

Výroba komponentu krytování

Bc. Markéta Plšková

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta PLŠKOVÁ**
Osobní číslo: **T11178**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Výroba komponentu krytování**

Zásady pro vypracování:

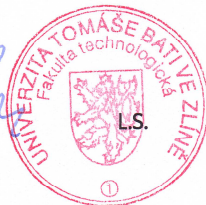
1. Vypracujte studii na dané téma
2. Vypracujte návrh součástky z plechu
3. Proveďte zpracování technické dokumentace pro součást z plechu
4. Proveďte ekonomické zhodnocení výroby zadané součástky

Rozsah diplomové práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Dle doporučení vedoucího diplomové práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Knedlová**
Fakulta technologická
Datum zadání diplomové práce: **8. února 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: PLŠKOVÁ MARLETA

Obor: VI

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, považuji 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 10.5.2013


.....

³¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

V diplomové práci je provedena studie na téma technologie zpracování plechu. Tyto technologie mají v průmyslu klíčovou funkci. V praktické části je vymodelována součást z plechu ve 3D programu. Pro tuto součást je i zpracována technická dokumentace. Cílem je vznik součástky od návrhu po finální výrobek. V závěru práce je provedeno ekonomické zhodnocení výroby s výpočtem doby návratnosti investice.

Klíčová slova: součást z plechu, laserové zařízení, laserové řezání, ohýbání, technologický postup, technická dokumentace.

ABSTRACT

The aim of this Master thesis is to do a research on a topic Technology Sheet of Metal Processing. These technologies have a crucial function in the industry. In a practical part there is a modelled metal plate component in a 3D program. For this component is a technical documentation processed. The aim is to create a component from its draft to a final product. In conclusion of this thesis the economical evaluation is done together with the output with a calculation of a return on investment.

Keywords: sheet metal part, laser device, laser cutting, bending, technological procedure, technical documentation.

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Ing. Janě Knedlové za ochotu, odborné vedení, trpělivost při konzultacích, připomínky a rady, kterými přispěla k vypracování této diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PLECHŮ	12
1.1 ŘEZÁNÍ LASEREM	12
1.1.1 CO ₂ laser	16
1.2 STŘÍHÁNÍ.....	17
1.2.1 Stříhání prosté	20
1.2.2 Vystříhování a děrování	21
1.2.3 Ostříhování a přistříhování.....	22
1.2.4 Přesné stříhání	22
1.2.5 Nastříhování, prostříhování a protrhávání.....	23
1.3 OHÝBÁNÍ.....	23
1.3.1 Ohýbání prosté	27
1.3.2 Ohraňování	28
1.3.3 Rovnání	29
1.3.4 Lemování a obrubování.....	29
1.3.5 Osazování, drápkování a zkrucování	29
1.4 STROJE A ZAŘÍZENÍ K TVÁŘENÍ PLECHU	30
1.5 PRAVIDLA TECHNOLOGIČNOSTI PRO STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	32
1.6 SVAŘOVÁNÍ.....	32
1.6.1 Tavné svařování	34
1.6.2 Speciální metody tavného svařování.....	39
2 VÝROBNÍ PROCES VE STROJÍRENSTVÍ	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	46
3 ZAŘÍZENÍ NA PRACOVIŠTI	47
3.1 OHRAŇOVACÍ LIS OPTIMA 160 – DNC 900	47
3.1.1 Grafický řídicí systém DNC 900.....	49
3.2 LASERPRESS 180 LW	51
3.3 TRULASER 3030	52
3.3.1 JETCAM v16	58
4 SOUČÁST Z PLECHU	59
4.1 NÁVRH SOUČÁSTÍ Z PLECHU	60
4.2 ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	62
4.3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP	62
5 ETAPY VÝROBY	64

5.1	PŘÍPRAVA VÝROBY.....	64
5.2	VLASTNÍ VÝROBA.....	64
5.3	DOKONČENÍ VÝROBY	67
6	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY.....	69
6.1	POROVNÁVÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ	69
6.2	VÝPOČET DOBY NÁVRATNOSTI.....	78
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	82
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK.....	89
	SEZNAM PŘÍLOH.....	90

ÚVOD

Zpracování plechových materiálů má v průmyslu velmi důležitou funkci. Snad skoro v každém výrobku jsou zabudovány plechové díly. Rychlé inovace výrobků, výroba malosériových a kusových výrobků nebo úprava přístřihů, kladou velké nároky na přizpůsobivost technologie výroby tvarových plechových výstřižků.

V minulosti se zajišťovala výroba výstřižků z plechů ručně. Obtížně se dodržovala rovnoměrná kvalita produkce. Pro sériovou výrobu se velmi často vyráběly jed nouúčelové a drahé vysekávací nástroje. U těchto nástrojů probíhaly velmi obtížně další změny tvarů výrobku. Nejefektivněji se při výrobě plechových výstřižků pro kusovou a malosériovou výrobu v současné době jeví výroba na CNC prostřihovacích lisech a laserových vypalovacích strojích. Polotovary vyrobené tímto způsobem, se obvykle dále zpracovávají ohýbáním a svařováním.

Při vhodném programovém vybavení CAD/CAM CNC technologie se významným způsobem zkracují časy mezi konstrukční kanceláří a vlastní výrobou dílců, protože počítačové soubory konstruktérů lze okamžitě využít pro programování CNC výrobních strojů a zařízení.

Pomocí těchto technologií získáváme záruku vysoké a rovnoměrné kvality plechových dílů, možnost pružných změn výroby a rychlých změn cyklů výrobků. Jednou z velkých nevýhod těchto technologií je však vysoká finanční náročnost při pořizování a vysoké nároky na obsluhu. Pro spousty firem, není objem výroby plechových dílců velký a jejich pořízení je silně neefektivní. V případě ztíženého přístupu ke kapitálu i často nedostupné.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PLECHŮ

Tenké ocelové pásy a plechy jsou hlavní surovinou nejen pro lisovny v každém vyspělém státě, ale i pro jiná výrobní odvětví. Do popředí vystupuje požadavek o co nejvyšší efektivnost výroby součásti. A právě efektivnost technologie výroby používající tenké ocelové plechy a pásy za vstupní surovinu je tak výhodná, že lze prohlásit, že je-li možno vyrobit určitou součást z plechu, je nepravděpodobné, že by výroba jiným způsobem byla levnější. Je samozřejmé, že má-li být dosaženo co nejefektivnějšího způsobu zpracování výrobků z tenkých plechů, musí být proveden celý materiálově technicko-výrobní cyklus i manipulace a skladování promyšleným způsobem. [2]

Charakteristika procesu výroby se člení do jednotlivých etap. Jednotlivé etapy jsou zde podrobně popsány. Mezi zmiňované patří tradiční technologie, jako jsou například ohýbání, ohraňování, stříhání spolu s nekonvenční technologií řezání laserem. Z dalších technologií jsou uváděny i různé informace o použití svařování.

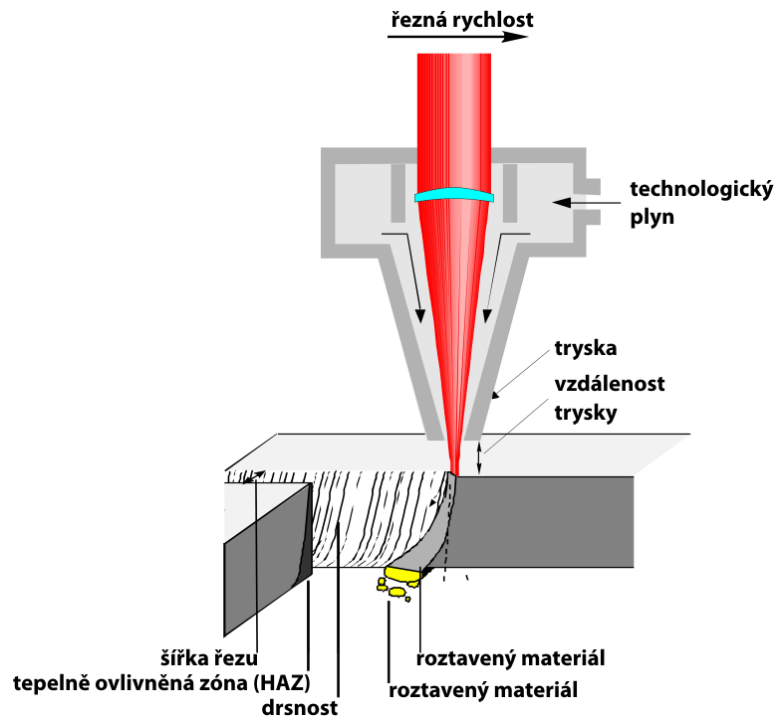
1.1 Řezání laserem

Podstatou laserového řezání je, co nejrychleji lokálně odpařit materiál za pomoci energie laserového záření při zachování co nejmenší oblasti zasažené tepelnými účinky. Při laserovém řezání se přivádí souose s laserovým svazkem na místo řezání proud plynu. Při řezání se pohybuje buď laserový svazek po obrobku, nebo častěji obrobek vůči svazku. Rychlost řezu závisí na vlastnostech materiálu, jeho tloušťce a druhu přídavného plynu. Velmi efektivně lze laserovým svazkem řezat především materiály s malou tepelnou vodivostí. Tato technologie je prakticky nehlučná a bezodpadová, jen vznikající kouřové zplodiny je třeba odvádět. [5]

Při vlastním procesu řezání laserem v podstatě dochází ke třem různým procesům:

- Sublimační řezání
- Tavné řezání
- Řezání plamenem

Ve většině případů při laserovém řezání dochází ke kombinaci některých z těchto tří procesů. Na obrázku níže je znázorněn princip laserového řezání. [4]



Obr. 1 Princip metody řezání laserem [4]

Základní charakteristiky procesu řezání laserem:

- **rychlost řezání**

Závisí na způsobu řezání, výstupním výkonu paprsku laseru, požadované kvalitě řezu, tloušťce a druhu řezaného materiálu.

- **kvalita řezu**

Hodnotí se podle jakosti řezané plochy (dosahuje se Ra 3,2 až 12,5 mm) a tloušťky tepelně ovlivněné oblasti (bývá 0,05 až 0,2 mm).

- **šířka řezné spáry**

Je dána druhem laseru, druhem a tloušťkou řezaného materiálu (bývá 0,02 až 0,2 mm). [7]

Tavné řezání

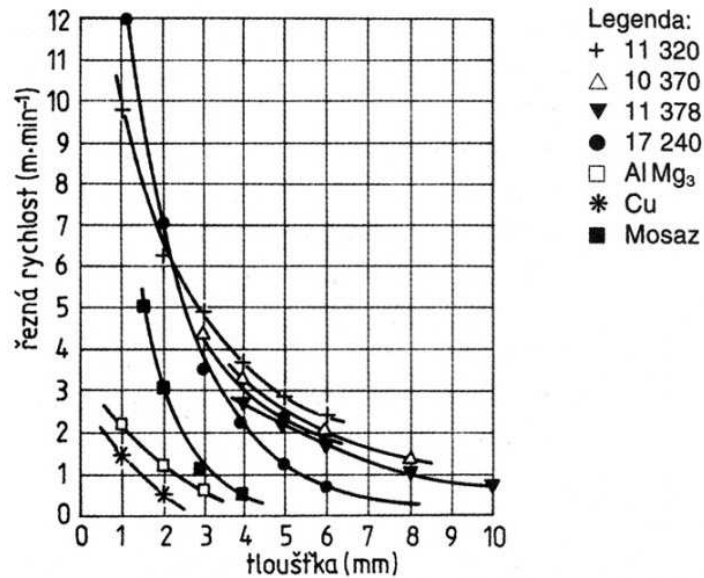
U tavného řezání laserem se dělený materiál lokálně nataví a vzniklá tavenina se od základního materiálu odděluje proudem vysoce čistého inertního plynu, který se do místa řezu přivádí, ale na vlastním procesu řezání se nepodílí. Ve srovnání s ostatními metodami řezání laserem lze u tohoto způsobu docílit jen nižší řezné rychlosti. Laserový paprsek je jen velmi málo absorbován, proto je tento způsob vhodný především k vytváření nezoxidovaných řezů kovových materiálů (nerezových ocelí, hliníku, mosazi, mědi apod.). Použijeme-li jako inertní plyn dusík s vysokou čistotou a vysokým tlakem na trysce, jsou výsledkem řezání kovové lesklé řezné plochy, které nevyžadují žádné finální úpravy. V závislosti na kvalitě řezaného materiálu se mohou na spodní hraně řezu objevit otřepy, které je nutno odjehlit.[8]

Oxidační řezání (řezání plamenem)

Oxidační řezání laserem se od tavného řezání liší pouze použitím kyslíku jako řezného plynu. Vzájemným účinkem kyslíku s roztaveným povrchem kovu vzniká exotermní reakce, která má za následek další ohřívání materiálu. Tento způsob není vhodný pro zhotovování ostrých geometrických tvarů, malých otvorů, apod. Určitým východiskem je přechod na pulzní provoz laseru, kdy se řezaný materiál v mezeře mezi jednotlivými pulzy ochladí a nenastává exotermní reakce. Dalším vylepšením kvality řezu je možné dosáhnout regulací výkonu laseru, který musí být optimalizován dle tloušťky materiálu. Řezná rychlost je pak omezena sníženým výkonem laseru. [8]

Sublimační řezání

Sublimační způsob řezání, při kterém dochází k odpařování materiálu v místě řezu, se v dnešní době velmi málo používá. Pro minimalizaci tavné zóny, která vzniká na hraně řezu, je nutná vysoká hustota energie laserového paprsku. Zároveň se musí kontrolovat tloušťka řezaného materiálu, která nesmí překročit průměr paprsku, aby páry materiálu znovu nezkondenzovaly a nesvařily řez. Tato omezení platí u materiálů, u nichž vzniká tekutá fáze. U materiálů, které se netaví, jako například dřevo nebo keramika, omezovací faktor tloušťky neplatí. Sublimační řezání vyžaduje pečlivé nastavení optiky v závislosti na tloušťce materiálu. [8]



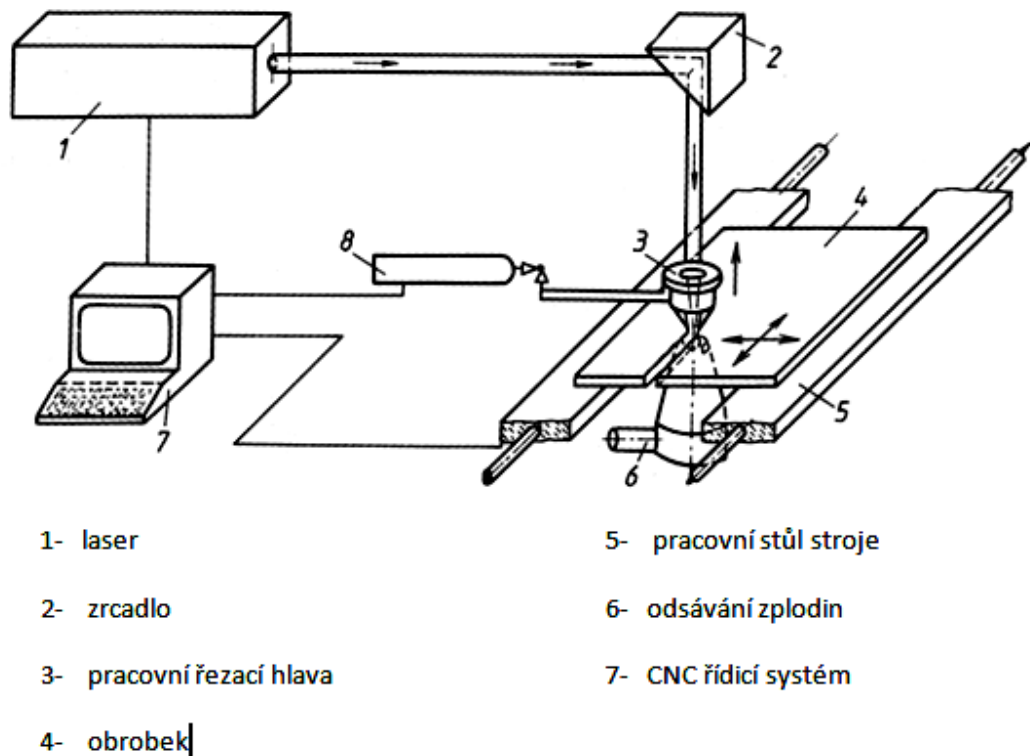
Obr. 2 Závislost řezné rychlosti na tloušťce a druhu řezaného materiálu -1 500 W [7]

Výhody řezání laserem:

- malá šířka řezu,
- malá velikost tepelně ovlivněné oblasti,
- žádné opotřebení nástroje,
- čisté řezy,
- dosahuje se vysokých přesností,
- přípravné práce a seřizování jsou časově poměrně málo náročné,
- možnost řezání složitých tvarů,
- hospodárnost i při malých výrobních sériích.

