assurance	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	49	TEXT PART	49	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this bachelor thesis is to propose a technological process of production in order to reduce the total cost of production. The first chapter is processing drawing documentation from the customer. Next is the familiarization with machinery park. The next chapter is the calculation of material usage and the cost of processing for both the available technology. Following evaluation of both technologies, which selects the best technology for the processing of each sheet metal part assemblies. In the last chapter is designed technological process for complete set of parts.
KEY WORDS	Drawings, technological preparation of production, Cutting machine TruPunch 5000R, Laser TruLaser 5040, Technological process

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE OD ZÁKAZNÍKA.....	12
2.1	Navržení plechového dílu pomocí 3D softwaru SolidWorks	13
2.1.1	Postupné modelování plechového dílu	13
2.1.2	Modelování plechového dílu z rozloženého stavu	14
3	TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	18
3.1	Strojní park	20
3.1.1	TruPunch 5000R.....	20
3.1.2	TruLaser 5040	21
3.1.3	TrumaBend V1300	22
3.1.4	3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M 544.....	23
3.1.5	Sloupová bodovací svářečka Telwin PCP 18	24
3.1.6	Navařovací systém Nelson N10 – Hrotový zážeh.....	24
4	NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO JEDNOTLIVÉ PLECHOVÉ DÍLY	26
4.1	Seznam plechových dílů v sestavě:	26
4.2	Využití materiálu pro jednotlivé technologie	29
4.2.1	Využití materiálu pro vysekávací stroj.....	30
4.2.2	Využití materiálu pro laser:	31
4.3	Opracování dílů pro jednotlivé technologie.....	34
4.3.1	Opracování na vysekávacím stroji TruPunch 5000R	35
4.3.2	Opracování na laseru TruLaser 5040.....	38
5	ZHODNOCENÍ OBOU TECHNOLOGIÍ	40
6	TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO KOMPLETNÍ SESTAVU.....	41
7	ZÁVĚR	45
8	SEZNAM PŘÍLOH:	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1	Sestava dílů pro výdejní automat.....	10
Obr. 1-2	Původní a nové konstrukční řešení.....	11
Obr. 2-1	Výkres sestavy od zákazníka.....	12
Obr. 2-2	Postupné modelování dílu.....	14
Obr. 2-3	Modelování z rozvinutého stavu.....	15
Obr. 2-4	3D model sestavy.....	16
Obr. 2-5	Detail případné kolize.....	16
Obr. 2-6	Výkres dílu Plášť 1.....	17
Obr. 2-7	Rozvin dílu Plášť 1.....	17
Obr. 3-1	Převádění souboru s příponou dxf na soubor s příponou geo pomocí programu TruCad.....	18
Obr. 3-2	Tvorba souborů s příponou taf pomocí programu TruNest.....	18
Obr. 3-3	Tvorba souborů s příponami gmt a tmt pomocí programu TruPunch.....	19
Obr. 3-4	Tvorba souborů s příponami gmt a tmt pomocí programu TruLaser.....	19
Obr. 3-5	Vysekávací stroj TruPunch 5000R [4].....	20
Obr. 3-6	Opracování na vysekávacím stroji TruPunch 5000R [4].....	20
Obr. 3-7	Laser TruLaser 5040 [4].....	21
Obr. 3-8	Řezání na laseru [4].....	21
Obr. 3-9	Ohraňovací lis TruBend V1300 [4].....	22
Obr. 3-10	Příklad ohýbání na lisu TruBend V1300 [4].....	22
Obr. 3-11	3D měřicí zařízení Mitutoyo [5].....	23
Obr. 3-12	Bodovací svařovací zařízení.....	24
Obr. 3-13	Navařovací systém Nelson N10.....	24
Obr. 3-14	Hrotový zážeh při navařování šroubů.....	25
Obr. 3-15	Navařený svorník M3x12.....	25
Obr. 4-1	Rozložený pohled sestavy.....	26
Obr. 4-2	Skládání dílu Víko do malého formátu pro vysekávací stroj.....	27
Obr. 4-3	Skládání dílu Víko do malého formátu pro laser.....	28
Obr. 4-4	Výkres dílu Plášť 2.....	29
Obr. 4-5	Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – malý formát.....	30
Obr. 4-6	Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – střední formát.....	30
Obr. 4-7	Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – velký formát.....	31
Obr. 4-8	Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – malý formát.....	31

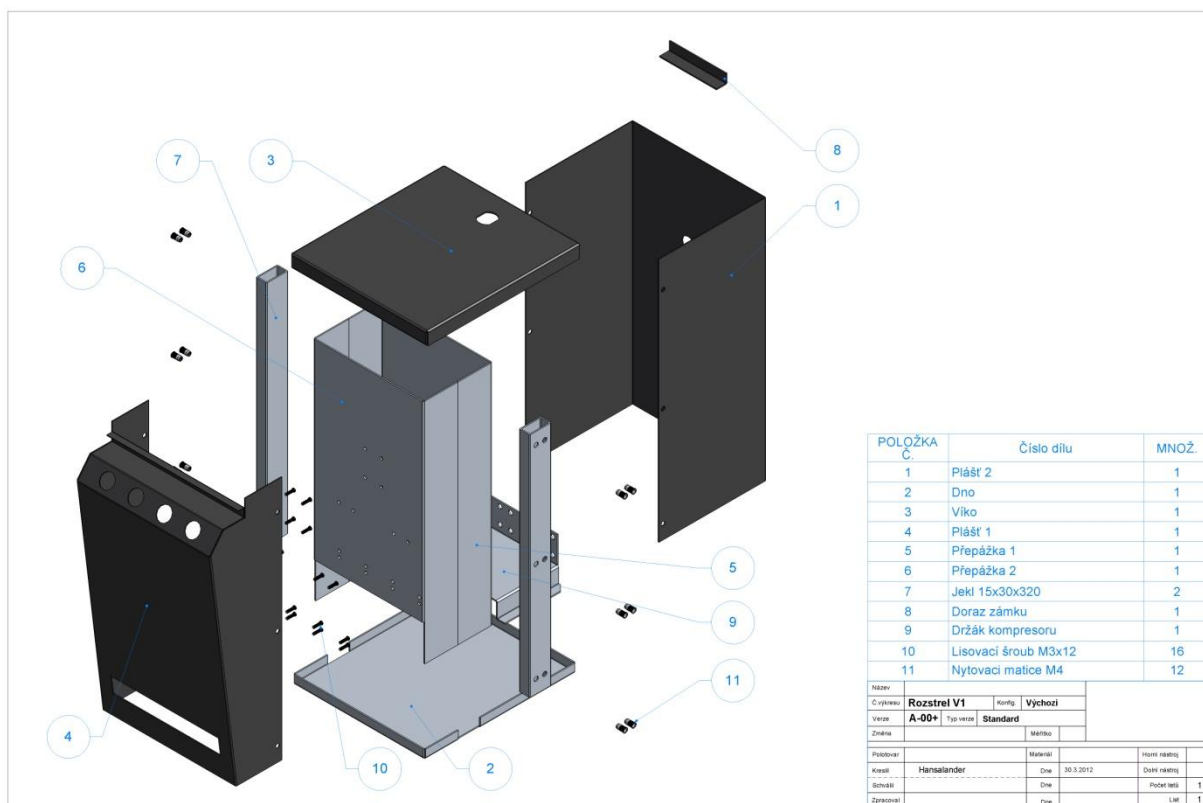
Obr. 4-9	Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – střední formát.....	32
Obr. 4-10	Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – velký formát.....	32
Obr. 4-11	Vylisovaný krček se závitem.....	34
Obr. 4-12	Vzor opracování krčku M4.....	34
Obr. 4-13	Šestihranná nýtovací matice M4.....	34
Obr. 4-14	Jednoduchý nástroj [4].....	35
Obr. 4-15	Multitool [4].....	35
Obr. 4-16	Tvarovací nástroj pro větrací otvor [4].....	35
Obr. 4-17	Postupné vysekávání dílu Přepážka 1 v devíti krocích.....	36
Obr. 4-18	Jednotlivé druhy odebrání dílu na vysekávacím stroji.....	37
Obr. 4-19	Princip laserového řezání [08].....	38
Obr. 4-20	Postupné vyřezávání dílu Plášť 1 na laseru v pěti krocích.....	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1	Svařitelnost dle materiálu.....	25
Tab. 4-1	Seznam plechových dílů v sestavě.....	26
Tab. 4-2	Počet dílů poskládaných do jednotlivého formátů dle technologie.....	33
Tab. 4-3	Využití materiálu pro jednotlivé díly dle formátu plechu a technologie.....	33
Tab. 4-4	Nákladové ceny na opracování a materiál pro jednotlivé díly na stroji TruPunch5000R.....	37
Tab. 4-5	Nákladové ceny na opracování a materiál pro jednotlivé díly na stroji TruLaser5040.....	40
Tab. 5-1	Nákladové ceny pro jednotlivé díly a pro obě technologie.....	40

1 ÚVOD

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout technologický postup výroby pro danou sestavu (obr. 1-1), za účelem snížení nákladů na výrobu sestavy plechových dílů, při využití výrobních kapacit podniku. Jedná se o automat na výdej chlazených lahvíček alkoholu. Objem zakázky se většinou pohybuje kolem 50 kompletních sestav. Zákazníkovi jsou dodávány pouze jednotlivé plechové dílce.



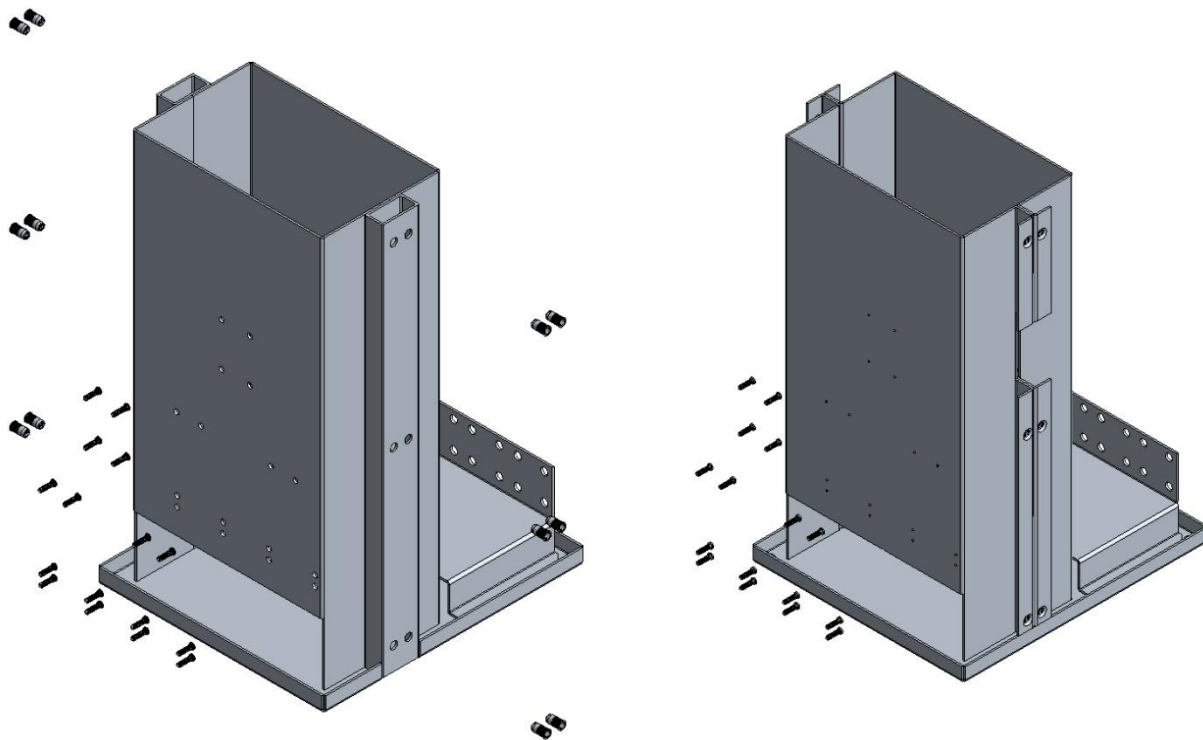
Obr. 1-1 Sestava dílů pro výdejní automat

V technické přípravě výroby plechových dílů je používáno mnoho softwarových programů, které usnadňují práci a to například SolidWorks, TruCad, TruNest, TruPunch a TruLaser. V této práci je popsán hlavně software SolidWorks a jsou zde zmíněny pouze funkce programu, které potřebuje technolog. Tento software má samozřejmě mnoho dalších funkcí.

Dalším požadavkem zákazníka je navrhnout nové konstrukční řešení a to tak, aby se odstranil problém u nýtovacích matic (obr. 1-1 pozice 11), které se často povolily v nalisovaném spoji a pokusit se snížit množství svarů, které vlivem tepla způsobují deformace dílů Přepážka 1, 2 a Jekl 15x30x320 (obr. 1-1 pozice 5, 6, 7).

Proto jsem navrhnul nové konstrukční řešení (obr. 1-2), kde byly odstraněny nýtovací matice. Dále byly nahrazeny lisovací šrouby za šrouby navařovací a zároveň byl snížen počet svarů při kompletaci sestavy zákazníkem.

Všechny tyto změny byly zákazníkem schváleny a technologický postup je tvořen pro sestavu včetně nových konstrukčních změn.



Obr. 1-2 *Původní a nové konstrukční řešení*

Výrobní podnik zpracovává plechy různých materiálů a tloušťek, převážně nerez (1.4301 a 1.4016) v tloušťkách 0,6 až 10 mm a ocel (S235JR, S355, DC 01, Hadrox) v tloušťkách 0,6 až 20 mm. Slabší plechy jsou stříhány na vysekávacích strojích TruPunch 5000R, silnější materiály jsou zpracovány na laseru TruLaser 5040, pro ohýbání jsou použity ohraňovací lisy TrumaBend V1300. Všechny tyto stroje jsou od firmy Trumpf.

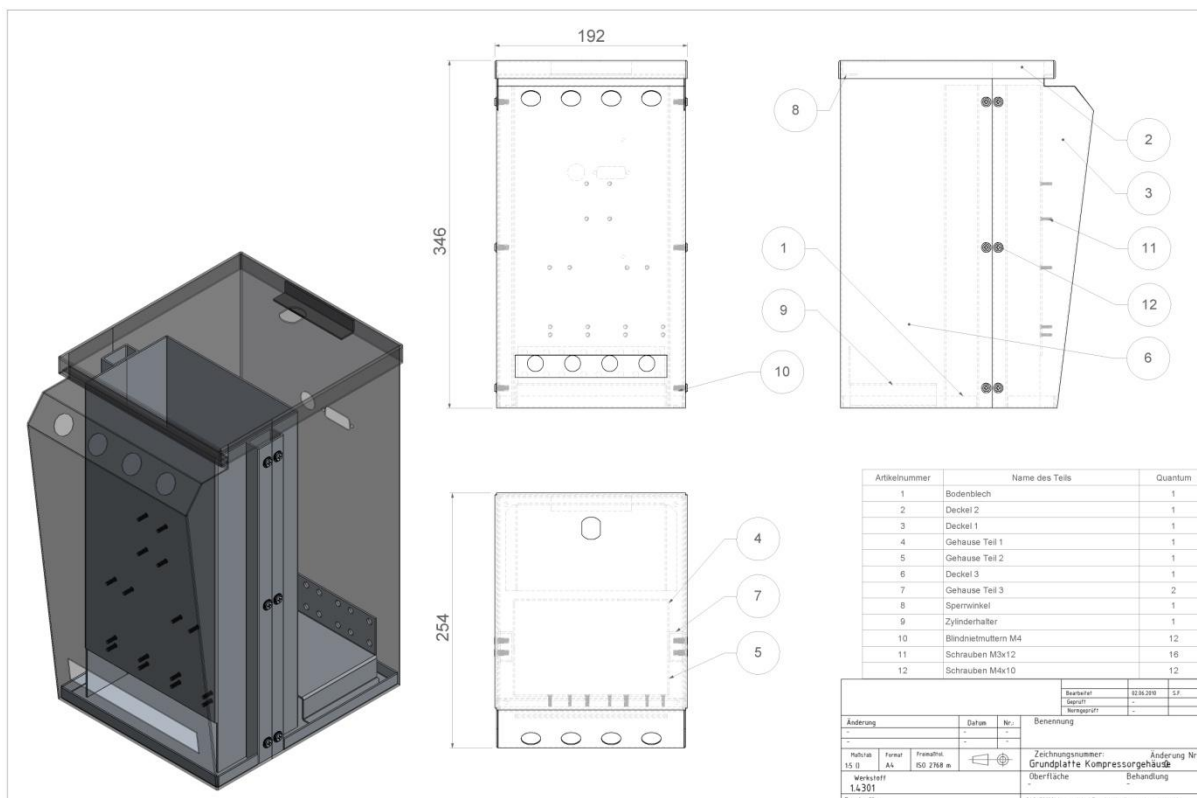
Díly v sestavě jsou vyráběny z plechů, které jsou neustále skladem a to ve standardních formátech.

