

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

OPTIMALIZACE VÝROBY TRANSPORTNÍ A SKLADOVACÍ PALETY

OPTIMALIZATION OF TRANSPORT AND STORAGE PALLET
PRODUCTION

AUTOR: Michal Šperňák

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.

PRAHA 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šperňák** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **466694**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace výroby transportní a skladovací palety

Název bakalářské práce anglicky:

Optimization of transport and storage pallet production

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popis řešeného typu výrobku (palet) – parametry a jejich vliv na náklady ve výrobě a v logistice
- 2) Představení a rozbor výrobních technologií a strojních zařízení – porovnání stávajícího způsobu výroby a možné návrhy úprav výrobního procesu
- 3) Návrh technologického postupu výroby nových palet na základě optimalizace a technologičnosti výroby
- 4) Vyhodnocení dosažených výsledků, závěr

Seznam doporučené literatury:

- [1] Interní dokumentace firmy Doosan Bobcat Engineering s.r.o.
- [2] Bednář. B. a kolektiv: Technologičnost konstrukce, ČVUT, FS, Praha, 2005
- [3] Okerblom, N.O. Konstrukčně-technologické projektování svařovaných konstrukcí, SNTL, Praha, 1971
- [4] Musil, M. a kolektiv. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, DOM-ZO 13, s.r.o., 2017

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Ing. Aleš Košťák, Doosan Bobcat Emea


Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2019**


doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

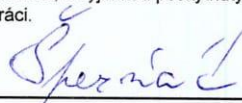

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

2.5. 2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedené v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nové transportní palety, přizpůsobené výrobním technologiím a výrobním procesům společnosti Doosan Bobcat EMEA. Součástí této práce je i zhodnocení stávajícího řešení transportních palet, jež daly za vznik nové paletě, která vzešla z optimalizace a přizpůsobení výrobnímu profilu dané společnosti.

Hlavní roli při návrhu nového řešení palety hrála jednoduchost a rychlost výroby a užití hlavních výrobních technologií podniku, jimiž je tepelné dělení materiálu pomocí CNC laseru, plošné tváření na ohraňovacím lisu a svařování elektrickým obloukem metodou MIG/MAG. Jako vstupní polotovar společnost Doosan Bobcat EMEA pro svou prvovýrobu užívá výhradně ocelových plechů o rozměrech 3 000 mm x 1 500 mm a maximální tloušťce 20 mm. Tomuto polotovaru jsou přizpůsobeny výrobní technologie manipulační trasy a sklady. Z tohoto důvodu hrál velkou roli i požadavek na vstupní polotovar, kterým měl být plech o uvedených nebo menších rozměrech, a tedy i snaha vyhnout se polotovaru v podobě tyčí a profilů, u nichž je standardní výrobní délka 6 000 mm.

Klíčová slova

Optimalizace výroby transportní a skladovací palety, technologičnost, výroba, technologie, svařování, MIG/MAG, dělení materiálu laserem, plošné tváření, ohraňování, ocel, plech

Abstract

This bachelor thesis deals with the design of a new transport pallet, adapted to the production technologies and production processes of the company in which it will be produced. Part of this work is also an evaluation of the existing solution of transport pallets, which gave rise to a new palette, which came from optimization and adaptation to the production profile of the company.

The main role in the design of the new pallet solution was played by the simplicity and speed of production and use of the company's main production technologies, which are cutting of material using CNC laser, forming process on bending machines and MIG / MAG welding.

As an input semi-finished product, the company exclusively uses 3,000 mm x 1,500 mm steel sheetmetals and a maximum thickness of 20 mm for its primary production. Handling routes and warehouses are customized for these dimensions. For this reason, the requirement for a semi-finished product, which was supposed to be a sheet, of these or smaller dimensions, also played a major role. Thus, the effort to avoid the semi-finished product in the form of rods and profiles with a standard manufacturing length of 6,000 mm.

Keywords

Optimization of transport and storage pallet production, construction technology, production, technology, welding, MIG / MAG, cutting material by laser, sheetmetal forming, bending, steel, sheetmetal

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce za jeho cenné a odborné rady, věcné připomínky, trpělivost a nemalé množství času, které mi věnoval při konzultacích a prováděných experimentech, dále mu musím poděkovat i za poskytnutou a doporučenou literaturu, která mi výrazně pomohla v praktické části práce.

Další velké poděkování dlužím svému konzultantovi, panu Ing. Alešovi Košťákovi za příležitost podílet se na tomto projektu, ve společnosti Doosan Bobcat EMEA a rovněž celému týmu prototypové dílny Inovačního centra v Dobříši za cenné a odborné rady při spolupráci na projektu.

Seznam zkratek

EMEA	Europe, the Middle East and Africa, Evropa, Střední východ a Afrika
CNC	Computer Numerical Control, počítačem číslicově řízený
CO ₂	oxid uhličitý
TIG	Tungsten Inert Gas, metoda svařování netavící se wolframovou elektrodou v inertním plynu
MMA	Manual Metal Arc, ruční svařování obalenou elektrodou
SAW	Submerged Arc Welding, metoda svařování pod tavidlem
MIG	Metal Inert Gas, metoda svařování tavící se elektrodou v inertním plynu
MAG	Metal Activ Gas, metoda svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu
A	Ampér
m	metr
mm	milimetr
°C	stupně Celsia
Min	minuta
kN	kilonewton
W	Watt
3D	trojrozměrný
HV	Vickers hardness, tvrdost dle Vickerse
tzv.	takzvaný
HSC	High Speed Cutting, technologie vysokorychlostního obrábění
EN	Evropská norma
TOO	Tepelně ovlivněná oblast

Obsah

1. Úvod	9
2. Představení možných výrobních technologií a strojů	10
2.1. Dělení materiálu	11
2.2. Tváření	14
2.3. Svařování	15
2.4. Obrábění	19
2.5. Povrchové úpravy	22
3. Zhodnocení stávajících palet.....	25
3.1. Parametry a vlastnosti	26
3.2. Rozbor technologie výroby	27
3.3. Zhodnocení technologičnosti a návržení základních inovací	28
4. Návrh technologického postupu výroby nových palet	29
4.1. Návrh nové palety.....	29
4.2. Přizpůsobení výroby dostupným firemním technologiím	32
4.3. Návrh svařovacích parametrů	43
5. Porovnání stávající a nové transportní palety	52
6. Závěr.....	54
7. Citované zdroje	55
8. Seznam obrázků	59
9. Seznam tabulek.....	60
10. Seznam grafů	60
11. Seznam příloh.....	60

1. Úvod

Přepravní palety a rámy jsou v dnešní době často opomíjenou součástí výrobních procesů, avšak hrají velkou roli ve skladování, logistice a manipulaci. Tuto problematiku řeší velké množství firem pomocí standardních EURO palet a stohovatelných přepravek, které jsou snadným a elegantním řešením při manipulaci a skladování tvarově jednoduchých dílů, s nízkou hmotností a rozměry, které jsou tyto standardní palety schopny pokrýt.

Pro skladování a manipulaci se svařenci, odlitky, či již částečně smontovanými díly, jako jsou motory, čerpadla nebo ovládací panely a desky je tento typ standardních palet a boxů mnohdy nevhodný a musí být dále přizpůsobován, pomocí jednorázových podpěr, dorazů a podložek, které tvoří velké množství odpadu. Ten není vždy recyklovatelný. Zároveň tyto jednorázové doplňky prodražují náklady na dopravu a v případě rozbalení nebo odepnutí vázacích pásek v případě, kdy je na paletě více dílců, znemožňují i její další bezpečnou manipulaci.

Velké množství těchto standardních přepravek a palet není možné stohovat na sebe. Pokud ano, je to velmi často na úkor možnosti vyjímání dílů z palet a boxů jiných než svrchních. Proto dochází k nahrazování těchto standardních typů výrobou speciálních jednoúčelových palet, které slouží k přepravě obvykle pouze jednoho typu dílce. Vyšší cenu za výrobu takovýchto jednoúčelových palet a rámu, nám pak kompenzuje možnost snadné manipulace, vyjímání dílců i ze spodních palet stohu a vyšší kvalita přepravy dílců. Tím mám na mysli zejména přepravu křehkých nebo lakovaných dílců. Kvalita přepravy a vyšší využití prostoru, které zaujímá samotná paleta zajišťují často rychlou návratnost a s rostoucím časem užívání těchto palet tak do budoucna i výrazně šetří náklady a emise při přepravě.

Tato vysoká návratnost tak často snižuje potřebu po optimalizaci a snaze snižovat náklady na výrobu těchto jednoúčelových palet, a to zejména z toho důvodu, že jde obvykle o kusovou nebo malosériovou výrobu. Hledání optimálního řešení a přizpůsobování výrobním technologiím tak pouze zvyšuje náklady na projektování.

V této bakalářské práci bych se rád právě na toto téma zaměřil, a to ve spolupráci se společností DOOSAN Bobcat EMEA, která těchto jednoúčelových palet v hojné míře využívá. Ve snaze snížit náklady, emise a zefektivnit způsob manipulace a skladování došlo k rozhodnutí tuto problematiku řešit a vytvořit vlastní typ palety, který by byl vhodný pro transport nejednoho druhu dílce.

2. Představení možných výrobních technologií a strojů

V této kapitole bych rád představil technologie, jimiž disponuje výroba Inovačního centra, ve kterém bude prototypování a výroba těchto palet probíhat. Výrobní profil Inovačního centra tak bude jedním z hlavních kritérií, pro optimalizaci a úpravu stávajících palet.

Tímto krokem dokážeme snížit, nebo úplně předejít nákladům za dodavatele, které by vznikly v případě, kdy by pro firmu Doosan Bobcat vyráběli díly, jež si není schopna sama zhotovit. I když výroba disponuje velkým množstvím strojů, a tedy i širokým spektrem výroby, není její pokrytí úplné. Výrobní profil je zaměřen především na práci s polotovarem typu plech, o rozměrech 3 000 mm x 1 500 mm a maximální tloušťce 20 mm. Tomu je mimo výroby samotné přizpůsoben i sklad hutního materiálu, skladovací plochy pro příjem, manipulační trasy a technika, proto se bude řešení snažit užívat výhradně dostupných technologií a výše zmíněných polotovarů.

Užití polotovaru v podobě tyčí a profilů se standardní výrobní délkou 6 000 mm by nebylo nemožné. Vedlo by však k omezení, či dokonce k pozastavení výroby v okamžiku, kdy by byly překročeny vymezené manipulační trasy a byl tak narušen pracovní prostor strojů nebo samotných pracovníků. V případě příjmu zboží by pak zase docházelo k zaplnění dvou skladovacích míst namísto jednoho. Tato místa jsou přizpůsobena právě velikosti běžného polotovaru, plechu, který je obvykle nejrozměrnějším přepravovaným tělesem. Proto zde bude snaha dodržet standardní koncept výroby a užívat jako vstupní polotovar plech. [1]



Obrázek 1 - Manipulace s nestandardní délkou polotovaru

2.1. Dělení materiálu

Dělením materiálu rozumíme proces, při němž dělíme jeden kus polotovaru na dva a více kusů. Pod tuto definici lze zahrnout i metodu plošného dělení laserem. Zde bude snaha tuto metodu co nejvíce využívat, neboť je nejvhodnější metodou pro dělení plechů, které by měly sloužit jako vstupní polotovar. Tzv. „pálení laserem“ bývá často označováno i za metodu nekonvenčního obrábění, avšak tato technologie je zde využívána zejména v prvovýrobě, a tak ji pro účel této práce zařadíme do kategorie dělení.

Pro dělení ocelových a jiných kovových polotovarů, lze použít metody konvenčního a nekonvenčního plošného dělení materiálu, kterými lze při použití polohovadel a podavačů dělit i profily a trubky větších rozměrů. I v těchto případech však dochází obvykle k dělení pouze v jedné rovině a třetí pohyb v prostoru provádí polotvar pomocí polohovadel.

Do technologie plošného dělení materiálu řadíme metody tepelného dělení (pomocí plazmy, laserového paprsku, řezání kyslíkem) nebo dělení vodním paprskem. Tyto metody velmi často užívají číslicově řízeného routeru, který zajišťuje vyšší přesnost, rychlost a umožňuje plné využití výkonu hořáku, paprsku, či trysky.

V případě Inovačního centra je preferováno laserové řezání, z důvodu rychlosti a kvality řezu, které lze pro dané tloušťky materiálů dosáhnout. Možnost plošně dělit materiál v Inovačním centru zajišťuje CNC laser TruLaser 3030 od společnosti TRUMPF.



Obrázek 2 – Zařízení pro tepelné dělení laserem – TruLaser 3030

Tabulka 1 - Specifická data laseru [2]

VÝKON LASERU	3 000 W
MAX. TLOUŠŤKA PLECHU (konstrukční ocel)	20 mm
MAXIMÁLNÍ RYCHLOST	140 m/min
ROZSAH OSY X	3 000 mm
ROZSAH OSY Y	1 500 mm
AKTIVNÍ PROSTŘEDÍ	CO ₂ / N

Laser také disponuje metodou řezání „BrightLine“, jenž je souhrou mnoha inovativních komponent a spolu s optimalizovaným prouděním trysky nabízí neobyčejně kvalitní povrch řezné hrany, která často nevyžaduje další dokončovací práce.