Nevýhody řezání laserem:

- vysoká pořizovací cena zařízení,
- malá účinnost s ohledem na celkový příkon zařízení,
- snížení efektivity procesu u řezání lesklých materiálů, u oceli s obsahem Si a P,
- přísná bezpečnostní opatření a náročnost údržby. [1]



Obr. 3 Schéma zařízení pro řezání laserem [7]

1.1.1 CO₂ laser

Toto zařízení je vhodné pokud potřebujeme udělat přesné, tvarované otvory do plechu nebo vyrobit přesný, tvarovaný plochý díl, třeba i nerezový. Pomocí řezání CNC laserem se provedou i ty nejnáročnější požadavky na kvalitu, přesnost i rychlost při řezání plechů a ostatních plochých materiálů. [10]

Výhody CO₂ laserového řezání:

- Řezání bez mechanického kontaktu s výrobkem
- Opracování obtížně přístupných částí materiálu
- Vysoká rychlost
- Vysoká přesnost řezu
- Minimální zóna tepelného působení
- Možnost automatizace a sériové výroby

CNC laserové řezání plochých materiálů je špičková technologie, která výrobkům dodá punc nejvyšší kvality, ať už se jedná o ploché materiály, nebo o profily. Toto zařízení dosáhne nejvyšší dosažitelnou kvalitu řezání plechů a ostatních plochých materiálů. [10]

Příklad parametrů stroje Laser Trumpf TruFlow 4000:

- Maximální výkon 4000 W
- Stavební ocel do tloušťky 20 mm
- Nerez do tloušťky 15 mm
- Hliníkové slitiny do tloušťky 10 mm
- Formát plechu (max.): 4000x2000 mm
- Přesnost-poziční odch.: 0,05 mm
- Max. hmotnost obrobku: 1250 kg
- Polotovary: plech



Obr. 4 CNC laserové řezání [10]

1.2 Stříhání

Stříhání je oddělování materiálu namáhaného nad mez pevnosti ve stříhu. [2]

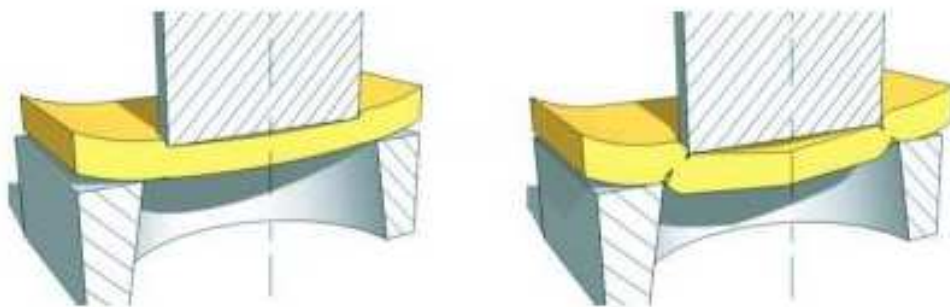
Dělí se na:

- stříhání prosté
- vystřihování
- děrování

- přiosťrování
- ostřihování
- přesné stříhání
- nastřihování
- prostřihování
- vysekávání
- prothávání

Průběh stříhání se dá rozdělit do tří částí. V první dosedá střížný nástroj na povrch stříhaného materiálu, kde jeho působením vznikají plastické deformace. Střížník v této fázi se nachází v hloubce 5 – 8 % tloušťky materiálu. Materiál je namáhán v ploše mezi střížníkem a střížnicí. Tímto způsobem dochází ke vzniku silových dvojic, které materiál namáhají ohybem. Po překročení meze kluzu stříhaného materiálu dochází k jeho trvalé deformaci. V této fázi se střížník nachází v 10 – 25 % jeho tloušťky.

Třetí fáze se začne projevovat vznikem mikrotrhlin u hran střížníku, které se vzápětí změní v makroskopické trhliny. Materiál je tedy namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. Prodlužování trhlin je již výsledkem oddělování materiálu. Její rychlost je závislá na mechanických vlastnostech materiálu a průběh na velikosti střížné vůle. [6]

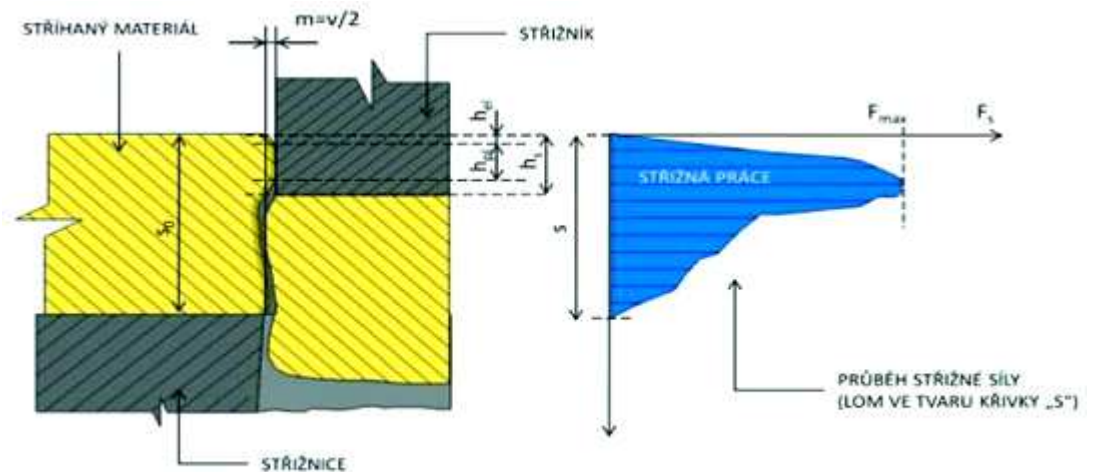


Obr. 5 Fáze průběhu stříhání [11]

Střížná síla je síla, která je zapotřebí k vystřižení výrobku z pásu plechu, tabule. Velikost střížné síly se v průběhu pracovního zdvihu mění. V každém okamžiku je dána součinem dvou proměnných veličin, střížného odporu a stříhané plochy. Pokud stříháme křehké ma-

teriály, tak ustřížení nastane již při mírném proniknutí střížníku do stříhaného materiálu. U měkkých materiálů vniká střížník hlouběji. V průběhu stříhání střížný odpor vlivem zpevnování stříhaného materiálu vzrůstá. [6]

Při reálném stříhání nedochází pouze k čistému smykovému ale ke kombinovanému namáhání, proto střížnou sílu navyšujeme o 20 – 50 %. Při stříhání křehkých materiálů dochází k jejich porušení ihned po vniknutí střížníku u houževnatých materiálů, dochází však k jejich zpevnování a růstu střížného odporu a síly.



m - střížná mezera [mm]

v - střížná vůle [mm]

h_{el} - hloubka elastického vniknutí [mm]

h_{pl} - hloubka plastického vniknutí [mm]

h_s - hloubka vniku střížné hrany v okamžiku oddělení [mm]

A - střížná práce [J]

k - součinitel hloubky vtlačení (0,4-0,7)

s, s_0 - tloušťka stříhaného plechu [mm]

F_s - střížná síla [N]

Obr. 6 Střížná síla [3]

Průběh střížné síly F_s v závislosti na poloze střížníku a lze ji snížit až o 30 – 40 % úpravou hrany střížníku jeho zešikmením.

Střížná vůle je rozdíl mezi rozměrem střížníku a střížnice. Její velikost závisí na tloušťce stříhaného materiálu a jeho pevnosti. Čím měkčí a tenčí materiál stříháme, tím je vůle menší. [9]

Tab. 1 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [9]

Tloušťka materiálu s [mm]	Mez pevnosti R_m [MPa]					
	Do 400		400 až 600		Nad 600	
	v [%s]	v [mm]	v [%s]	v [mm]	v [%s]	v [mm]
0,1	3 - 5	0,003-0,005	5 - 7	0,005-0,007	7 - 9	0,007-0,009
0,2		0,006-0,010		0,010-0,014		0,014-0,018
0,3		0,009-0,015		0,015-0,021		0,021-0,027
0,4		0,012-0,020		0,020-0,028		0,028-0,036
0,5		0,015-0,025		0,025-0,035		0,035-0,045
0,6	4 - 6	0,024-0,036	6 - 8	0,036-0,048	8 - 10	0,048-0,060
0,8		0,032-0,048		0,048-0,064		0,064-0,080
1,0		0,040-0,060		0,060-0,080		0,080-0,100
1,2		0,048-0,072		0,072-0,096		0,096-0,120
1,5		0,060-0,090		0,090-0,120		0,120-0,150
1,8	5 - 7	0,090-0,126	7 - 9	0,126-0,162	9 - 11	0,162-0,198
2,0		0,100-0,140		0,140-0,180		0,180-0,220
2,5		0,125-0,175		0,175-0,225		0,225-0,275
3,0		0,150-0,210		0,210-0,270		0,270-0,330

1.2.1 Stříhání prosté

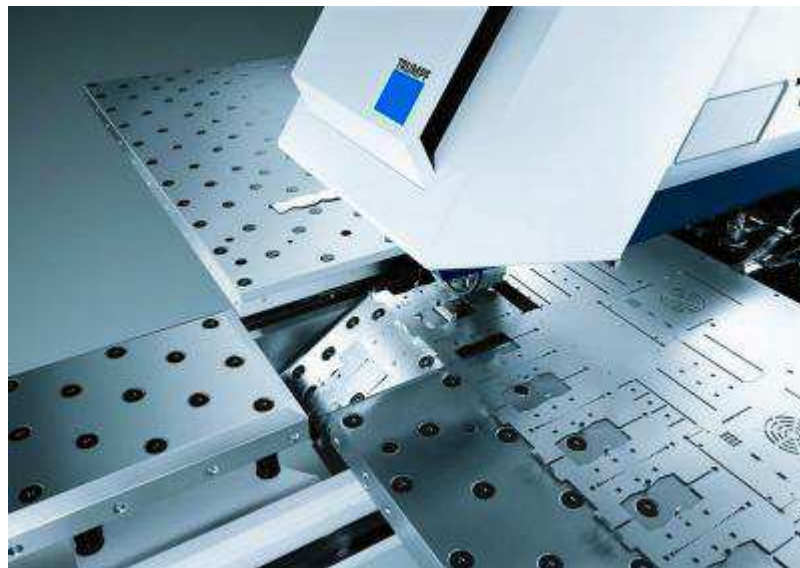
Jedná se o oddělování materiálu z tabulí, pruhů a pásů na polotovary ohraničené přímkami nebo křivkami stříhu. Stříhání se provádí na tabulových nůžkách (nůžky se skloněnými noži) nebo na kotoučových nůžkách (nůžky s kruhovými noži). Tabulové nůžky pro hrubé plechy se mohou vyrábět například pro délku stříhu 1000, 2000 a 2500mm . [2]



Obr. 7 Hydraulické tabulové nůžky s nastavitelným úhlem stříhu [12]

1.2.2 Vystříhování a děrování

Pro vystříhování, kdy výrobkem je vystřižená část a také i pro děrování, kdy vystřižená část se stává odpadem, platí stejné podmínky. Celková síla se skládá ze síly střížné, stírací a vysouvací. [2]



Obr. 8 Děrovací stroj od firmy Trumpf [11]

1.2.3 Ostříhování a přistříhování

Těmito pojmy se rozumí oddělování přebytečného materiálu a dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých a kolmých ploch stříhu.

U **ostříhování** se jedná o oddělování přebytečného materiálu od výtažku. V tomto případě tedy za cíl není dosažení kvalitní střížné plochy, ale celkového rozměru.

U **přistříhování** se jedná o dosažení přesných tvarů, rozměrů, anebo hladkých ploch. Přistříhování je technologií přesného stříhání ve dvou operacích.

Tyto dvě technologie se od sebe liší pouze velikostí přídavku. Ten je při ostříhování 3 až 10 mm. Při přistříhování se pohybuje od 0,2 až 0,3 mm.

Přistříhování by mělo začínat v místě s největší tloušťkou odebírané třísky. V případě, že by se tak nezačínalo, mohlo by dojít k utržení materiálu a zhrubnutí plochy stříhu. [2]

1.2.4 Přesné stříhání

Přesné stříhání lze uplatnit všude tam, kde střížná plocha je zároveň plochou funkční, na kterou se kladou vysoké požadavky jak na přesnost rozměrů a tvarů, tak na hladkost a kolmost povrchu. U tohoto druhu stříhání lze dosáhnout drsnosti střížných ploch až 0,5 μm (odpovídá vystružení až protahování, u vnějších rozměrů jemnému broušení). [2]

Přesné stříhání máme:

- Stříhání se zaoblenou střížnou hranou
- Stříhání za působení bočního tlaku
- Stříhání s nátláčnou hranou

Stříhání se zaoblenou střížnou hranou

Princip metody spočívá v zabránění vzniku střížné trhliny ve stříhaném materiálu zaoblením na hraně střížnice. Čím je menší mezera, tím je vliv zaoblení na jakost střížné plochy větší. Uvedený způsob stříhání je vhodný například pro měkkou ocel.

Stříhání za působení bočního tlaku

Aby u této metody nedošlo k vytvoření střížné trhliny, je nutné ovlivnit napjatost ve střížné oblasti.

Stříhání s nátláčnou hranou

V tomto případě zde nátláčná hrana zabraňuje vzniku střížných trhlin. Má tedy příznivý vliv na napjatost ve střížné oblasti. Přesné stříhání s nátláčnou hranou lze uskutečnit pouze na speciálních lisech, které jsou k tomuto účelu vyvinuté. [2]

1.2.5 Nastříhování, prostříhování a protrhávání

Nastříhování je částečné dělení materiálu v okraji bez plného oddělení.

Prostříhování je částečné stříhání materiálu libovolného tvaru uvnitř součásti.

Protrhávání materiálu je vytváření otvorů se zesílením pro řezání závitů do plechu. [2]

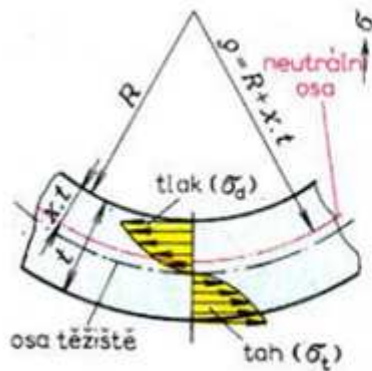
1.3 Ohýbání

Ohýbání plechu je deformování materiálu s malým odpružením, při němž se materiál vzniklými napětími buď ohýbá, nebo rovná. [2]

Patří sem tyto operace:

- ohýbání prosté,
- ohraňování, rovnání,
- zakružování,
- lemování,
- obrubování,
- osazování, drápkování a zkružování.

Ohýbání je technologická operace, při které vlivem působení ohybového momentu od ohybové síly dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Při ohýbání dochází k pružně-plastické deformaci materiálu, která má různý průběh od povrchu materiálu k neutrální ose (Obr. 10). [13]



R - vnitřní poloměr ohybu [mm]

x - součinitel posunutí neutrální osy

t - tloušťka materiálu [mm]

ρ - poloměr ohybu neutrální osy [mm]

Obr. 9 Rozložení a velikost napětí v materiálu [13]

Na velikost deformace při ohýbání materiálu mají vliv:

- kvalita materiálu a jeho tloušťka v místě ohybu,
- orientace ohybu vzhledem ke směru válcování,
- poloměr ohybu
- velikost ohybových momentů.

Ohýbání se provádí ve většině případů za studena, materiály tvrdé, křehké a průřezy o velkém modulu odporu proti ohybu se ohýbají kovářskými způsoby za tepla.

Charakteristickým znakem ohýbání je změna tvaru plochy ohýbané součástky tzv. neutrální plochy. Napětí v místě neutrální plochy mění skokem svoji velikost a znaménko (+, -).

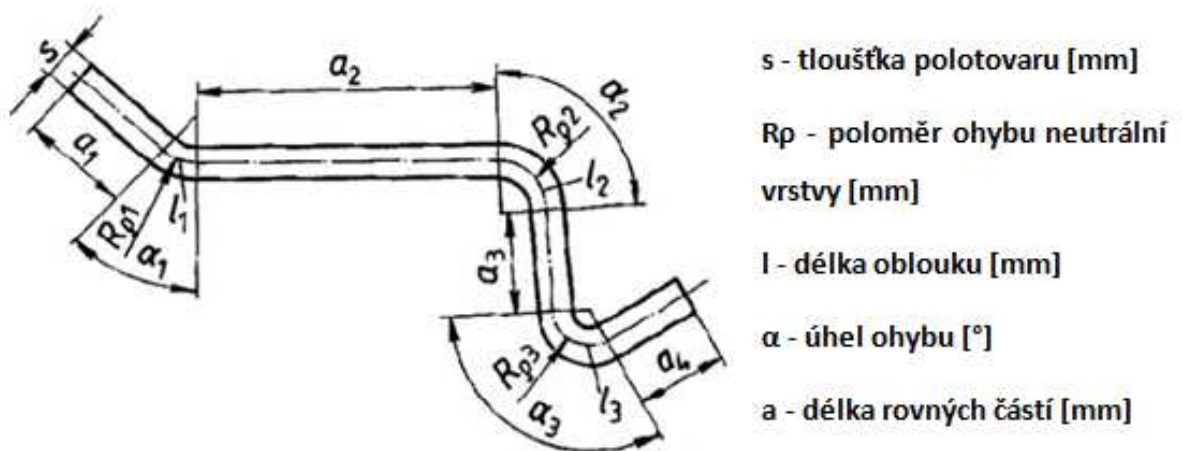
V místě ohybu vykazuje tedy ohýbaný materiál tři pásma:

- pásmo pružných deformací kolem neutrální osy,
- vnější pásmo trvalého prodloužení,
- vnitřní pásmo malého napěchování.

Rozvinutá délka polotovaru

Délka výchozího polotovaru pro součást vyráběnou ohýbáním s různými druhy ohybu se stanoví obvykle tímto postupem:

- určení poloměru ohybu neutrální vrstvy
- stanovení délek oblouků neutrální vrstvy v úsecích ohybů,
- součet jednotlivých částí ohýbané součásti [17]



Obr. 10 Stanovení délky výchozího polotovaru při ohýbání [17]

Poloměr ohybu neutrální vrstvy se stanoví podle níže uvedeného vzorce:

$$R_\rho = R + \frac{s}{2}$$

R - poloměr ohybu [mm]

Pro délku oblouku neutrální osy platí:

$$l = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot R_\rho}{180} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R + s \cdot x)$$

x - součinitel pro určení posunutí neutrální vrstvy

Poloměry ohybu

Nejmenší poloměr ohybu musí odpovídat tvárnosti materiálu. To znamená, že maximální poměrné prodloužení vnějších vláken na tahové straně ohýbaného materiálu je omezeno jeho tažností. [17]

Minimální poloměr ohybu

Pružně plastický ohyb lze provádět až do minimálního poloměru ohybu $R_{1\min}$. Další zmenšení poloměru vede k porušení na vnější tahové straně. Rozhodující pro ohýbání je tečné tahové napětí v krajních vláknech. Po dosažení meze pevnosti v tahu R_m , dochází k porušení lomem. [17]

Minimální poloměr ohybu se stanovuje:

$$R_{1\min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_{t\max}} - 1 \right)$$

$\varepsilon_{t\max}$ - maximální poměrné prodloužení krajních tahových vláken

V praxi se ale čato využívá empirického vzorce:

$$R_{1\min} = c \cdot s$$

c - součinitel pro vyjádření minimálního poloměru ohybu

Součinitel c je volen dle technologických podkladů např.:

$c = 0,5 \div 0,6$ pro ocel

$c = 0,3 \div 0,4$ pro mosaz

$c = 0,35$ pro hliník

$c = 0,25$ pro měď

Maximální poloměr ohybu

Maximální poloměr ohybu je takový, při němž v krajních vláknech na tahové straně dojde k nevratně-trvalé plastické deformaci. V jiném případě by došlo k vratnému pružnému ději a ohýbaný pás by se narovnal. [17]

Maximální poloměr ohybu $R_{1\max}$ na vnitřním poloměru R_1 :

$$R_{1\max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{\sigma_k} - 1 \right)$$

E - Modul pružnosti v tahu [MPa]

σ_k - kritické napětí v krajních vláknech [MPa]

1.3.1 Ohýbání prosté

Ohýbání prosté je tváření rovinné plochy na plochy, které jsou navzájem různě orientované, vytvářením ostrých či oblých hran. Ohýbání prosté s výraznou šířkou b než tloušťkou t řadíme ohýbání tabulí a pásů plechu. Změna délky vláken v podélném směru se kompenzuje změnou tloušťky ve směru radiálním.