2 ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE OD ZÁKAZNÍKA

Výkresovou dokumentaci lze od zákazníka dostat v nejrůznějších formátech souborů, podle toho jaký program pro kreslení výkresové dokumentace zákazník používá. Nejčastěji jsou to tyto formáty:

- DXF - Drawing Exchange Format je CAD formát vyvinutý firmou Autodesk, umožňující výměnu dat mezi AutoCADem a dalšími programy.
- DWG - jedná se o formát výkresů programu AutoCAD, název byl odvozen ze slova DraWinG. Umožňuje ukládat 3D i 2D data. Některé konkurenční programy dnes umožňují jeho čtení i zápis, protože je to ale neveřejný formát firmy Autodesk, kompatibilita takto vytvořených souborů je neúplná a není zaručena.
- STEP – je mezinárodní standart pro výměnu CAD dat. Import a export STEP formátu je součástí většiny CAD aplikací. Jedná se o zkratku anglického názvu Standard for Exchange of Product model data.
- IGES – je starší formát souborů používaný pro výměnu CAD dat ve strojírenství. Formát je určen organizací ANSI a bývá označován též jako ASME. IGES je zkratka pojmu International Graphics Exchange Specification.
- PDF – je zkratka anglického názvu Portable Document Format – *Přenosný formát dokumentů* je souborový formát vyvinutý firmou Adobe pro ukládání dokumentů nezávisle na softwaru i hardwaru, na kterém byly pořízeny. Soubor může obsahovat text i obrázky, přičemž tento formát zajišťuje, že se libovolný dokument na všech zařízeních zobrazí stejně. Nevýhodou tohoto formátu je, že se nedá dále upravovat a slouží pouze ke čtení.

V případě této práce byly výkresy sestavy od zákazníka ve formátu PDF a DWG (obr. 2-1).




Obr.2-1 Výkres sestavy od zákazníka


2.1 Navržení plechového dílu pomocí 3D softwaru SolidWorks.





Sestava se skládá z 10ti různých dílů, které musí být namodelovány v programu SolidWorks. Tento software obsahuje prvky specifické pro plechové díly, takže je možno snadno vytvořit plechový díl a tím se vyhnout převádění dříve vytvořeného objemového dílu na díl plechový. Návrh dílu s použitím prvků specifických pro plechové díly, vyžaduje méně prvků a nástrojů pro úpravy a práci tedy usnadňují a zrychlují. Existují dva základní způsoby modelování plechových dílů, a to postupné modelování dílu nebo modelováním z rozloženého stavu. Nyní bude uveden stručný postup návrhu pro oba způsoby modelování na dílu Plášť 1.


2.1.1 Postupné modelování plechového dílu

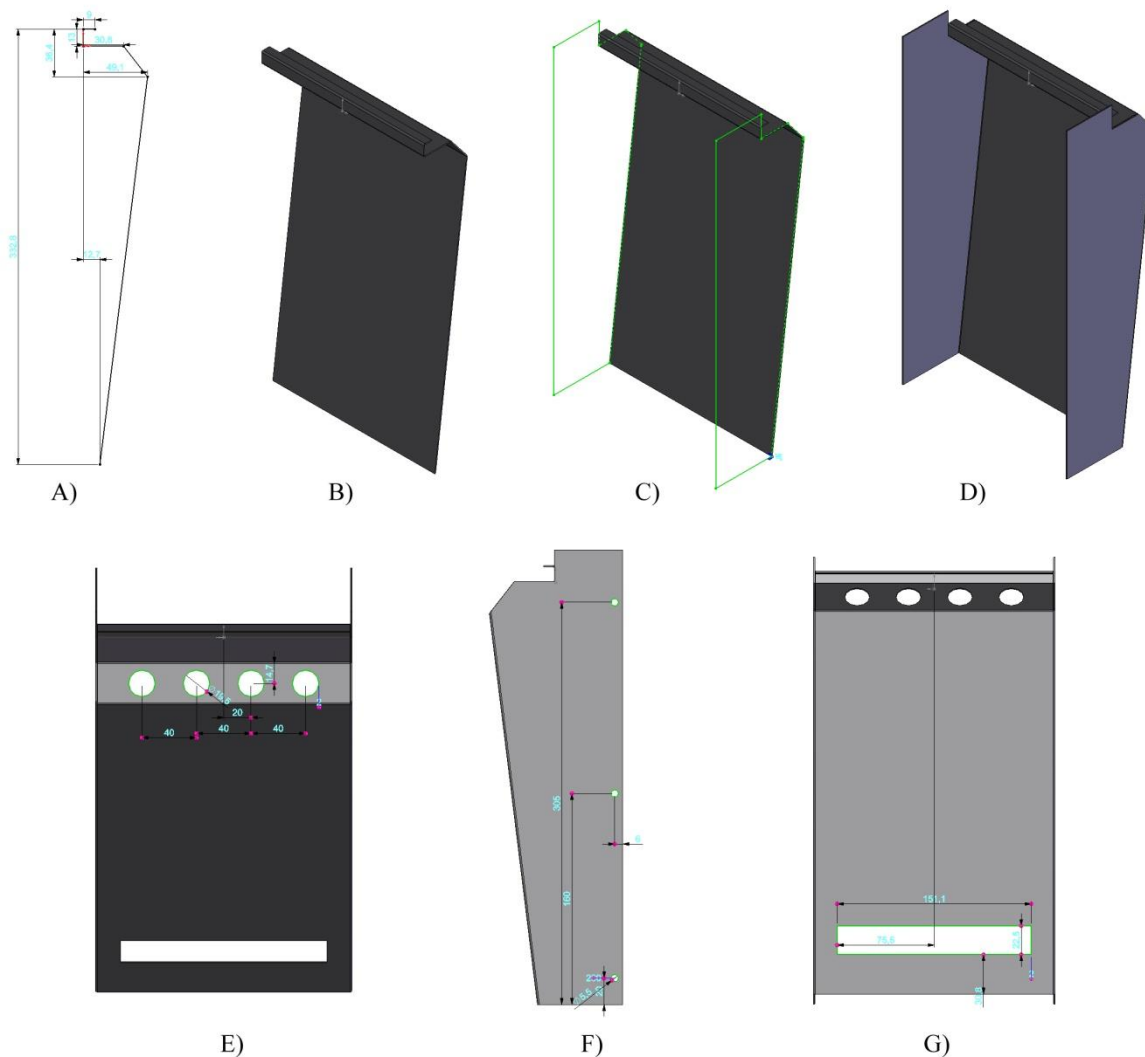
Tato metoda patří mezi nejjednodušší a nejrychlejší, pokud zákazník poskytne plně zakótované výkresy.

Při postupném modelování se jako první krok zvolí rovina, do které se pomocí funkce *Skica*  nakreslí tvar pláště v bokorysu. Skica musí procházet počátkem a musí být plně zakótovaná. Každý prvek skici po určení jeho velikosti a polohy změní barvu z modré na černou a je tedy pevně určen vzhledem k počátku (obr. 2-2 A).

Pokud je toto splněno a skica je celá černá, pomocí funkce *Základní plech*  se vysune čelo pláště o požadovanou délku (obr. 2-2 B). Při této funkci se zadává tloušťka materiálu, jeho směr a rádius horního nástroje při ohýbání.

V dalším kroku se označí obě boční hrany pláště a pomocí funkce *Lem z hrany*  se vytvoří oba boky (obr. 2-2 D). Opět se musí skica (obr. 2-2 C) bočních lemů plně zakótovat a musí se zvolit, o jaký druh lemu půjde. Jsou tři základní a to materiál uvnitř , materiál vně , ohyb vně .

Dále se provedou už pouze potřebná odebrání. Ve zvolené rovině se nakreslí plně zakótovaná skica a ta se následně pomocí funkce *Odebrání*  odebere (obr.2-2 E, F, G).



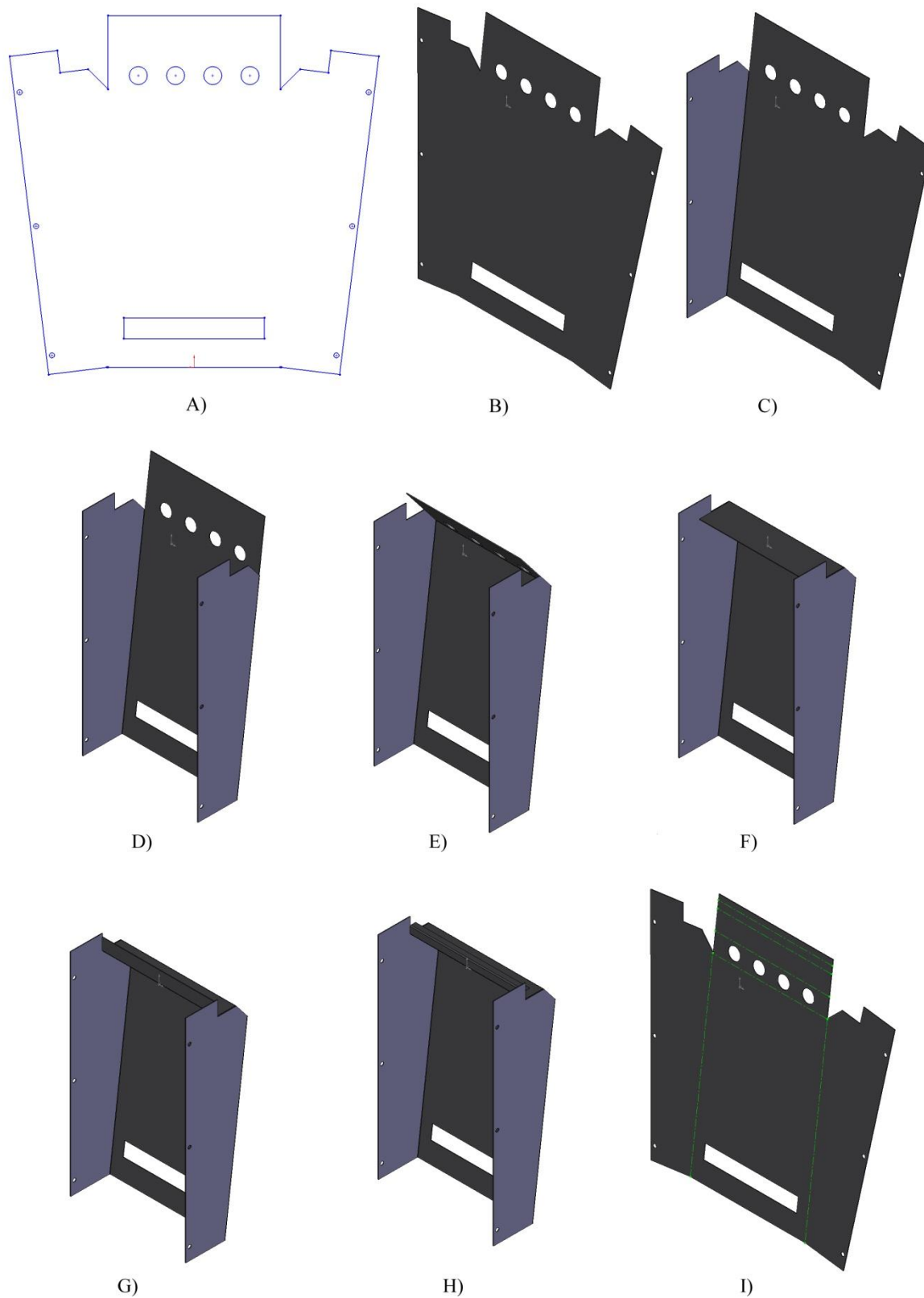
Obr.2-2 *Postupné modelování dílu*

2.1.2 Modelování plechového dílu z rozloženého stavu

Pokud zákazník dodá výkresovou dokumentaci včetně souborů s příponou dxf, kde jsou jednotlivé plechové díly rozvinuté, je určitě výhodnější použít metodu modelování z rozloženého stavu.

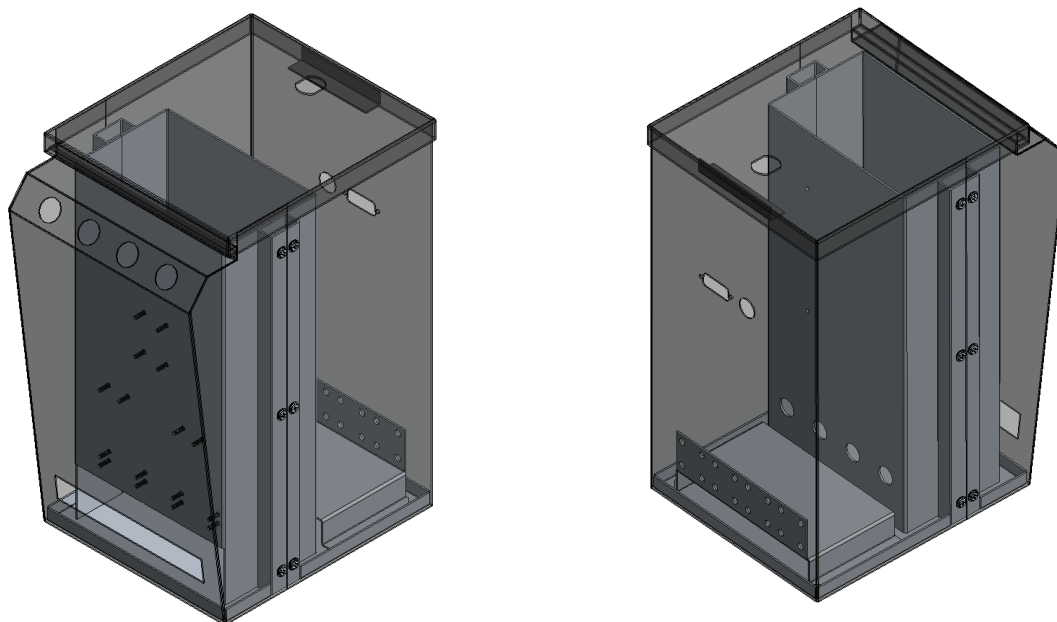
Tento soubor se otevře pomocí programu SolidWorks a importuje se do zvolené roviny pomocí funkce *Skica* (obr. 2-3 A), dále se pomocí funkce *Plechový díl* skica vysune o požadovanou tloušťku materiálu (obr.2-3 B). Opět se zadává tloušťka materiálu a rádius horního nástroje při ohýbání.

V dalším kroku se nakreslí čáry ohybu (obr.2-3 I) a postupně se vkládají ohyby pomocí funkce *Ohyb ze skici*. Vždy se zadává požadovaný úhel ohybu a rádius horního nástroje, který je použit při ohýbání (obr.2-3 C, D, E, F, G, H).

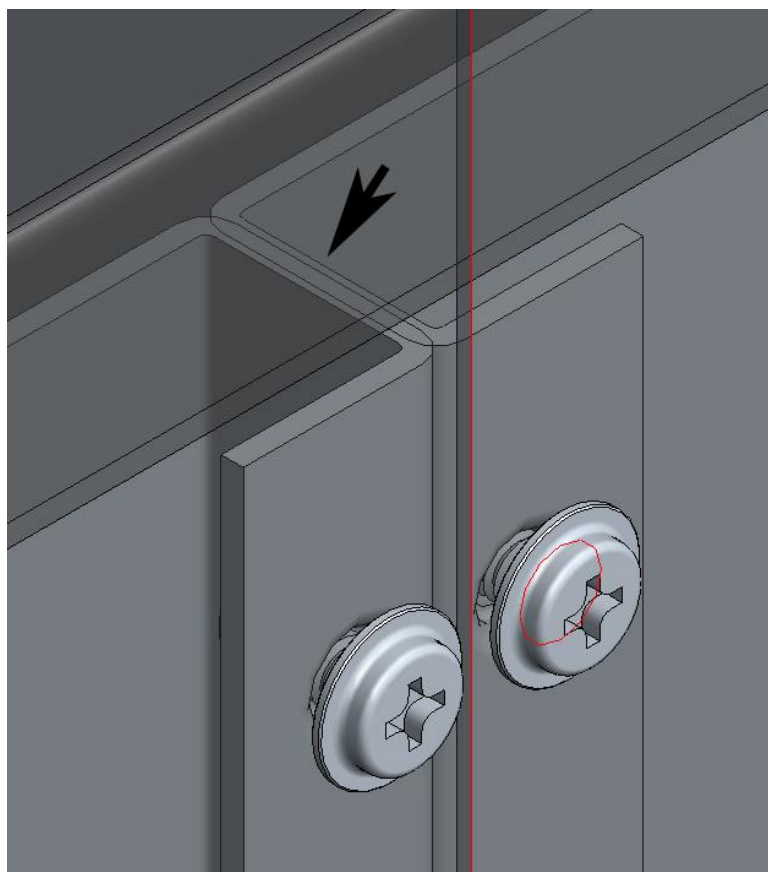


Obr.2-3 Modelování z rozvinutého stavu

V případě, že jsou všechny díly namodelované, složí se do kompletní sestavy (obr. 2-4). Zde je pak detailně vidět, zdali nějaký díl nezasahuje do jiného (obr. 2-5).