Obrázek 3 – Fixační zámky zhotovené pomocí CNC laseru

Kvalita a přesnost řezu tak skýtá nové možnosti pro konstrukční řešení, tím je například stavebnicové řešení svařenců. Pomocí kvalitně „vypálených“ drážek a fixačních zámků umožňuje montáž a přípravu pro svařování bez užití přípravků, upínek a měrek. [2, 3]

Konvenční mechanické dělení materiálu zajišťuje pásová pila PEGAS 350x400 A-CNC-LR, doplněná o CNC podavač. Ten nabízí možnost vyšší produktivity a rychlosti při řezání v sériové výrobě. CNC podavač pomocí hydraulického systému zajišťuje celý proces dělení, včetně podávání, upínání a vedení pilového pásu do řezu. Tím lze dosáhnout vyšší přesnosti dělených kusů nežli při manuální obsluze a odměřování. V případě menšího počtu řezů nabízí tato pila i poloautomatický cyklus, který je vhodným kompromisem mezi manuální obsluhou a programováním celého cyklu. Lze tak programovat pouze některé funkce a zbylé funkce nechat na operátorovi.

[4]

Tabulka 2 - Specifická data pásové pily [4]

VÝKON PILOVÉHO PÁSU	3 000 W
MAXIMÁLNÍ PROŘEZ (0°)	400 x 350 mm
PILOVÝ PÁS	4 520 x 34 x 1,1 mm



Obrázek 4 – Pásová pila PEGAS 350x400 A-CNC-LR

2.2. Tváření

Je technologický proces, při němž cíleně dochází ke změně tvaru a spolu s tím i ke změně mechanických vlastností materiálu v oblasti tváření. V našem případě se bude jednat o proces plošného tváření za studena, kdy pro dosažení změny tvaru překonáním meze pružnosti bude užito ohraňovacího lisu, střížníku a matrice. Tím bude v materiálu zanechána plastická deformace v podobě ohybu. [5]

K tomu slouží ohraňovací lis 5320 TruBend od společnosti TRUMPF, který disponuje automatickým odměřováním osy ohybu, pro vyšší přesnost a rychlost tvářecího procesu. Spolu s matricemi a střížníky je tak možné tvářet materiál do tloušťky 15 mm v toleranci i setin milimetru. To spolu s CNC laserem poskytuje „dokonalé“ pracoviště pro zpracovávání plechů.

Tabulka 3 – Specifická data ohraňovacího lisu [6]

LISOVACÍ SÍLA	3 200 kN
OHRAŇOVACÍ DÉLKA	4 420mm
ZDVIH	445 mm
PRACOVNÍ RYCHLOST BERANU	0,1 – 10 mm/s



Obrázek 5 - Hydraulický ohýbací lis TruBend 5320

2.3. Svařování

Výsledkem tohoto procesu je pevný nerozebíratelný spoj, který je zhotoven natavením přídavného a základního materiálu jednoho nebo více dílů. Mezi nejčastěji používané metody svařování patří metoda TIG, dle normy EN ISO 4063 označovaná trojmístným číslem 141. Jde o metodu vhodnou zejména pro preciznější oblasti svařování, příkladem je svařování a navařování legované oceli, slitin hliníku nebo tenkých konstrukčních profilů. Tato metoda nevyhniká rychlostí svařování a v případě nutnosti přídavného materiálu není ani příliš vhodná pro automatické svařování. Oproti ostatním metodám však nabízí lepší kontrolu nad svařovacím procesem.

Podobnou metodou svařování je metoda MMA, dle normy EN ISO 4063 označovaná trojmístným číslem 111. Jde o metodu ručního svařování pomocí obalené elektrody, tato metoda nevyžaduje ochrannou plynnou atmosféru, vyznačuje se malými rozměry svařovacího zdroje a disponuje vysokým průvarem, avšak za cenu velmi vysokého vneseného tepla. Díky její nízké citlivosti na klimatické podmínky a nepřítomnosti ochranné atmosféry je nejvhodnější metodou pro svary prováděné při montáži. Není však možné ji automatizovat a vzhledem k užití obalované elektrody jakožto i přídavného materiálu, s ní není možné provádět dlouhé nepřerušované svary.

Metoda SAW, dle normy EN ISO 4063 označovaná trojmístným číslem 121, disponuje vysokou svařovací rychlostí a vysokým průvarem, avšak čas přípravy svařovacího procesu svarů v délce kratší než jeden metr by nejspíše několikanásobně překročil čas svařování. Další podmínkou této metody je nutnost použití tavidla, to znemožňuje aplikaci svařovacího procesu v jiných polohách než PA a PB a neumožňuje vizuální kontrolu nad procesem v průběhu svařování. Tato metoda svařování je proto nejvíce vhodná pro dlouhé, rovné svary na větších tloušťkách materiálů.

Ani jedna z výše uvedených metod tak není dostatečně vhodná pro svařování námi nejčastěji užívaných plechů v tloušťce 3 až 15 mm. Nejvhodnější metodou pro tuto oblast použití je metoda MIG/MAG, dle normy EN ISO 4063 označovaná trojmístným číslem 131/135, která nabízí velmi dobrý poměr vneseného tepla, průvaru a rychlosti svařování. Touto metodou lze svařovat ve všech polohách a na správně připraveném materiálu tato metoda poskytuje i velmi kvalitní svarový spoj, který je možné v průběhu svařovacího procesu i vizuálně kontrolovat.

Metodu lze navíc jednoduše automatizovat a robotizovat, jedná se o poloautomatickou metodu svařování, která používá přídatný materiál ve formě drátu, který je automaticky podáván do místa svařování pomocí kladkového podavače, ten bývá součástí svařovacího zdroje. Mimo jiné nám dnešní svařovací zdroje a podavače nabízí velké množství funkcí a programů, kterými se dají rychle a snadno nastavit nejvhodnější svařovací parametry. Tato metoda tak pokrývá na svařovně Inovačního centra více než 95 % všech zhotovovaných svarů, zbylé množství je svařováno metodou TIG.

Svařovna disponuje svařovacími zdroji TPS 400i od společnosti Fronius, doplněnými o podavače drátu WF 25i, rovněž od společnosti Fronius. Tato sestava nabízí vysokou škálu svařovacích programů a funkcí, pomocí nichž lze nastavit odlišné parametry pro počátek, průběh a dokončení svařovacího procesu. Tyto automatické programy pro svařování jsou schopny korigovat svařovací parametry tak, aby se neustále blížily požadovaným hodnotám. Toto je velkou výhodou zvláště v případě, kdy svářeč svařuje ve špatně dostupných místech resp. polohách a mění tak často vzdálenost nebo sklon hořáku. Díky tomu lze tento zdroj řadit mezi nejvhodnější svařovací zdroje pro ruční (resp. poloautomatické) svařování, je však rovněž vhodným zdrojem pro kooperaci s robotem. Společnost Fronius poskytuje ke svým produktům i kvalitní servis pro technology v podobě softwarů pro simulaci, analýzu a sběr dat. Toto zmiňuji zejména z důvodu, že pro potřebu bakalářské práce bude využita nejjednodušší a nejdostupnější aplikace z řady těchto softwarů, a to mobilní aplikaci Weld Wizard, pomocí které lze předběžně stanovit svařovací parametry, rychlost, vnesené teplo a náklady. [5,7]

Tabulka 4 – Specifická data svařovacího zdroje a podavače [7]

ROZSAH SVAŘOVACÍHO PROUDU	3,0 - 400,0 A
DOVOLENÉ ZATÍŽENÍ [10 min / 40 °C]	400 A / 40 %
DOVOLENÉ ZATÍŽENÍ [10 min / 40 °C]	360 A / 60 %
DOVOLENÉ ZATÍŽENÍ [10 min / 40 °C]	320 A / 100 %
PRACOVNÍ NAPĚTÍ	14,2 - 34,0 V
CHLAZENÍ	ANO
PRŮMĚR DRÁTU	0,8 – 1,6 mm
RYCHLOST PODÁVÁNÍ DRÁTU	1 -25 m/min
ZPŮSOB PODÁVÁNÍ DRÁTU	ČTYŘKLADKA

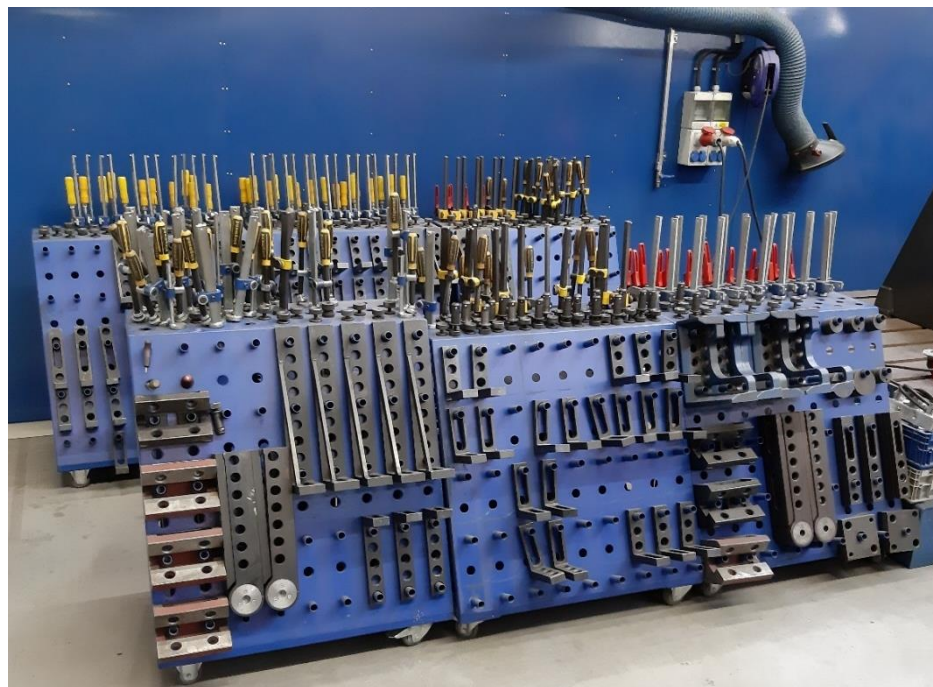


Obrázek 6 – Svařovací zdroj TPS 400i s podavačem WF 25i

Pro vyšší přesnost zhotovovaných svařenců je na svařovně užíváno ještě sestavy svěrek, upínek a broušených svařovacích stolů. Svařovací stoly disponují upínacími otvory o průměru 27 mm a tloušťkou desky 28 mm. Tím poskytují možnost extrémně pevného upnutí, v řádech kN. Tato svařovací stavebnice nabízí velmi rychlou přípravu pracoviště, kterou lze doplnit i o úhelníky a dorazy. Pomocí dorazů a vhodného rozmístění upínek si tak lze vytvořit jednorázový přípravek pro svařování menších sérií. Tou by mohla být i výroba transportní palety.



Obrázek 8 - Svařovací stavebnice



Obrázek 7 - Svařovací upínky, svěrky, dorazy a úhelníky

2.4. Obrábění

Výrobní proces, při kterém pomocí úběru materiálu z polotovaru dosahujeme požadovaného tvaru a rozměrů, v určitém stupni přesnosti. K rozvoji této technologie v posledních letech výrazně přispělo číslicové řízení obráběcích strojů, které dnes běžně umožňuje ovládat 5 a více os. To nabízí možnost obrábět tvarově složité součásti ve velmi krátkém čase, s vysokou přesností a jakostí povrchu. Rozvoj této technologie tak v jistých oblastech nahradil metodu přesného lití a v malosériové výrobě je často levnějším procesem nežli proces slévání. V budoucnu bude mít tato technologie však velkou konkurenci v podobě 3D tisku, pomocí níž lze dnes už běžně tisknout díly z plastu a o něco obtížněji také z kovu. [1,9]



Obrázek 9 - Vyrvtávačka FERMAT WFT 13 CNC

Inovační centrum disponuje široce vybavenou obrobnou. Pro účel výroby nové transportní palety budou představeny pouze vybrané stroje a to CNC soustruh a CNC frézka, které by mohly být nezbytné při výrobě některých dílů palety. Je zde však snaha předejít užití obráběcích strojů a namísto nich vyrábět díly pomocí laseru a ohraňovacího lisu. Důvodem je vyšší rychlost výroby ze standardního polotovaru v podobě plechu, ta s sebou nese nižší náklady na mzdy a provoz. Pomocí tváření lze nahradit i velké množství obráběných dílů. Tím lze dosáhnout nižších nákladů za materiál nežli při obrábění, kdy odebíráme materiál z objemnějšího polotovaru.