Odpružení při ohybu

Velikost odpružení závisí:

- Na poloměru ohybu
- Na tloušťce materiálu
- Na vlastnostech materiálu

Menší odpružení lze zajistit pomocí malých poloměrů ohybu. Způsobují však větší namáhání materiálu a vznik trhlinek. U většího odpružení, tedy i u většího poloměru ohybu je namáhání materiálu menší. Platí, že rostoucí tloušťkou materiálu klesá velikost odpružení. Pokud potřebujeme po odpružení předepsaný tvar, je potřeba volit větší úhel ohybu.

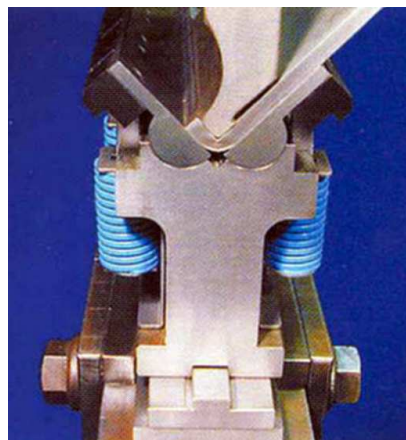
1.3.2 Ohraňování

V tomto případě se jedná o ohýbání plechu na speciálních jednoúčelových ohraňovacích lisech. Ohraňování je velmi rozšířený způsob výroby ocelových profilů. Slouží k výrobě různých tenkostěnných profilů, ale i o tloušťce 20 mm a profilů o malém poloměru zaoblení. Prakticky se od klasického ohýbání neliší. Rozdíl je pouze v délce nástroje a lisu. Délka je omezena šířkou ohraňovacího lisu.[13]



Obr. 11 Hydraulický ohraňovací lis [14]

Pro toto zařízení je výchozí materiál pás plechu. Na jeden zdvih je provedena jedna operace. Každý tvar profilu musí mít na lise upevněn samostatný nástroj. Tento nástroj je tvořen opět z různých ocelových lišt. Ty se ke stroji dodávají, speciálně konstruují a vyrábějí. Horní část nástroje může být tvarová. [13]



Obr. 12 Nástroj na ohraňování [13]

1.3.3 Rovnání

Tímto způsobem se odstraňuje zakřivení a vlnitost plechů a pásů. [2] Zdeformovaný polotovar se nejlépe opraví ohýbáním v opačném směru vůči deformaci. Při rovnání musíme počítat s odpružením a přizpůsobit ohyb tak, aby materiál zůstal rovný. [18]

Rovnání lze provádět:

- Ručně vyklepáváním
- Ohřevem
- Pod lisem
- Střídavým ohybem na válečkových rovnačkách
- Napínáním na tažných strojích

1.3.4 Lemování a obrubování

Lemování je ohýbání okraje rovinné nebo prostorové plochy za účelem vyztužení okraje. Obrubování je zakroužení okraje rovinné nebo prostorové plochy či otvoru za účelem zvýšení jakosti okraje. Lem by měl mít velikost v rozmezí od dvojnásobku až do sedminásobku tloušťky plechu. [2]

1.3.5 Osazování, drápkování a zkručování

Osazování je jako ohnutí promáčknutím v okraji nebo uvnitř rovinné plochy. Využívá se k fixaci nebo k suvnému uložení dvou nebo více rovinných ploch.

Drápkování je pevné spojení dvou předehtnutých okrajů plechu tak, že do sebe vzájemně zaklesnou a společně doohnou.

Zkručování je operace, při které probíhá tváření plochého nebo profilového polotovaru natáčením jedné jeho části vůči druhé.

1.4 Stroje a zařízení k tváření plechu

Efektivnost strojů a zařízení na tváření plechu je závislá na správné volbě jejich a nejlépe vyhovujícímu způsobu jejich využití. [2]

Výběr tvářecích strojů je závislý na jejich:

- Účelovosti
- Výkonnosti
- Ceně, hmotnosti a rozměrech
- Dodací lhůtě
- Výši kvalifikace obsluhy
- Dostupnost servisu a možnosti oprav

Tvářecí stroje na zpracování plechů lze rozdělit do těchto základních skupin:

A. Mechanické lisy s vyložením

Využívají se k přenosu energie mechanických převodových systémů. Základní pohon je klikový, ostatní jsou odvozené, kombinované.[19]

Mechanické lisy s vyložením dělíme na:[2]

- a) Děrovací automaty
- b) Ohraňovací lisy
- c) Výstředníkové lisy
- d) Hlubokotažné lisy naklápěcí

B. Mechanické lisy uzavřené

- a) Hlubokotažné lisy
- b) Tažné lisy na mělké tahy
- c) Univerzální jednobodové lisy

C. Hydraulické lisy

Hydraulické lisy jsou lisy, u kterých je pracovní síla beranu vyvozena hydraulickým převodem tlakové energie pracovní kapaliny z energetického zdroje (čerpadlo, akumulator). [20]

Hydraulické lisy dělíme na:[2]

- a) Tažné lisy na tlusté plechy
- b) Hlubokotažné lisy

D. Tvářecí stroje s rotačním pohybem

Rotační tvarovací stroje se vyznačují tím, že pracovní operace se vykonávají v době pohybu polovýrobku.[21]

Dělíme je na:[2]

- a) Ohýbačka plechu
- b) Zakružovačky plechu

E. Nůžky na plech

Dělíme je podle druhu pohonu a druhu použití na:[2]

- a) Tabulové mechanické
- b) Tabulové hydraulické
- c) Kotoučové nůžky
- d) Šrotovací nůžky

F. Ostatní zařízení (příslušenství)

K ostatnímu zařízení patří veškeré příslušenství lisů, z něhož je nejdůležitější:[2]

- a) Podávací zařízení válečkové
- b) Naklápěcí navijáky a odvíjíky

1.5 Pravidla technologičnosti pro stříhání a ohýbání

Technologičnost konstrukce součásti znamená, že materiál, tvar a rozměry součásti byly navrženy optimálně vzhledem k funkci součásti a její sériovosti při dodržení minimálních výrobních nákladů i průběžné doby výroby. [2]

Pravidla technologičnosti při stříhání, děrování a vystřihování: [2]

- Vyvarovat se děrování menších otvorů než je tloušťka materiálu
- Tolerance vnějších rozměrů by neměly být menší než je desetina tloušťky materiálu
- Drsnost střížné plochy, pokud není bezpodmínečně nutná, nemá být předepisována
- Kolmost předepisovat pouze v případě, že požadovaná tolerance je $\pm 1^\circ$
- Vzdálenost mezi otvory nebo vzdálenost od okraje součásti má být alespoň rovna tloušťce plechu
- Nejmenší šířka výstřižku má být 1,5 násobek tloušťky plechu
- Děrování kruhových otvorů je nejlevnější

Pravidla technologičnosti pro ohýbání: [2]

- Minimální poloměr ohybu závisí na druhu a tloušťce použitého materiálu (nejmenší poloměry ohybu volíme jen pokud, je to nezbytně nutné)
- Nejmenší výška ohýbaného okraje má být alespoň dvojnásobkem tloušťky plechu
- Měkké materiály se vyznačují menším zpětným odpružením než tvrdé (úhel odpružení od $15'$ do 3°)

1.6 Svařování

Nedílnou součástí zpracování tenkých ocelových plechů je jejich spojování. [1]

Svařování je proces vedoucí k vytvoření nerozebíratelného spojení dvou nebo více dílů (pomocí soustředěného tepla nebo tlaku, případně jejich kombinací). O vytvoření termody-

namických podmínek pro vznik nových meziatomových vazeb s nebo bez použití přídavného materiálu (stejně nebo podobné chemické složení jako spojované materiály) vede ke změně fyzikálních nebo mechanických vlastností základního materiálu v okolí spoje tepelně ovlivněná oblast. [15]

Svařitelnost je schopnost materiálu vytvořit vhodnou technologií svarový spoj se stejnými nebo podobnými vlastnostmi jako má základní svařovaný materiál. [15]

Rozvoj metod svařování je podmíněn:

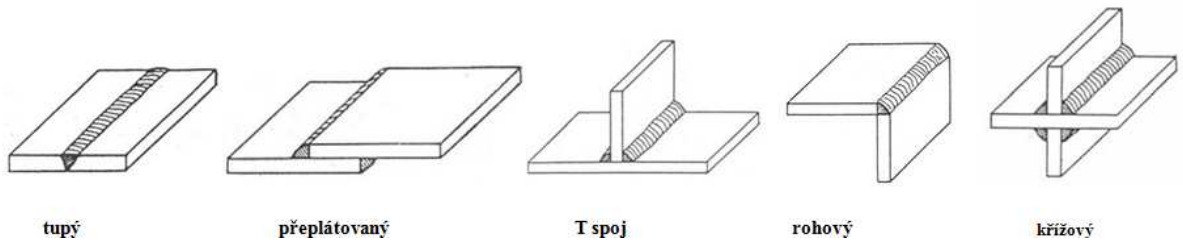
- Zvýšeným využitím materiálu a dosažením výhodnějších parametrů hmotnosti výrobku
- Možnosti dosáhnout rovnoměrné životnosti výrobku ve všech jeho částech
- Opravitelností poškozených výrobků
- Kratší průběžnou dobou výroby
- Nižší pracností a vyšší produktivitou práce

Všechny metody však nesplňují technicko- ekonomické parametry. Proto je nutné velmi pečlivě volit správný druh svařování. Rozhodující jsou technické předpoklady. Ovšem pro dosažení optimálního řešení musíme brát i hlediska ekonomická.

Při navrhování svařovaných výrobků z tenkých plechů by se mělo vycházet z těchto zásad:

- Volit pevnostně vhodný materiál, dobře svařitelný a cenově únosný
- Volit konstrukci tak, aby byla nejen svařitelná, ale aby umožňovala použití některých progresivních metod
- Volit co nejméně svarů a tím snížit výrobní náklady, deformace, napětí
- Svarové plochy se volí tak, aby co nejméně ovlivňovaly pnutí základního materiálu

Lze použít různé typy svarů:



Obr. 13 Typy svarů [15]

Metody svařování lze rozdělit pomocí tabulky:

Tab. 2 Metody svařování [15]

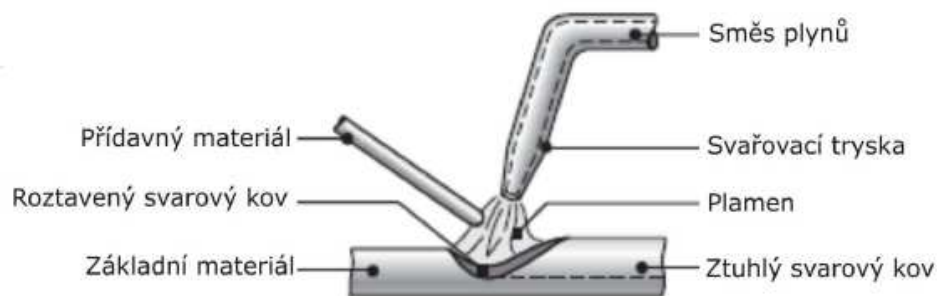
OBLOUKOVÉ	Tavící se elektrodou bez ochranného plynu	ODPOROVÉ	Bodové
	Pod tavidlem		Švové
	Tavící se elektrodou v ochranném plynu		Výstupkové
	Wolframovou elektrodou		Odtavovací stykové
	Plazmové		Stlačovací stykové
Ostatní	Vysokofrekvenční		
PLAMENOVÉ	S kyslíkem	OSTATNÍ	Aluminotermické
	Se vzduchem		Elektrostruskové
TLAKOVÉ	Ultrazvukové		Elektroplynové
	Třecí		Indukční
	Kovářské		Světelným zářením
	Výbuchové	Elektronové	
	Difúzní	Svařování rázem	
	S plamenovým ohřevem		
Za studena			

1.6.1 Tavné svařování

Tavné svařování lze charakterizovat jako postup, kdy se přivádí energie pouze ve formě tepla a ke spojení materiálů dochází při jejich roztavení v tzv. svarové lázni. [22]

1) Plamenové svařování

Zdrojem tepla při plamenovém svařování je chemická energie, která vznikne hořením směsi okysličujícího a hořlavého plynu. Parametry zdroje tepla – plamene se řídí použitými plyny. U kyslíko-acetylenového plamene je maximální teplota plamene $\sim 3150^{\circ}\text{C}$, nejmenší plocha ohřevu $1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ a hustota energie $5 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. [16]



Obr. 14 Svařování plamenem [15]

Hořlavých plynů používaných v technické praxi pro plamenové svařování je celá řada. Pro svařování má největší význam acetylen pro jeho velmi dobré vlastnosti.

V první fázi spalování probíhá nedokonalé spalování na povrchu svařovacího kužele. Acetylen se rozkládá, vodík zůstává z větší části volný, uhlík se spaluje na oxid uhelnatý. Oblast plamene do vzdálenosti asi 10mm od vrcholu svařovacího kužele má redukční účinky.

V druhé fázi hoření dochází ke spalování ve vnějším kuželu. Kyslík potřebný k reakci si plamen odebírá ze vzduchu se značným přebytkem, takže vnější plamen má oxidační účinky. [16]

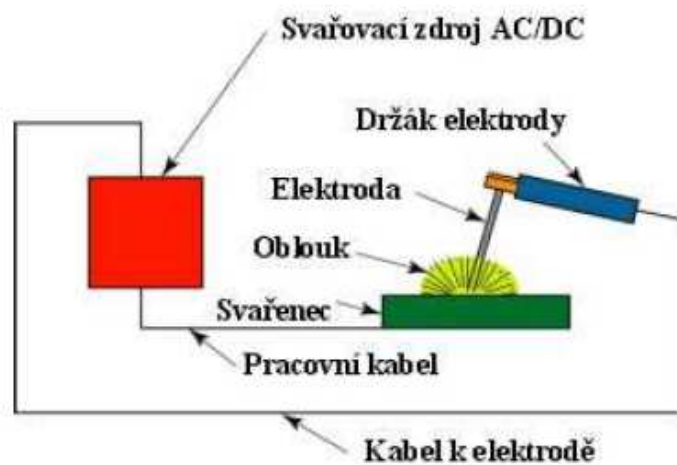
Neutrální plamen se v praxi používá, jak již bylo uvedeno pro svařování ocelí a dále pro nahřívací plamen při řezání kyslíkem. Plamen s přebytkem acetylenu (přebytek acetylenu 5 až 15%) se používá pro svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin, k navařování tvrdokovů a k cementování plamenem. Přebytek acetylenu v plamenu lze také určit podle délek svítících kuželů L_1 a L_2 . Plamen s přebytkem kyslíku (přebytek kyslíku 5 až 20%) se používá pro svařování mosazi a bronzů. [16]

2) Svařování elektrickým obloukem

Elektrický oblouk využitelný ve svařování je nízkonapěťový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří v prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří za předpokladu napětí dostatečného pro ionizaci daného prostředí a proudu udržujícího plazma oblouku v ionizovaném stavu. [16]

Charakteristické znaky oblouku jsou: [16]

- malý anodový úbytek napětí
- malý potenciální rozdíl na elektrodách
- proud řádově ampéry až tisíce ampér
- velká proudová hustota katodové skvrny
- intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku.
- intenzivní vyzařování UV záření.



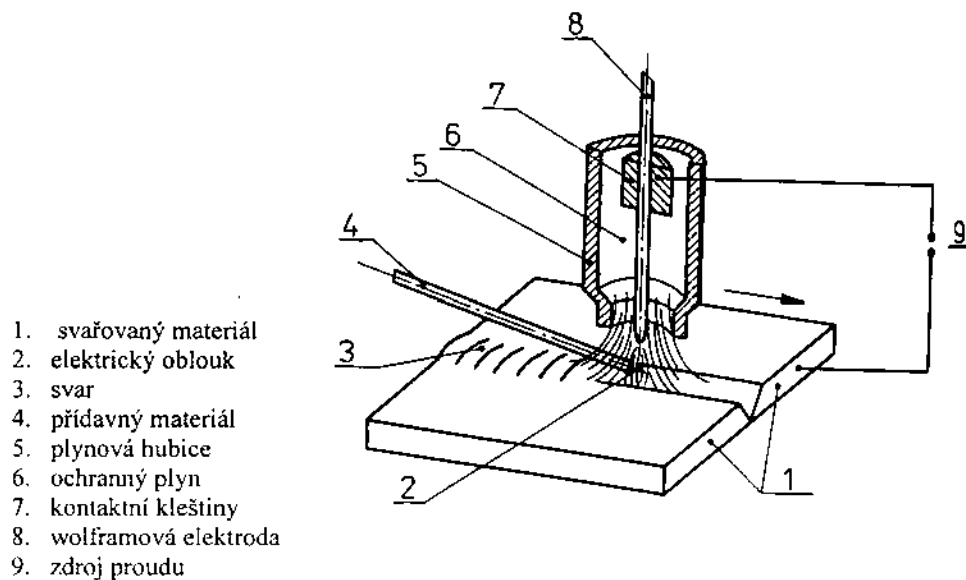
Obr. 15 Svařování elektrickým obloukem [15]

3) Svařování netavící se wolframovou elektrodou v atmosféře inertního plynu – WIG (TIG)

Při svařování metodou WIG hoří oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Ochranu elektrody i tavné lázně před okolní atmosférou zajišťuje netečný plyn o vysoké čistotě minimálně 99.995%. Používá se argonu, helia nebo jejich směsí. Svařování lze realizovat s přídavným materiálem ve formě drátu ručním způsobem, nebo automatické

svařování s podavačem drátu s proměnnou rychlostí jeho podávání dle postupu svařování. Obecně lze svařování rozdělit dle druhu proudu na svařování střídavým proudem pro hliník, hořčík a jejich slitiny a svařování stejnosměrným proudem pro středně a vysokolegovanou ocel, měď, nikl, titan, zirkon, molybden a další. Pro svařování uhlíkové oceli se metoda WIG používá méně z důvodu nebezpečí vzniku pórů ve svaru a z ekonomického hlediska. Svařování wolframovou elektrodou se používá i pro spojování obtížně svařitelných materiálů s vysokou afinitou ke kyslíku např. titan a zirkon. Lze svařovat i různorodé materiály – ocel s mědí, bronzem nebo niklovými slitinami a návary v oblasti renovací např. nástrojové oceli, niklové a kobaltové tvrdonávary.