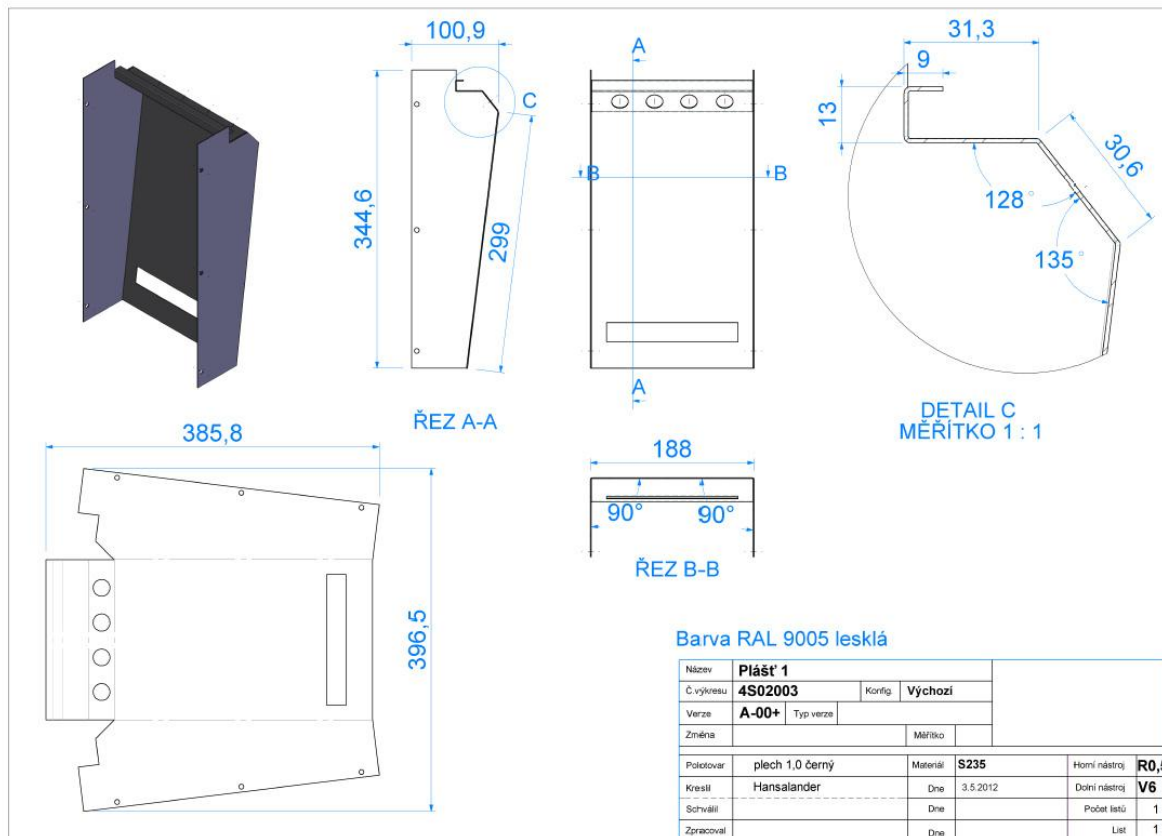


Obr. 2-4 3D model sestavy

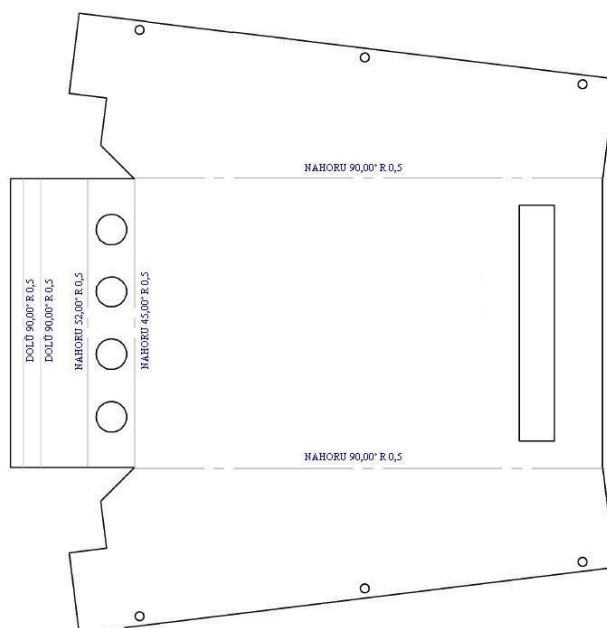


Obr. 2-5 Detail případné kolize

Posledním krokem této etapy přípravy je tvorba výkresů (viz. Příloha) potřebné pro výrobu (obr. 2-6) a takzvaný rozvin ve formátu dxf (obr. 2-7), se kterým se dále pracuje. Jsou zde vidět čáry ohybu. Na výkresech musí být uveden název dílu, číslo dílu, verze, materiál, horní a dolní nástroj pro ohýbání, případně barva, která je na díl použita. Ve výkresu se kótují rozměry pro ohýbání a to vždy vnější rozměry, nekótované úhly jsou vždy 90°, tolerovaná odchylka od rozměru u ohýbání je $\pm 0,3$ mm a odchylka od požadovaného úhlu je $\pm 2^\circ$.



Obr. 2-6 Výkres dílu Plášť 1



Obr.2-7 Rozvin dílu Plášť 1

3 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

V technologické přípravě výroby plechových dílů se pracuje s různými programy, které usnadňují práci a každý program má vlastní druh formátu výstupu.

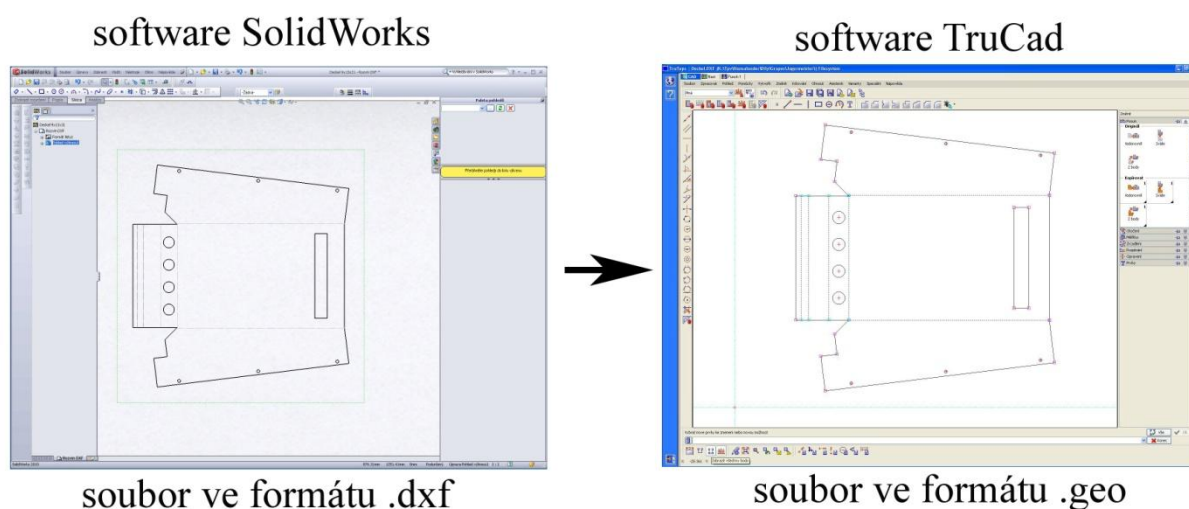
TruCad – slouží pro kreslení nebo zavádění z jiných CAD systémů

TruNest – slouží pro optimální uspořádání dílů v tabuli

TruLaser – slouží pro definování a nastavení základních dat pro laserové zpracování

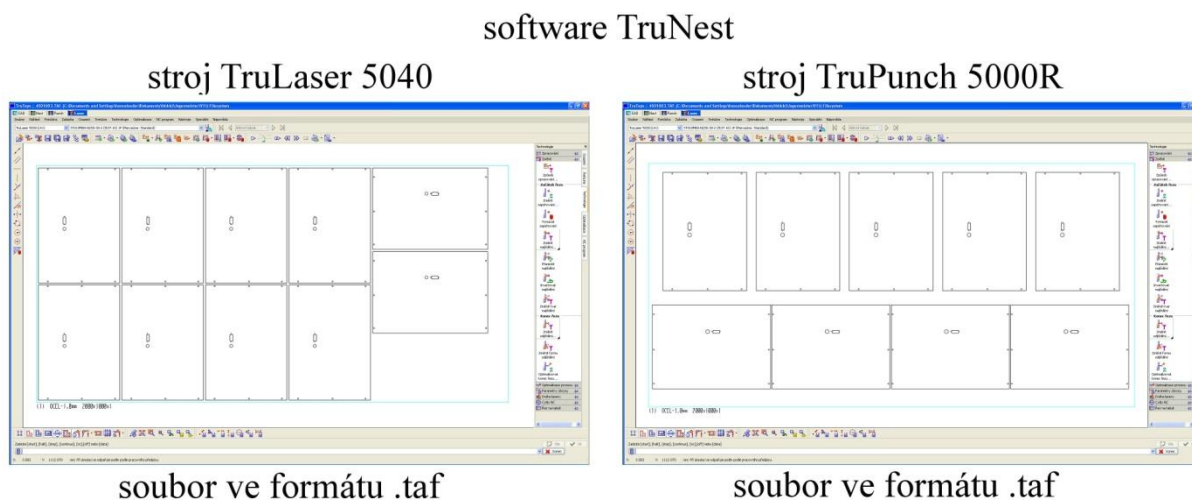
TruPunch – slouží pro definování a základní nastavení razícího nebo kombinovaného zpracování

Pokud je výkresová dokumentace hotová, musí se soubory s příponou dxf převést pomocí programu TruCad na soubor s příponou geo (obr. 3-1). Při převádění se vyplňují veškeré informace o dílu a to: číslo dílu, název dílu, revize, zákazník, jméno technologa a materiál.



Obr. 3-1 Převádění souboru s příponou dxf na soubor s příponou geo pomocí programu TruCad

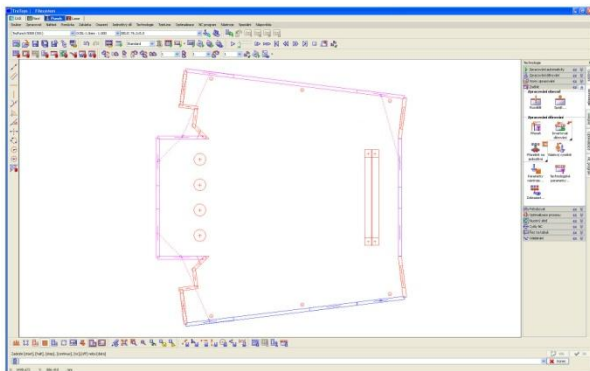
Následně se díly poskládají do jednotlivých standardních formátů v softwaru TruNest, pomocí kterého je vytvořen soubor s příponou taf (obr. 3-2). Každý stroj má jiné minimální okraje od hrany plechu a jinou minimální vzdálenost mezi díly v tabuli. Tím pádem je pro každou technologii i jiné využití materiálu. Toto využití se spočítá pro každý díl a pro všechny standardní formáty dle technologie opracování. Při hodnocení technologií se pro výpočet vybere formát s nejlepším využitím materiálu a ten se použije pro výrobu.



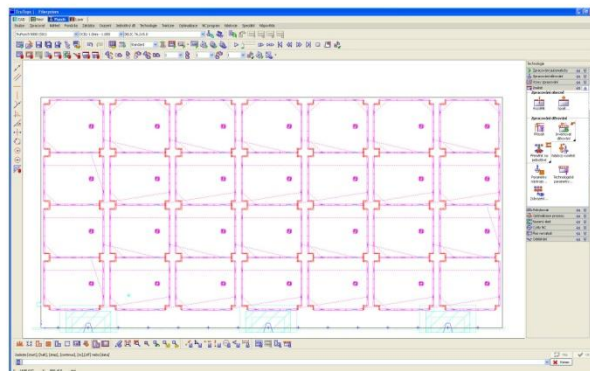
Obr. 3-2 Tvorba souboru s příponou taf pomocí programu TruNest

Jako další krok se pomocí programu TruPunch a TruLaser opracují jednotlivé díly (obr. 3-3) a (obr. 3-4). Vzor opracování jednoho dílu je ukládán ve formátu gmt a kompletní programy jsou ukládány ve formátu tmt. Z kompletního programu se už snadno dostane doba opracování dílu pro výpočet ceny, průvodní plán (viz Příloha) a NC program, který se odešle na vysekávací stroj a obsluha si ho při výrobě načte z disku stroje.

software TruPunch



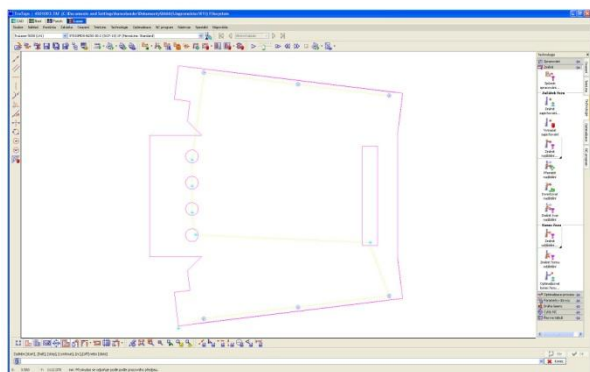
soubor ve formátu .gmt



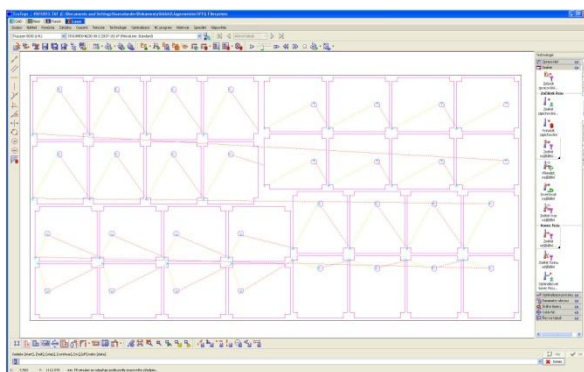
soubor ve formátu .tmt

Obr. 3-3 Tvorba souborů s příponami gmt a tmt pomocí programu TruPunch

software TruLaser



soubor ve formátu .gmt



soubor ve formátu .tmt

Obr. 3-4 Tvorba souborů s příponami gmt a tmt pomocí programu TruLaser

Dále se zhodnotí nákladové ceny na opracování dílů včetně materiálu a případných vícenákladů pro obě technologie a zvolí se nejvýhodnější technologie opracování a ta se použije pro výrobu.

Pro tvorbu technologického postupu, který bude uveden dále, bylo pracováno pouze se strojním parkem, který firma vlastní. V následující kapitole budou jednotlivé stroje stručně popsány.

3.1 Strojní park

3.1.1 TruPunch 5000R

Multifunkční vysekávací stroj TruPunch 5000R (obr. 3-5) je určen na zpracování plechů do maximální síly 8 mm. Pomocí speciálních nástrojů dokáže kromě vystřihávání také řezat závity, zahlubovat, ohýbat, tvářet, značit a mnoho dalších operací. Stroj je vybaven i přípojkou na automatický zakladač plechů, je tedy nachystaný na malosériovou i velkosériovou výrobu.