Obrázek 10 - Soustruh Difak SPT 16 NC

Difak SPT 16 NC je soustruh vybavený revolverovým zásobníkem nástrojů a vybavený systémem CNC řízení. Umožňuje obrábět tvarově složité rotační součásti, řezat vnitřní i vnější závity, vrtat a vyvrtávat průchozí i slepé díry. Je vhodný pro kusovou i sériovou výrobu, a proto by měl být vhodným strojem pro výrobu dílů palety. [8]

Tabulka 5 – Specifická data CNC soustruhu [8]

MAXIMÁLNÍ OBRÁBĚNÝ PRŮMĚR	360 mm
STANDARDNÍ PRŮMĚR OBRÁBĚNÍ	200 mm
MAXIMÁLNÍ DÉLKA OBROBKU	500 mm
VZDÁLENOS MEZI HROTY	600 mm
VRTÁNÍ VŘETENE	50 mm
MAXIMÁLNÍ PRŮMĚR PŘI OBRÁBĚNÍ Z TYČE	40 mm
POČET POLOH NÁSTROJOVÉ HLAVY	5



Obrázek 11 - 5 osé frézovací centrum TAJMAC - ZPS

TAJMAC – ZPS MCV 1220 FA je 5 osé vertikální frézovací centrum, pro velmi přesné obrábění v oblasti nástrojářství, svou přesností umožňuje i výrobu lisovacích a vstřikovacích forem. Díky své vysoké dynamice a technologii HSC (vysokorychlostní obrábění), umožňuje dosáhnout kvalitního povrchu i při rychlém úběru materiálu. Řízení tohoto stroje zajišťuje řídicí systém od společnosti HEIDENHAIN iTNC 530. [17]

Tabulka 6 - Specifická data CNC 5-osé frézky [17]

MAXIMÁLNÍ VÝKON VŘETENE	31kW
MAXIMÁLNÍ KROUTÍCÍ MOMENT VŘETENE	197Nm
MAXIMÁLNÍ OTÁČKY VŘETENE	18 000 min ⁻¹
VŘETENO	elktrovřeteno
POČET OS	5 (x,y,z,a,c)
ROZMĚRY PRACOVNÍHO STOLU	1 200 x 2 000 mm
OSA X – POJEZD	1 000 mm
OSA Y – POJEZD	1 800 mm
OSA Z – POJEZD	600 mm

2.5. Povrchové úpravy

Povrchová úprava je výsledek procesu, při němž zpracováváme povrch, nebo na něj nanášíme vrstvu cizího materiálu za účelem dosažení lepších mechanických, protikorozních nebo dekorativních vlastností. Mezi nejčastější povrchové úpravy řadíme antikorozní povlaky, nanášení povlaků za účelem změny odstínu barvy, povrchové úpravy pro zpevnění a zvýšení tvrdosti materiálu nebo pro schopnost odolávat opotřebení a vysokým teplotám. [10]

Pro účel bakalářské práce bude uveden popis pouze jednoho druhu povrchové úpravy oceli, tím je žárové zinkování. Žárové zinkování je jednou z nejčastěji aplikovaných povrchových úprav a je vhodné i pro aplikaci na transportní paletu. Žárové zinkování nese pojmenování od způsobu své aplikace, tou je ponor v lázni roztaveného zinku o teplotě něco málo vyšší než 445°C. Tím se liší od galvanického zinkování, kde se povlak zinku nanáší pomocí galvanického článku, který vzniká v lázni díky procházejícímu proudu a rozdílným potenciálům mezi lázní a zinkovaným dílem.

Ponoru v lázni roztaveného zinku předchází řada předúprav. Po označení a zavěšení dílců na rám, který putuje lázněmi, následuje odmaštění v lázni organických rozpouštědel. Dále následuje moření, nejčastěji v lázni s 10 až 12 % kyselinou chlorovodíkovou nebo 12 až 20 % kyselinou sírovou, tato lázeň obsahuje i soli železa, které spolu s probubláváním zvyšují rychlost a účinnost procesu moření. Odmořené dílce jsou poté podrobeny oplachu v několika dalších lázních, v nichž se koncentrace postupně snižuje. Koncentrace v poslední lázni by měla být okolo 1 %. Opláchnuté dílce putují do poslední lázně, tou je tavidlo. Tavidlová lázeň obsahuje vodný roztok chloridu amonného a zinečnatého. Tím je dokončen proces předúprav. Před samotným ponorem do roztaveného zinku už následuje pouze sušení v peci, pomocí silného proudu ohřátého vzduchu.

Následuje ponor do lázně roztaveného zinku, ten probíhá velmi pomalu. Důvodem je kontrola celého procesu, dostatečný čas pro postupné zatečení zinku do dutých prostor dílce a u dílců s vyšším objemem materiálu i dostatečná doba pro udržení teploty lázně. Teplota lázně se z ekonomických i ekologických důvodů udržuje jen těsně nad teplotou tavení. Při rychlém ponoru velkého objemu studeného materiálu, by mohlo dojít k ochlazení lázně pod teplotu tavení zinku.



Obrázek 12 - Žárové zinkování ve společnosti Wiegel

Doba ponoru v lázni se odvíjí od tloušťky materiálu dílce, na jeden milimetr tloušťky připadá přibližně 45 sekund v zinkové lázni. Po vytažení ze zinkové lázně následuje chladnutí a výstupní kontrola. Tloušťka takto naneseného povlaku se pohybuje mezi 50 až 80 μm . Při zvýšené drsnosti povrchu, na nějž je žárový zinek nanášen, lze překročit i tloušťku 100 μm . Toho lze využít, zařadíme-li mezi předúpravy tryskání hrubozrnným korundem. [10-13]

Takto zhotovený povlak disponuje na svém povrchu tvrdostí okolo 70 HV. Pro porovnání, tvrdost běžné konstrukční oceli se pohybuje okolo 170 HV, povlak je ve své vrchní vrstvě tedy o více než polovinu měkčí. Není tomu tak ale v celé tloušťce povlaku, budeme-li uvažovat svislý řez povlakem, pak od povrchu směrem k oceli tvrdost povlaku výrazně stoupá a na přechodu mezi povlakem a ocelí zinek tvoří tzv. delta-fázi, jejíž tvrdost přesahuje 300 HV. To je způsobeno schopností zinku tvořit spolu s železem obsaženým v oceli slitinu, která poskytuje vysokou přilnavost povlaku k základnímu materiálu. Povlak tak velmi dobře odolává nárazům a díky své tvrdosti i otěru. Povlak zinku mimo jiné disponuje schopností poskytnout ochranu i u malých vrypů a škrábanců, kdy se na poškozeném místě ocel stává katodou a okolní povlak zinku anodou, tím vzniká galvanický článek, který i nadále chrání ocel proti korozi.

To vše přispělo k tomu, že se dnes pro ochranu všech přepravních palet, boxů, košů i přípravků, využívá výhradně povlaku žárového zinku, který je jako jeden z mála schopen odolat náročným podmínkám při používání, a to i v drsné korozní atmosféře, která bývá ve výrobních závodech a při přepravě na dálnicích. Tato jediná technologie musí být řešena v kooperaci s dodavatelem a provádí se až v konečné fázi výroby palety. [12-14]

3. Zhodnocení stávajících palet

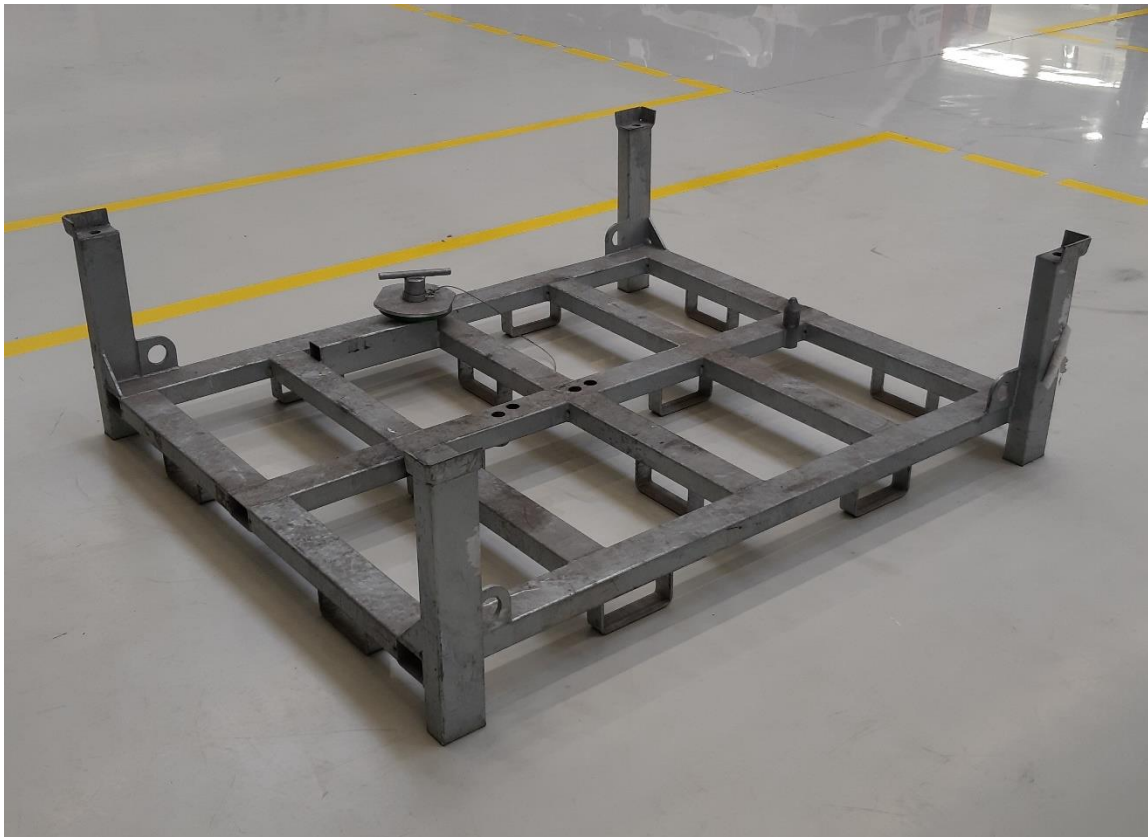
Problematiku transportu svařenců od externích dodavatelů přes sklad až do výroby dnes řeší více než 4 druhy transportních palet, které nejsou vzájemně stohovatelné. Některé tyto druhy palet nejsou stohovatelné ani sami o sobě, jiné nabízí elegantní řešení při skladování, ale není možné s nimi manipulovat. Tento soubor palet však dnes již nedostačuje a je potřeba jej navýšit řádově o dalších 100 kusů.



Obrázek 13 - Atypický druh skladovací palety

Tato skladovací paleta vyniká úsporou místa, kdy nevytváří žádný „němý prostor“. Některý prostor je prostor, který zabírá samotná paleta, nikoli na ní přepravovaný díl. V případě, kdy není paleta doplněna o stojiny, ho lze tedy definovat i jako nevyužitý prostor na paletě. Velkou nevýhodou této transportní palety je, že se musí dílce manipulovat bez ní. Zde by tak bylo na místě spíše pojmenování skladovací paleta nebo systém, avšak i meziskladování je součástí transportu. [15-16]

Hodnocení a optimalizace bude řešit pouze největší z palet. Důvodem je, aby nová paleta byla rozměrově kompatibilní se stávající paletou a bylo je tak možné stohovat. Rovněž i plně využít skladovacích míst, pro tyto palety určených.



Obrázek 14 - Největší ze stávajících transportních palet

3.1. Parametry a vlastnosti

Základní kostru stávající palety tvoří nosný ocelový rám o rozměrech 1 900 x 1660 mm s nosností 360 kg. Tento rám je zhotoven z dutého svařovaného profilu s obdélníkovým průřezem a rozměry 100 x 60 x 3 mm. Tvar profilu odpovídá normě EN 10219, materiálem je ocel S235JRH (1.0039) dle EN 10219-1. Tento nosný rám tvoří přepravní plochu palety, která je po celé své ploše rovná a umožňuje tak libovolné uložení jednoho nebo více přepravovaných dílců.

Rám této palety je doplněn o otvory, pomocí nichž je možné ukotvit nejčastěji přepravované díly, a to za pomoci speciálně vyrobeného šroubu a standardní matice DIN 934 M30. Matice a speciálně zhotovený šroub nebudou součástí optimalizace, neb bylo toto řešení v nedávné době již optimalizováno, tak aby bylo kompatibilní s co největší množstvím přepravovaných dílců.

Rovněž nebude řešeno ani přesné umístěním otvorů pro upnutí, avšak bude se cílit na to, aby bylo možné tyto otvory vytvořit kdekoliv v ložném prostoru palety. Některé z těchto otvorů sloužily k upnutí dílců, jež už nejsou ve výrobě používány, a naopak budou v budoucnu nahrazeny dílci jinými, které bude nutné pomocí palety přepravit.

Nosný rám palety je v rozích doplněn o čtyři stojiny vysoké 605 mm, jejichž konce jsou zakončené náběhem pro snazší stohovatelnost. Tyto stojiny jsou rovněž zhotoveny z dutého svařovaného profilu o rozměrech 100 x 60 x 3 mm, jejichž tvar opět odpovídá normě EN 10219.