Svařování WIG má výrazný růst objemu svářečských aplikací což se připisuje vysoké kvalitě spojů, operativností řízení procesu svařování a vysokému stupni automatizace a robotizace. [16]



Obr. 16 Princip svařování metodou WIG [16]

a) Svařování stejnosměrným proudem

Svařování stejnosměrným proudem je základní způsob zapojení při svařování metodou WIG. Při tomto zapojení je elektroda připojená k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál na kladný (přímé zapojení). Rozdělení tepla oblouku je nerovnoměrné a přibližně 1/3 tepla připadá na elektrodu a 2/3 celkového tepla se přenáší do základního materiálu. Díky tomu není elektroda tepelně přetěžovaná a naopak svarová lázeň má velkou hloubku záva-

ru. Na velkou hloubku závaru má vliv i dopad elektronů, které svoji kinetickou energii přeměňují na tepelnou. [16]

b) Svařování střídavým proudem

Svařování střídavým proudem se používá z důvodu čistícího účinku, při kladné polaritě elektrody na svařování hliníku, hořčíku a jejich slitin. Výrazným problémem při svařování hliníku je vrstva oxidu hlinitého, která chrání za běžných podmínek hliník proti další oxidaci. Vrstvička Al_2O_3 má však vysokou teplotu tavení $2050\text{ }^\circ\text{C}$ a při použití stejnosměrného proudu v argonu brání metalurgickému spojení, poněvadž pokrývá povrch roztaveného hliníku, jehož teplota tavení je cca $658\text{ }^\circ\text{C}$. [16]

c) Svařování impulsním proudem

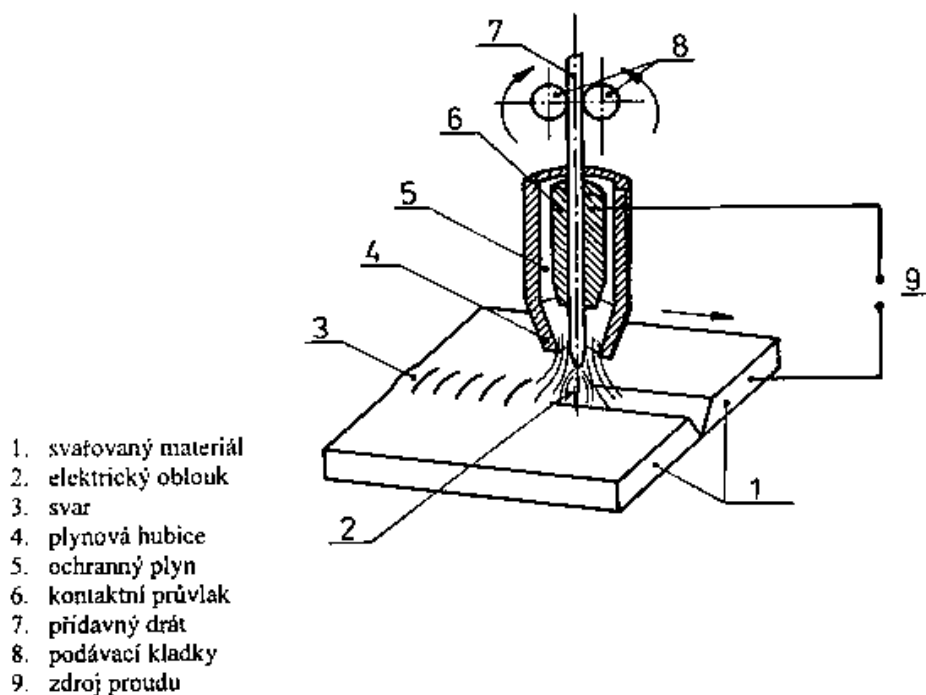
Impulsní svařování je nejnovější variantou WIG svařování, při kterém se intenzita proudu mění pravidelně s časem mezi dvěma proudovými hladinami a to základním proudem I_z a impulsním proudem I_p . Podle charakteru zdroje může být tvar průběhu impulsů proudu pravoúhlý, sinusový, lichoběžníkový nebo jiný. [16]

4) Svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou MIG/MAG

Svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu MAG patří vedle svařování obalenou elektrodou v celosvětovém měřítku k nejrozšířenějším metodám pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Svařování MIG v inertním plynu získává na důležitosti vlivem růstu objemu konstrukcí, staveb, lodí a dopravních prostředků vyráběných z hliníkových slitin. Hlavními důvody rozšíření metody MIG/MAG jsou: široký výběr přídavných materiálů a ochranných plynů, snadná možnost mechanizace a robotizace, velký sortiment vyráběných svařovacích zařízení a především významné výhody a charakteristiky uvedené metody svařování.

Svařování metodou MIG/MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky o běžné hmotnosti 15 kg. Proudová hustota je u svařování MAG nejvyšší ze všech obloukových

metod a dosahuje až $600 \text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$ a svařovací proudy se pohybují od 30 A u svařování tenkých plechů drátem o průměru 0,6 – 0,8mm, až do 800A u vysokovýkonných mechanizovaných metod. Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a ochranném plynu, přičemž běžný je zkratový pro tenké plechy a sprchový pro větší tloušťky plechů. U vysokých proudů se mění charakter přenosu kovu obloukem a vlivem elektromagnetických sil se dosahuje rotujícího oblouku. Teplota kapek se při MAG svařování pohybuje v rozmezí 1700 až 2500 °C a teplota tavné lázně se v závislosti na technologii, parametrech svařování, chemickém složení a vlastnostech materiálu pohybuje mezi 1600 až 2100 °C. Díky vysokým proudům se svařovací rychlosti blíží hranici $150 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$ a rychlost kapek přenášených obloukem přesahuje $130 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ochranná atmosféra se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku. [16]



Obr. 17 Princip svařování MIG/MAG [16]

1.6.2 Speciální metody tavného svařování

U těchto metod svařování se dosahuje protavení celé tloušťky materiálu pomocí vysoké hustoty energie nad $105 \text{ W}\cdot\text{cm}^2$. Teplota v tavné lázni u těchto metod dosahuje velmi rychle

bodu varu kovu a tvoří se kapilára vyplněná parami kovů. Svar se tvoří po průchodu zdroje tepla. Patří sem svařování plazmou, svazkem elektronů a laserem.

1) Svařování plazmou

Princip svařování plazmou je založen na ionizaci plynu při průchodu elektrickým obloukem. U dvouatomových plynů (dusík, vodík a kyslík) musí nejprve proběhnout disociace plynu, při které dochází k rozložení molekul plynu na atomy. Stupeň následné ionizace je závislý na teplotě a ta dosahuje u svařování plazmou až 16 000 °C.

Svařitelnost materiálů plazmovým svařováním

Svařitelnost materiálů i parametry svařování jsou u plazmového svařování podobná jako u metody WIG. Plazmové svařování však dosahuje vysokých svařovacích rychlostí, výhodnější poměr šířky k hloubce (1:1,5 až 1:2,5) a spolehlivé provaření kořene.

Materiály, které lze svařovat jsou:

- všechny druhy ocelí
- měď
- hliník
- titan

Parametry svařování vysokolegovaných ocelí se pro tloušťky 2 až 10 mm pohybují v těchto rozmezích:

- napětí mezi 28 až 40 V
- svařovací proud mezi 110 až 300 A.

Podobné parametry se používají i pro svařování niklu a jeho slitin a pro svařování titanu jsou přibližně o 15 až 20 % nižší. Svařovací rychlosti jsou ve srovnání s metodou WIG podstatně vyšší a pro uvedené parametry se pohybují mezi 85 až 20 cm.min⁻¹. [16]

Úprava svarových ploch

Vzhledem k vysokému dynamickému účinku plazmového paprsku je možné svařovat tupé svary typu I se spolehlivým provařením kořene do větších tloušťek bez úpravy svarového úkosu. Nerezavějící austenitická ocel se svařuje bez úpravy úkosu do tloušťky 10 až 12 mm s mezerou 0,5 – 1 mm a s plynovou ochranou kořene formovacím plynem. Pro nelegované a středně legované oceli se neupravují hrany do tloušťky cca 6 mm.

Výhody plazmového svařování

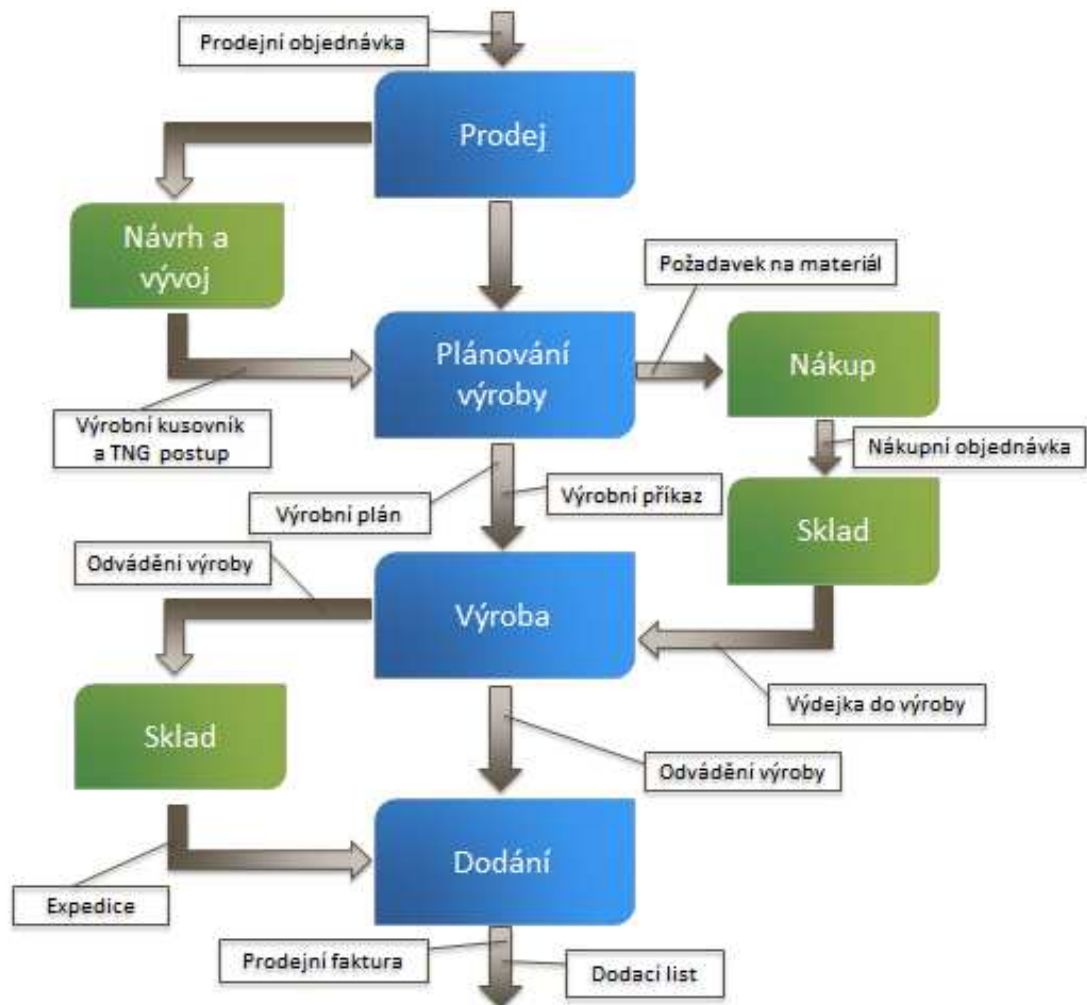
- jednoduchá úprava svarových ploch středních tloušťek
- svařování bez podložení kořene
- velmi dobrý průvar i tvar svaru
- možnost mechanizace
- vysoká čistota svaru bez pórů a bublin
- dobré mechanické vlastnosti svarového spoje
- možnost svařování střídavým i impulsním proudem [16]

2 VÝROBNÍ PROCES VE STROJÍRENSTVÍ

Základní činností podniku je výroba. V nejširším pojetí se výrobou rozumí spojení výrobních faktorů (práce, kapitálu, půdy) za účelem získání určitých výkonů (výrobků a služeb). Do tohoto pojetí se zahrnují všechny činnosti, které podnik zajišťuje: pořízení výrobních faktorů (investiční činnost), pracovníků (personální činnost) a finančních prostředků (finanční činnost), zhotovení výrobků a poskytování služeb, doprava, skladování, odbyt, správa, kontrola atd.

Významným úsekem sféry výroby je **výrobní činnost** – tedy proces zhotovování výrobků, či poskytování služeb. Pod tímto pojmem rozumíme přeměnu materiálu na produkt, postupně probíhající od vstupu do výrobního zařízení až po jeho opuštění produktem bez ohledu na to, jde-li o produkt z hlediska podniku či výrobní jednotky konečný, anebo v nich dále zpracováváný. Cílem výrobního procesu nejsou jakékoliv produkty nebo služby, ale pouze takové, které lze realizovat na trhu a získat tak odpovídající výnosy. Přeměna vstupů na výstupy musí probíhat tedy co nejefektivněji. To znamená při optimální spotřebě všech výrobních vstupů, přiměřených nákladech a nejvhodnější volbě výrobních postupů. Průběh výrobních procesů se liší podle povahy výrobků a způsobu jejich přeměny. Abychom mohli účinně řídit výrobu, potřebujeme být o jejím průběhu informováni tak, že jsme schopni posoudit její dosaženou úroveň, její rovnoměrné dodržování a můžeme zhodnotit náměty na úpravy výrobních podmínek. Na základě odlišností výrobního procesu, daných věcnými, časovými a prostorovými vazbami, je **výrobní proces hodnocen pomocí ukazatelů**. Ukazatele jsou formou poznání, jsou kvantitativním odrazem skutečnosti, nikdy však nejsou totožné se skutečností. Ukazatele úrovně výrobního procesu se využívají nejen ke sledování a hodnocení minulé výroby, ale také k vytýčení žádoucí úrovně pro příští období, pak se tyto ukazatele označují jako **technicko-hospodářské normy**.

Úroveň výroby hodnotíme v první řadě z hlediska využití jednotlivých prvků výrobního procesu. Z technického hlediska je pro výrobu typické, že v jisté posloupnosti operací dochází k účelnému propojení všech základních výrobních faktorů – vstupů, přičemž využitím **výrobního zařízení** za přímé či nepřímé účasti **pracovníků** dochází k přeměně **materiálů a surovin** na produkci. Jde tedy o hodnocení výroby pomocí veličin, vyjadřujících spotřebu těchto tří **základních prvků výrobního procesu** a zároveň veličin, vyjadřujících efektivnost dosaženého výsledku. [23]



Obr. 18 Výrobní proces [24]

Průběh výrobního procesu:

1. Výrobní proces začíná **poptávkou** zákazníka
2. Zpracován **Náčrt** daného výrobku – ujasnění základních požadavků zákazníka
3. Zpracována **Cenová kalkulace**
4. Odsouhlasení zákazníkem
5. Vystavení oficiální **Objednávky**

Zpracování technologické dokumentace

1. Technický výkres **sestavy výrobku** a jednotlivé **technické výkresy součástí**
 - Součástí technického výkresu je **kusovník** - zjistíme počet kusů součástí, z jakého materiálu budou jednotlivé součásti vyráběny a z toho je také patrná materiálová náročnost.
 - Z výkresu je také patrná rozměrová náročnost a lze využít při montáži sestavy.
 - Určíme polotovary materiálu nutné pro výrobu jednotlivých součástí a další normalizované součásti nutné ke kompletaci výrobku.
2. Zpracování **Technologického postupu** výroby
 - Technolog určí postup technologických operací při výrobě součástí a určí i montážní parametry a operace při sestavování (montáži) výrobku.
 - Součástí technologického postupu je – určení strojů a nástrojů, pomocí kterých se bude finální výrobek vyrábět – určení přípravků a nástrojů k výrobě.
 - Nezbytným podkladem pro zpracování TP je i požadavek na bezpečnost práce a ochranné pomůcky při výrobě.
3. V případě, že bude část výroby součástí prováděna na CNC zařízeních, následuje příprava programů pro obsluhu CNC strojů.
 - Zpracování výkresové dokumentace zpravidla cestou CAD programů.
 - Zpracování CNC programů cestou CAM programů s výstupem CNC kódu.

V případě, že se jedná o přípravu náročné výroby je možno vytvořit model nebo prototyp výrobku určený k provedení zkoušek funkčnosti finálního výrobku. [24]

Výrobní etapy

1. Příprava výroby

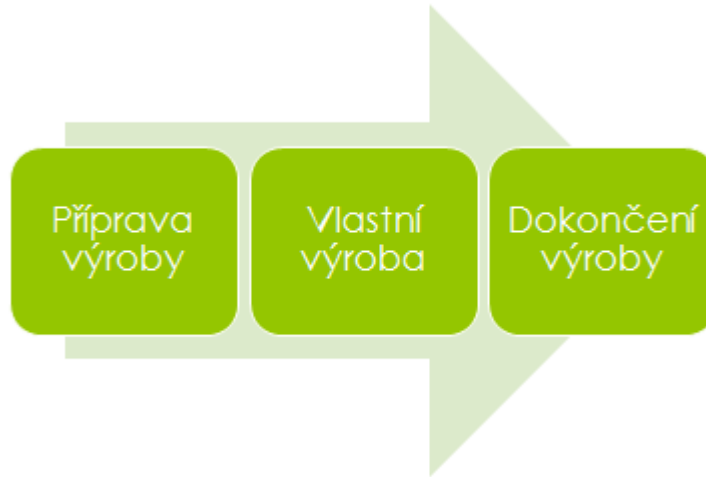
Spočívá v technologické přípravě materiálu pro zpracování nutné k výrobě (např. tepelné nebo chemicko-tepelné úpravy materiálu jako je žíhání, kalení, popouštění, cementování, nitridování a jiné).

2. Vlastní výroba

Vlastní výroba probíhá v souladu s technologickou dokumentací v dílnách závodu.

3. Dokončení výroby

V této etapě jsou provedeny dokončovací operace a finální montáž sestavy včetně povrchových úprav výrobku.