Obr.3-5 Vysekávací stroj TruPunch 5000R [4]



Obr. 3-6 Opracování na vysekávacím stroji TruPunch 5000R [4]

Technická data:

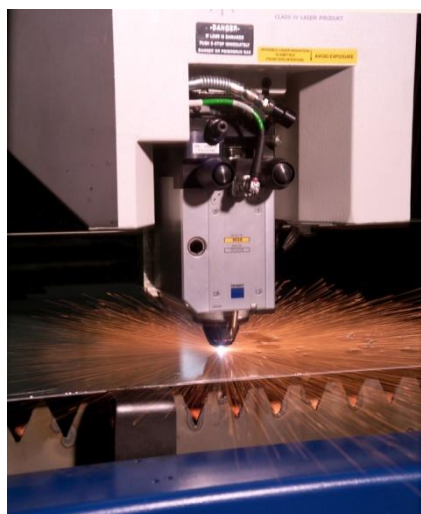
- maximální děrovací síla 220 kN
- pracovní rozsah – 3050 x 1550 mm
- maximální síla plechu – 8 mm
- přesnost – +/- 0,2 mm
- maximální rychlost - 1200 zdvihů/min
- maximální rychlost při značení - 2800 zdvihů/min
- maximální počet nástrojových kazet– 21
- programovatelný skluz na díly -max. velikost dílu 500 x 500 mm
- doba výměny nástroje (Multitool) – 0,7 sekundy
- velikost stroje 7600 x 7000 x 2200 mm

3.1.2 TruLaser 5040

TruLaser 5040 (obr. 3-7) používá lineárních pohonů pro osy Y a Z, spolu s laserem o výkonu 5 kW je vysoce produktivní a zároveň hospodárný stroj. Tato technologie je určena pro řezání, případně označování (gravírování) jakýchkoliv složitých tvarů do níže určených materiálů a tloušťek. Součástí tohoto laseru je zařízení pro řezání a opracování trubek a profilů.



Obr. 3-7 Laser TruLaser5040 [4]



Obr. 3-8 Řezání na laseru [4]

Technická data:

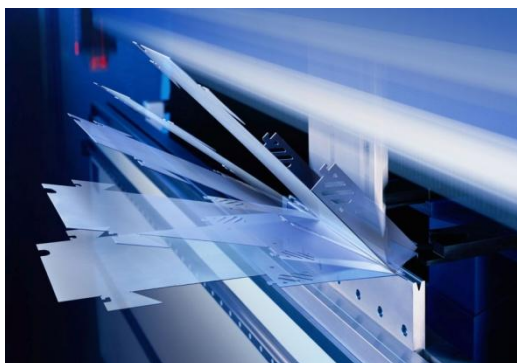
- vysoká rychlost řezání díky výkonu až 7000W
- pracovní rozsah 4000x2000mm
- maximální síla plechu – konstrukční ocel 25mm, nerezová ocel 20mm, hliník 12mm
- přesnost – +/- 0,1 mm
- maximální souběžná rychlost os 300 m/min
- rozměry stroje 13000 x 5400 x 2400 mm
- hmotnost 14 000 kg

3.1.3 TrumaBend V1300

Ohraňovací lis TrumaBend V1300 (obr. 3-9) umožňuje rychlý pohyb beranu nahoru a dolů a to maximální rychlostí 220 mm/s. Tento ohraňovací lis umožňuje zpracování velkých nebo tlustých plechů s dlouhými ohyby a ostrými úhly. Velký počet použitelných ohraňovacích nástrojů umožňuje širokou možnost ohybu, včetně zpracování beze stop otlaku při ohýbání za použití ochranné fólie.



Obr.3-9 Ohraňovací lis TruBend V1300 [4]



Obr. 3-10 Příklad ohýbání na lisu TruBend V1300 [4]

Technická data:

- maximální lisovací síla – 1300 kN
- maximální délka ohybu - 3230 mm
- maximální síla plechu pro ohýbání – konstrukční ocel 15mm, nerezová ocel 10mm, hliník 12mm
- přesnost – +/- 0,15 mm
- maximální pracovní rychlost - 10 až 20 mm/s

3.1.4 3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M 544

Mitutoyo Crysta Plus 544 (obr. 3-11) je kompaktní přístroj s ruční obsluhou. Toto měřicí 3D zařízení je vhodné pro nekomplikovanou, rychlou a výkonnou kontrolu dílů. Má na všech osách vysoce přesná, proti prachu chráněná skleněná odměřovací pravítka s rozlišením 0,5 μm , dále bílé LED osvětlení pracovní plochy pro snadnější měření.



Obr. 3-11 3D měřicí zařízení Mitutoyo [5]

Technická data:

- měřicí rozsah:
 - osa X – 500 mm
 - osa Y – 400 mm
 - osa Z – 400 mm
- maximální hmotnost měřeného dílce – 180 kg
- délková odchylka měření - $(3.5+0.45 L /100) \mu\text{m}$
- měřicí stůl:
 - materiál Granit
 - rozměr 638 x 860 mm
- rozměr stroje – 1082 x 1078 x 2285 mm
- hmotnost stroje – 495 kg

3.1.5 Sloupcová bodovací svářečka Telwin PCP 18

Jedná se o stojanové bodovací zařízení s nožním ovládním (obr. 3-12), elektrody jsou chlazené vodou a základní vyložení ramen je 330 mm. Rozměry stroje jsou 790 x 320 x 1280 mm.

Technická data:

- napájení: 400V/50Hz
- maximální napětí naprázdno: 2,5 V
- maximální příkon: 15,4 kW
- maximální přítlak elektrod: 1500 N
- maximální svařovací proud: 9,7 A
- maximální tloušťka plechu pro bodování: 3+3 mm



Obr. 3-12 Bodovací svařovací zařízení

3.1.6 Navařovací systém Nelson N10 – Hrotový zážeh

3.1.6.1 Navařovací přístroj N10

Technická data:

- napájení: 230V/50Hz ($\pm 10\%$)
- stupeň krytí: IP 23
- hmotnost: 17 kg
- rozměry: 180x250x420 mm

3.1.6.2 Navařovací pistole typ P10

Technická data:

- materiál svorníků:
 - ocel
 - nerez
 - hliník
 - mosaz
- pracovní rozsah: $\varnothing 2 - 8$ mm
- hmotnost: 0,7kg (bez přívodního kabelu)
- délka přívodního kabelu: 3 m



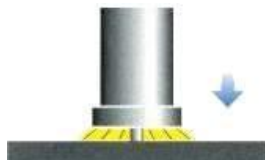
Obr. 3-13 Navařovací systém Nelson N10

Hrotový zážeh

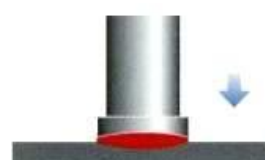
Tento způsob svařování slouží k navařování spojovacích součástí o průměru od 2 do 8 mm a to z oceli, nerezové oceli, hliníku a mosazi. Nerozebíratelný svařový spoj se provádí polo nebo plně automaticky. Při svařovacím procesu se energie z baterie kondenzátorů vybije přes zážehový hrot navařované spojovací součásti v extrémně krátkém čase od 1 do 3 milisekund (obr. 3-14).



Zážehová špička čepu se dotkne obrobku, svařovací oblouk je zažehnut.



Zažehnutý svařovací oblouk vytvoří tenkou tavnou zónu na čepu a obrobku.



Čep se ponoří do taveniny. Tavenina ztuhne a čep je přivařen.

Obr. 3-14 Hrotový zážeh při navařování šroubů



Obr. 3-15 Navařený svorník M3x12

V následující tabulce je popsána vzájemná svařitelnost používaných materiálů.

3.1.6.3 Svařitelnost materiálu

Základní materiál	Materiál kolíku dle ČSN EN 13 918			
	Konstrukční ocel St 37–3K	Nerezová ocel 1.4301	Mosaz MS 63	Hliník AlMg3
Nelegované Oceli do 0,20 % C	1	1	1	3
Nelegované Oceli do 0,35 % C	2	1	1	3
Ocelový plech pozinkovaný	2	2	1	3
Chromniklová ocel	1	1	2	3
Mosaz MS 63	2	2	1	3
Hliník Al 99,5	3	3	3	2
Hliník AlMg3	3	3	3	1

1 – Zaručená svařitelnost

2 – Uspokojivá svařitelnost

3 – Vzájemně nesvařitelné

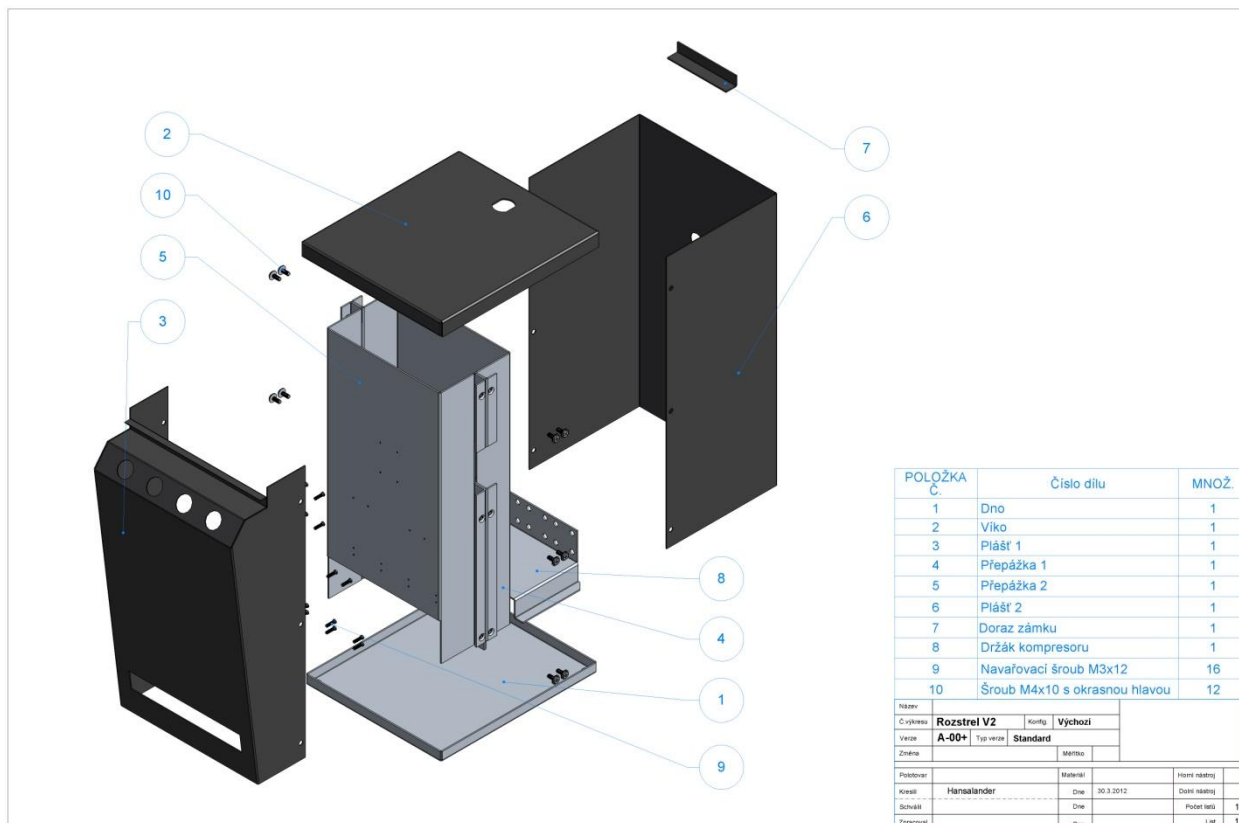
Tab. 3-1 Svařitelnost dle materiálu

4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO JEDNOTLIVÉ PLECHOVÉ DÍLY

4.1 Seznam plechových dílů v sestavě:

Pozice	Číslo a název dílu	Verze	Materiál	Polotovar	Komaxitová barva	Počet ks.
1	4S02001 - Dno	A-00+	1.4301	Plech 1,5 mm nerez mořený	-----	1
2	4S02002 - Víko	A-00+	S235	Plech 1,5 mm černý DC 01	RAL 9005 lesk	1
3	4S02003 - Plášť 1	A-00+	S235	Plech 1,0 mm černý DC 01	RAL 9005 lesk	1
4	4S02004 - Přepážka 1	A-00+	1.4301	Plech 1,5 mm nerez mořený	-----	1
5	4S02005 - Přepážka 2	A-00+	1.4301	Plech 1,5 mm nerez mořený	-----	1
6	4S02006 - Plášť 2	A-00+	S235	Plech 1,0 mm černý DC 01	RAL 9005 lesk	1
7	4S02007 - Doraz zámku	A-00+	S235	Plech 1,5 mm černý DC 01	RAL 9005 lesk	1
8	4S02008 - Držák kompresoru	A-00+	1.4301	Plech 1,5 mm nerez mořený	-----	1

Tab. 4-1 Seznam plechových dílů v sestavě



Obr. 4-1 Rozložený pohled sestavy

Dle strojního vybavení podniku jsou pro opracování plechových dílů možné dvě technologie, a to opracování na vysekávacím stroji TruPunch 5000R a nebo opracování na laseru TruLaser 5040.

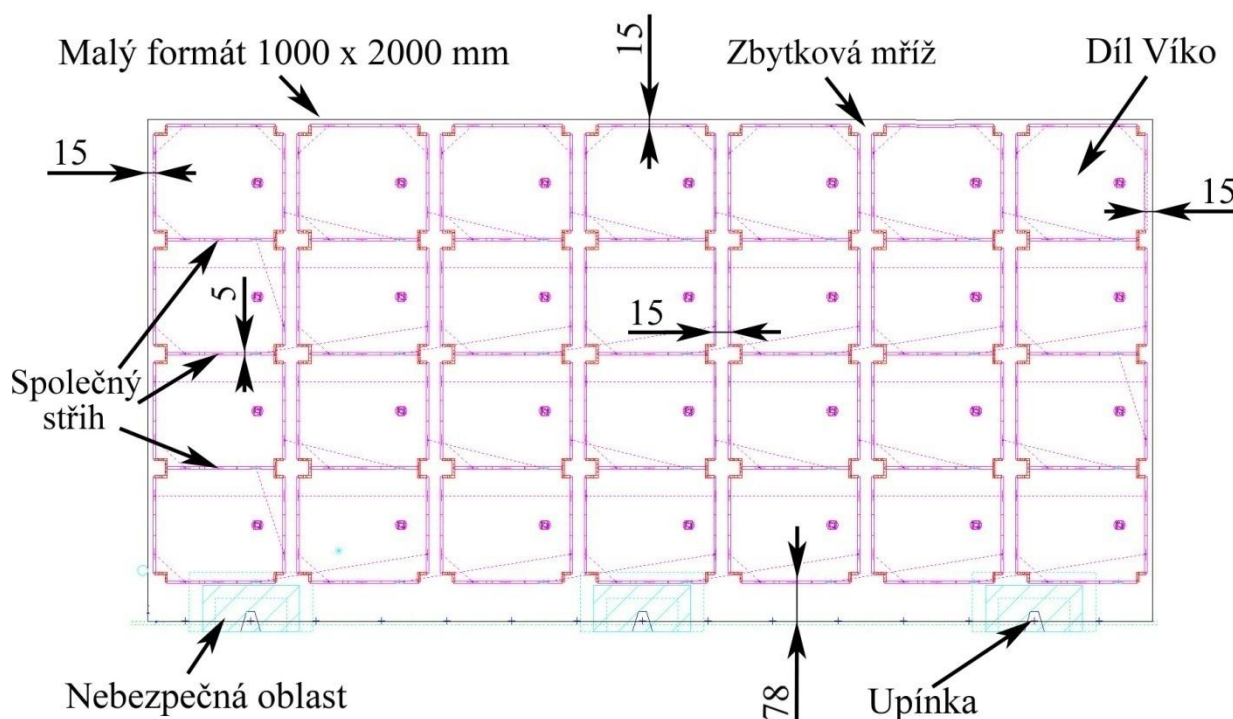
Jako první krok se díly sestavy poskládají do jednotlivých standardních formátů pomocí softwaru TruNest a jednoduchým výpočtem se zjistí, jaký z formátů plechu má nejlepší využití materiálu pro daný díl. Tento formát se následně použije pro výrobu.

$$\text{Koeficient využití materiálu } X \qquad X = \frac{M}{N} \text{ [kg/ks]}$$

M – hmotnost daného formátu plechu [kg]