Bezpečnou manipulaci s paletou zajišťují oka na spodní straně rámu. Ta jsou vyrobena z ocelové ploché tyče, válcované za tepla. O rozměrech 50 x 8 mm, dle normy EN 10058, materiálem je ocel S235JR (1.0038) dle EN 10025-2. [19,20]

Povrchovou úpravu rámu tvoří povlak žárového zinku a celková hmotnost palety při vážení činila 158 kg.

3.2. Rozbor technologie výroby

Nejvhodnější metodou pro dělení základního polotovaru, kterým je dutý profil, je dělení pomocí pásové pily, rovněž i pro dělení ploché tyče na výrobu ok. Pro spojování dílců pomocí pevného nerozebíratelného spoje, je vzhledem k základnímu materiálu, kterým je ocel, nejvhodnější technologie svařování metodou MAG. Tu dokazuje i přítomnost dobře viditelných svarů na rámu. Pro zhotovení vzpěr s vázacími oky a náběhy na stojinách by bylo vzhledem k tloušťce použitého plechu 6 mm a tvarové složitosti nejvhodnější plošné dělní pomocí CNC laseru nebo plazmy. Pro plošné tváření náběhů a ok lze předpokládat použití ohraňovacího lisu, který by na rozdíl od ruční ohýbačky dokázal vyvinout dostatečnou sílu pro danou tloušťku materiálu. Provedení stříhání a ohýbání pomocí přípravku, například na excentrickém lisu, se zde jeví jako ekonomicky nevýhodné z důvodu malého počtu kusů.

3.3. Zhodnocení technologičnosti a navržení základních inovací

Provedení palety se s ohledem na základní polotovary jeví jako velmi robustní, pevnost a nosnost konstrukce je však velmi omezena provedením a rozmístěním svarů. Ty jsou často namáhány zcela nevhodným způsobem, nejčastěji krutem. Na opačné straně profilu, kde by byl svar namáhán více na tah nežli na moment, čímž by byl schopen poskytnout daleko vyšší pevnost spoje, svar pak zcela chybí. Provedení svarů na konstrukci by tak bylo možné celkově označit jako neuvážené (zřejmě bylo prováděno pouze s ohledem na dobrou dostupnost při svařování). Jedinou oblastí, kde jsou svary kvalitně provedeny, je spoj mezi rámem a stojinami. Zde je nutné podotknout, že tento spoj mezi základním rámem a stojinou nikdy nebude přenášet zatížení vyšší, nežli je hmotnost rámu samotného a na něm přepravovaných dílců. Manipulace s na sobě stohovanými paletami je z důvodu bezpečnosti přísně zakázána. [1,5]

Podobně jako u zhotovení svarů je tomu i u použití dutého obdélníkového profilu, kde by z hlediska nosnosti byla výhodnější poloha natočení o 90°, při níž by byl profil na ohyb namáhán ve svém vyšším průřezu. Při nynější poloze profilu by bylo možné jej nahradit čtvercovým profilem 60 x 60 mm, a to bez výrazného snížení nosnosti, naopak bychom dosáhli nižší ceny za materiál, času na dělení i hmotnosti palety.

Z hlediska použití základních polotovarů s sebou nese základní dutý profil mnoho nevýhod. První nevýhodou, a to zejména z důvodu výroby na dílně inovačního centra, je standardní rozměr zmíněného polotovaru. Ten se běžně dodává v délce 6 metrů, možnost dodání i v jiné délce není vyloučené, avšak nese s sebou další náklady na dělení.

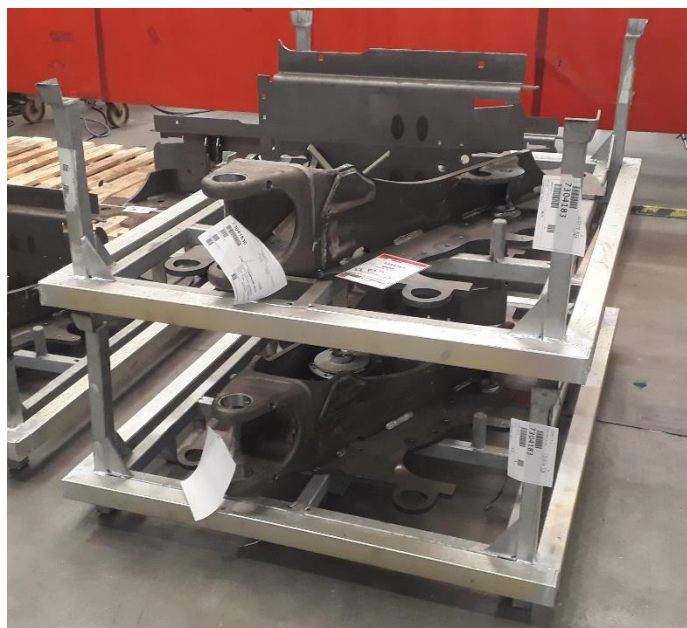
Druhou nevýhodou tohoto profilu je, že při svaření požadovaného tvaru rámu vzniká uzavřený dutý prostor, jehož přítomnost je pro aplikaci žárového zinku, zcela vyloučena. Je nutné tedy tento rám doplnit o otvory, které umožní únik ohřátého vzduchu z dutiny a předejdou tak explozi a rozstříku roztaveného zinku v okolí lázně. Tyto otvory umožňují zatečení zinku do dutých prostor, tím zabraňují plavání dílce na hladině, zároveň zde dochází k pozinkování stěn i uvnitř dutiny. [11, 13]

Tento dutý prostor je třetí nevýhodou použitého polotovaru, takto vytvořený rám svou výškou navyšuje celkovou výšku palety. Pokud by bylo možné tento dutý prostor využít jako transportní oka, bylo by možné snížit celkovou výšku palety o 60 mm, tím by byla částečně, nebo zcela úplně odstraněna přítomnost uzavřeného dutého prostoru. To by umožnilo vynechat operaci navrtávání rámu, která výrazně prodražuje a zpomaluje výrobní proces palety.

4. Návrh technologického postupu výroby nových palet

4.1. Návrh nové palety

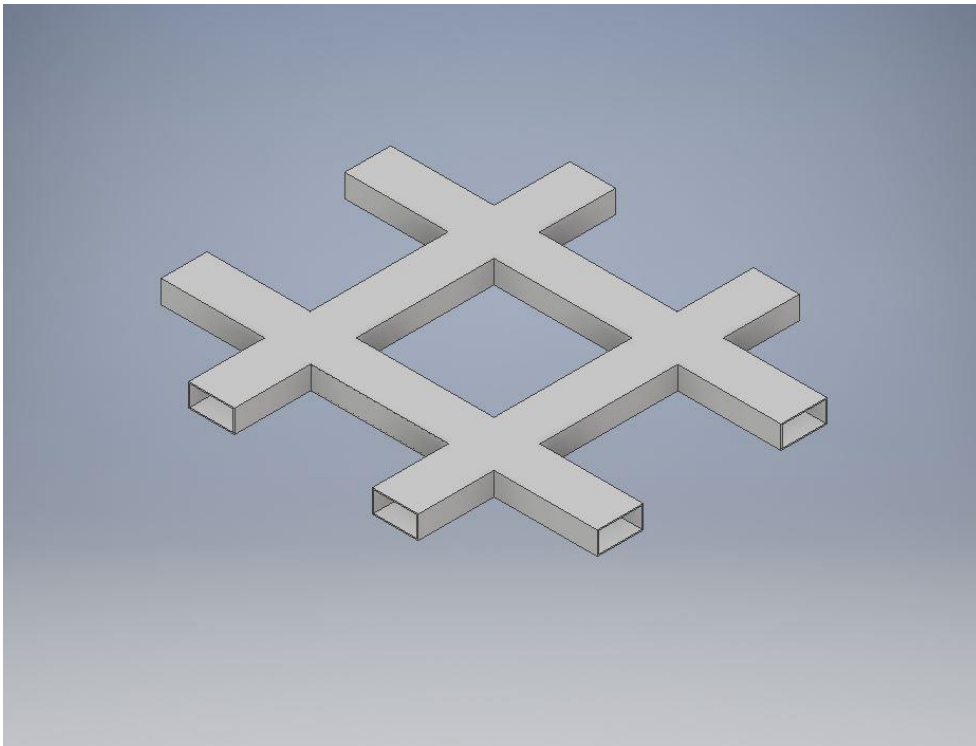
U nové palety je tedy snaha snížit její výšku o dutý prostor rámu. I když je možné tímto krokem ušetřit nejvýše 60 mm výšky, tak i těchto 60 mm přispěje k navýšení ložného prostoru transportní palety a přepravě více druhů dílců. Usilovat namísto toho o celkové snížení palety není vhodné, neb je tato výška přizpůsobena přepravnímu prostoru nákladního automobilu. Ten činí přesně 3 000 mm a je nutné u něj uvažovat i manipulační prostor pro nakládku a vykládku. Nyní výška palety umožňuje přepravu 5 stohovaných palet o výšce stohu 2 855 mm a je tak ideálním řešením z pohledu logistiky. V případě že bychom usilovali a dokázali snížit celkovou výšku palety, neumožní ani tato změna přepravu stohu o 6 paletách. Výška stohu šesti snížených palet by pak činila 3 056 mm, a to bez potřebného prostoru pro manipulaci při nakládce a vykládce.



Obrázek 15 - Stoh přepravních palet

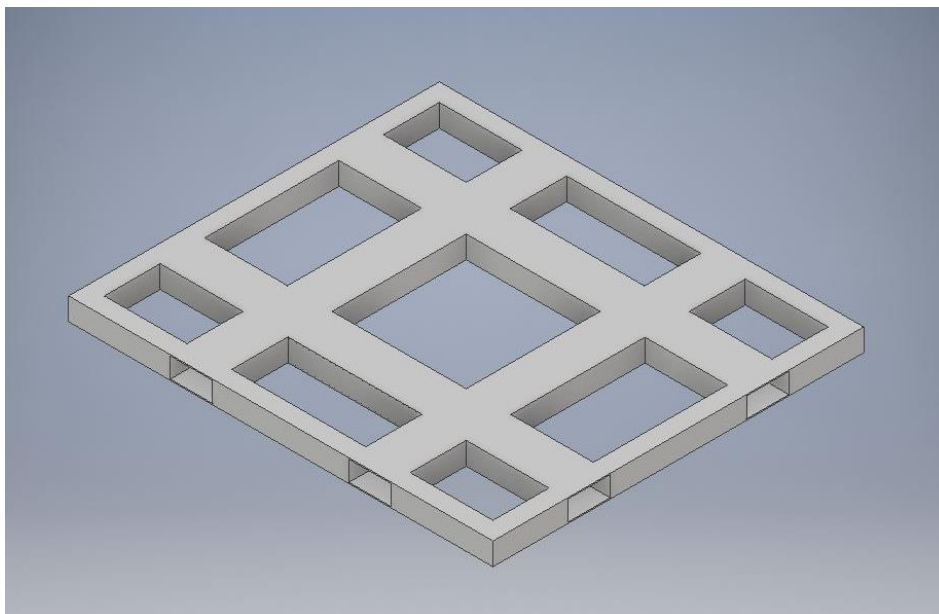
Jako první krok při návrhu nové palety byl stanoven tvar přepravního rámu, který by skloubil ložnou plochu spolu s oky pro manipulaci, stejně jako je tomu u běžně používané dřevěné EURO palety. Provedení EURO palety výrazně snižuje požadavky na pevnost rámu, neb váhu dílce nesou při přepravě přímo paletizační vidle vysokozdvizného vozíku, nikoli rám samotný. Na rozdíl od „naší“ transportní palety je tomuto mechanismu EURO paleta přizpůsobena tím, že její rozměry výrazně nepřesahují rozteč paletizačních vidlí a nedisponují stojinami pro stohování. V případě užití stojin je pak rám zatěžován celou vahou dílce, kterou do stojin přenáší, na rozdíl od případu, kdy jsou palety skladovány na rovném podkladu.