Obr. 19 Výrobní etapy [24]

Kontrola jakosti a kontrolní činnost při výrobě

Tato činnost je prováděna kontrolním oddělením nebo samostatným výrobním kontrolorem během celého procesu výroby.[24]

Plynulost materiálového toku výrobním procesem je nutnou podmínkou pro úspěšné řízení výroby. Pochopitelně za předpokladu, že nedílnou součástí systému řízení výroby jsou i další zásady, jako např. zásada bezporuchového chodu výrobních zařízení. Každé porušení plynulosti materiálového toku vede totiž k růstu zásob nedokončené výroby, zvyšování nákladů na výrobu a v konečném důsledku může vést i k ohrožení termínu výrobní zakázky. Současným trendem v podnicích je využívat moderní systémy řízení výroby, které se opírají o logisticky orientované procesy. Tedy procesy, které jsou schopny pružně reagovat na jakoukoliv objednávku a uspokojit tak zákazníka. Pro uplatňování těchto zásad v řízení výroby je důležité mít důkladné informace o materiálovém toku, vědět, co se děje v průběhu celé výroby. [25]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ZAŘÍZENÍ NA PRACOVIŠTI

Aby mohla firma provádět výrobní činnost a zhotovovat výrobky, je zapotřebí vlastnit zařízení nutná k výrobě součástí a tvorbě jednotlivých operací. V následující kapitole jsou uvedeny zařízení potřebná pro výrobu zadané součásti z plechu.

3.1 Ohraňovací lis OPTIMA 160 – DNC 900

Ohraňovací lis typu OPTIMA firmy URSVIKEN je dvouválcový hydraulický ohraňovací lis, který je vybaven mikropočítačem k ovládní a řízení lisovacího beranu a zadního dorazu. Na základě jednoduchého, uživatelsky příjemného ovládní a na základě vysoké pracovní rychlosti při současném udržení přesnosti řízení činnosti mikropočítačový systém umožňuje docílení velmi vysokého výrobního výkonu stroje. Mikropočítačový systém řídí rychlost zdvihu, polohování beranu a paralelnost jeho chodu a to, při zpětném pohybu i při pracovním zdvihu beranu. Prostřednictvím principu dvojité reference stolu stroje se docílí opakované přesnosti $\pm 0,01$ mm, díky lineárním snímačům impulsů, které jsou nainstalovány a upevněny, že nesnímají protažení rámu stroje, vzniklé vlivem dynamického a statického zatížení.

Zdrojem pracovního tlaku je hydraulický systém, který je tvořen dvěma navzájem na sobě nezávislými hydraulickými válci řízenými servoventily. Servoventily (elektroventily), které ovládají hlavní průtok tlakové kapaliny, umožňují velkou flexibilitu systému a umožňují docílení vysoké rychlosti a opakované přesnosti. Veškeré stavební části systému byly zvoleny se zřetelem na zabezpečení vysoké provozní spolehlivosti. Rám stroje je dimenzován a proveden tak, aby při velkém zatížení docházelo jen k nepatrnému průhybu. Stůl stroje je opatřen drážkami pro snadné upevnění dorazu a konzol. Vedení beranu a upevnění pístnic jsou konstruovány tak, aby bylo možno nastavit sešikmení beranu cca 5 mm na 1 m. Díky svému jednoduchému, ale flexibilnímu ovládní je ohraňovací lis vhodný jak pro použití v sériové výrobě, tak i pro výrobu kusovou. [27]

Technická parametry ohraňovacího lisu OPTIMA 160:

- Pracovní prostor – 3100 mm
- Pracovní výška – 950 mm
- Šířka stolu – 147 mm
- Tlaková síla – 1600
- Vnitřní rám – 2550 mm
- Mezera – 200 mm
- Délka zdvihu – 250 mm
- Rychlost - 90 mm/sek
- Tlačná rychlost – 15 mm/sek
- Jmenovité napětí – 380 V/50Hz
- Ventil/relé napětí – 24 V
- Napětí stykače – 110 V
- Rok výroby - 1992
- Hmotnost – 9600 kg [27]



Obr. 20 Ohraňovací lis OPTIMA 160

3.1.1 Grafický řídicí systém DNC 900

Pomocí tohoto systému lze nezávisle polohovat od 3 do 8 digitálních os. Konfigurace počtu digitálních os a technické charakteristiky možno naprogramovat v parametrech stroje. Funkce, které lze v tomto systému naprogramovat jsou – polohování v obou směrech, stupně zpomalení, předvypnutí a toleranční zóna. Programování DNC probíhá v překrytém čase během práce stroje. Systém může zpětně vyhledat výrobky v paměti DNC dle identifikačních dat (číslo výkresu, číslo výrobku). Systém provádí propoččet rozvinuté délky. Provádí grafické znázornění výrobku dvojrozměrně nebo trojrozměrně s rotací. Volba nástrojů je možná pro každý ohyb. Systém provádí buď automatickou nebo manuální optimalizaci cyklu ohybu výrobku ve 2D nebo 3D. Propočítává veškeré data stroje, jako – poloha os, potřebnou sílu k provedení ohybu, výměna nástrojů, odtlakování, cyklus bezpečnosti matrice atd. [27]



Obr. 21 Řídicí systém DNC 900

Technická specifikace řídicího systému DNC 900:

- Barevná obrazovka 14" CRT, vysoké rozlišení EGA
- Kulový ovladač Trackball (obrácená myš)
- Vícejazyčný software (francouzština, němčina, angličtina, italština a španělština)
- Číslo výrobku (číslo výkresu) – 5 znaků
- Číslo výkresu – 24 alfanumerických znaků
- Počítání počtu kusů s předvolbou do 99999
- Kapacita paměti pro výrobky v DNC – cca 790 výrobků
- Kapacita paměti pro nástroje v DNC – max 80
- Počet sekvencí na výrobek – max 30
- Počet stran profilu – max 30
- Možnost opakování jedné sekvence (ohybu) – max 99
- Posloupnost ohybů – 99 ohybů na sekvenci
- Naprogramování úhlu ohybu s automatickým propočtem dolní koncové polohy pracovního zdvihu
- Automatický propočet rozvinuté délky pro každý řez
- Propočet síly potřebné na ohyb, pro zpětný chod nosiče pravítka
- Programování v palcích nebo mm
- Programování síly ohybu v tunách, kN
- Měření pomocí laserového paprsku a interaktivní kontrola úhlu výrobku během ohybu
- Polohování zadních dorazů vysoce výkonnými stejnosměrnými motory
- Automatické vyhledávání referenčních indexů pro každou osu
- Rozlišení programovatelné pro každou osu [27]

3.2 LaserPress 180 LW

V roce 1987 představila firma TRUMPF s laserem TLF první laserovou řezačku s plochým lůžkem pro bezdotykové opracování na principu „pohyblivé optiky“. Od té doby se zapojila tato zařízení více než 6000 prodanými jednotkami do každodenní výroby plechu.

Zařízení LaserPress 180 LW se skládá ze dvou pevně spojených pracovních hlav. Jedná se o hlavu lisovací-vysekávací a laserovou-řezací. Díky tomuto vybavení bylo možno provést na jedno upnutí kompletní obrobek. K vodící liště byla upnuta pomocí upínek tabule plechu. Díky liště bylo možno posouvat tabuli plechu na požadovanou pozici a provést jednu z potřebných operací (vysekávání nebo řezání laserem).

Na tomto zařízení byly vyráběny různé plechové díly ve středních a malých sériích.

Mezi operace, které toto zařízení bylo schopno provádět, patřilo vysekávání, tvarování nebo řezání materiálů do tloušťky 6,4 mm. Výchozím polotovarem byl volen plech o rozměrech 1000 x 2000 mm. Velkého využití materiálu bylo docíleno při vhodném rozmístění jednotlivých součástí na plech. [28]



Obr. 22 LaserPress 180 LW

Technické parametry LaserPress 180 LW:

- Maximální velikost plechu – 1000x2000 mm
- Maximální tloušťka plechu při řezání a vysekávání – 6,4 mm
- Výkon laseru – 1000 W
- Maximální vysekávací průměr – 76 mm
- Počet zdvihů – 280/min
- Délka zdvihu – 15 mm
- Doba výměny nástroje – 5,5 s
- Maximální jízdní rychlost – 60 m/min
- Polohová odchylka- $\pm 0,1$ mm
- Střední polohová rozptylová šířka - $\pm 0,03$ mm
- Řídící systém SINUMERIC 8NE [28]

3.3 TruLaser 3030

TruLaser 3030 je laserovým řezacím zařízením CNC k obrábění rovinných součástí z ocelových plechů třídy 11, nerezů (včetně ochranné fólie) a slitin hliníku. Jako nástroj se používá laserový paprsek, který se k laserové hlavě přivádí pomocí zrcátek. Zrcadlo a laserová hlava jsou uspořádány na pohyblivých součástech tak, že stroj pracuje s „letmou optikou“. Pomocí kapacitní výškové regulace se udržuje konstantní vzdálenost mezi hrotem řezací hlavy a obrobkem. Jedná se o multifunkční dělicí nástroj s malou šířkou řezné spáry. Při procesu vytváří téměř bezhlučné opracování. [29]

Stroj má celkem 3 osy:

- Osa X: Horizontální pohybová osa řezací hlavy.
- Osa Y: Horizontální pohybová osa řezací hlavy.
- Osa Z: Vertikální pohybová osa řezací hlavy.



Obr. 23 Pracoviště TruLaser 3030

Na tomto zařízení jsou používány tři základní druhy formátů plechů o tloušťce 1-20 mm:

- 1000 x 2000 mm
- 1250 x 2500 mm
- 1500 x 3000 mm

U materiálů o rozměrech menších jak 130 x 130 mm je nutné před jejich použitím provést osazení.

Maximální rozměr, který lze na tomto zařízení použít je 1500 x 3000 mm s maximální možnou hmotností 710 kg.

Tento požadavek umožňuje zpracovávat materiály:

- Ocelové plechy třídy 11 do tloušťky 20 mm
- Nerezové plechy do tloušťky 12 mm
- Slitiny hliníku do tloušťky 8 mm
- Ušlechtilé oceli uhlíkové třídy 12 a ušlechtilé oceli legované třídy 13-16 do tloušťky materiálu 6 mm

V závislosti na tloušťce materiálu a tvaru součásti, pracuje stroj ve třech stupních rychlostí:

- **Velké obrysy** - nejvyšší rychlost v m/min
- **Střední obrysy** – u materiálu tloušťky větší jak 6 mm
- **Malé obrysy** – nejnižší rychlosti používané na otvory



Obr. 24 Příklad zpracování materiálu

Produktivitu a jakost řezání laserem ovlivňují, z větší části povrchové úpravy a chemická složení materiálů (zejména u ocelových plechů):

- U materiálů válcovaných za studena tloušťky 1-3 mm je povrch lesklý, naolejovaný.
- U materiálů válcovaných za tepla tloušťky 3,5-6 mm je povrch okujený, chemické složení příznivé. Je třeba zajistit vhodné skladování.
- U materiálů válcovaných za tepla tloušťky 8-15 mm je povrch okujený, chemické složení musí zabezpečovat obsah Si do 0,04%. Pro tyto materiály je nutné opět zabezpečit vhodné skladování.
- U materiálů tloušťky 16-20 mm určuje jednoznačně výrobce TRUMPF zpracovávat speciální materiály pro zařízení TruLaser 3030.
- Nerez materiály se standartním způsobem zpracovávají o tloušťce 1,5-4 mm včetně fólie. V tomto případě se jako první odpařuje fólie. Tato fólie slouží jako ochrana před poškrábáním povrchu a díky ní odpadají další požadavky na dokončování.

Slzičkovou nerez nebo žebrovaný hliník je nutné pálit obráceně, aby byla zabezpečena stejná výška povrchu.

U materiálů lesklých, otřískaných nebo opatřených základovým nátěrem nelze docílit kvality řezu jako u referenčních materiálů. Vyskytují se zde problémy při řezání konstrukční oceli, jemnozrné oceli, nebo ostatních nízkolegovaných ocelí, způsobené materiálem. Vzniká hrubý, spálený řez nebo se tvoří otřepy.

Správná volba řezného plynu určuje dělení materiálu vysokou přesností a rychlostí řezání s nízkým přívodem tepla do řezaného materiálu a malou deformací zpracovávaných dílců.

Podle druhu materiálu se tedy řeže:

- Kyslíkem (O_2) – čistota 3.5 – konstrukční oceli
- Dusíkem (N_2) – čistota 5 – nerez a slitiny hliníku
- Stlačeným vzduchem – konstrukční ocel, nerez a hliník (do tloušťky 2 mm) - horší kvalita a značný otřep. [29]

Laser TruFlow potřebuje pro své použití laserové plyny helium (He), dusík (N_2) a oxid uhličitý (CO_2).

Stroj pracuje dle výrobce v přesnostech odchylky polohy $\pm 0,1$ na 1 m. Dosažená přesnost závisí na druhu obrobku, jeho předchozím zpracování, tloušťce materiálu, velikosti desky a na poloze v pracovní oblasti.

Drsnost páleného povrchu se odvíjí od tloušťky materiálu, jeho jakosti, chemického složení a od povrchu materiálu.

Zařízení TruLaser 3030 si samo určí (do tloušťky materiálu 15 mm), kde bude pálit. Tento proces se děje z důvodu postupného chlazení povrchu materiálu.

Při tvorbě otvorů začíná laser pálit od středu díry a najíždí po tangentě na obrysovou hranu díry (otvoru).

Po vypálení na tomto zařízení je v některých případech nutné provádět povrchové úpravy:

- Materiály 11 321 a 11 373 tloušťky 1-3 mm válcované za studena nepotřebují pro následné třískové a povrchové zpracování žádné úpravy.
- Materiály 11 373 tloušťky 3,5-20 mm válcované za tepla nepotřebují pro následné třískové zpracování žádné tepelné úpravy.
- Materiály 11 523 tloušťky 3,5-20 mm válcované za tepla vyžadují vzhledem k následnému třískovému opracování žíhání. Materiál je okujený. Vzhledem k následným povrchovým úpravám je také vhodné pískovat.
- Materiály třídy 12-16 je nutné žíhat před následným třískovým opracováním.
- Materiály třídy 17 není potřeba před následným třískovým opracováním nijak tepelně upravovat.

Technické parametry zařízení TruLaser 3030 :

Stroj

- **Pracovní prostor:**
 - Osa X - 3000 mm
 - Osa Y - 1500 mm
 - Osa Z - 115 mm
- **Maximální hmotnost obrobku:** 710 kg
- **Rychlosti:**
 - Paralelně s osou - 60 m/min
 - Simultánně (X a Y) - 85 m/min
- **Přesnost:**
 - Nejmenší programovatelný úsek dráhy - 0,01 mm
 - Poziční odchylka - + 0,1 mm
 - Střední poziční rozptyl - + 0,03 mm
- **Řídicí systém:** SINUMERIK 840D

Laser

- **Výkon laseru:** 3200 W
- **Mód zařízení:** TEM₀₀
- **Max. tloušťka plechu:**
 - Stavební ocel - 20 mm
 - Nerez - 12 mm
 - Slitina hliníku - 8 mm

Celkové zařízení

- **Spotřeba elektrické energie:** 26 - 53 kW/h
- **Spotřeba stlačeného vzduchu:** 42 Nm³/h
- **Rozměry (d x š x v):** 9300 x 4600 x 2000 mm
- **Hmotnost:** 11 500 kg [29]

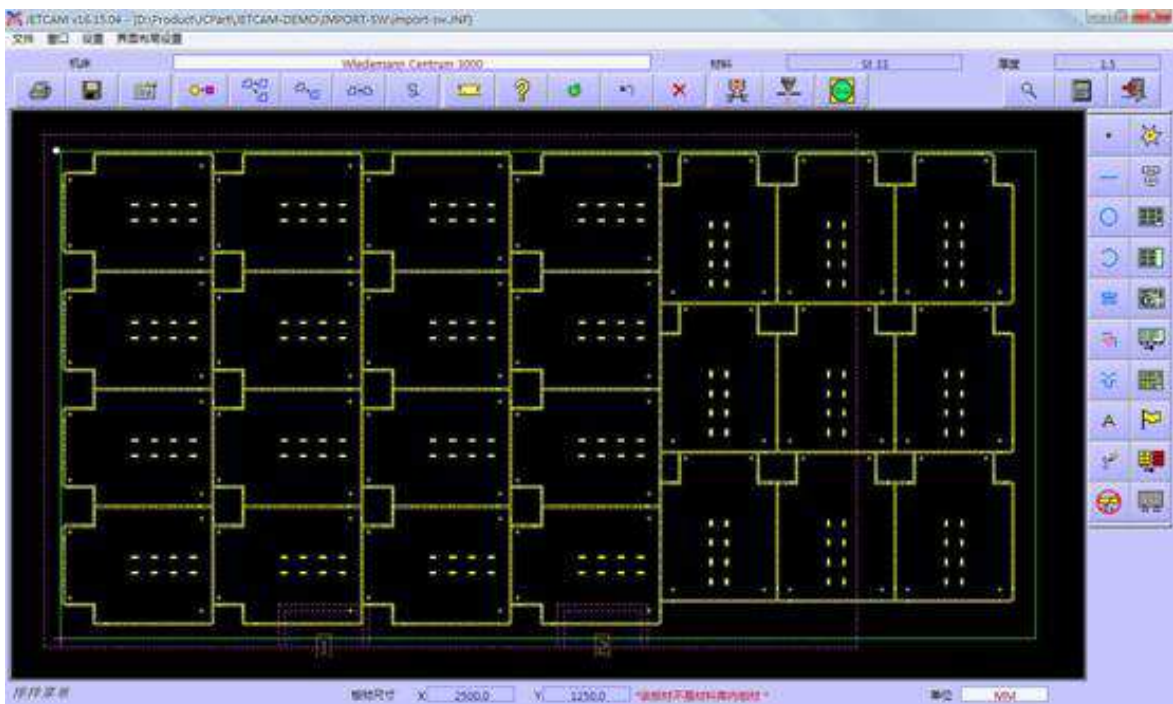
3.3.1 JETCAM v16

Stroj TruLaser 3030 komunikuje s programem JETCAM. Jedná se o programové prostředí, které má za účel zjednodušit a zrychlit – zautomatizovat tvorbu NC programů laserových strojů.

Program obsahuje oblast CAD pro kreslení. V programu JETCAM je možný i import geometrie součástí ve formátech DXF, DWG nebo IGES z jiných CAD programů. Dalšími oblastmi je oblast rozkladu dílů na tabuli, vytvoření technologického postupu, oblast simulace a optimalizace práce stroje a oblast generování NC kódů. Přenos dat probíhá po síti.