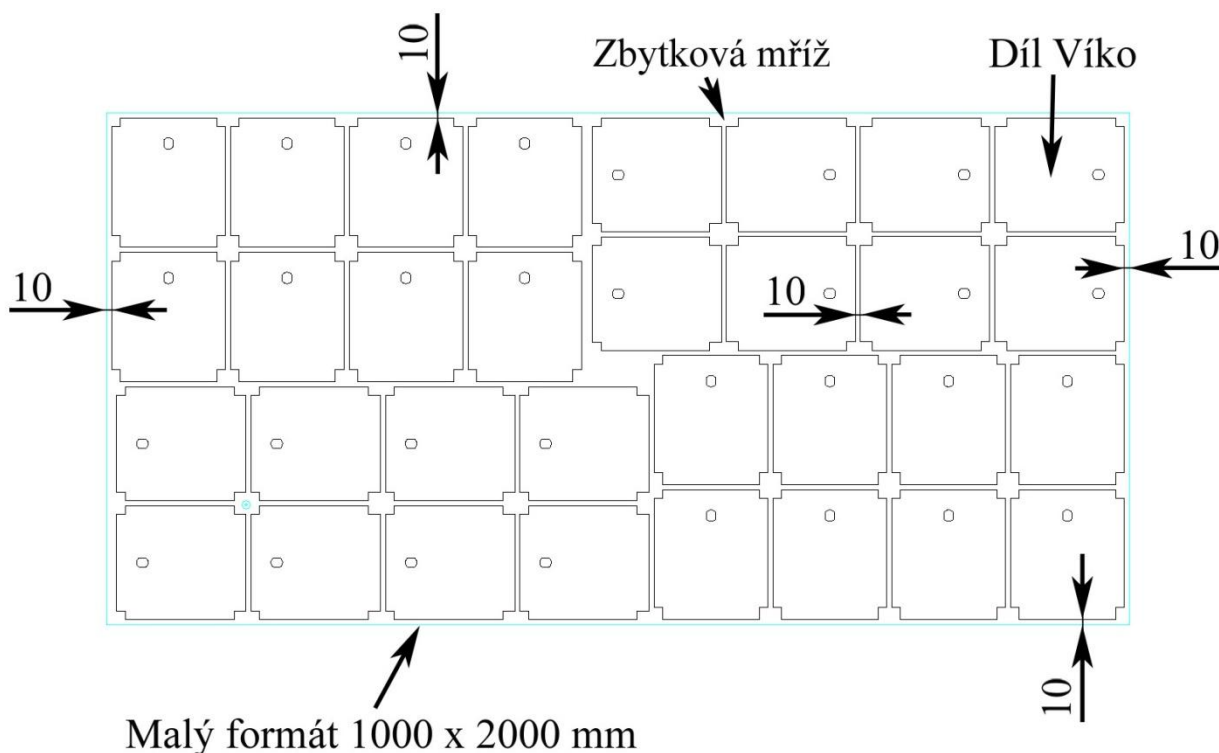
N – počet dílu poskládaných do jedné tabule daného formátu [ks]

Na vysekávacím stroji je třeba se vyhnout upínkám, které drží plech. Proto se od spodní hrany musí vynechat minimálně 78 mm a od ostatních hran 15 mm, rozestupy mezi díly musí být minimálně 15 mm (obr. 4-2). Například u dílu Víko byl pro lepší využití materiálu použit společný stříh, díly jsou od sebe vzdáleny o tloušťku nástroje, v tomto případě 5 mm. V krajním případě lze poskládat díly i mezi upínky, nikdy ale nesmí díl zasahovat do nebezpečné oblasti upínek.



Obr. 4-2 Skládání dílu Víko do malého formátu pro vysekávací stroj

V případě, že se díl bude opracovávat na laseru, jsou jednotlivé rozestupy mezi díly minimálně 10 mm a stejná je i minimální vzdálenost od všech hran tabule plechu jako např. u dílu Víko (obr. 4-3). Pro ještě lepší využití materiálu, pokud to tvar dílu dovoluje, je možné použít společný řez. V tomto případě musí být díly od sebe vzdáleny o šířku řezu laseru, ta je závislá na materiálu a jeho tloušťce, například pro plech z konstrukční oceli o tloušťce 1 mm je šířka řezu 0,15 mm a pro plech o tloušťce 20 mm je šířka řezu 0,6 mm.



Obr. 4-3 Skládání dílu Víko do malého formátu pro laser

Díky větším okrajům na vysekávacím stroji je v některých případech, především u rozměrnějších dílů, výhodnější díl řezat na laseru. Což je sice dražší technologie, ale především u nerezů často náklady ušetřené na materiálu, daleko převyšují rozdíl nákladů mezi opracováním na laseru a na vysekávacím stroji.

4.2 Využití materiálu pro jednotlivé technologie

Dále bude uveden příklad výpočtu koeficientu využití materiálu X_s a X_l pro jednotlivé formáty pro díl Plášť 2 (obr. 4-4).

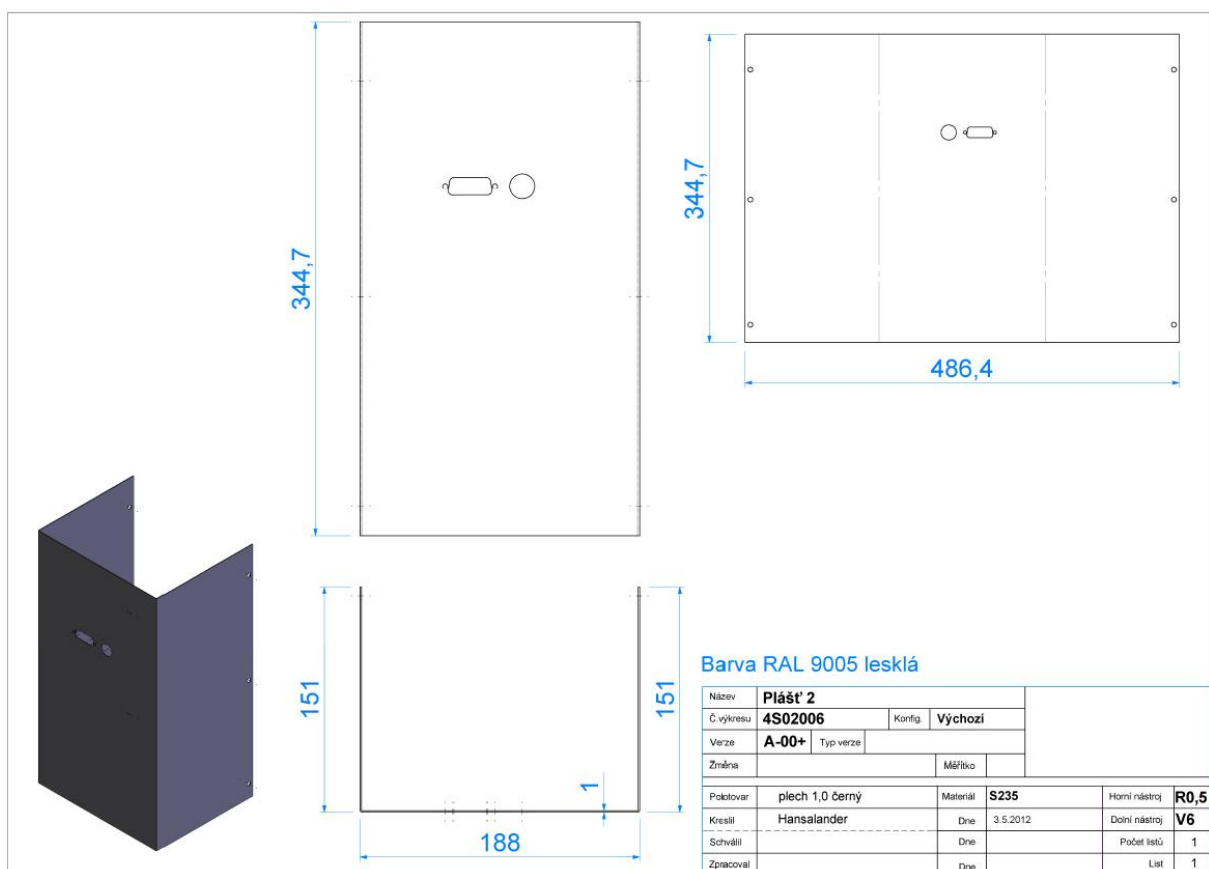
X_s – koeficient využití materiálu pro vysekávací stroj

X_l – koeficient využití materiálu pro laser

Materiál dílu Plášť 2: S235 plech DC 01 - tloušťka 1,0 mm

Rozměr a hmotnost jednotlivých standardních formátů:

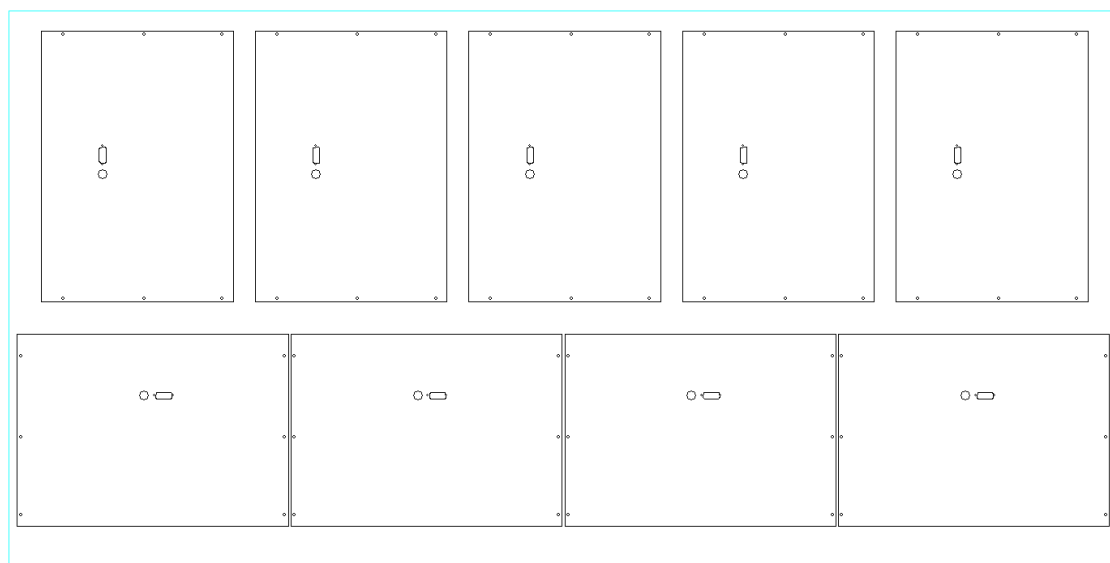
- Malý formát 2000 x 1000 mm $M_{MF} \approx 16$ kg
- Střední formát 2500 x 1250 mm $M_{SF} \approx 25$ kg
- Velký formát 3000 x 1500 mm $M_{VF} \approx 36$ kg



Obr. 4-4 Výkres dílu Plášť 2

4.2.1 Využití materiálu pro vysekávací stroj

4.2.1.1 Malý formát 1000 x 2000 mm



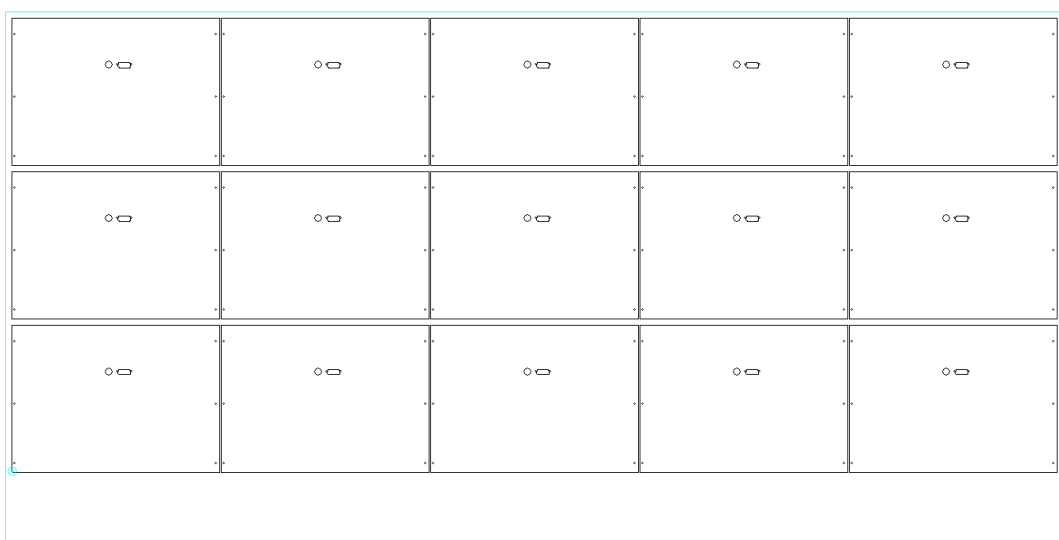
(1) OCEL-1.0mm 2000x1000x1

Obr. 4-5 Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – malý formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro malý formát X_{SMF} :

$$X_{SMF} = \frac{M_{MF}}{N_{MF}} \quad X_{SMF} = \frac{16}{9} \quad X_{SMF} = 1,778 \text{ kg/ks}$$

4.2.1.2 Střední formát 1250 x 2500 mm



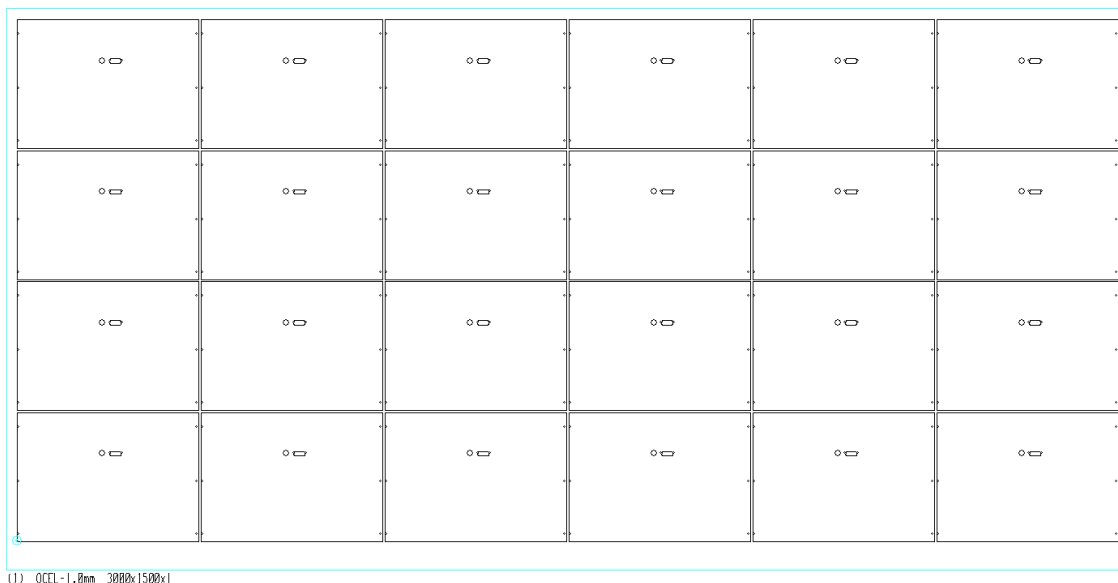
(1) OCEL-1.0mm 2500x1250x1

Obr. 4-6 Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – střední formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro střední formát X_{SSF} :

$$X_{SSF} = \frac{M_{SF}}{N_{SF}} \quad X_{SSF} = \frac{25}{15} \quad X_{SSF} = 1,667 \text{ kg/ks}$$

4.2.1.3 Velký formát 1500 x 3000 mm



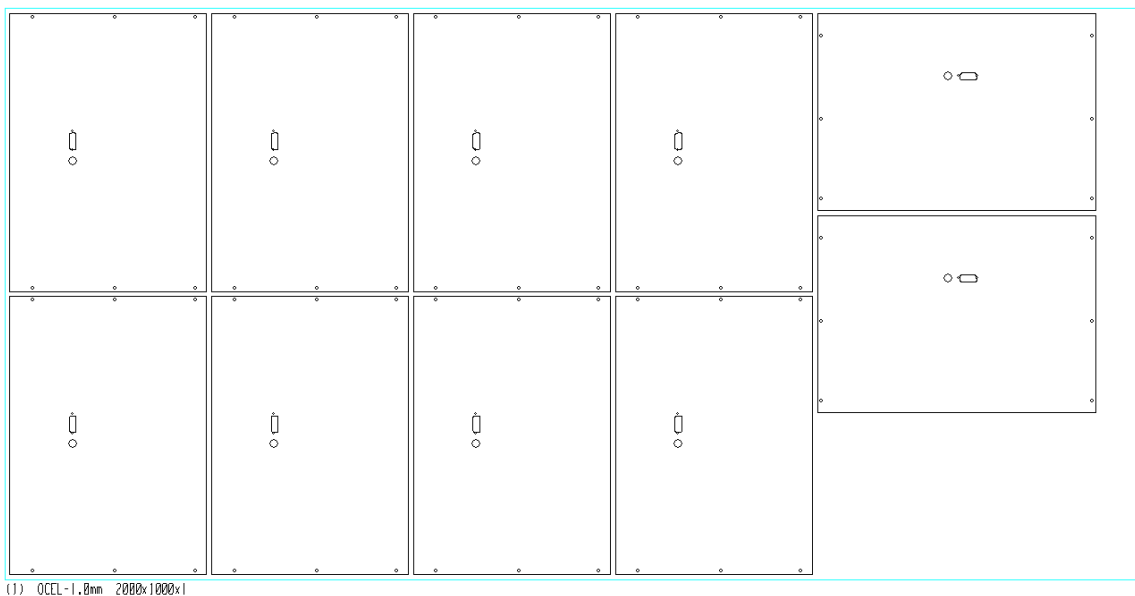
Obr. 4-7 Poskládání dílu Plášť 2 pro vysekávací stroj – velký formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro velký formát X_{sVF} :

$$X_{sVF} = \frac{M_{VF}}{N_{VF}} \quad X_{sVF} = \frac{36}{24} \quad X_{sVF} = 1,5 \text{ kg/ks}$$