V řešeném případě bylo rozhodnuto využít stejného principu jako u EURO palety. Veškeré přepravované díly jsou samonosné svařence, jejich těžiště tedy musí být vždy vprostřed palety, tak aby těžiště celé palety leželo vždy uprostřed rozteče paletizačních vidlí a poskytovalo stabilní přepravu a manipulaci i při maximálním zdvihu vysokozdvizného vozíku. I nadále je však třeba uvažovat statické zatížení, které bude přenášet spoj mezi rámem a stojinou při stohování. [22,23]



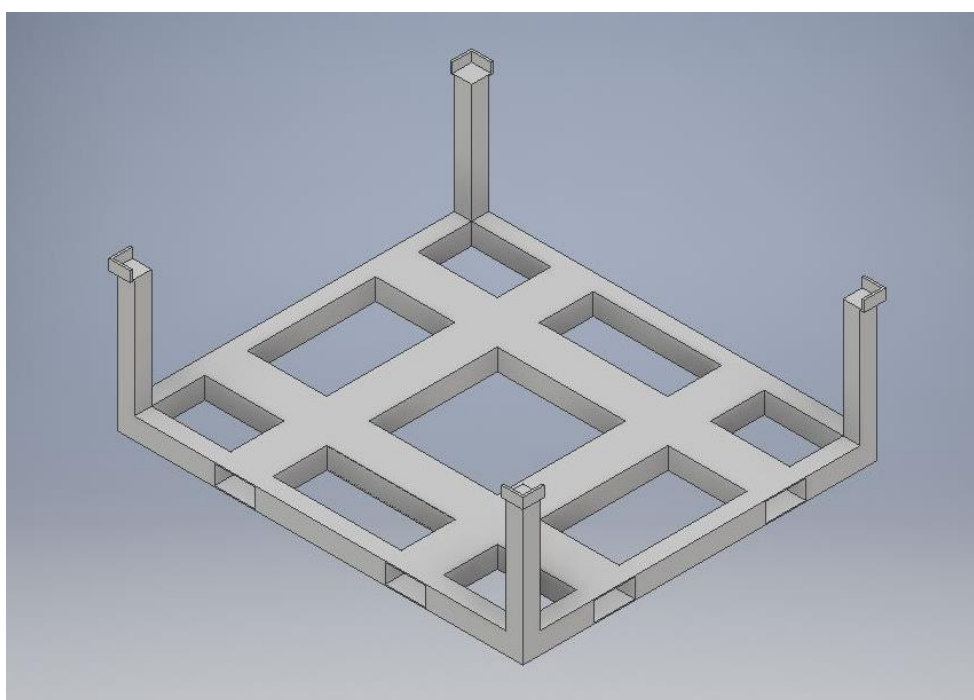
Obrázek 16 - Koncept nového ložného rámu palety

Nově navržený nosný rám palety, jenž zároveň plní i účel transportních ok pro paletizační vidle však nedisponuje možností umístit stojiny do stejné polohy, jako je tomu u stávajících palet. Je jej tedy nutné doplnit o další konstrukční profily, na něž by bylo možné stojiny připevnit (viz obr. 17).



Obrázek 17 - Koncept nového rámu doplněný o profily pro stojiny

Zde byl rám doplněn i o profily mezi oky pro paletizační vidle. Tyto profily by měly přispět k odlehčení původního rámu od ohybu, který by vznikl při zatížení rámu tlakem a jeho přenosu do stojin (viz obr. 18). [1,5]



Obrázek 18 - Koncept nové transportní palety

Tím byl získán jednoduchý koncept transportní palety, u kterého byla odstraněna přítomnost dutého prostoru, jenž tvořil nosný rám. Tento koncept palety však není pro výrobu příliš vhodný a jeho skutečnou podobu tak získáme až po přizpůsobení rámu výrobnímu profilu Inovačního centra.

4.2. Přizpůsobení výroby dostupným firemním technologiím

Jak je již v úvodu bakalářské práce zmíněno, běžně používaným polotovarem a jemu přizpůsobeným technologiím, je plech do tloušťky 20 mm se standardními rozměry 3 000 x 1 500 mm. Materiálem tohoto polotovaru je nejčastěji ocel S355MC (1.0976) dle EN 10149-2, vhodná pro dělení na laseru a následné tváření za studena. Polotovary z tohoto typu oceli jsou obvykle dodávány ve vyšší přesnosti, nežli je u oceli S355J2C+N (1.0579) dle EN 10025-2., dále disponují ostříženými hranami a jsou pouze mořeny, nikoli maštěny (viz přílohy 1–2). [24]

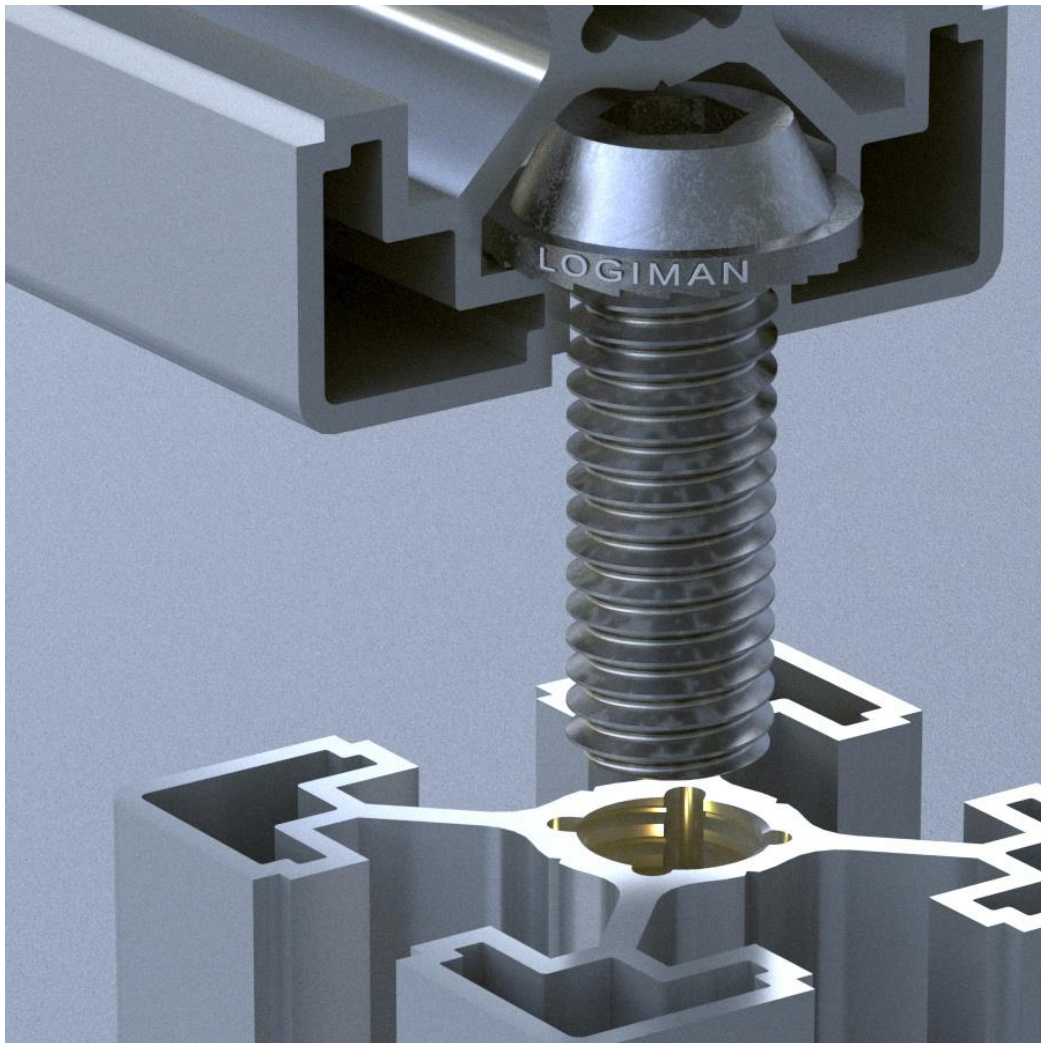
Z tohoto polotovaru je snaha o vytvoření co největší části palety, a to pomocí tepelného dělení, ohraňování a svařování, kde přechod mezi těmito pracovišti disponuje i malým mezioperačním skladem a umožňuje tak plynulou výrobu bez obtížné manipulace.



Obrázek 19 - Pracoviště pro plošné dělní a tváření

Nahrazení běžných profilů pomocí skládaných výpalků s vysokou kvalitou řezných hran dnes umožňuje použití fixačních zámků a drážek. Ty nejsou doposud v běžném strojním průmyslu příliš rozšířeny, avšak stále vyšší přesnost dělení bez nutnosti dalšího obrábění napomáhá rozvoji a aplikaci těchto fixačních zámků, dokonce i u výpalků z plechů tloušťek větších než 10 mm.

Dnes je této technologie spojování materiálu využíváno nejvíce u lisovaných dílů z tenkého plechu v tloušťce okolo jednoho milimetru. S fixačními zámkami a drážkami se lze setkat i u tenkostěnných profilů z hliníku, často užívaných pro jednoúčelové stroje v automobilovém průmyslu, kde tyto „zámky“ napomáhají přenosu silového zatížení ve šroubových spojích (viz obr. 20) .



Obrázek 20 - KOMBI hliníkový profil [26]

Těchto zámků lze dnes pomocí pokrokové technologie využít i pro snadnou, přesto stále velmi přesnou montáž, která například předchází svařování.

Přesnost těchto zámků pak stejně jako u tenkých plechů umožňuje částečný přenos silového zatížení konstrukce, a tím i nahrazení některých svarových spojů na svařenci. Tím do ocelové konstrukce vnášíme menší množství tepla a deformací. [5, 25]

Je snaha těchto zámků využít i při návrhu nové palety a pokusit se jimi nahradit běžné jákly. Pro dosažení dostatečné pevnosti a i nejlepší kvality řezu, byl zvolen jako polotovar plech o tloušťce 5 mm, z výše zmíněné oceli S355MC.

Z polotovaru lze nejnadhěji pomocí dvou výpalků vytvořit profil ve tvaru písmene T, který disponuje velmi dobrými vlastnostmi při namáhání na ohyb. T-profil ve své vhodné poloze pro zatížení tlakem také poskytne ve své vrchní části rovnou transportní plochu a prostor pro tvorbu fixačních otvorů, které bude možné do budoucna zhotovovat pomocí CNC laseru, při pálení samotného dílce T-profilu.

Rozměry T-profilu a drážek vychází z firemního standardu, který nařizuje, jak správně konstruovat výpalky a kam umísťovat otvory tak, aby nedocházelo k deformacím vlivem tepla vneseného při pálení nebo nebyla výrazně snížena pevnost výpalku. [27,28]

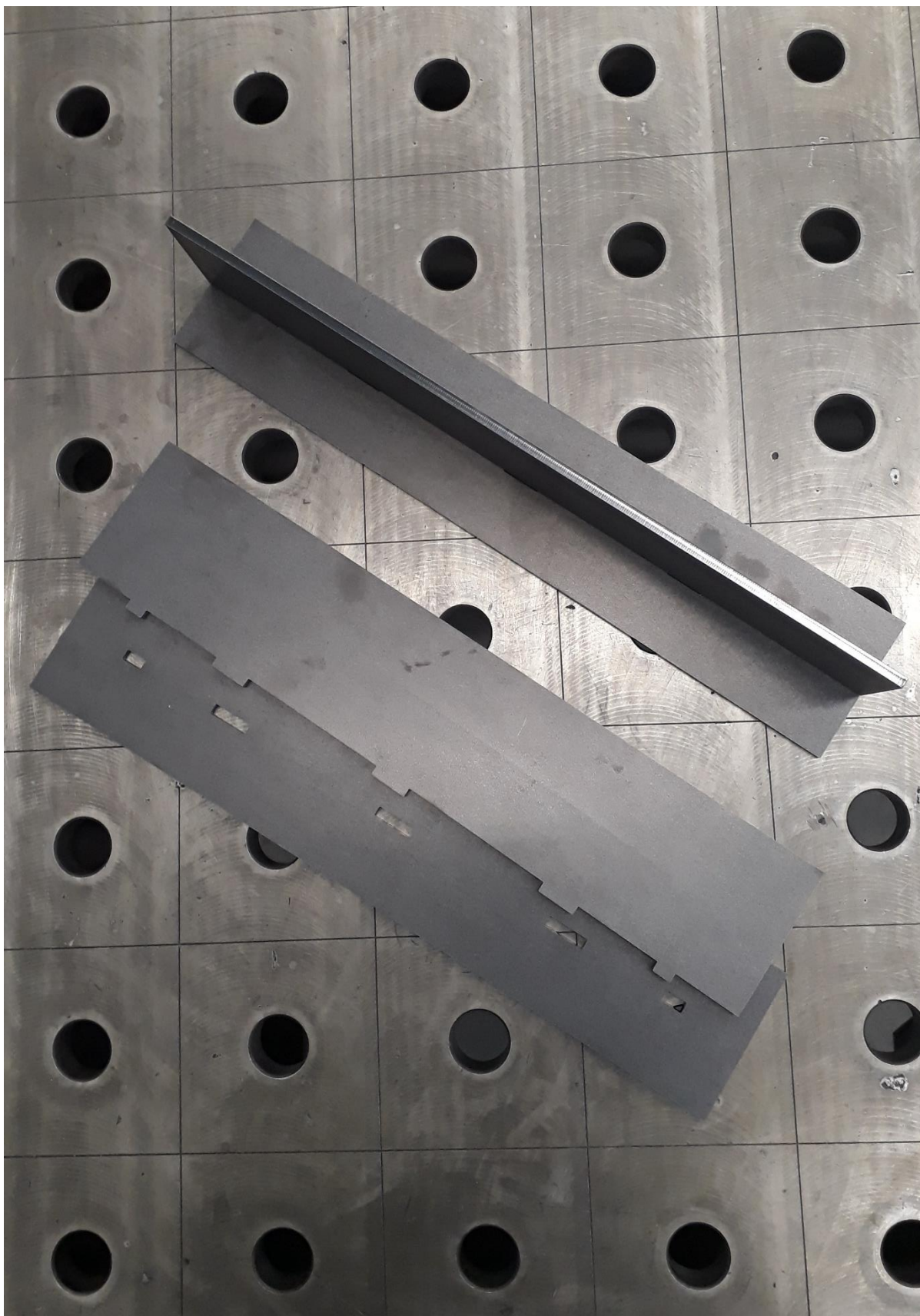
To dalo za vznik T-profilu, který již při prvním vzorku vyhovoval všem požadavkům, na přesnost a snadnou montáž. Měření rovinnosti výpalku, a tím zjištění vzniklých deformací, zde bohužel nebylo možné z důvodu velké tolerance polotovaru, která činí 23 mm. Přítomnost drobných deformací, jejichž původ nebyl zřejmý, však při sestavování nezpůsobil žádné problémy. Přítomnost deformací však bude do budoucna při návrhu palety uvažována a bude snaha je odstraňovat správným upnutím při svařování.