Program JETCAM určuje pořadí nástrojů a postup zpracování na základě možností stroje a uživatelských preferencí. Součástí toho programu jsou funkce, které zabraňují např. kolizi mezi hlavou stroje, upínkami a zpracovaným materiálem. Postupy jsou generovány automaticky, ale lze do nich zasahovat i manuálně. Tyto automatické funkce zrychlují proces, pokud nejsou pevně svázány požadovaným technologickým postupem.

U TruLaser 3030 závisí využití materiálu na jeho tloušťce a vzdálenosti počátku bodu, kde započne pálení. Minimální přesah plechu od kraje, který program povoluje je 15 mm. Tato hodnota se řídí podle tloušťky materiálu.



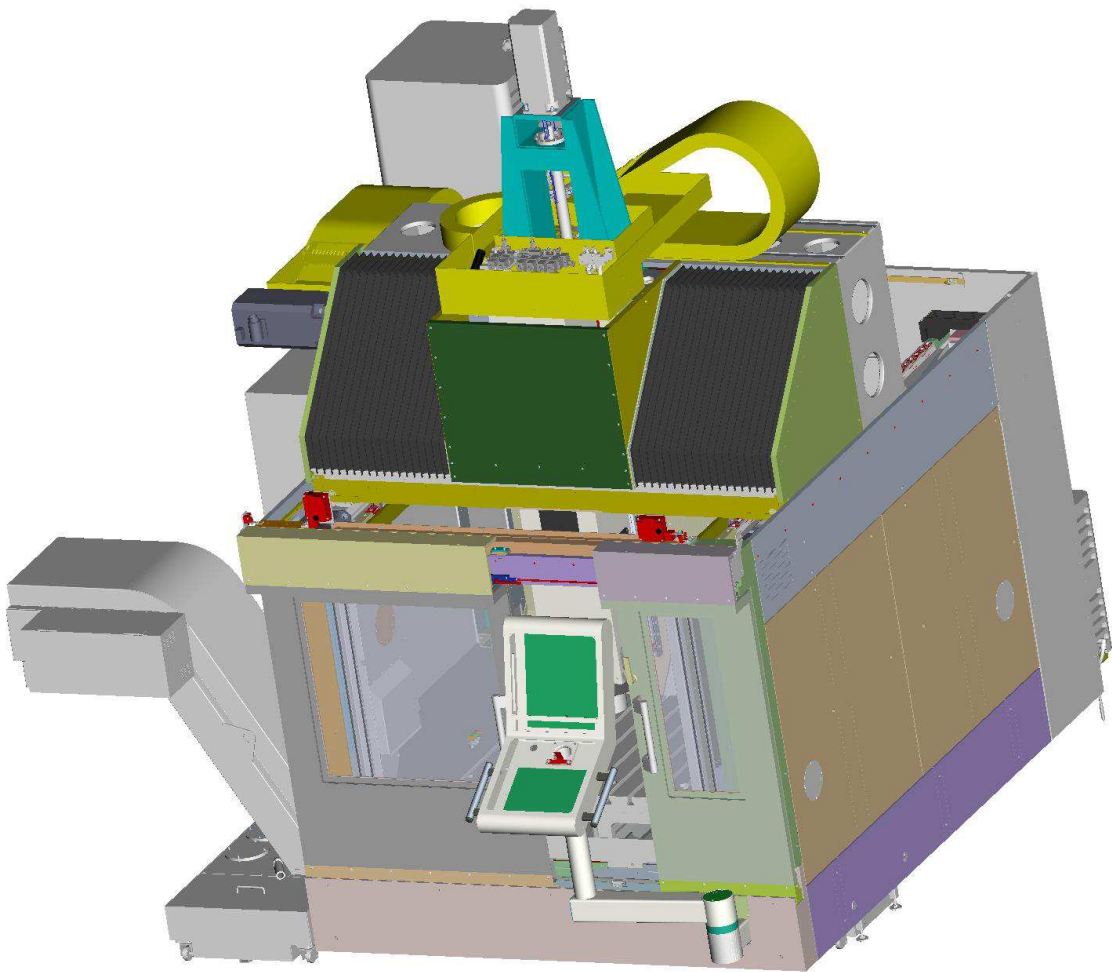
Obr. 25 Prostředí JETCAM v16

4 SOUČÁST Z PLECHU

V mé diplomové práci bylo mým úkolem vymodelovat jednotlivé součásti sestavy ve 3D CAD programu. Konkrétně jsou jednotlivé díly vymodelovány v programu Solid Edge ST3. Tuto zakázku zadala firma XY firmě M-Hydraulika. Zadáním bylo vytvořit návrh krytování dveří. Ve finální podobě se jednalo o menší pravé dveře vertikálního obráběcího centra MCV 1210 (Obr. 26).

Návrh součástky z plechu byl tvořen s ohledem na:

- **Funkčnost** - kdy je zapotřebí brát zřetel na manipulaci s dveřmi.
- **Těsnost** - zajistit dokonalou těsnost dveří, aby nedocházelo například k úniku chladicí kapaliny.
- **Kvalitu** - vysokými požadavky na kvalitu lze zajistit dlouhodobou a úspěšnou spolupráci.



Obr. 26 Pohled na vertikální obráběcí centrum MCV 1210

4.1 Návrh součástí z plechu

Pro vytvoření celé finální sestavy výrobku bylo zapotřebí vymodelovat jednotlivé součásti této sestavy. Tyto součásti byly vymodelovány v 3D programu Solid Edge ST3. Program nabízí funkce, které usnadňují tvorbu a úpravu jak plechových komponentů, tak i standardních součástí. Součásti sestavy byly tvořeny ve dvou modulech (Obr. 27):

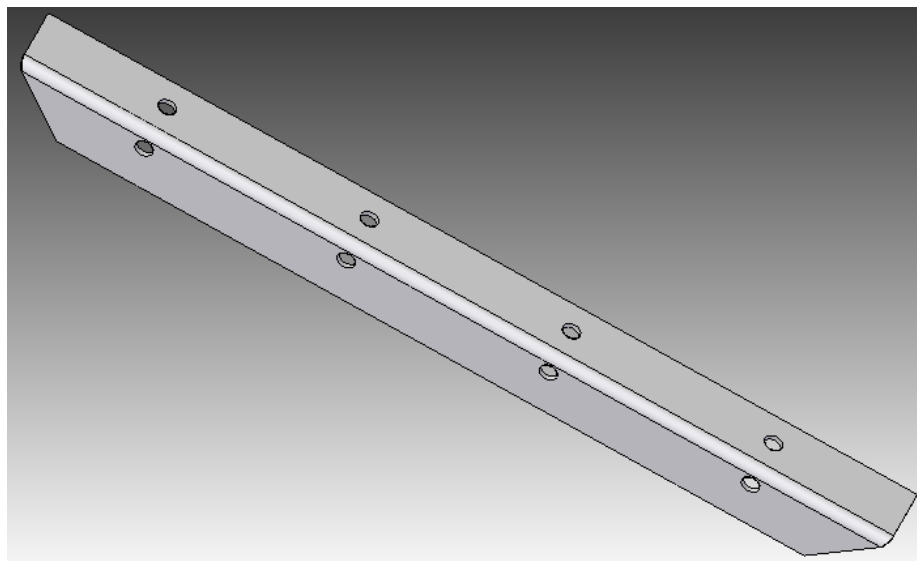
- ISO Part - tvorba dílů
- ISO Sheet Metal - tvorba plechových dílů



Obr. 27 Moduly tvorby

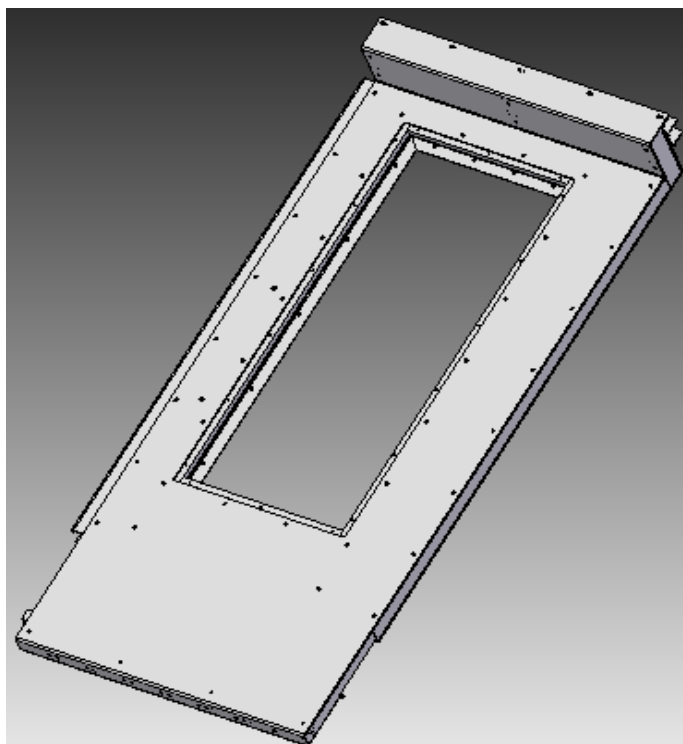
Na obr. 28 můžeme vidět příklad návrhu ohnuté součásti vymodelované z plechu o tloušťce 2 mm v modulu Sheet Metal. Vnitřní poloměr ohybu byl zde volen 2 mm. Tvorba probíhala s ohledem na funkce, které bude plnit v sestavě. Nutností bylo vytvoření děr pro děrové svary, pro pozdější kompletování v montáži.

Jedná se o lištu, která spolu s dalšími lištami bude sloužit k olemování okna dveří a k jeho uchycení. Okno bude později z vnější strany v motáži vodotěsně tmeleno. Lišta tedy bude sloužit i jako těsnící prvek. Materiál 11 321 byl vybrán s ohledem na to, že se bude jednat o díl, který patří do svarku.



Obr. 28 Návrh plechové součásti - Lišta 1

Po postupném vymodelování návrhů jednotlivých součástí sestavy, jak bylo popsáno na výše uvedeném příkladu jedné součásti ze sestavy, bylo nutné vytvořit celou sestavu prahových dveří. Pomocí modulu ISO Assembly (Obr. 27) v programu Solid Edge ST3 se postupným vkládáním součástí a určováním vzájemných vazeb vytvořil finální návrh součástky (Obr. 29).



Obr. 29 Finální návrh sestavy

4.2 Zpracování výkresové dokumentace

Pro jednotlivé vymodelované součásti jsem vypracovala technické výkresy součástí a výkres sestavy finálního výrobku (Příloha I). Technická dokumentace byla tvořena dle zásad technického kreslení. Všechny výkresy obsahují údaje potřebné k úplnému určení součásti pro výrobu. Z výkresů je patrná rozměrová náročnost, dle které se lze orientovat při pozdější montáži sestavy.

Součástí dokumentace je také kusovník (Obr. 30), který slouží pro orientaci ve výkresech a ke zjištění počtu kusů součástí, jaký druh materiálu je potřeba zvolit a jaká bude spotřeba materiálu v kilogramech.

Pozn.	Číslo výkresu	Ks	Název	Norma	Materiál	Kg
1	371C7206A6C01-MH	1	PLÁŠŤ VNĚJŠÍ		11 321	9,04
2	371C7206A6C02-MH	1	PLÁŠŤ VNITŘNÍ		11 321	5,38

Obr. 30 Kusovník

4.3 Technologický postup

Zpracování technologického postupu provádí technolog v oddělení technologie. Ten zpracoval k dané výkresové dokumentaci postup technologických operací při výrobě a určil i montážní parametry (Příloha II).

Z uvedeného příkladu technologického postupu (Obr. 31) můžeme vyčíst například rozměr polotovaru¹, druh a jakost materiálu², počet provedených operací, kusový a přípravný čas³ a spotřebu materiálu v kilogramech⁴. Vyčteme zde, i pomocí kterých strojů, nástrojů a přípravků se budou jednotlivé operace provádět za účelem vytvoření finálního výrobku.

Řezání a stříhání materiálů na požadované rozměry polotovarů probíhá v režii firmy a proto, se v technologickém postupu neobjevují.

Položka : R371C7206A1E09 1 Nazev: VYZTUHA

Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J ZDN-UVS-UMS	CISELNY ZNAK	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
10	M2	1371610090 350-00-56	2 182.60 x 540.00 PLECH HLUBOKOTA	11321.21 CSN 426312.32	.1094	1.7183	1.5500	27.6931

Cislo oper.	Pracoviste STA	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM			JPROKOP	2177	16/02/05
010	4TRL	TRU	0.70	10.0	PDEDEK		09/04/13
Steps							

0010	seridit, zhotovit dle programu						
0020	pali *7 -6x						
0030	pali tvar						
020	4PUL	PUL	0.80	15.0	PDEDEK		08/04/13
Steps							

0010	ohne tvar -1x						
030	2POL	KOO			PDEDEK		08/04/13
Steps							

0010	polotovar TRU, PUL						
040	4ZAM	ZAM	3.80	15.0	JPROKOP	2177	16/02/05
Steps							

0010	po TRU ojhli						
0020	prerovna po ohnuti						

5.30 40.0

Obr. 31 Technologický postup - Výztuha

5 ETAPY VÝROBY

V následující kapitole jsou uvedeny jednotlivé etapy výroby, které vedou k vytvoření finální sestavy dveří. Na vybraném příkladu součásti (Obr. 32) je popsán průběh vlastní výroby dle technologického postupu. V poslední etapě je popsáno kompletování plechové součástky.

5.1 Příprava výroby

Základní činností je příprava materiálu pro výrobu. Materiál, který je zakoupen dle požadavků zákazníka, je skladován.

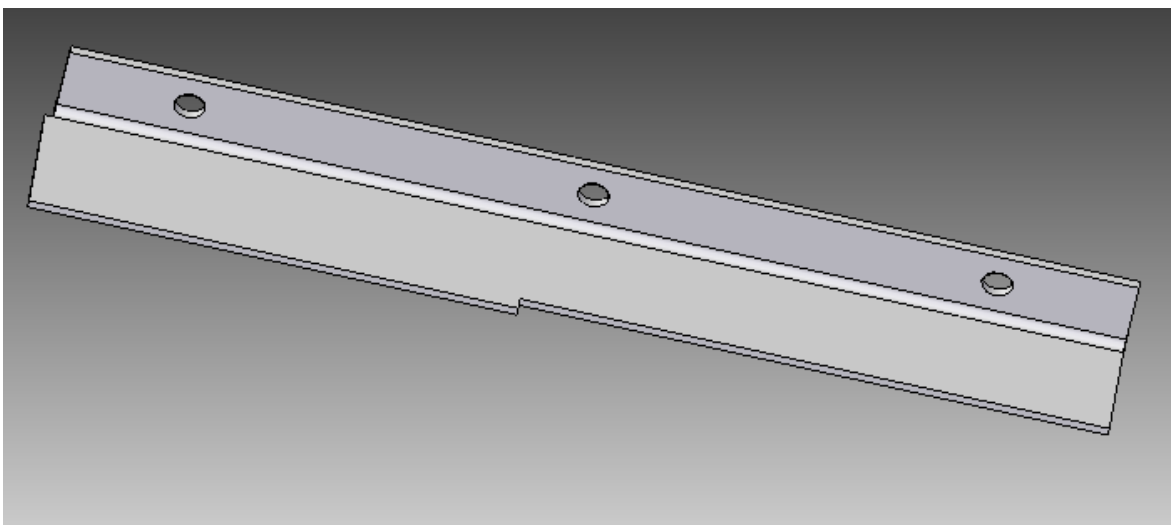
Před odesláním materiálu do výroby jsou tabule plechů stříhány na požadované polotovary. Tyče a jiné normalizované součásti jsou řezány na požadované délky.

Tepelné či chemicko-tepelné zpracování materiálu před samotnou výrobou nebývá nutné. Materiál byl již s požadovanými vlastnostmi zakoupen.

5.2 Vlastní výroba

Po dodání materiálu do výroby, započne samotná realizace součástí v souladu s technologickou dokumentací na pracovišti firmy.

V následujícím odstavci bude uveden příklad výroby součásti Bok 1, kterou můžeme vidět na obr. 32. Jedná se o jednu ze součástí finální sestavy výrobku.



Obr. 32 Součást - Bok 1

Samotný postup výroby se řídí dle technologického postupu, který je uvedený níže na obrázku.

```

-----
Položka : R371C7206A6E13 1   Nazev: BOK 1                               Puv. znaceni:
-----
-----
MAT  M.J CISELNÝ ZNAK      ROZMER          JAKOST          SPOTR/MJ        SPOTREBA        CISTA HN.        CENA
D.O   ZDN-UVS-UMS          ROZM1xROZM2+PR  NORMA           KS/Poz          V KG            HOTOVE ZA        SPOTREBU
-----
                NAZEV          ENGINEERING CHANGES
-----
M2  1371610090          2              11321.21        .0125           .1965           .1700            3.1680
    350-00-56          47.20 x 239.00 CSN 426312.32
                PLECH HLUBOKOTA
-----
*****
Cislo   Pracoviste   Pocet o.   Kus. cas   Prip.ca   Autor   Telefon   Datum
oper.   STA           Skup.     stroju     TAC       TBC     operace   zmeny
-----
000    2343           PM        .           .         MSISKA2   .         26/07/11
010    4TRL          TRU        .           0.50     10.0     MSISKA2   26/07/11
    Steps
    -----
    0010 seridit, zhotovit dle programu
    0030 pali *7 -3x
    0040 pali tvar

020    4PUL          PUL        .           0.80     15.0     MSISKA2   26/07/11
    Steps
    -----
    0010 ohne tvar -1x

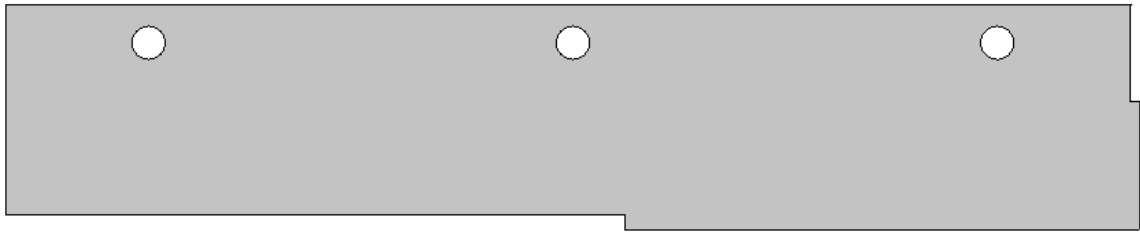
030    2POL          KOO        .           .         .         MSISKA2   26/07/11
    Steps
    -----
    0010 polotovar TRU, PUL

040    4ZAM          ZAM        .           2.00     10.0     MSISKA2   26/07/11
    Steps
    -----
    0010 prerovna po TRU, ojhli
    0020 prerovna po ohnuti
-----
                3.30     35.0
    
```

Obr. 33 Technologický postup - Bok 1

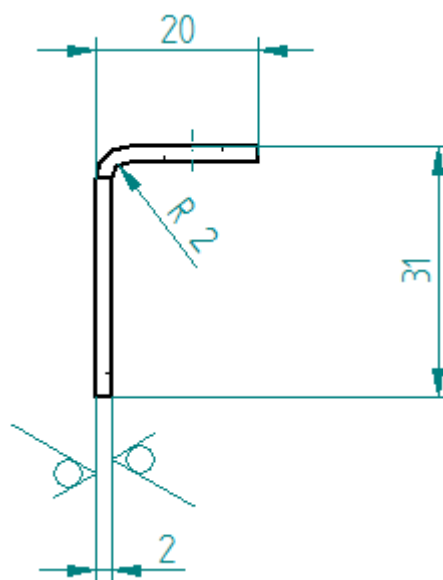
Do výroby byla dodána tabule plechu o tloušťce 2 mm a rozměrech 1000 x 2000 mm. V rámci sériovosti výroby, byly na tuto tabuli rozmístěny v programu JETCAM, co ne-
jekonomičtější způsobem, požadovaný počet těchto stejných součástí.