4.2.2 Využití materiálu pro laser:

4.2.2.1 Malý formát 1000 x 2000 mm

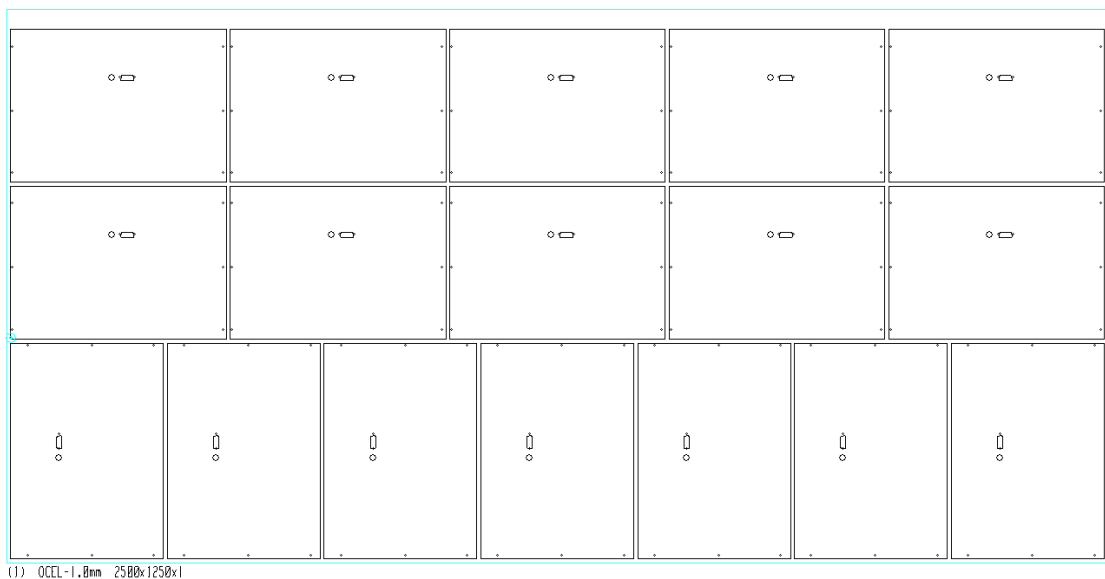


Obr. 4-8 Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – malý formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro malý formát X_{IMF} :

$$X_{IMF} = \frac{M_{MF}}{N_{MF}} \quad X_{IMF} = \frac{16}{10} \quad X_{IMF} = 1,6 \text{ kg/ks}$$

4.2.2.2 Střední formát 1250 x 2500 mm

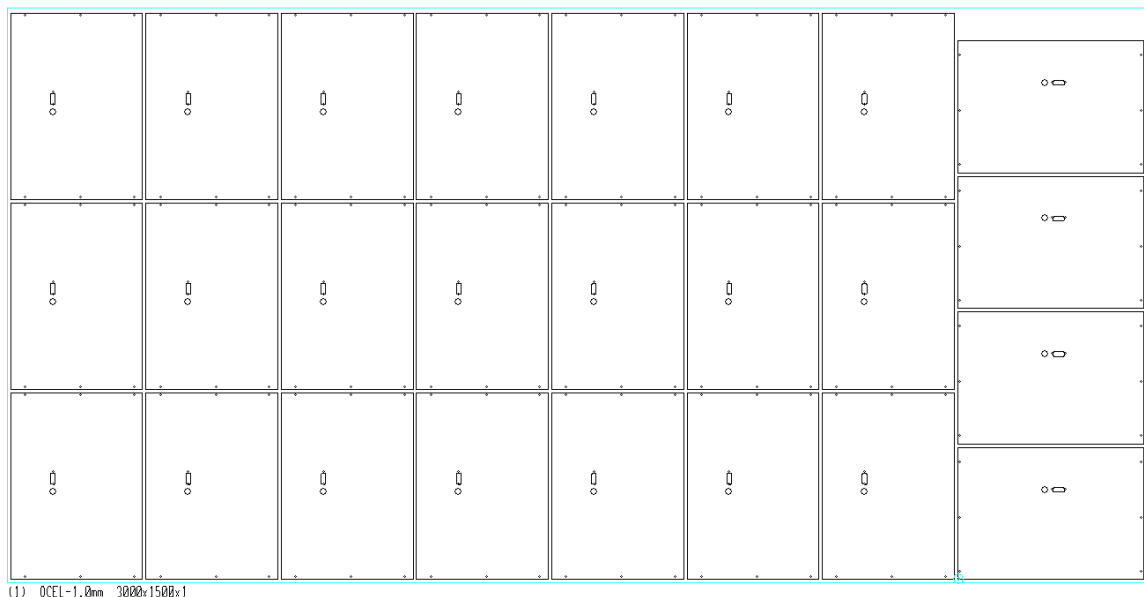


Obr. 4-9 Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – střední formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro střední formát X_{ISF} :

$$X_{ISF} = \frac{M_{SF}}{N_{SF}} \quad X_{ISF} = \frac{25}{17} \quad X_{ISF} = 1,471 \text{ kg/ks}$$

4.2.2.3 Velký formát 1500 x 3000 mm



Obr. 4-10 Poskládání dílu Plášť 2 pro laser – velký formát

Výpočet koeficientu využití materiálu pro velký formát X_{IVF} :

$$X_{IVF} = \frac{M_{VF}}{N_{VF}} \quad X_{IVF} = \frac{36}{25} \quad X_{ISF} = 1,44 \text{ kg/ks}$$

V následující tabulce (tab. 4-2) je vidět množství jednotlivých dílů poskládaných do standardních formátů dle technologie.

Název dílu	Počet dílů poskládaných v jednom formátu [ks]					
	Stříhací stroj			Laser		
	Malý formát 1x2m	Střední formát 1,25x2,5m	Velký formát 1,5x3m	Malý formát 1x2m	Střední formát 1,25x2,5m	Velký formát 1,5x3m
Dno	34	53	76	36	55	84
Víko	28	45	66	32	47	68
Plášť 1	10	18	21	10	18	21
Přepážka 1	17	24	36	18	29	36
Přepážka 2	17	24	36	18	29	36
Plášť 2	9	15	24	10	17	25
Doraz zámku	616	958	1386	690	1102	1610
Držák kompresoru	56	90	134	66	101	149

Tab. 4-2 Počet dílů poskládaných do jednotlivého formátu dle technologie

V tabulce (tab. 4-3) jsou vidět jednotlivé využití materiálu pro každý díl dle formátu plechu. Zvýrazněné je vždy nejlepší využití materiálu pro daný díl a technologii, se kterým dále pracují při hodnocení obou technologií.

Název dílu	Využití materiálu pro jednotlivé díly dle technologie a formátu plechu[kg/ks]					
	Stříhací stroj X_s			Laser X_l		
	X_{sMF} Malý formát 1x2m	X_{sSF} Střední formát 1,25x2,5m	X_{sVF} Velký formát 1,5x3m	X_{lMF} Malý formát 1x2m	X_{lIF} Střední formát 1,25x2,5m	X_{lVF} Velký formát 1,5x3m
Dno	0,706	0,708	0,711	0,667	0,682	0,643
Víko	0,857	0,833	0,818	0,75	0,798	0,794
Plášť 1	1,6	1,389	1,714	1,6	1,389	1,714
Přepážka 1	1,412	1,563	1,5	1,333	1,293	1,5
Přepážka 2	1,412	1,563	1,5	1,333	1,293	1,5
Plášť 2	1,778	1,667	1,5	1,6	1,471	1,44
Doraz zámku	$3,896 \times 10^{-2}$	$3,914 \times 10^{-2}$	$3,896 \times 10^{-2}$	$3,478 \times 10^{-2}$	$3,403 \times 10^{-2}$	$3,354 \times 10^{-2}$
Držák kompresoru	0,429	0,417	0,403	0,364	0,371	0,362

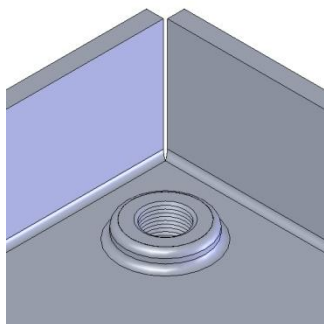
Tab. 4-3 Využití materiálu pro jednotlivé díly dle formátu plechu a technologie

4.3 Opracování dílů pro jednotlivé technologie

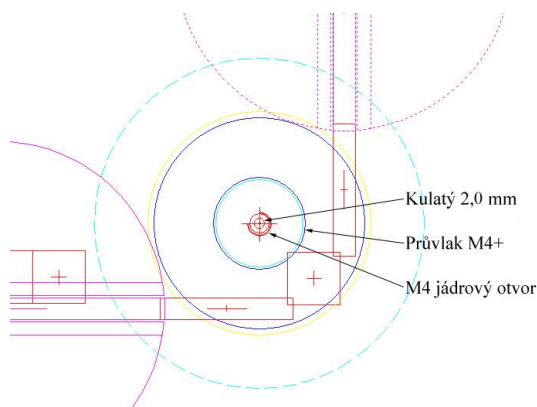
Pro výrobu jednotlivých dílů jsou možné dvě varianty a to, buď opracování na laseru TruLaser 5040 nebo na vysekávacím stroji TruPunch 5000R. Vysekávací stroj je schopen vytvářet tvarové prvky (krček závitu, zpevňující lem atd.) oproti laseru a má menší provozní náklady. Laser je zase schopen opracovávat daleko silnější materiál a jedná se rychlejší technologii oproti vysekávacímu stroji.

Dále musí technolog pro jednotlivé díly vytvořit technologii opracování pomocí softwaru TruPunch pro vysekávací stroj a softwaru TruLaser pro laser.

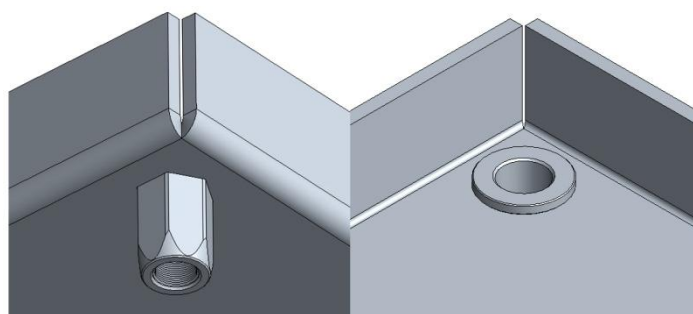
Opracování na vysekávacím stroji je limitováno nástroji, které jsou k dispozici pro danou tloušťku materiálu. Závity se na dílech Dno, Přepážka 1 a 2 při opracování na stříhacím stroji vyrobí pomocí vylisovaného krčku a následného vyříznutí závitu (obr. 4-11). Pro závit se předrazí díra o průměru 2,0 mm, dále se vylisuje krček pomocí nástroje Průvlak M4+ a nakonec se vyřízne závit nástrojem M4 jádrový otvor (obr. 4-12). Jakmile je krček hotový, nesmí už žádné další zpracování zasáhnout do dvojité modré kružnice kolem krčku, aby nedošlo k jeho zdeformování.



Obr. 4-11 Vylisovaný krček se závitem



Obr. 4-12 Vzor opracování krčku M4



Obr. 4-13 Šestihránná nýtovací matice M4

Závity není možno na laseru opracovat, proto se na laseru místo závitů vyříznou šestihranné otvory pro nýtovací matice (obr. 4-13), které se následně nalisují. Je tedy třeba nýtovací matice a náklady na nalisování připočítat do celkové ceny při hodnocení obou technologií. Nákladové ceny pro dané technologie a materiály jsou pouze orientační. Provozní náklady pro vysekávací stroj TruPunch 5000R jsou 2100 Kč/hod. a 4200 Kč/hod. pro laser TruLaser 5040.

4.3.1 Opracování na vysekávacím stroji TruPunch 5000R

Technologie vysekávání na strojích TruPunch umožňuje komplexní, trojrozměrné obrábění plechu s cílem kompletního obrábění na jediném stroji. V případě pohledových dílů se používají plechy s ochrannou fólií. Stroj umožňuje provádět náročné děrování, tváření závitů, tvarové prvky, značení razíciemi a značkovacími nástroji.

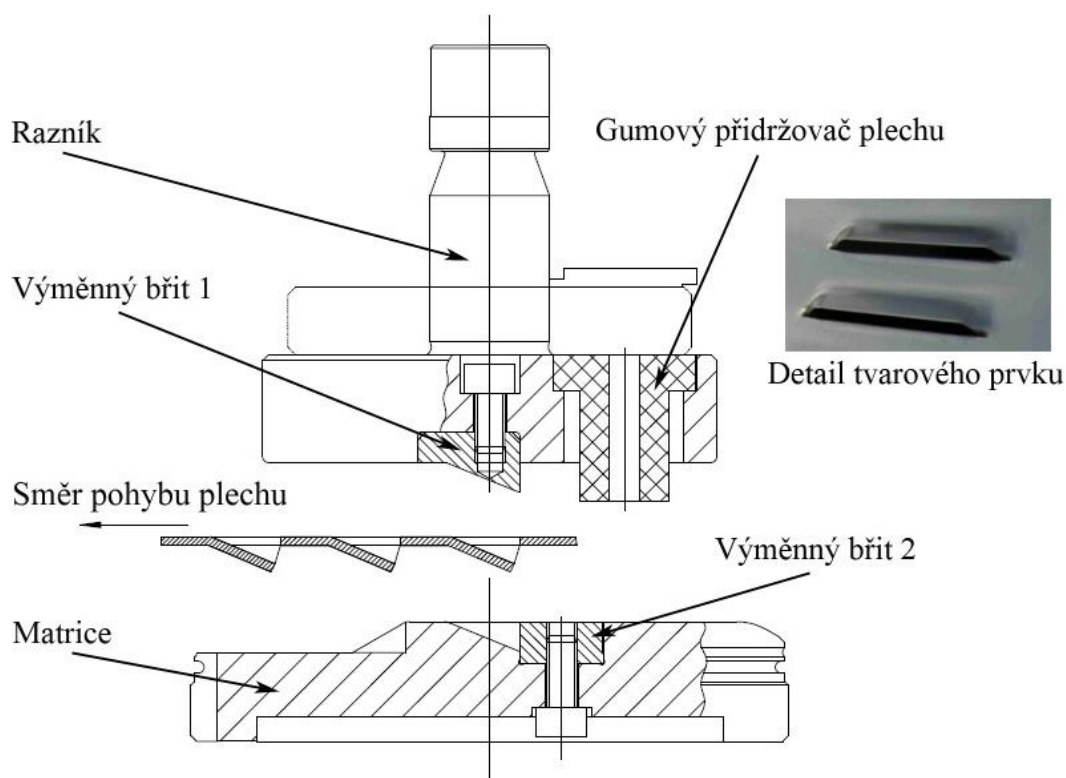
Vysekávací stroj má mnoho různých razících nástrojů a tvarových nástrojů. Například na obrázku (obr. 4-14) je vidět jednoduchý nástroj, skládající se z razníku a matrice, na obrázku (obr. 4-15) je vidět takzvaný Multitool, kde je až deset různých nástrojů a na obrázku (obr. 4-16) je vidět tvarový nástroj pro výrobu větracího otvoru.