Obrázek 21 - Rozložený T-profil



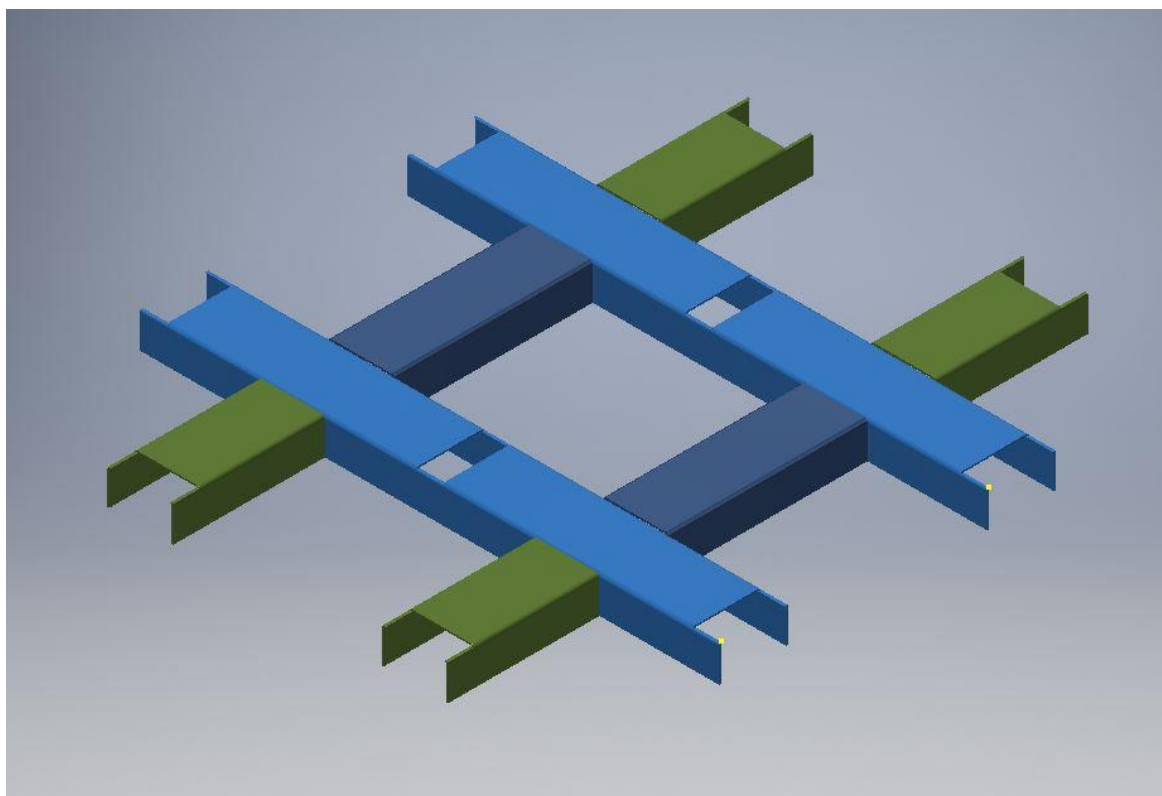
Obrázek 22 - Sesazení zámků T-profilu



Obrázek 23 - vzorek T-profilu

Výše zmíněný T-profil však umožňuje nahradit jen některé části palety. Počáteční tvar kříže (viz obrázek 15), bude však nutné nahradit jiným profilem. Zde se jako nejrozumnější řešení jeví použití U-profilu, který lze snadno zhotovit pomocí ohraňení výpalku. Díky použití výpalku se zde nabízí i řešení pro relativně složitý tvar kříže, který musí být dutý a průchozí tak, aby jej bylo možné ze všech čtyř stran naložit na paletizační vidle vysokozdvížného vozíku.

Zde nezbývá nic jiného než rozdělit kříž do několika dílců tak, aby byl snadný pro výrobu. Bude však snaha držet se co nejmenšího počtu druhů i kusů ohraňenců, aby nebyla zbytečně nekomplikována výroba a proces přípravy. Každá z těchto věcí by se pak negativně projevila na zvýšení nákladů v podobě času, stráveného ve výrobě.



Obrázek 24 - Nosný rám vytvořený pomocí 3 druhů ohraňovaných dílů

Jako nejvhodnější řešení se ukázalo rozdělení křížového rámu na 3 druhy dílů o celkovém počtu 8 kusů, kde zůstala ponechána v kuse kratší z ližin. Důvodem je problematické ohraňování dlouhých dílů, při nichž nerovnoměrná struktura materiálu, a tedy i rozdílná pevnost v celé délce osy ohybu způsobuje vlnění materiálu. Tento jev nastává především u větších tloušťek materiálu nebo u velmi dlouhých dílů, negativně k tomu přispívá rovněž i přítomnost otvorů v blízkosti osy ohybu. Takováto nevhodná oblast je vidět i na obrázku č. 24, v místě vybrání materiálu, kudy bude procházet vrchní výpalek T-profilu.

Tato oblast, v níž chybí materiál v ose ohybu, a tedy i rameno které by se opřelo při ohraňování do matrice, se jeví jako problematická a je rovněž v rozporu s firemním standardem. Bylo tedy vhodné vyzkoušet ohraňování, abychom zjistili, zda toto konstrukční řešení bude technologicky proveditelné.

Jako zkušební vzorek posloužila pouze nejdelší ližina, na níž se vyskytují všechny typy problematických oblastí. Pomocí softwaru Creo Parametric 5.0, byl proveden rozvin, který simuloval a kompenzoval tečení materiálu při tváření a měl by tak zhotovit upravený tvar rozvinu, po jehož ohraňování lze získat totožný díl jako v 3D modelu.

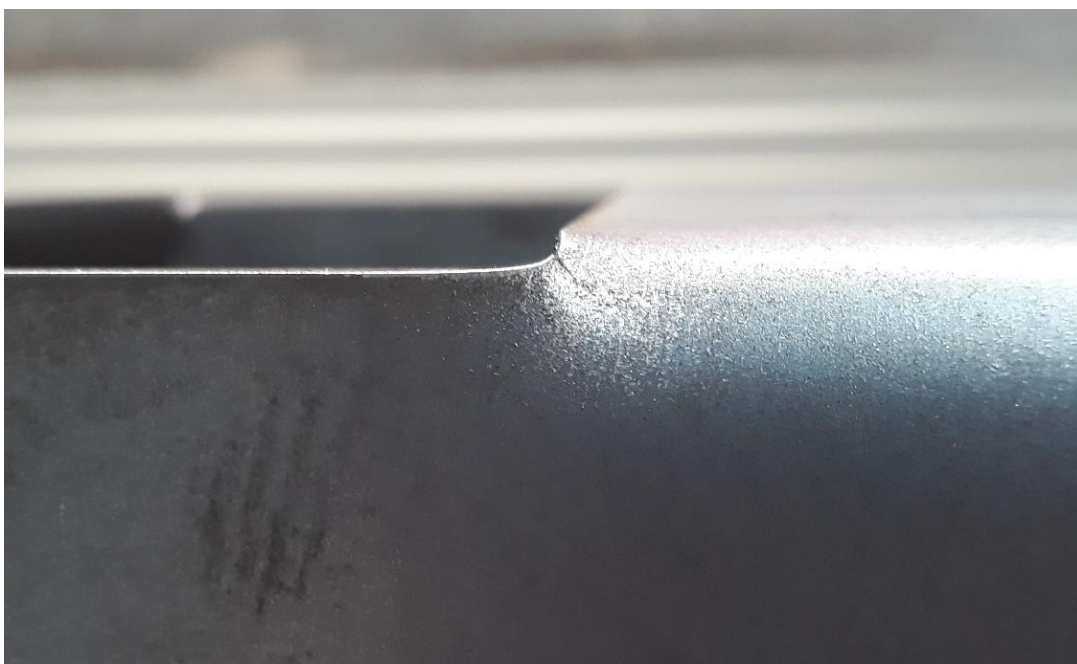


Obrázek 25 - Ohraňování vzorku ližiny

Po ohraňení se negativně projevila nepřítomnost materiálu, která na ose ohybu v ostrém přechodu mezi oblastmi s vhodnou délkou ramene a bez ní vytvořila zdeformovaný přechod, v němž se objevily i trhliny. Toto by vedlo k nutnosti broušení při samotné montáži na svařovně a opět by tak při velkém počtu dílů docházelo k navyšování nákladů a zpomalování procesu výroby (viz obr. 26-27).



Obrázek 26 - Deformace způsobená špatným návrhem rozvinu



Obrázek 27 - Přítomnost trhliny způsobená špatným návrhem rozvinu

Tento problém byl však vyřešen s pomocí pracovníků Inovačního centra, a to pomocí programu TruTops Boost, od dodavatele ohraňovacího lisu a laseru, v němž byla provedena přesnější simulace ohraňování, z níž vyšlo doporučení ubrat v rozvinu materiál o další 3 mm, směrem od osy. Zde bylo předpokládáno, že zvětšení výřezu způsobí při montáži i větší zapuštění vrchního dílu T-profilu do ližiny. Tento problém by však mohl být vyřešen použitím větší tloušťky plechu při výrobě horního dílu T-profilu.



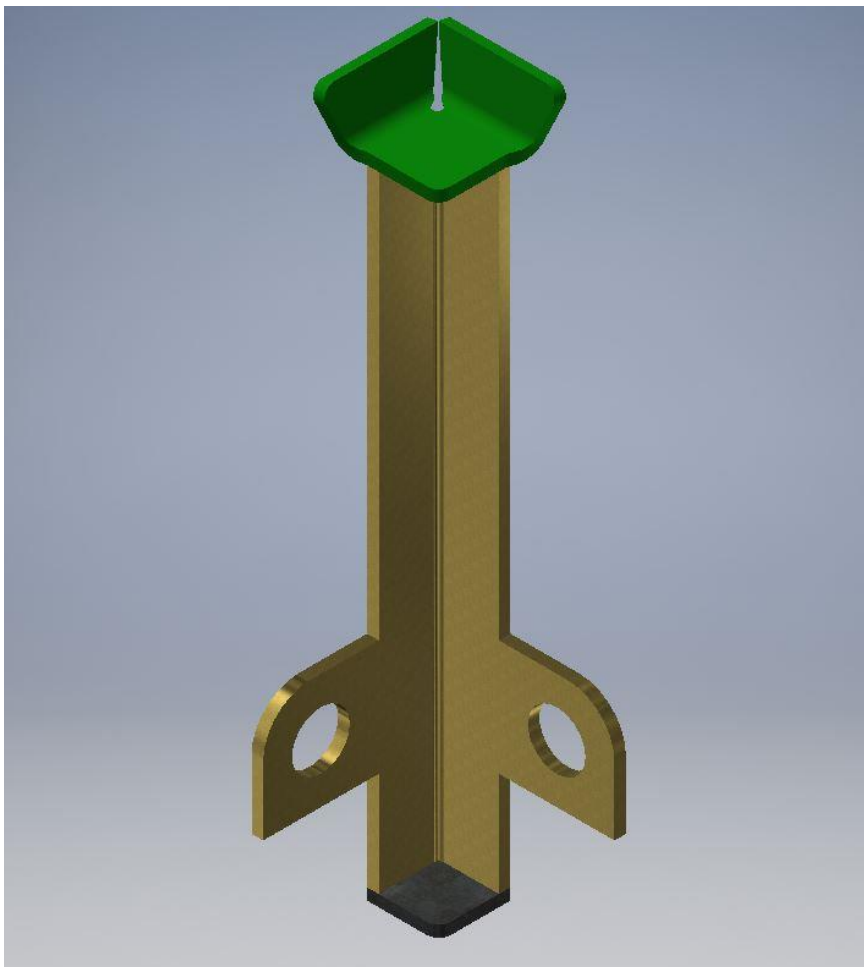
Obrázek 29 - Správně zhotovený přechod v ose ohybu



Obrázek 28 - Výsledný propad při použití původního 5 mm plechu pro T-profil činil 0,8mm

Navzdory předpokladu k výrazné změně nedošlo, a to z důvodu, že vybráním materiálu o zmíněné 3 mm byl odstraněn materiál z oblasti, v níž dochází ke styku mezi matricí a střížníkem. Tím nedošlo ani k částečnému tváření a tečení materiálu, jako tomu bylo u prvního vzorku.