Z programu JETCAM byly po síti odeslány data do zařízení TruLaser 3030. Laserové zaří-
zení nejprve pájlo 3x díry o průměru 7 mm a poté vypálilo tvar součásti (Obr. 34).



Obr. 34 Pálený tvar součásti z plechu

Další operace byla prováděna na ohraňovacím lise OPTIMA 160. Vypálený tvar z plechu byl ohnut do požadovaného tvaru dle výkresu (Obr. 35). Samotný proces lze vidět na obr. 36.



Obr. 35 Ohnutý tvar součásti Bok 1



Obr. 36 Ohyb součásti Bok 1

Dále byl polotovár přesouván do zámečnické dílny. Zde probíhalo přerovnání po pálení na zařízení TruLaser 3030 a ožehlení. Přerovnání bylo provedeno i po ohýbání na ohraňovacím lise OPTIMA 160.

Tímto způsobem vyhotovený díl byl odeslán do montáže k ostatním dílům sestavy, kde se kompletuje.

5.3 Dokončení výroby

V poslední etapě výroby jsou prováděny potřebné dokončovací operace, montáž dílů a povrchové úpravy finálního výrobku.

Po seskupení jednotlivých součástí sestavy v montáži, bylo započato kompletování sestavy v jednotlivých pracovních úsecích dle technologického postupu (Příloha II).

Zámečníci si ustaví pozice 17 a 20 (Orientace dle kusovníku Příloha II), které se bodově svaří k sobě. Po svaření se plochy obrousí a očistí od vzniklých povrchových vad.

Na vnější plášť (Pozice 1) se postupně ustaví pozice 3 - 11, 13 - 19, 21 a 22. Ty se svaří, plochy se brousí a čistí. Popřípadě probíhají dodatečné úpravy (například přerovnání).

Po přesunu pozic 17 a 20 spolu s vnějším pláštěm (Pozice 1) na svářecí pracoviště, se tyto pozice přivaří dle výkresu.

Na takto svařenou sestavu pláště se postupně ustaví pozice 2, 12 a 27. Zde je nutné slícovat hrany. Tyto pozice se svaří a povrch se obrousí.

Na výše uvedenou svařenou sestavu se následně ustaví postupně pozice 23 - 26, které se svařují. Povrch se opět obrousí v místě svaru a očistí. Celá takto svařená část se upraví, aby byla pohledová. Na svářecím pracovišti se vše napevno přivaří.

U pozic 5, 13, 14, 17 a 22 se převrtají díry, které jsou následně ožehleny. Do těchto vyvrtaných otvorů jsou poté zámečníky vyřezány požadované závity dle výkresů.

Výsledná sestava se označí jako sestava R371CR7206A6 a za pomoci jeřábu je přesunuta ke tmelení označených míst sikaflexem, který slouží k těsnění mezi materiály.

Natěrači po přemístění sestavy na jejich pracoviště všechny potřebné povrchy odmastí. Podle potřeby mohou vybraná místa na povrchu ještě tmelit a brousit.

Povrch plechové součásti se stříká nejprve epoxidovým základem, který vytváří na povrchu antikoroziční vrstvu.

Následně po jeho zaschnutí jsou stříkány dvakrát všechny vnitřní plochy polyuretanovým emailem, který je hladký a lesklý o odstínu RAL 7035 (světle šedá). Jedná se o vrchní nátěr vhodný pro velmi namáhané oblasti. Je odolný vůči chemikáliím.

Vnější plochy plechové součásti jsou stříkány také dvakrát. Používá se strukturní email. Jedná se o dvousložkový krycí lak na bázi polyuretanu, který je odolný proti atmosférickým a chemickým vlivům. Zaručuje také dlouhodobou stálost odstínu a jeho lesku.

V konečné fázi po zaschnutí nátěrů protáhnou mechanici všechny závity (39x).

Během celého výrobního procesu byly prováděny také průběžné kontrolní činnosti.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY

Ke zhodnocení ekonomičnosti výroby po nástupu novějšího zařízení TruLaser 3030 byla vybrána součástka, která se vyrábí na tomto zařízení, ale zároveň se i vyráběla na původním zařízení LaserPress 180 LW. Pro lepší orientaci a přehlednost jsou staré a nové technologické postupy naskenovány a porovnány změny, které s příchodem nového zařízení proběhly. V obrázcích jsou v první polovině naskenovány staré technologické postupy a v druhé polovině jsou technologické postupy novější. K orientaci také složí data, která jsou uvedena v posledním sloupci napravo. Některé technologické postupy jsou pouze místy pozměněny, někde se technologie zpracování úplně změnila a v některých případech zůstaly technologické postupy stejné. Všechny technologické postupy těchto součástí jsou přiloženy k této práci jako Příloha III. V této kapitole byly vybrány pouze některé příklady postupů.

6.1 Porovnávání technologických postupů

Na obr. 37 můžeme vidět naskenovaný starý i nový technologický postup. Dle starého technologického postupu, kde zařízení LaserPress 180 LW nespĺňovalo zadané požadavky, bylo nutné potřebné díry napřed vyvrtat a poté vyřezat závit. Tento proces byl velmi zdlouhavý. Díky novějšímu zařízení bylo možno už díry pálit na laseru do plechu. Toto zařízení umožnilo i vypálení tvaru, který byl následně ohýbán do požadovaného tvaru. Nebylo tedy potřeba řezat z polotovaru na potřebnou délku jako u starého postupu. Kde byl zvolen jako polotovar - profil ve tvaru U. Kusový čas se díky nové technologii zkrátil o víc jak polovinu a i přípravný čas se zrychlil.

U dalšího porovnání obr. 38 lze také vidět úsporu. Není sice tak výrazná, jako u předešlého případu, ale kusový čas byl zde opět zkrácen. Protože na novějším zařízení byl vypálen jak tvar, tak i díry. Původní zařízení díry razilo. Přípravný čas zůstal zachován.

Obdobný případ je uveden na obr. 39.

Po porovnání starého a nového postupu na obr. 40 zjistíme, že v tomto případě se technologie výroby opět úplně změnila. Na Zařízení TruLaser 3030 byl vypálen obvodový tvar i díry. Oproti původnímu postupu, kdy bylo nutné díry vrtat. Ze starého postupu lze dále vyčíst, že polotovarem byla tyč, která se řezala na přesnou délku. U nového postupu byl

vybrán jako polotovar plech. Kusový čas se tedy opět snížil a to téměř o polovinu. S tímto časem se samozřejmě snížil i čas přípravy.

Na obr. 41 je změna technologie patrná již od pohledu. Podle starého postupu se razil důlek s ohledem na pískování k pozdějšímu vrtání díry a následnému řezání závitů. Na TruLaseru 3030 byly vypáleny místo ražených důlků křížky, pro pozdější vytvoření závitové díry. Díky použití novějších operací se kusový čas zkrátil a s ním i čas přípravný.

Na obr. 42 je vidět, že použitím novějšího zařízení se snížil kusový čas víc jak trojnásobně. Jelikož se všechny potřebné tvary a otvory vypálili na laseru, nebylo potřeba provádět operaci vrtání, jako u původního technologického postupu. Také volba polotovaru zde byla odlišná. Nově byl zvolen jako polotovar - plech, místo původního polotovaru - tyče.

Technologické postupy na obr. 43 se liší pouze v jedné operaci. Na starém zařízení se otvory pájly na laseru a tvar razil. Novou technologií se otvory i tvar pájí na laseru. Kusový čas se zefektivní téměř o 100%. Přípravný čas však zůstal zachován.

Položka : R371C7206A1D07 1 Nazev: PRICKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M	1542210010 130-90-21	U40X25X3 510.00 x x 2.00 PROFIL U	S235JRC EN10162	.5120	.9625	.9500 370176.0000	

rezat presne na miru

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	5PU4	PUE		0.70	7.0	JPROKOP	2177	16/02/05

Steps ...Pokrač.

0010 piskuje

020	4ZAM	ZAE		12.83	30.0	JPROKOP	2177	02/01/11
-----	------	-----	--	-------	------	---------	------	----------

Steps
0010 prerovna
0020 upravi konce, ojhli
0030 znaci otvory
0040 vrta *3.2 -5x, hrany
0050 reze zavity M4 -5x

13.53 37.0

Položka : R371C7206A1D07 1 Nazev: PRICKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
10	M2 1361110031 350-00-56	3 78.00 x 510.00 PLECH	EFP01-11321.21 VP420128	.0441	1.0398	.9600 17.1824	

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	4TRL	TRU		0.60	10.0	PDEDEK		09/04/13

Steps ...Pokrač.

0010 seridit, zhotovit dle programu
0020 pali *3.3 pro M4-6H -5x
0030 pali tvar

020	4PU4	PU		0.70	7.0	PDEDEK		09/04/13
-----	------	----	--	------	-----	--------	--	----------

Steps

0010 piskuje

030	4ZAM	ZAM		4.50	15.0	PDEDEK		09/04/13
-----	------	-----	--	------	------	--------	--	----------

Steps
0010 prerovna, ojhli
0020 srazi hrany
0030 reze M4-6H -5x

5.80 32.0

Obr. 37 Technologický postup - Příčka

 Položka : R371C7206A1E09 1 Nazev: VYZTUHA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M2	1371610090	350-00-56	2 182.60 x 540.00 PLECH HLUBOKOTA	DC01 CSN 426312.32	.1094	1.7183	1.5500	47.8843

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	16/02/05
010	4TRL	TRU		1.25	10.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								

0010	seridit, zhotovit dle programu							
0020	razi *7 -6x							
0030	pali tvar							
020	4PUL	PUL		0.80	15.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								

0010	ohne tvar -1x							
030	2POL	KOO				JPROKOP	2177	16/02/05
Steps								

0010	polotovar TRU, PUL							
040	4ZAM	ZAE		3.80	15.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								

0010	po TRU ojhli							
0020	prerovna po ohnuti							
				5.85	40.0			

 Položka : R371C7206A1E09 1 Nazev: VYZTUHA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M2	1371610090	350-00-56	2 182.60 x 540.00 PLECH HLUBOKOTA	11321.21 CSN 426312.32	.1094	1.7183	1.5500	27.6931

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	16/02/05
010	4TRL	TRU		0.70	10.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								

0010	seridit, zhotovit dle programu							
0020	pali *7 -6x							
0030	pali tvar							
020	4PUL	PUL		0.80	15.0	PDEDEK		08/04/13
Steps								

0010	ohne tvar -1x							
030	2POL	KOO				PDEDEK		08/04/13
Steps								

0010	polotovar TRU, PUL							
040	4ZAM	ZAM		3.80	15.0	JPROKOP	2177	16/02/05
Steps								

0010	po TRU ojhli							
0020	prerovna po ohnuti							
				5.30	40.0			

Obr. 38 Technologický postup - Výztuha 1

 Položka : R371C7206A1D14 1 Název: VYZTUHA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNÝ ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
	M2	1361110031 350-00-56	3 199.90 x 548.00 PLECH	EFP01 VP420128	.1215	2.8635	2.5500	79.2458

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	10/02/05
010	4TRL	TRU		1.50	10.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								
0010 seridit, zhotovit dle programu								
0020 razi *3.2 -2x (pomocne pro prevrtani)								
0030 razi *7 -4x								
0040 razi *14 -2x								
0070 pali tvar								
020	4PUL	PUL		1.60	15.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								
0010 ohne tvar -2x								
030	2POL	KOO				JPROKOP	2177	10/02/05
Steps								
0010 polotovar TRU, PUL								
040	4ZAM	ZAE		5.70	15.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								
0010 po TRU oješli								
0020 prerovna po ohnutí								
				8.80	40.0			

 Položka : R371C7206A1D14 1 Název: VYZTUHA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNÝ ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
10	M2	1361110031 350-00-56	3 199.90 x 548.00 PLECH	EFP01-11321.21 VP420128	.1215	2.8635	2.5500	47.3173

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	10/02/05
010	4TRL	TRU		1.40	10.0	PDEDEK		08/04/13
Steps								
0010 seridit, zhotovit dle programu								
0020 pali *4.2 -2x								
0030 pali *7 -4x								
0040 pali *14 -2x								
0070 pali tvar								
020	4PUL	PUL		1.60	15.0	PDEDEK		08/04/13
Steps								
0010 ohne tvar -2x								
030	2POL	KOO				PDEDEK		08/04/13
Steps								
0010 polotovar TRU, PUL								
040	4ZAM	ZAM		5.70	15.0	JPROKOP	2177	10/02/05
Steps								
0010 po TRU oješli								
0020 prerovna po ohnutí								
				8.70	40.0			

Obr. 39 Technologický postup - Výztuha 2

 Položka : R371C7206A1D15 1 Nazev: PRILOZKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M		1556110050 130-90-21	12X5 323.00 x x 2.00 TYC 4HR.TAZENA	S235JR CSN 426522.12	.3250	.1530		6.9160
reze hotove na delku l=323								

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	5PU4	PUE	...Pokrač.	0.10	5.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0010 piskuje								
020	4ZAM	ZAE		1.14	5.0	VPOKORAK	2283	02/01/11
Steps								
0010 ojhli,upravi cela								
030	4LIH	LIS		1.20	6.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0020 rovna								
040	1ME1	ME		2.10	10.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0010 rysuje otvor -3x								
050	3V42	VRT		4.40	20.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0010 upne do sveraku -2x								
0020 vrta *4.2 pro M5 -3x								
0030 hrany								
0040 reze zavit M5-6H -3x								
				8.94	46.0			

 Položka : R371C7206A1D15 1 Nazev: PRILOZKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M2		1361110110 350-00-56	5 12.00 x 323.00 PLECH	11373.1 CSN 425310.11	.0043	.1720	.1600	2.4397

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	4TRL	TRU	...Pokrač.	0.40	10.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 seridit, zhotovit dle programu								
0020 pali *4 pro M5-6H -3x								
0030 pali tvar								
020	4PU4	PU		0.20	7.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 piskuje								
030	4ZAM	ZAM		4.00	15.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 prerovna, ojhli								
0020 srazi hrany								
0030 reze M5-6H -5x								
				4.60	32.0			

Položka :		R371C7206A1D16 1		Nazev: PRILOZKA		Puv. znaceni:			
MAT D.O	M.J	CISELNÝ ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA	SPOTR/MJ KS/Poz ENGINEERING CHANGES	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA	
M2		1361110110 350-00-56	5 162.00 x 136.00 PLECH	S235JR CSN 425310.11	.0244	.9782		14.7031	

Cislo oper.	STA	Pracoviste	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343		PM				VPOKORAK	2283	28/01/05
010	4ZAM		ZAE		1.71	5.0	VPOKORAK	2283	02/01/11
Steps									
0010 rovna v celku s pomocnikem									
020	4TRL		TRU		1.10	10.0	VPOKORAK	2283	02/01/11
Steps									
0010 razi dulek s ohledem na piskovani -4x									
0020 pali tvar									
030	056000		560				VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps									
0010 dle postupu pro polotovar									
050	5PU4		PUE		0.10	5.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps									
0010 jemne piskuje									
060	3FV3		FRZ		4.10	22.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps									
0010 upne do sveraku -2x									
0020 frezuje ubrani 5x2									
0030 ubrani 7x2									
070	4ZAM		ZAE		8.36	30.0	VPOKORAK	2283	02/01/11
Steps									
0010 ojehlí, upravi po TRU									
0020 rovna									
0030 dle dulku vrta *3.3 pro M4 -4x									
0040 hrany									
0050 reze M4-6H -4x									
					15.37	72.0			

Položka :		R371C7206A1D16 1		Nazev: PRILOZKA		Puv. znaceni:			
MAT D.O	M.J	CISELNÝ ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA	SPOTR/MJ KS/Poz ENGINEERING CHANGES	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA	
M2		1361110110 350-00-56	5 162.00 x 136.00 PLECH	11373.1 CSN 425310.11	.0244	.9782		13.8694	

Cislo oper.	STA	Pracoviste	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343		PM				VPOKORAK	2283	28/01/05
010	4TRL		TRU		0.90	10.0	PDEDEK	2283	08/04/13
Steps									
0010 seridit, zhotovit dle programu									
0020 znaci krizky pro M4-6H -4x									
0030 pali tvar									
020	2POL		KOO				PDEDEK		08/04/13
Steps									
0010 dle postupu pro polotovar									
030	4ZAM		ZAM		5.10	20.0	PDEDEK		08/04/13
Steps									
0010 prerovna, ojehlí									
0020 navrta, vrta *3.3 pro M4-6H -4x									
0030 srazi hrany									
040	4PU4		PU		0.10	5.0	PDEDEK		08/04/13
Steps									
0010 piskuje									
050	4FU3		FRZ		4.10	22.0	PDEDEK		08/04/13
Steps									
0010 upne do sveraku -2x									
0020 frezuje ubrani 5x2									
0030 frezuje ubrani 7x2									
060	4ZAM		ZAM		2.00	8.0	PDEDEK		08/04/13
Steps									
0010 ojehlí po FRZ									
0020 reze M4-6H -4x									
					12.20	65.0			

Obr. 41 Technologický postup - Příložka 2

 Položka : R371C7206A1D17 1 Nazev: PRILOZKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M		1556110050 130-90-21	12X5 814.00 x x 2.00 TYC 4HR.TAZENA reze hotove na delku l=814	S235JR CSN 426522.12	.8160	.3843		17.3644