Obr.4-14 Jednoduchý nástroj [4]



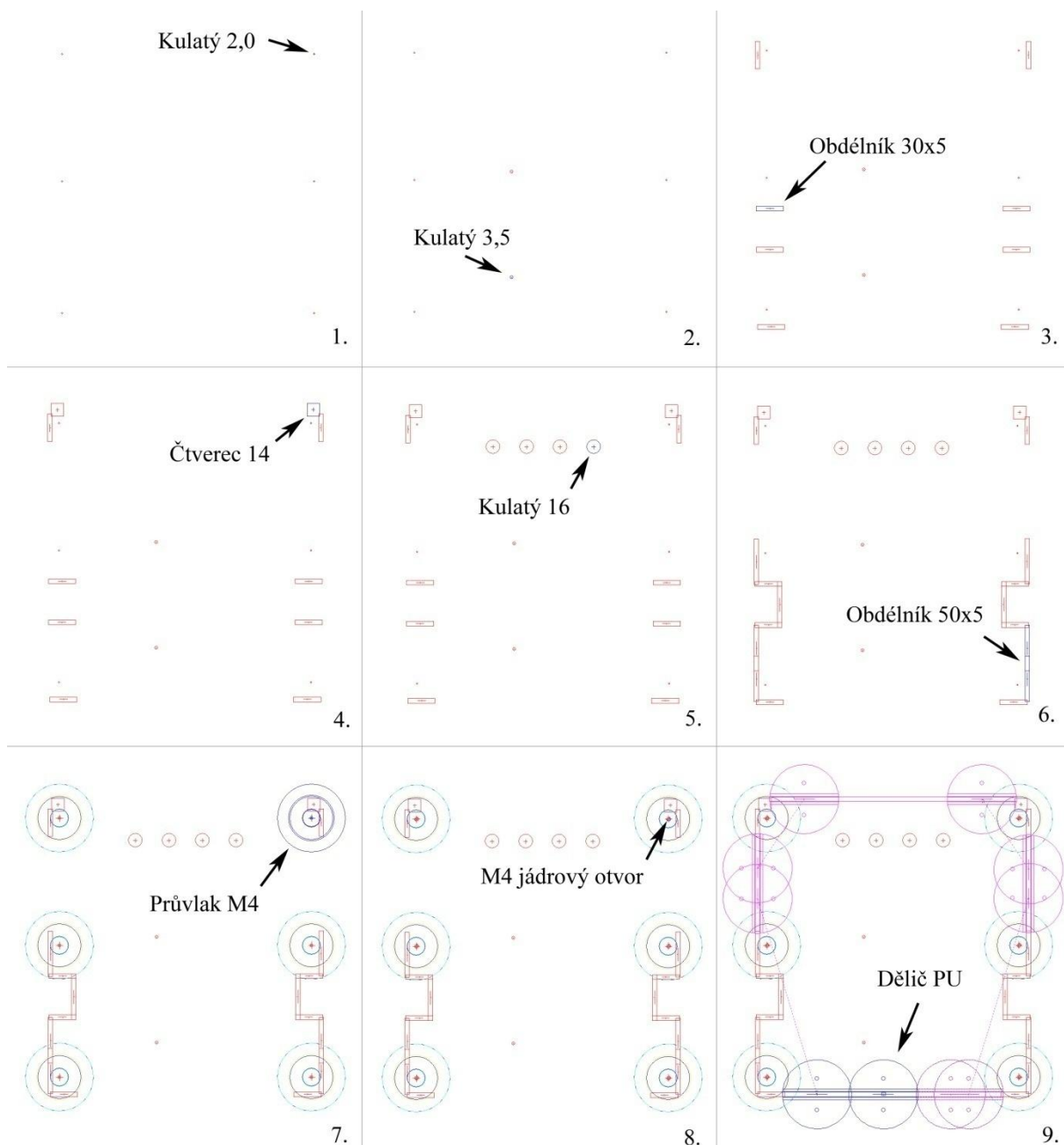
Obr.4-15 Multitool [4]



Obr.4-16 Tvarovací nástroj pro větrací otvor [4]

Při opracování na vysekávacím stroji je snaha jednotlivé hrany opracovat na jeden zdvih, pokud to velikost nástrojů dovolí, aby se snížil strojní čas na minimum. U složitějších tvarů pro opracování se pro velké série vyrábějí speciálně tvarované razníky. Většina standardních nástrojů je široká 5 mm (obdélníky 10x5, 15x5, 30x5, 50x5, 76,2x5 mm), proto od sebe díly musí být minimálně vzdálené 15 mm, aby po vysekání vznikl můstek 5 mm, který drží zbytkovou mříž.

Na obrázku (obr. 4-17) je vidět postupné opracování dílu Přepážka 1 a to po jednotlivých krocích, tak jak jdou nástroje po sobě. Vždy od nejmenšího po největší nástroj dle plochy razníku. Konkrétně v tomto případě je pořadí nástrojů: kulatý 2,0; kulatý 3,5; obdélník 30x5; čtverec 14; kulatý 16; obdélník 50x5; průvlek M4+; M4 jádrový otvor a dělič. Nástroj dělič, který má rozměr 76,2 x 5 mm, je použit vždy jako poslední nástroj. Existují dva druhy a to dělič s gumovým přidržovačem a bez přidržovače. V případě, že díl obsahuje jakýkoliv tvarový prvek, musí být vždy použit dělič s gumovým přidržovačem. Tomuto nástroji lze nastavit tvarovou polohu, tím pádem se hlava s nástrojem pohybuje dostatečně vysoko a nehrozí zdeformování tvarových prvků na dílu.

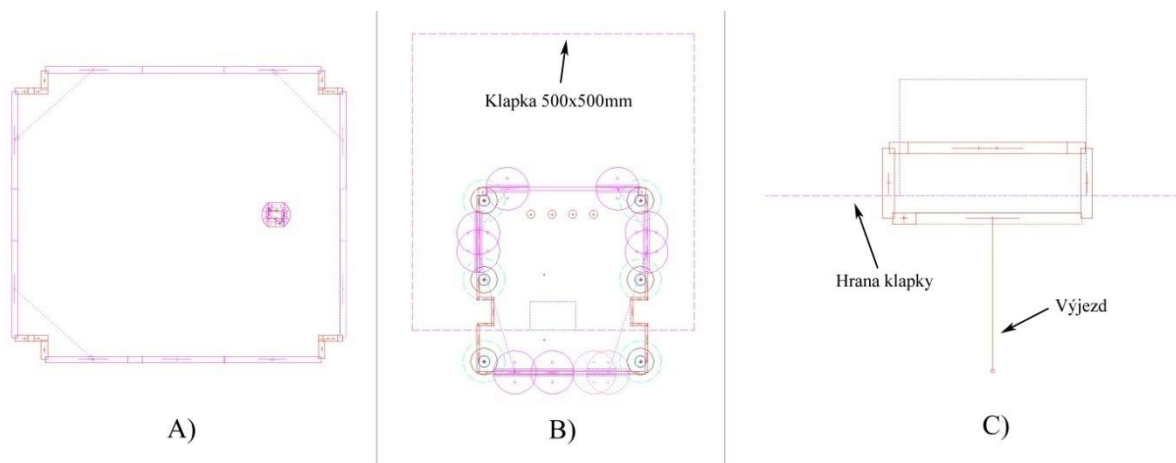


Obr.4-17 Postupné vysekávání dílu Přepážka 1 v devíti krocích

Po obsekání dílu děličem se na poslední zdvih nástroje musí nastavit strojní, nebo ruční odebrání dílu. Při strojním odebrání lze využít automatický skluz. To je část pracovního stolu stroje, která se po posledním úderu děliče sklopí a díl sklouzne do připravené přepravy.

Ruční odebrání se používá u dílů, které jsou větší než rozměr skluzu 500x500 mm nebo se vyrábějí z plechů s jakoukoliv povrchovou úpravou (leštěný, broušený, kartáčovaný povrch atd.) a dále u dílů, které se budou lakovat a nesmí dojít k jejich poškrábání. Proto u dílu Víko, které se lakuje, bylo toto ruční odebrání použito (obr. 4-18 A).

Strojní odebrání práci urychluje, pokud to rozměry dílu dovoluují a díl je bez povrchové úpravy, pak je dobré toto odebrání použít jako například u dílu Přepážka 1 (obr. 4-18 B), zde je vidět jak díl po posledním zdvihu děliče padá do skluzu. U menších dílů, např. díl Doraz zámku (obr. 4-18 C), se musí nastavit výjezd tak, aby hrana klapky byla za polovinou obsahu dílu a tím bylo zaručeno, že díl spadne do připravené přepravy.



Obr. 4-18 Jednotlivé druhy odebrání dílu na vysekávacím stroji

V tabulce (tab. 4-4) jsou vidět ceny jednotlivých dílů při výrobě na stroji TruPunch 5000R. Pro výpočet ceny za opracování dílu je provozní nákladová cena pro vysekávací stroj stanovena na 2100 Kč/hod.

Stříhací stroj TruPunch 5000R			Materiál			Cena celkem na kus
Název dílu	Doba zpracování	Nákladová cena na ks	Nejlepší využití materiálu	Cena materiálu Kč/kg	Cena materiálu na ks	
Dno	0,43 min	15,10 Kč	0,706 kg/ks	85 Kč	60,10 Kč	75,20 Kč
Víko	0,38 min	13,30 Kč	0,818 kg/ks	20 Kč	16,40 Kč	29,70 Kč
Plášť 1	0,73 min	25,60 Kč	1,389 kg/ks	25 Kč	34,80 Kč	60,40 Kč
Přepážka 1	1,02 min	35,70 Kč	1,412 kg/ks	85 Kč	120,10 Kč	155,80 Kč
Přepážka 2	1,20 min	42 Kč	1,412 kg/ks	85 Kč	120,10 Kč	162,10 Kč
Plášť 2	0,75 min	26,30 Kč	1,5 kg/ks	25 Kč	37,50 Kč	63,80 Kč
Doraz zámku	0,05 min	1,80 Kč	$3,896 \times 10^{-2}$ kg/ks	20 Kč	0,80 Kč	2,60 Kč
Držák kompresoru	0,40 min	14 Kč	0,403 kg/ks	85 Kč	34,30 Kč	48,30 Kč

Tab. 4-4 Nákladové ceny na opracování a materiál pro jednotlivé díly na stroji TruPunch 5000R

4.3.2 Opracování na laseru TruLaser 5040

Pomocí laserové technologie řezání (obr. 4-19) lze dělit materiály velmi přesně a je možné vytvářet velmi komplikované tvary s vysokou kvalitou řezu. Při vlastním procesu řezání laserem dochází ke třem různým procesům:

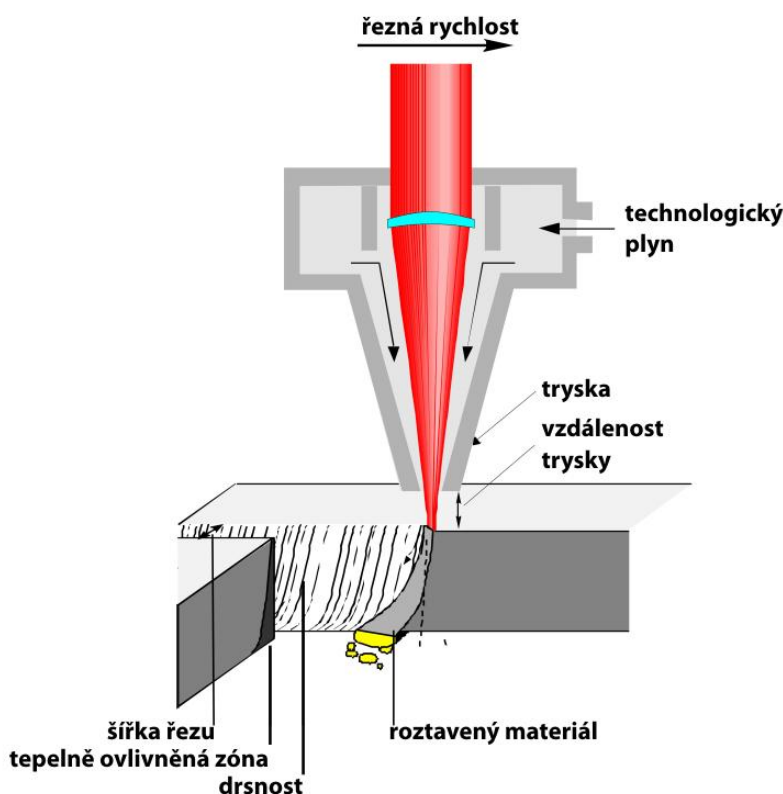
- Sublimační řezání
- Tavné řezání
- Přímé spalování materiálu

Při sublimačním řezání je materiál z místa řezu odpařován, k tomu je potřeba vysoké intenzity laserového záření. Převážně se jako technologický plyn používají inertní plyny dusík nebo argon. Tyto inertní tzv. netečné plyny nereagují s roztaveným kovem a izolují hranu řezu od kyslíku, hrany tedy neoxidují a nemusí se již dodatečně obrábět. Jelikož téměř nedochází k tavení materiálu, je řez kvalitní, hladký a bez otřepů.

Tavné řezání vyžaduje nižší výkony než sublimační řezání, jelikož dochází pouze k tavení materiálu a ten je z řezné spáry vyfukován proudem inertního technologického plynu ven. Plyn je vháněn do řezné spáry pod tlakem 2 až 20 barů.

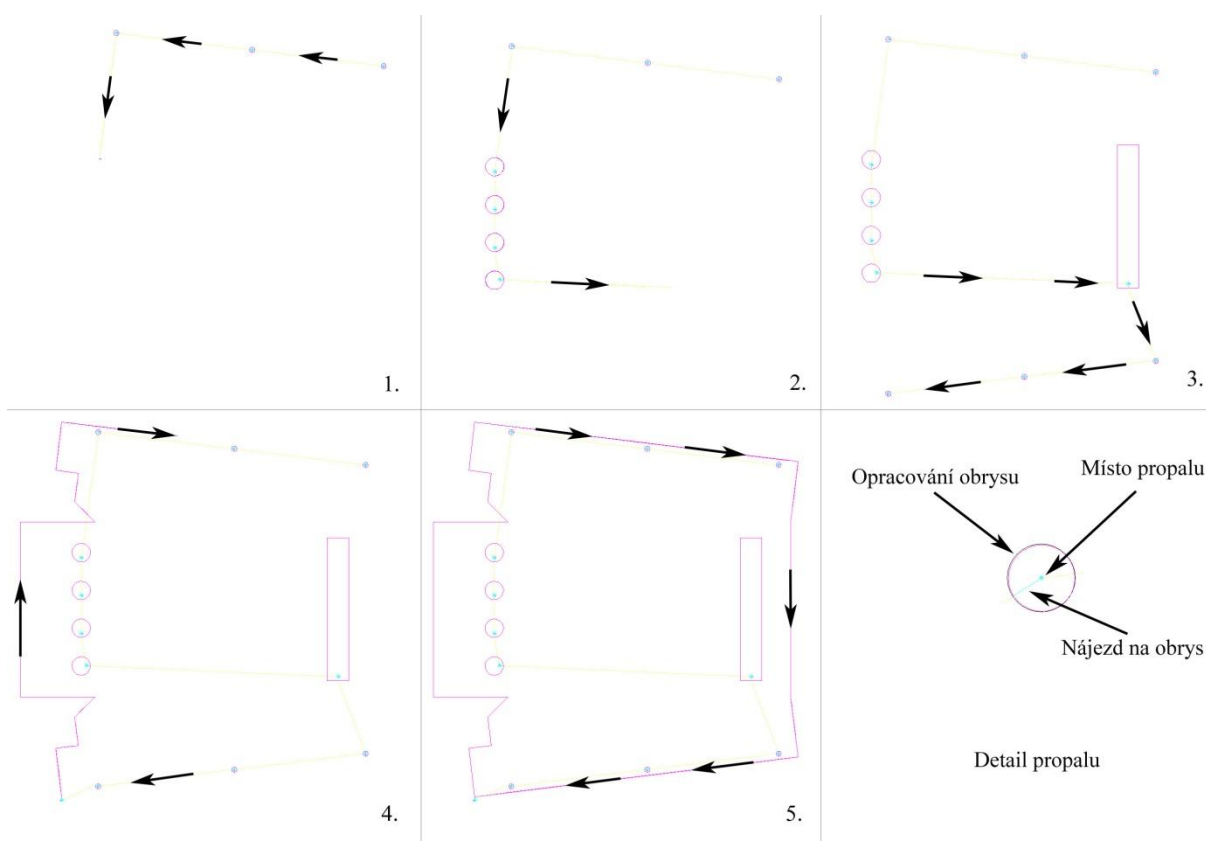
Přímé spalování materiálu se používá zejména u řezání běžných a konstrukčních ocelí. Místo inertního plynu se používá jako asistenční plyn kyslík. Materiál je zahřát na teplotu vyšší než zápalnou, čímž dojde k exotermické reakci, kde zahřátý kov reaguje s kyslíkem. Dochází k uvolňování velmi mnoho energie do procesu řezání a to až na pětinasobek. Oproti sublimačnímu a tavnému řezání jsou řezné rychlosti zhruba dvakrát vyšší a je možné opracovávat velmi silné plechy, ale kvalita řezu není tak dobrá.