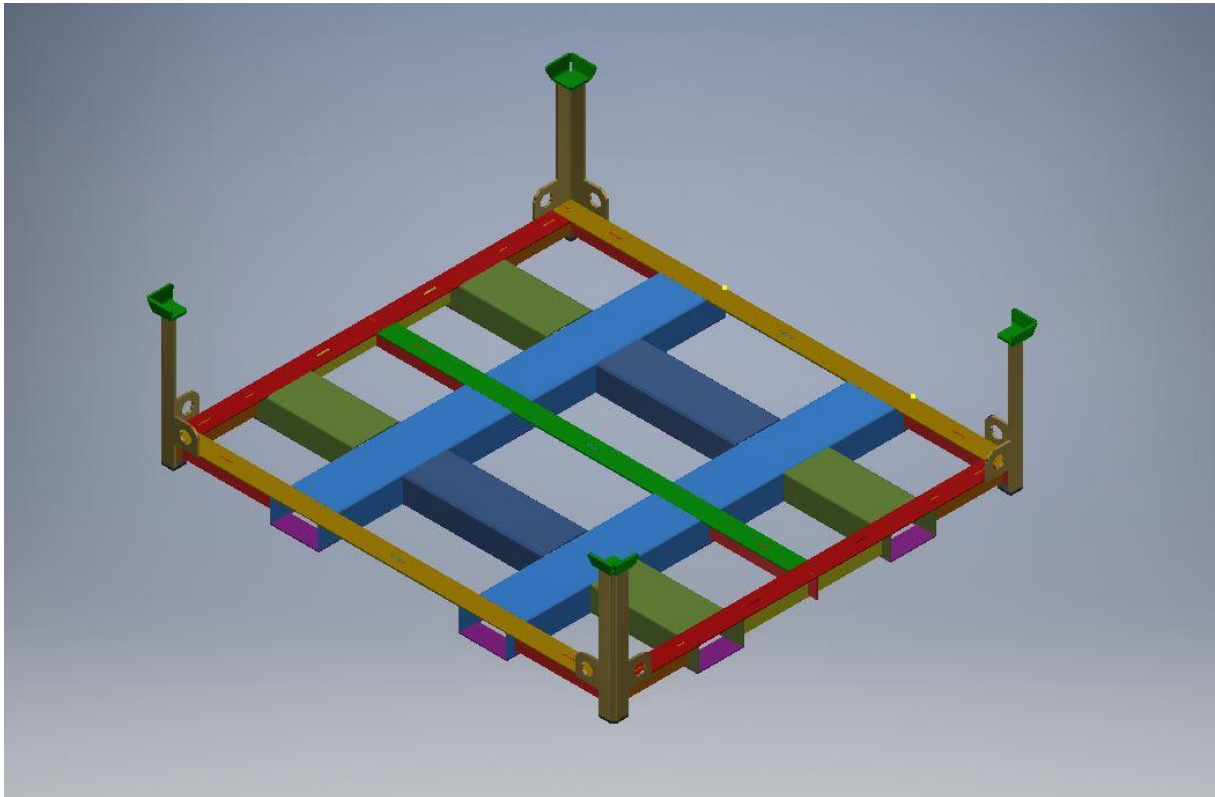
Po tomto ověření výrobitelnosti ližin bylo možné přistoupit k dokončení rámu a jeho doplnění o stojiny. Pro výroby stojiny bylo opět užito výpalku a plechu, ze kterého byl tentokrát zhotoven rovnoramenný L-profil, jehož součástí budou i vzpěry. Tím byl snížen počet dílů, a tedy i celkový čas výroby, to má opět pozitivní vliv na snížení nákladů.



Obrázek 30 - Nová stojina, vytvořena pomocí 3 druhů a kusů dílů

Jako základní polotovary pro výrobu stojiny byl použit namísto doposud používaného 5 mm plechu, plech 10 mm. Toto rozhodnutí vychází z počítačové simulace, při níž bylo testováno především neopatrné zacházení při manipulaci a její skutečnou nosnost stanoví až celkový statický posudek.

Nyní když jsou vytvořeny nosný rám a stojiny, je nutné přejít ke kompletaci těchto součástí pomocí T-profilu. Zde bude snaha dodržet tvar, který byl stanoven při návrhu tvaru palety.



Obrázek 31 - Výsledný návrh transportní palety

Pro lepší přehlednost jsou jednotlivé druhy dílů odlišeny barevně. Zkompletovaný rám byl po konzultaci s oddělením logistiky doplněn o středový T-profil (v barvě zeleno-červené), který bude sloužit k uchycení přepravovaných svařenců. Na zhotoveném návrhu palety bylo nutné odstranit veškeré dostupné ostré rohy. To bylo provedeno pomocí zaoblení výpalků, kde rádius byl vždy roven příslušné tloušťce plechu.

4.3. Návrh svařovacích parametrů

K řešení problematiky a návrhu vhodných parametrů pro výrobu výpalků a ohraněnců došlo již při návrhu a řešení konstrukce.

Nyní je tedy nutné stanovit vhodné svařovací parametry, které nejsou na rozdíl od velikosti a délky svaru přímo předepsány interní normou. Pro stanovení svařovacích parametrů pro koutový svar velikosti a3 v délce 20 mm bylo využito aplikace Weld Wizard od společnosti Fronius. Aplikace skýtá možnost pro příslušný svařovací zdroj a příslušný svar vybrat vždy z několika možných kombinací svařovacích parametrů. Rozhodujícím kritériem pro výběr z možností je teoretické množství vneseného tepla. Vnesené teplo (tepelný příkon) závisí na základních svařovacích parametrech (proud, napětí a rychlost svařování) a obecně vychází ze vzorce (1.0) [29]:

$$Q = \frac{U \cdot I \cdot \eta}{v_{sv}} \quad (1.0)$$

Pozn.: Pro metodu MIG/MAG udává norma ČSN EN ISO 1011 hodnotu účinnosti $\eta=0,8$.

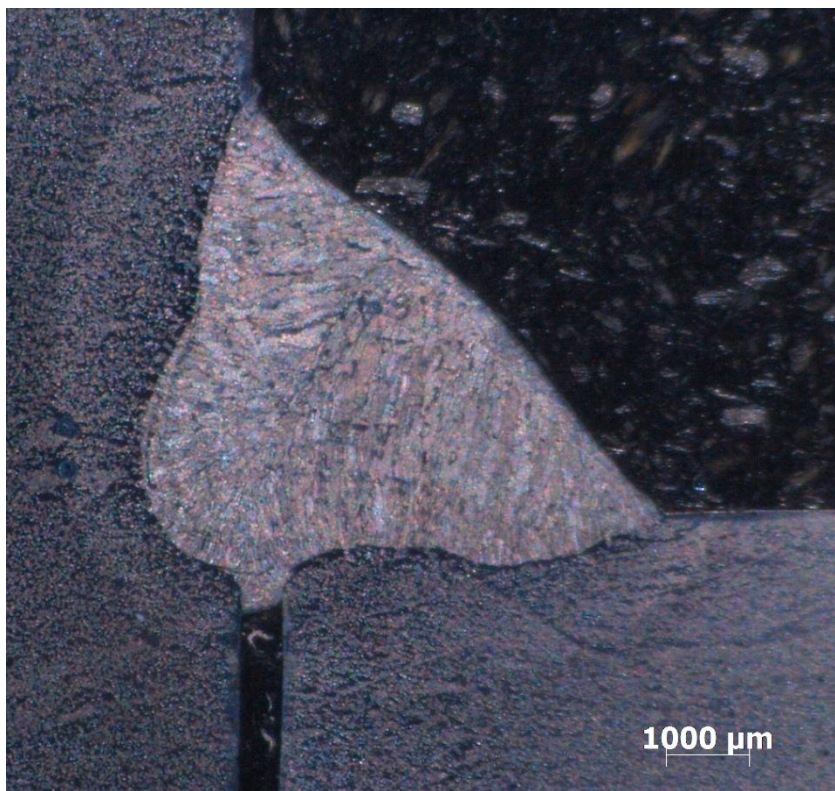
Zde bude snaha vnesené teplo minimalizovat, tím urychlit proces chladnutí a zamezit tak vzniku vad svaru a přítomnosti pórů. Vnesené teplo má rovněž negativní vliv na základní materiál, tím je zvětšující se tepelně ovlivněná oblast a vznik deformací. Tomu bude snaha předejít nalezením vhodných svařovacích parametrů a co nejkratší délkou svaru.

Svařování všech vzorků bylo provedeno ručně, metodou MAG, na svařovacím zdroji TPS 400i s podavačem WF 25i značky Fronius.

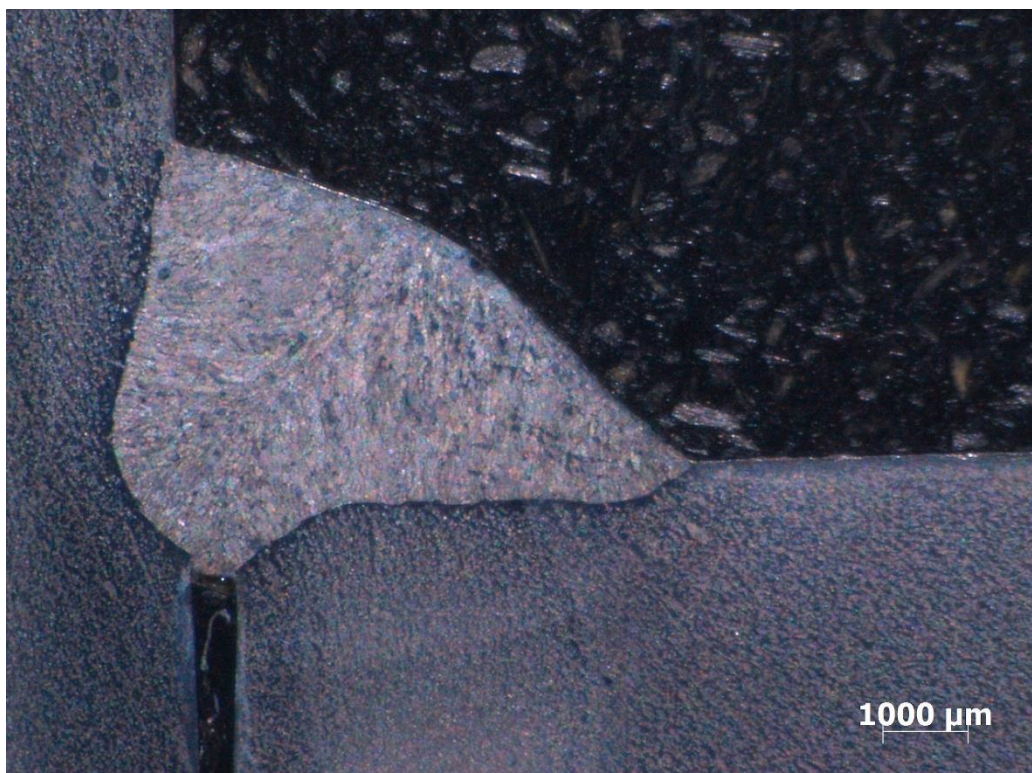
Tabulka 7 - Podmínky pro zhotovení svaru

SVAR	Koutový (velikost a3)
TLOUŠŤKA ZÁKLADNÍHO MAT.	5 mm
POLOHA SVAŘOVÁNÍ	PB
OCHRANNÁ ATMOSFÁRA	Corgon 10 (Ar+CO ₂) dle EN ISO 14175 – sk. M21
PŘÍDAVNÝ MATERIÁL	EN ISO 14341-A G 46 5 M21 4Si1
PRŮMĚR SVAŘOVACÍHO DRÁTU	1,2 mm
ZÁKLADNÍ MATERIÁL	Ocel S355MC (1.0976) dle EN 10149-2
TYP SVAŘOVACÍHO PROUDU/POLARITA	DC +
ZPŮSOB PŘENOSU KOVU	zkrat

Sérii vzorků pro volbu svařovacích parametrů předcházely vzorky 1a a 1b. Tyto vzorky posloužily pouze k vizuálnímu posouzení svaru a ověření makrostruktury svaru. Pomohly tak ověřit správné provedení zkoušky a předejít chybě v průběhu zhotovování vzorků, a to ještě před zhotovením série vzorků, která bude sloužit ke stanovení vhodných svařovacích parametrů.