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	5PU4	PUE	...Pokrač.	0.20	5.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0010 piskuje								
020	4ZAM	ZAE		1.14	5.0	VPOKORAK	2283	02/01/11
Steps								
0010 oješli,upravi cela								
030	4LIH	LIS		1.80	6.0	VPOKORAK	2283	28/01/05
Steps								
0020 rovna								
040	1ME1	ME		4.80	10.0	VPOKORAK	2283	31/01/05
Steps								
0010 rysuje otvor -6x								
050	3V42	VRT		10.20	20.0	VPOKORAK	2283	31/01/05
Steps								
0010 upne do sveraku -6x								
0020 navrta,vrta *4.2 pro M5 -6x								
0030 hrany								
0040 reze zavit M5-6H -6x								
				18.14	46.0			

 Položka : R371C7206A1D17 1 Nazev: PRILOZKA Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK ZDN-UVS-UMS	ROZMER ROZM1xROZM2+PR NAZEV	JAKOST NORMA ENGINEERING CHANGES	SPOTR/MJ KS/Poz	SPOTREBA V KG	CISTA HN. HOTOVE ZA SPOTREBU	CENA
M2		1361110110 350-00-56	5 12.00 x 814.00 PLECH	11373.1 CSN 425310.11	.0108	.4336	.3800	6.1486

Cislo oper.	Pracoviste STA	Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
010	4TRL	TRU	...Pokrač.	0.60	10.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 seridit, zhotovit dle programu								
0020 pali *4 pro M5-6H -6x								
0030 pali tvar								
020	4PU4	PU		0.20	7.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 piskuje								
030	4ZAM	ZAM		4.70	15.0	PDEDEK		09/04/13
Steps								
0010 prerovna, oješli								
0020 srazi hrany								
0030 reze M5-6H -6x								
				5.50	32.0			

Obr. 42 Technologický postup - Příloška 3

Položka : R371C7206A1E20 1 Nazev: CELO

Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK	ROZMER	JAKOST	SPOTR/MJ	SPOTREBA	CISTA HN.	CENA
		ZDN-UVS-UMS	ROZM1xROZM2+PR NAZEV	NORMA ENGINEERING CHANGES	KS/Poz	V KG	HOTOVE ZA SPOTREBU	

Cislo oper.	Pracoviste STA	Pracoviste Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	16/02/05
010	4TRL	TRU		0.35	10.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								

0010	seridit, zhotovit dle programu							
0020	pali tvar. otvor na *22.5 -1x							
0030	razi tvar *44 -1x							
020	2POL	KOO				JPROKOP	2177	16/02/05
Steps								

0010	polotovar TRU							
030	4ZAM	ZAE		1.90	5.0	JPROKOP	2177	02/01/11
Steps								

0010	prerovna po TRU, ojhli							

2.25 15.0

Položka : R371C7206A1E20 1 Nazev: CELO

Puv. znaceni:

MAT D.O	M.J	CISELNY ZNAK	ROZMER	JAKOST	SPOTR/MJ	SPOTREBA	CISTA HN.	CENA
		ZDN-UVS-UMS	ROZM1xROZM2+PR NAZEV	NORMA ENGINEERING CHANGES	KS/Poz	V KG	HOTOVE ZA SPOTREBU	

10	M2	1371610121 350-00-56	2,5 (FEP01AM) 43.00 x 43.00 x CSN 426312 PLECH HLUBOKOTA	11321.21 FEP01	.0020	.0402	.0200	.6648
----	----	-------------------------	--	----------------	-------	-------	-------	-------

Cislo oper.	Pracoviste STA	Pracoviste Skup.	Pocet o. stroju	Kus. cas TAC	Prip.ca TBC	Autor operace	Telefon	Datum zmeny
000	2343	PM				JPROKOP	2177	16/02/05
010	4TRL	TRU		0.30	10.0	MSISKA2		04/06/10
Steps								

0010	seridit, zhotovit dle programu							
0020	pali tvar. otvor na *22.5 -1x							
0030	pali tvar (*44)							
020	2POL	KOO				JPROKOP	2177	16/02/05
Steps								

0010	polotovar TRU							
030	4ZAM	ZAM		1.00	5.0	MSISKA2		04/06/10
Steps								

0010	prerovna po TRU, ojhli							

1.30 15.0

Obr. 43 Technologický postup - Čelo

Ražení na zařízení LaserPress 180 LW bývalo efektivní, ale pouze u plechů do tloušťky 2 mm, u silnějších plechů už bylo nevýhodné.

Zařízení TruLaser 3030 oproti původnímu zařízení LaserPress 180 LW taktéž od firmy TRUMPF je schopné zpracovávat tloušťky nad 6 mm. Nabízí nové technologie výroby. Ten, kdo vždy vyhodnotí neekonomičtější způsob výroby na základě technického výkresu je technolog. Volí konvenčního zpracování nebo nekonvenční technologie.

Nástup nového zařízení TruLaser 3030 je ekonomicky výhodné oproti třískovému obrábění. Novější zařízení dokáže snížit počet operací a díky vyššímu výkonu laserového zařízení lze zkrátit časový průběh výroby. O zekonomičtění výroby vypovídá také fakt, že s příchodem novějšího zařízení se změnil třisměnný provoz na provoz dvousměnný.

6.2 Výpočet doby návratnosti

Zařízení LaserPress 180 LW

Tab. 3 Náklady zařízení LaserPress 180 LW

Roční náklady na opravy	530 000 Kč
Mzdové náklady na 5 pracovníků	1 660 000 Kč
Režijní náklady (plyny, elektronky, ..)	900 000 Kč
Odpisy	1 500 000 Kč
Odpracováno na strojích	8 000 Nh

Do provozních nákladů nejsou započítány náklady, které se budou shodovat i na novém zařízení TruLaser 3030.

Zařízení TruLaser 3030

Tab. 4 Náklady zařízení TruLaser 3030

Pořizovací cena	13 000 000 Kč
Mzdové náklady na 3 pracovníky	1 100 000 Kč
Režijní náklady (plyny, elektronky, ..)	1 100 000 Kč
Odpisy	2 000 000 Kč
Odpracováno na strojích	6 000 Nh

Využitím vyššího výkonu laseru a vyšších rychlostí se zkrátí kusový a přípravný čas. Z toho vyplývá, že dojde ke zvýšení produktivity o 50%. Budeme-li vycházet z ročních odpracovaných výkonů 8 000 Nh na starém zařízení, bude výkon na novém zařízení realizován téměř za poloviční čas:

$$C_2 = \frac{C_1}{1,5} = \frac{8000}{1,5} = \underline{5\,333\,Nh}$$

Porovnáním výrobních nákladů starého a nového zařízení získáme hodnoty:

$$C_{1\,VN} = 8\,000 \cdot 1\,300 = \underline{10\,400\,000\,Kč}$$

$$C_{2\,VN} = 5\,333 \cdot 1\,700 = \underline{9\,066\,100\,Kč}$$

Vzniká tedy úspora:

$$C_{1\,úspora} = C_{1\,VN} - C_{2\,VN} = 10\,400\,000 - 9\,066\,100 = \underline{1\,333\,900\,Kč}$$

Na opravu starého zařízení byly vynaloženy náklady 530 000 Kč za rok.

S příchodem novějšího zařízení se uspořili 2 pracovníci obsluhy strojů. Průměrné roční náklady na jednoho pracovníka činily 340 000 Kč.

Úspora externí kooperace u materiálu o tloušťce nad 6 mm, kdy objem kooperací za rok činil 1 120 000 Kč, byla po odečtení 50 % na materiál 560 000 Kč.

Roční odpisy starého zařízení činily 1 500 000 Kč a roční odpisy nového zařízení byly 2 000 000 Kč. Po odečtení a vynásobení 21% z daňového základu získáme úsporu:

$$C_5 = 0,21 \cdot (2\,000\,000 - 1\,500\,000) = \underline{105\,000 \text{ Kč}}$$

Celková roční úspora:

$$C_F = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

$$C_F = 1\,333\,900 + 530\,000 + 340\,000 + 560\,000 + 105\,000 = \underline{2\,868\,900 \text{ Kč}}$$

Návratnost:

Vydělením nákladů vynaložených na koupi nového zařízení částkou celkové roční úspory, získáme dobu návratnosti naší investice:

$$D_N = \frac{\text{Investiční náklady}}{\text{Celková roč. úspora}} = \frac{13\,000\,000}{2\,868\,900} = \underline{\underline{4,5 \text{ let}}}$$

ZÁVĚR

V této práci jsem se věnovala technologiím zpracování plechu. Mým cílem bylo vytvořit návrh plechové součástky, kterou si zadala firma XY do firmy M-HYDRAULIKA k vyhotovení. Jednalo se o menší pravé dveře vertikálního obráběcího centra MCV 1220, které byly navrhovány s ohledem na požadavky zákazníka. Návrh byl zpracován ve 3D programu. Jednotlivé součásti sestavy byly vymodelovány v programu Solid Edge ST3. Pro tyto součástky jsem vypracovala technickou dokumentaci (Příloha I). V Příloze II je přiložen i technologický postup, který byl vytvořen technologem přímo ve firmě a podle kterého se řídí pracovníci firmy při samotné výrobě součástí.

Cílem práce byl popis od návrhu součástky až po zhotovení finálního výrobku. Jsou zde uvedeny jednotlivé etapy výroby, kde počáteční etapu tvoří příprava výroby. V této etapě bývá materiál nakupován, a poté připravován na požadované rozměry. Další etapou je samotná výroba jednotlivých součástí sestavy. Pro prezentaci zde byla uvedena jedna z navrhovaných součástí a pro ni byla popsána podrobně její technologie výroby. V poslední dokončovací etapě byl rozepsán postup montáže sestavy finálního výrobku z jednotlivých součástí až po finální povrchové úpravy.

V závěru práce bylo provedeno ekonomické zhodnocení výroby. Porovnáním starých technologických postupů prováděných na starém zařízení LaserPress 180 LW a nových technologických postupů prováděných na novějším zařízení TruLaser 3030 bylo zjištěno, že s nástupem novějšího zařízení s vyšším výkonem laseru se nejen zkrátí kusové a přípravné časy, ale také počet operací. Příchodem novějšího zařízení se tedy zrychlila výroba a třísměnný provoz se zkrátil na provoz dvousměnný. Také se zlepšily možnosti zpracování plechů nad 6 mm. Což je opět ekonomicky výhodné řešení, oproti třískovému obrábění. Součástí ekonomického zhodnocení byl také výpočet doby návratnosti, ze které jsme zjistili, že při investici 13 milionů korun do novějšího zařízení se nám naše investice navrátí za zhruba 4,5 let.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MORÁVEK, R. *Nekonvenční metody obrábění*. Plzeň ZČV Plzeň, 1994. 102 s. ISBN: 80-7082-161-2
- [2] MACHEK, V. *Zpracování tenkých plechů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983. 272 s.
- [3] TATÍČEK, F., ING. PILVOUSEK, Tomáš. MM Průmyslové Spektrum 2010/6
- [4] *Laserové řezání* [online]. [cit. 2012-12-08]. Dostupné z:
http://www.lao.cz/laoinfo/serial2011/laserove_rezani.php
- [5] *Průmyslové aplikace laserových systémů* [online]. 2004 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z
WWW: <http://www.plslaser.cz/pdf/prumysl.pdf>
- [6] BOBČÍK, L., *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 216 s. 04-229-83
- [7] *Nekonvenční metody obrábění* [online]. [cit. 2012-12-08]. Dostupné z WWW:
<www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>
- [8] *Laserové dělení materiálu* [online]. 2007 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z WWW:
<<http://www.welding.cz/laser/deleni.htm>>
- [9] BAREŠ, K, et al. *Lisování : určeno [také] stud. na střed. a vys. odb. školách*. Praha: SNTL, 1971. 542 s.
- [10] *Řezání plechů CNC laserem* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
<http://www.bmbeta.cz/cs/cnc-plochy-material>
- [11] *Akademie tváření - Stříhání* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
- [12] *Hydraulické tabulové nůžky* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
http://www.dkmachinery.cz/fotky/c_foto_000027_000044.jpg
- [13] *Technologie plošného tváření – ohýbání* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm

- [14] *Hydraulický ohraňovací list* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
http://www.doucha.cz/images/obr_73.jpg
- [15] *Přehled metod svařování* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z WWW:
http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/lapsanska_prehled_metod_svarovani.pdf
- [16] *Technologie výroby I - Svařování* [online]. [cit. 2013-02-04]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_I_svarovani_kubicek.pdf
- [17] KŘÍŽ, R, VÁVRA, P. *Strojírenská příručka: Tváření*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998. 255 s. ISBN 80-7183-054-2.
- [18] DVOŘÁK, M.; GAJDOŠ, F.; NOVOTNÝ, K. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. 2. finální tisk s.r.o. Olomoučany: CERM s.r.o. , 2007. 240 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [19] POKORNÝ, P. *Výrobní stroje II.: Mechanické lisy* [online]. Dostupné z:
http://www.kvs.tul.cz/download/vyrobni_stroje/tvareci.pdf
- [20] STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů, Tvářecí stroje*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, únor 2004. 126 s. ISBN 80-7082-738-6.
- [21] VARCHOLA, M.; MADÁČ, K. *Tvárníacie Stroje: Učebná pomocka pre predmet Výrobná technika* [online]. Košice : [s.n.], 2004 [cit. 2013-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.scribd.com/doc/6768161/TS>>.
- [22] AMBROŽ, O.; KANDUS, B.; KUBÍČEK, J. *Technologie svařování a zařízení*. Recenzent Václav Minařík. 1. vyd. Ostrava: Česká svářečská společnost ANB, ZEROSS - svářečské nakladatelství, 2001. 395 s. [dále jen TSaZ]. ISBN 80-85771-81-0.
- [23] *Sbírka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu*. 2. přepr. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004, 142 s. ISBN 80-708-0544-7.
- [24] *Technologie – výrobní proces ve strojírenství*. [online]. [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: <http://www.dumy.cz/materialy/stahnout-material?file=53934>

- [25] SOUKUPOVÁ, V. a D. STRACHOTOVÁ. *Podniková ekonomika*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005, 121 s., [8] s. příl. ISBN 80-708-0575-7.
- [27] *Abkantpresse OPTIMA 160 - DNC 900: Betrieb und Wartung*. Wien, 1992.
- [28] *Manuál pro zařízení LaserPress 180 LW*. Praha, 1987
- [29] *Návod k provozu zařízení TruLaser 3030*. Praha, 2006.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC	Počítačem (číslicově) řízený stroj
CAD	Počítačem podporované navrhování
CAM	Počítačem podporovaná výroba
CO ₂	Oxid uhličitý
N ₂	Dusík
He	Hélium
mm	Milimetr
μm	Mikrometr
min	Minuta
°C	Stupeň celsia
V	Volt
kg	Kilogram
A	Práce
W	Watt
kW	Kilowatt
kN	Kilonewton
N	Newton
%	Procento
hz	Hertz
WIG	Svařování netavící se wolframovou elektrodou
MIG/MAG	Svařování tavící se elektrodou
TP	Technická příprava
TLF	TruLaser Flow
TEM ₀₀	Mód laserového zařízení

DXF Formát CAD programu

DWG Formát CAD programu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Princip metody řezání laserem [4]</i>	13
<i>Obr. 2 Závislost řezné rychlosti na tloušťce a druhu řezaného materiálu -1 500 W [7]</i>	15
<i>Obr. 3 Schéma zařízení pro řezání laserem [7]</i>	16
<i>Obr. 4 CNC laserové řezání [10]</i>	17
<i>Obr. 5 Fáze průběhu stříhání [11]</i>	18
<i>Obr. 6 Střížná síla [3].....</i>	19
<i>Obr. 7 Hydraulické tabulové nůžky s nastavitelným úhlem stříhu [12]</i>	21
<i>Obr. 8 Děrovací stroj od firmy Trumpf [11]</i>	21
<i>Obr. 9 Rozložení a velikost napětí v materiálu [13].....</i>	24
<i>Obr. 10 Stanovení délky výchozího polotovaru při ohýbání [17]</i>	25
<i>Obr. 11 Hydraulický ohraňovací lis [14]</i>	28
<i>Obr. 12 Nástroj na ohraňování [13]</i>	28
<i>Obr. 13 Typy svarů [15]</i>	34
<i>Obr. 14 Svařování plamenem [15]</i>	35
<i>Obr. 15 Svařování elektrickým obloukem [15].....</i>	36
<i>Obr. 16 Princip svařování metodou WIG [16].....</i>	37
<i>Obr. 17 Princip svařování MIG/MAG [16].....</i>	39
<i>Obr. 18 Výrobní proces [24]</i>	43
<i>Obr. 19 Výrobní etapy [24]</i>	45
<i>Obr. 20 Ohraňovací lis OPTIMA 160</i>	48
<i>Obr. 21 Řídicí systém DNC 900.....</i>	49
<i>Obr. 22 LaserPress 180 LW.....</i>	51
<i>Obr. 23 Pracoviště TruLaser 3030</i>	53
<i>Obr. 24 Příklad zpracování materiálu.....</i>	54
<i>Obr. 25 Prostředí JETCAM v16</i>	58
<i>Obr. 26 Pohled na vertikální obráběcí centrum MCV 1210.....</i>	59
<i>Obr. 27 Moduly tvorby.....</i>	60
<i>Obr. 28 Návrh plechové součásti - Lišta 1</i>	61
<i>Obr. 29 Finální návrh sestavy</i>	61
<i>Obr. 30 Kusovník</i>	62
<i>Obr. 31 Technologický postup - Výztuha.....</i>	63

<i>Obr. 32 Součást - Bok 1</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 33 Technologický postup - Bok 1</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 34 Pálený tvar součásti z plechu</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 35 Ohnutý tvar součásti Bok 1</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 36 Ohyb součásti Bok 1</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 37 Technologický postup - Příčka</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 38 Technologický postup - Výztuha 1</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 39 Technologický postup - Výztuha 2</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 40 Technologický postup - Příložka 1</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 41 Technologický postup - Příložka 2</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 42 Technologický postup - Příložka 3</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 43 Technologický postup - Čelo</i>	<i>77</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [9]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 2 Metody svařování [15]</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 3 Náklady zařízení LaserPress 180 LW.....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 4 Náklady zařízení TruLaser 3030</i>	<i>79</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Technická dokumentace plechové součástky

Příloha II - Technologický postup plechové součástky

Příloha III - Technologické postupy k ekonomickému zhodnocení + technická dokumentace