Ve většině případů při laserovém řezání dochází ke kombinaci některých z těchto třech procesů. Na obrázku níže je znázorněn princip laserového řezání.



Obr. 4-19 Princip laserového řezání [08]

Při tvorbě technologie opracování se jako první krok zvolí technologická tabulka dle materiálu a jeho tloušťky. Dále se nastaví pořadí opracovaných otvorů a tzv. propal, což je místo, kde se laser protaví skrz plech, najede na obrys a ten následně opracuje (obr. 4-20 Detail). Je důležité, aby nastavený propal nezasahoval do obrysu, což se stává především u malých a komplikovaných otvorů. Dále se díl musí odřezávat do plného materiálu, vlivem tepla při řezání dochází k prohýbání plechu a u dlouhých dílů může docházet k velkým nepřesnostem. Na obrázku (obr. 4-20) je vidět postupné odřezávání dílu Plášť 1 v pěti krocích.



Obr.4-20 Postupné vyřezávání dílu Plášť 1 na laseru v pěti krocích

Po vyříznutí celého obrysu se u dílců může stát, že se na roštu sklopí a hlava laseru do něj narazí. Proto se musí zajistit, aby u dílů menších než 100 milimetrů nedocházelo k přejezdu přes hotové díly, nebo se musí použít takzvaný můstek. Laser tím pádem díl neodřízne úplně a nehrozí sklopení dílu. Tento můstek se po vylomení dílu z tabule odstraní.

Při kalkulaci se musí u dílů se závity do celkové ceny zahrnout cena nýtovacích matic a jejich nalisování. Jedna nerezová šestihranná nýtovací matice M4 stojí 2,80 Kč a cena za nalisování je 3 Kč/ks.

Pro jednotlivé díly je tedy cena vícenákladů:

Díl	Nýtovací matice	Práce	Celkem
- Dno	4 x 2,80 = 11,20 Kč	4 x 3 = 12 Kč	23,20 Kč
- Přepážka 1	6 x 2,80 = 16,80 Kč	6 x 3 = 18 Kč	34,80 Kč
- Přepážka 2	6 x 2,80 = 16,80 Kč	6 x 3 = 18 Kč	34,80 Kč

V tabulce (tab. 4-5) jsou vidět ceny jednotlivých dílů při výrobě na stroji TruLaser 5040. Pro výpočet ceny za opracování dílu na laseru je provozní nákladová cena stanovena na 4200 Kč/hod.

Laser TruLaser 5040			Materiál				Cena celkem
Název dílu	Doba zpracování	Nákladová cena na ks	Nejlepší využití materiálu	Cena mat.za kg	Cena materiálu na kus	Cena nýt. matic + práce	
Dno	0,12 min	8,40 Kč	0,643 kg/ks	85 Kč	54,70 Kč	23,20 Kč	86,30 Kč
Víko	0,07 min	4,90 Kč	0,75 kg/ks	20 Kč	15Kč	-----	19,90 Kč
Plášť 1	0,22 min	15,40 Kč	1,389 kg/ks	25 Kč	34,80 Kč	-----	50,20 Kč
Přepážka 1	0,25 min	17,50 Kč	1,293 kg/ks	85 Kč	110 Kč	34,80 Kč	162,30 Kč
Přepážka 2	0,35 min	24,50 Kč	1,293 kg/ks	85 Kč	110 Kč	34,80 Kč	169,30 Kč
Plášť 2	0,18 min	12,60 Kč	1,44 kg/ks	25 Kč	36 Kč	-----	48,60 Kč
Doraz zámku	0,02 min	1,40 Kč	$3,354 \times 10^{-2}$ kg/ks	20 Kč	0,70 Kč	-----	2,10 Kč
Držák kompresoru	0,23 min	16,10 Kč	0,362 kg/ks	85 Kč	30,80 Kč	-----	46,90 Kč

Tab. 4-5 Nákladové ceny na opracování a materiál pro jednotlivé díly na stroji TruLaser 5040

5 ZHODNOCENÍ OBOU TECHNOLOGIÍ

Pro zhodnocení obou technologií nám poslouží následující tabulka (tab. 5-1) s nákladovými cenami na kus za opracování na daném stroji dle technologie, zvýrazněna je vždy levnější technologie opracování, která bude použita pro výrobu.

Název dílu	TruPunch 5000R	TruLaser 5040	Nejvýhodnější technologie
Dno	75,20 Kč	86,30 Kč	TruPunch 5000R
Víko	29,70 Kč	19,90 Kč	TruLaser 5040
Plášť 1	60,40 Kč	50,20 Kč	TruLaser 5040
Přepážka 1	155,80 Kč	162,30 Kč	TruPunch 5000R
Přepážka 2	162,10 Kč	169,30 Kč	TruPunch 5000R
Plášť 2	63,80 Kč	48,60 Kč	TruLaser 5040
Doraz zámku	2,60 Kč	2,10 Kč	TruLaser 5040
Držák kompresoru	48,30 Kč	46,90 Kč	TruLaser 5040

Tab. 5-1 Nákladové ceny pro jednotlivé díly a pro obě technologie

6 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO KOMPLETNÍ SESTAVU

Technologický postup						Listů: 4	List: 1	
Název sestavy: 4S02000 Výčepní automat JG1						Revize: A-00+		
						Vypracoval: Hansalander		
						Schválil: Sláma		
						Dne: 23.8.2011		
Číslo výkresu:	Název dílu:	Polotovary:	Materiál:	Hmotnost:	Komaxit:	Počet kusů:	Revize:	
4S02001	Dno	Plech 1,5 nerez mořený	1.4301	0,547 kg	----	1	A-00+	
4S02002	Víko	Plech 1,5 černý DC01	S 235	0,641 kg	RAL 9005 lesk	1	A-00+	
4S02003	Plášť 1	Plech 1,0 černý DC01	S 235	1,310 kg	RAL 9005 lesk	1	A-00+	
4S02004	Přepážka 1	Plech 1,5 nerez mořený	1.4301	1,068 kg	----	1	A-00+	
4S02005	Přepážka 2	Plech 1,5 nerez mořený	1.4301	0,985 kg	----	1	A-00+	
4S02006	Plášť 2	Plech 1,0 černý DC01	S 235	0,950 kg	RAL 9005 lesk	1	A-00+	
4S02007	Doraz zámku	Plech 1,5 černý DC01	S 235	0,024 kg	RAL 9005 lesk	1	A-00+	
4S02008	Držák kompresoru	Plech 1,5 nerez mořený	1.4301	0,268 kg	----	1	A-00+	
Číslo oper.:	Název dílu:	Úkon:	Pracoviště a druh stroje:	Popis práce:	Polotovary:	Formát plechu:	Doba zpracování:	Použitý nástroj:
1	Dno	Vysekávání	Vysekávací stroj TruPunch 5000R	Vysekání děr, vylisování krčků, řezání závitů M4, obsekání dílu děličem s gumovým přídržovačem.	Plech 1,5 nerez mořený 1.4301	Malý formát 2000 x 1000 mm	0,43 min	Kulatý 2,5
2		Kontrola						Kontrola závitů
3	Přepážka 1	Vysekávání	Vysekávací stroj TruPunch 5000R	Vysekání děr, vylisování krčků, řezání závitů M4, obsekání dílu děličem s gumovým přídržovačem.	Plech 1,5 nerez mořený 1.4301	Malý formát 2000 x 1000 mm	1,02 min	Kulatý 2,5
4		Kontrola						Kontrola závitů.
5	Přepážka 2	Vysekávání	Vysekávací stroj TruPunch 5000R	Označení pozic navařovacích šroubů, vysekání děr, vylisování krčků, řezání závitů M4, obsekání dílu děličem s gumovým přídržovačem.	Plech 1,5 nerez mořený 1.4301	Malý formát 2000 x 1000 mm	1,20 min	Důlčík horní
6		Kontrola						Kontrola závitů.

7	Víko	Řezání na laseru	Laser TruLaser 5040	Vyříznutí díry pro zámek a následně obrysu dílu.	Plech 1,5 černý DC 01 S 235	Malý formát 1000 x 2000 mm	0,07 min	Tryska průměr 2,7 mm Plyn: Kyslík
8		Kontrola		Optická kontrola dílu.				
9	Plášť 1	Řezání na laseru	Laser TruLaser 5040	Vyříznutí všech otvorů a následně obrysu dílu.	Plech 1,0 černý DC 01 S 235	Střední formát 1250 x 2500 mm	0,22 min	Tryska průměr 2,0 mm Plyn: Kyslík
10		Kontrola		Optická kontrola dílu.				
11	Plášť 2	Řezání na laseru	Laser TruLaser 5040	Vyříznutí všech otvorů a následně obrysu dílu.	Plech 1,0 černý DC 01 S 235	Velký formát 1500 x 3000 mm	0,18 min	Tryska průměr 2,0 mm Plyn: Kyslík
12		Kontrola		Optická kontrola dílu.				
13	Doraz zámku	Řezání na laseru	Laser TruLaser 5040	Vyříznutí obrysu dílu.	Plech 1,5 černý DC 01 S 235	Velký formát 1500 x 3000 mm	0,02 min	Tryska průměr 2,7 mm Plyn: Kyslík
14		Kontrola		Optická kontrola dílu.				
15	Držák kompresoru	Řezání na laseru	Laser TruLaser 5040	Vyříznutí všech otvorů a následně obrysu dílu.	Plech 1,5 nerez mořený 1.4301	Velký formát 1500 x 3000 mm	0,23 min	Tryska průměr 2,7 mm Plyn: Dusík
16		Kontrola		Optická kontrola dílu.				
17	Dno	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 4				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
18	Dno	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
19	Víko	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 5				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
20	Víko	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
21	Plášť 1	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 6				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W6/84°
22	Plášť 1	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544

23	Přepážka 1	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 6				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
24	Přepážka 1	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
25	Přepážka 2	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 6				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
26	Přepážka 2	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
27	Plášť 2	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 2				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W6/84°
28	Plášť 2	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
29	Doraz zámku	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 1				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
30	Doraz zámku	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
31	Držák kompresoru	Ohýbání	Ohraňovací lis TruBend V1300	Ohnutí dílu dle výkresu. Počet ohybů: 5				Horní nástroj: OW 202/K R0,5/28° Dolní nástroj: EV W12/84°
32	Držák kompresoru	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola rozměrů každého pátého dílu, povolená odchylka rozměru ±0,3 mm, povolená odchylka úhlu ±2°.				3D měřicí zařízení Mitutoyo Crysta Plus M544
33	Plášť 2 + Doraz zámku	Bodové svařování	Stojanová bodovací svářečka Telwin PCP 18	Bodově přivařit Dorazu zámku na Plášť 2 dle výkresu 4S02000-2 A-00+.				Elektrody rovné Ø 3mm
34	Plášť 2 + Doraz zámku	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola pozice Dorazu zámku vůči Plášti 2.				Digitální posuvné měřítko

35	Přepážka 2	Navaření šroubů M3	Navařovací přístroj Nelson N10	Navaření nerezových šroubů M3x12 - 16ks dle pozic důlčků.				Nástavec do pistole pro M3
36	Přepážka 2	Kontrola	Kontrolní úsek	Kontrola pozic šroubů.				Speciální šablona 4S02005-2
37	Víko	Práškové lakování	Lakovna	Odmaštění dílu, nanesení barvy RAL 9005 lesk, vypálení v peci.				
38	Víko	Kontrola	Lakovna	Kontrola vrstvy nanesené barvy, požadovaná vrstva 70μm ±10μm				Tloušťkoměr vrstvy barvy
39	Plášť 1	Práškové lakování	Lakovna	Odmaštění dílu, nanesení barvy RAL 9005 lesk, vypálení v peci.				
40	Plášť 1	Kontrola	Lakovna	Kontrola vrstvy nanesené barvy, požadovaná vrstva 70μm ±10μm				Tloušťkoměr vrstvy barvy
41	Plášť2 + Doraz zámku	Práškové lakování	Lakovna	Odmaštění dílu, nanesení barvy RAL 9005 lesk, vypálení v peci.				
42	Plášť 2 + Doraz zámku	Kontrola	Lakovna	Kontrola vrstvy nanesené barvy, požadovaná vrstva 70μm ±10μm				Tloušťkoměr vrstvy barvy
43	Dno, Víko, Plášť 1, Přepážka 1, Přepážka 2, Plášť 2, Doraz zámku, Držák kompresoru Šroub M4 s okrasnou hlavou - 12 ks	Expedice	Expedice	Díly bezpečně zabalit a připravit na expedici				

7 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout optimální technologický postup pro výrobu dané sestavy plechových dílů s ohledem na strojní park výrobního podniku a to včetně nových konstrukčních změn, které jsem navrhnul dle požadavků zákazníka.

V první části jsem se zabýval seznámením s výkresovou dokumentací a jejím zpracováním. Pokusil jsem se zde objasnit základy práce v programu SolidWorks, kde jsem se věnoval dvěma základním způsobům modelování plechových dílců, a to modelování z rozloženého stavu a postupné modelování za využití prvků specifických pro plechové díly.

V přípravě technologické přípravy výroby jsem popsal cestu převádění jednotlivých souborů použitých v přípravě výroby dle použitého softwaru. A popsal dostupný strojní park výrobního podniku.

V další kapitole jsem si jako první krok každý díl poskládal do třech standardních formátů, pomocí softwaru TruNest a vypočítal koeficient využití materiálu pro všechny díly dle použitého formátu plechu a to jak pro vysekávací stroj TruPunch 5000R, tak i pro laser TruLaser 5040.

Následně jsem popsal ve dvou kapitolách jednotlivé možnosti vysekávacího stroje a laseru a každý díl opracoval pomocí softwaru TruPunch pro vysekávací stroj a TruLaser pro laser. Dostal jsem vždy dobu opracování a vypočítal nákladové ceny za opracování dílu včetně ceny použitého plechu pro výrobu a případných vícenákladů.

V další kapitole jsem provedl zhodnocení obou dostupných technologií dle ceny za výrobu kompletních dílů a zvolil nejvhodnější technologii pro každý díl sestavy. Následně jsem vytvořil technologický postup pro celou sestavu, který byl použit pro výrobu.

Původně byla sestava výdejního automatu vyráběna na vysekávacím stroji TruPunch 1000, který je oproti stroji TruPunch 5000R dvakrát pomalejší a je schopen zpracovávat pouze plechy v maximálním rozměru 2050 x 1250 mm. Laserová technologie opracování nebyla v předchozím výrobním podniku k dispozici.

Podařilo se tedy snížit celkové náklady na výrobu o 16 % oproti ceně za výrobu původního konstrukčního řešení. Zvolením standardního formátu s nejlepším využitím materiálu a zvolením nejvýhodnější technologie opracování pro každý díl sestavy bylo ušetřeno 11 % z celkových ušetřených nákladů. Zbýlých 5 % bylo ušetřeno novým konstrukčním řešením, kde byly odstraněny nýtovací matice a nahrazeny lisovací šrouby za šrouby navařovací. Další úspora byla v přípravcích na nalisování lisovacích šroubů a ušetřili se náklady za skladování obdélníkového nerezového profilu 30 x 15 mm.

V Českých Budějovicích dne 5.5.2012

podpis:

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Cibulka Václav, Němejc Jiří
Základní terminologie z oblasti projektování výrobních procesů a systémů,
Plzeň: Západočeská univerzita 2001
- [2] Vigner Miloslav, Král Mirko, Zelenka Antonín
Metodika projektování výrobních procesů
Praha: SNTL 1984
- [3] Zelenka Antonín, Preclík Vratislav, Haninger Milan
Projektování procesů obrábění a montáží
Praha: ČVUT 1999
- [4] www.cz.trumpf.com
- [5] www.timendt.com
- [6] www.mitutoyo-czech.cz
- [7] www.cs.wikipedia.org
- [8] www.lao.cz

8 SEZNAM PŘÍLOH:

	Počet listů:
[1] Nastavovací plán dílu Víko pro laser TruLaser 5040	2
[2] Nastavovací plán dílu Víko pro vysekávací stroj TruPunch 5000R	2
[3] Výkres sestavy výdejního automatu	1
[4] Výkres dílu Dno	1
[5] Výkres dílu Víko	1
[6] Výkres dílu Plášť 1	1
[7] Výkres dílu Přepážka 1	1
[8] Výkres dílu Přepážka 2	1
[9] Výkres dílu Plášť 2	1
[10] Výkres dílu Doraz zámku	1
[11] Výkres dílu Držák kompresoru	1
[12] Výkres sestavy dílů Plášť 2 a Doraz zámku	1
[13] Rozložený pohled sestavy	1