Obrázek 32 - Vzorek 1a



Obrázek 33 - Vzorek 1b

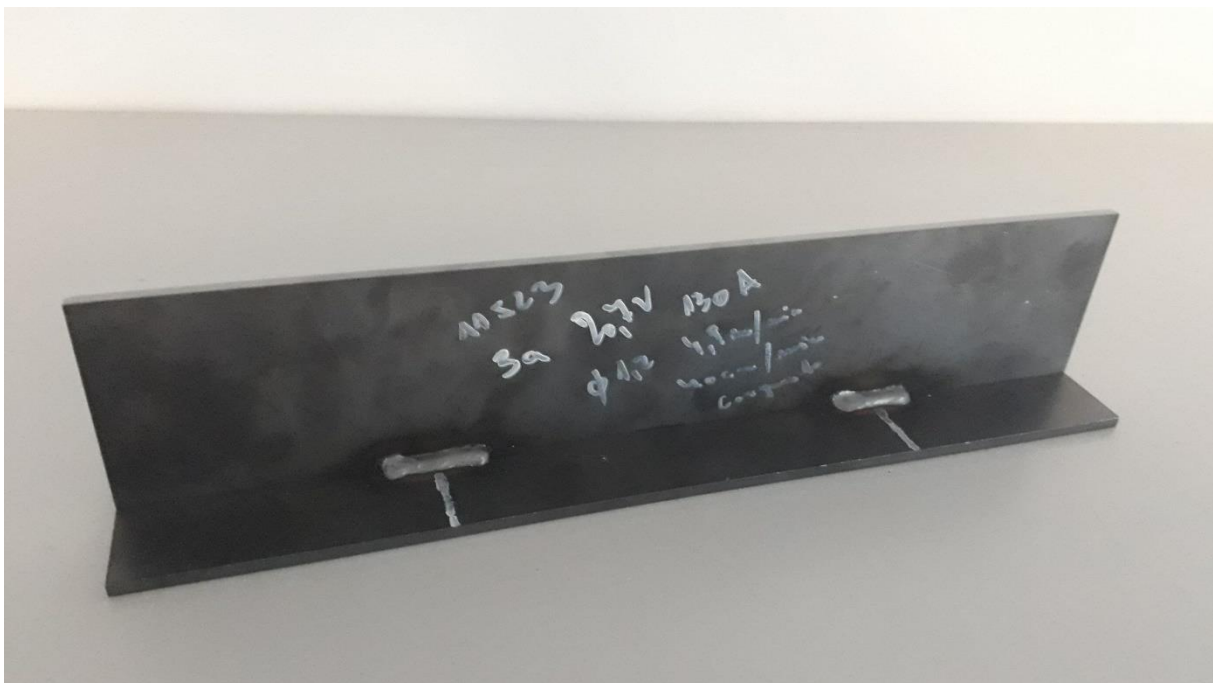
Vzorky 1a a 1b byly zhotoveny se stejnými svařovacími parametry.

Tabulka 8 - Svařovací parametry pro vzorky 1. série

SVAŘOVACÍ PROUD	130 A
NAPĚTÍ NA OBLOUKU	20,7 V
RYCHLOST POSUVU DRÁTU	4,9 m/min

Přesto byl tvar obou svarů velmi odlišný, rovněž i kořen (resp. průvar) svaru. Vzorek 1a vykazuje výrazně rovnoměrnější tvar svaru a kořene, avšak přechod mezi kořenem a svarem není zcela vhodný. Tím se však dále zabývala až druhá série vzorků.

Vzorek 1b, který byl zhotoven ve vzdálenosti 150 mm od vzorku 1a na témže svařenci a po opětovném zchlazení svařence, vykazuje výrazně odlišný, nepravidelný, a tedy i nevhodný tvar svaru a jeho kořene. U vzorku 1b lze předpokládat, že vzhledem k nestejně délce odvěsen svaru došlo k vedení hořáku v nevhodném sklonu. Bude tedy nutné se na toto zaměřit a v sérii následujících vzorků se snažit této vadě vyvarovat.



Obrázek 34 - 1. série vzorků – pohled na svařený zkušební kus

Pomocí aplikace Weld Wizard bylo stanoveno pro 2. sérii vzorků osm odlišných svařovacích parametrů, jež disponovaly nejmenším množstvím teoreticky vneseného tepla.

Tabulka 9 - Svařovací parametry pro 2. sérii vzorků

VZOREK	NAPĚTÍ NA OBLOUKU [V]	SVAŘOVACÍ PROUD [A]	RYCHLOST POSUVU DRÁTU [m/min]	VNESENÉ TEPLLO [kJ/cm]
2a	20,0	110	4,00	4,01
2b	20,5	122	4,55	4,01
2c	20,8	133	5,00	4,03
2d	21,0	137	5,20	4,04
2e	21,3	146	5,60	4,06
2f	21,5	151	5,80	4,07

Navzdory relativně velkému rozsahu svařovacího proudu se pomocí aplikace podařilo navolit vhodné parametry tak, aby teoreticky vnesené teplo bylo co možná nejmenší. Lze tedy předpokládat, že při délce svaru 20 mm se rozdíl teoreticky vneseného tepla v rozmezí 0,06 kJ/cm na svařenci a tepelně ovlivněné oblasti výrazně neprojeví. To však nelze předpokládat u rozsahu proudu, který bude mít patrně výrazný vliv na tvar a převýšení svaru, rovněž i na tvar jeho kořene a velikost průvaru.

Na základě tohoto předpokladu bylo provedeno vizuální zhodnocení svaru, jeho výbrusu a makrosnímku. Makrosnímků bude rovněž využito pro měření velikosti tepelně ovlivněné oblasti a vzdálenosti mezi převýšením a kořenem svaru.

Pro ověření vlivu vneseného tepla bylo využito měření (mikro)tvrdosti svaru a jeho okolí v souladu s normou ČSN EN ISO 9015-1. [30]

Pomocí mikrotvrdoměru Buehler Indentamet 1000 byla provedena v příčném řezu svarem zkouška tvrdosti dle Vickerse, se zatížením HV1, po dobu zatížení 10 sekund. Na základě této zkoušky byly stanoveny aritmetické průměry mikrotvrdosti v jednotlivých oblastech svarového spoje, uvedené v tabulce 10:

Tabulka 10 - Tvrdost vzorků 2. série – dle Vickerse HV1 [v jednotkách HV]

VZOREK	Z. MAT. 1	TOO 1	SVAR. KOV	TOO 2	Z. MAT. 2
2a	160,0	169,1	221,2	179,4	156,5
2b	168,9	172,7	219,2	172,1	167,7
2c	172,4	180,0	228,4	182,6	165,0
2d	172,3	165,6	224,1	168,7	176,0
2e	157,5	173,7	227,4	174,9	165,7
2f	153,1	184,9	225,5	190,5	156,6

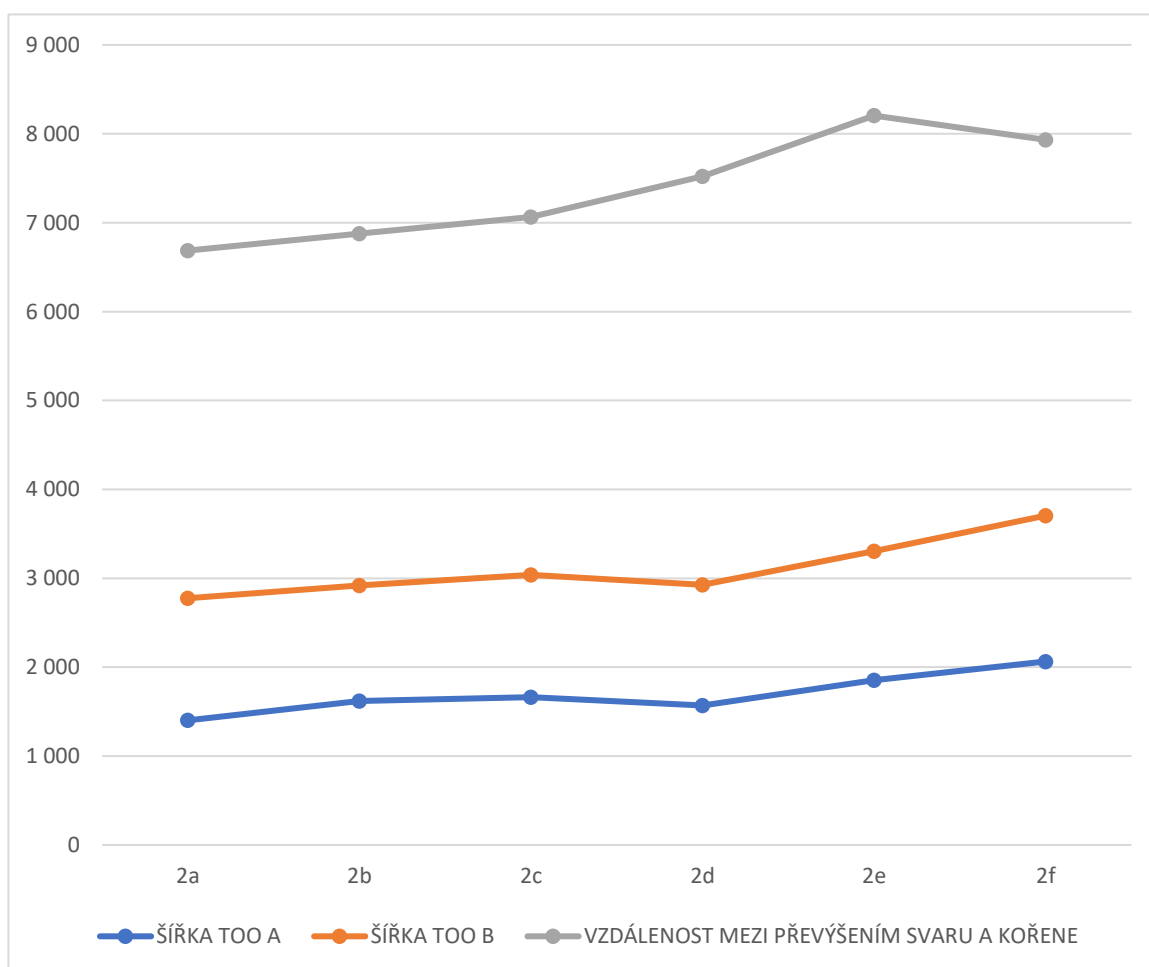
Z naměřených hodnot je patrné, že nedošlo k výraznému ovlivnění tvrdosti v oblasti TOO, a to v porovnání se základním materiálem. Výsledky této zkoušky však nejsou zcela zřejmé, to z důvodu velkého rozptylu tvrdosti základního materiálu, kterým může být nestejnorožé chemické složení, mikrostruktura anebo ovlivnění předchozím tepelným dělením pomocí CNC laseru.

Jako výsledek zkoušky lze tedy konstatovat, že u žádného ze vzorků nedošlo k výraznému poklesu, nebo nárůstu tvrdosti vůči základnímu materiálu, který je přítomen v daném příčném řezu jednotlivých vzorků.

Proto bude vhodné vycházet spíše z velikosti tepelně ovlivněné oblasti, která by měla být co nejmenší. Její šířka byla měřena vždy ve vzdálenosti 1 mm od počátku výšky svaru. Toto měření spolu s měřením vzdálenosti mezi převýšením svaru a kořene bylo provedeno na makrosnímčích příčného výbrusu svaru.

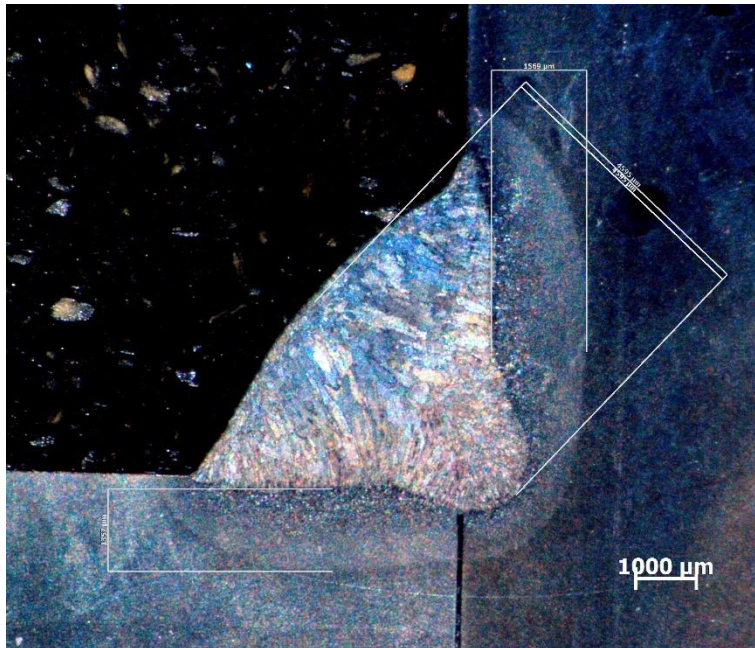
Tabulka 11 - Hodnoty naměřené v příčném výbrusu svarem [v jednotkách μm]

VZOREK	ŠÍŘKA A	ŠÍŘKA B	VZDÁLENOST MEZI PŘEVÝŠENÍM SVARU A KOŘENE
2a	1 402	1 374	3 911
2b	1 619	1 302	3 957
2c	1 663	1 374	4 028
2d	1 569	1 357	4 595
2e	1 852	1 452	4 901
2f	2 064	1 641	4 229

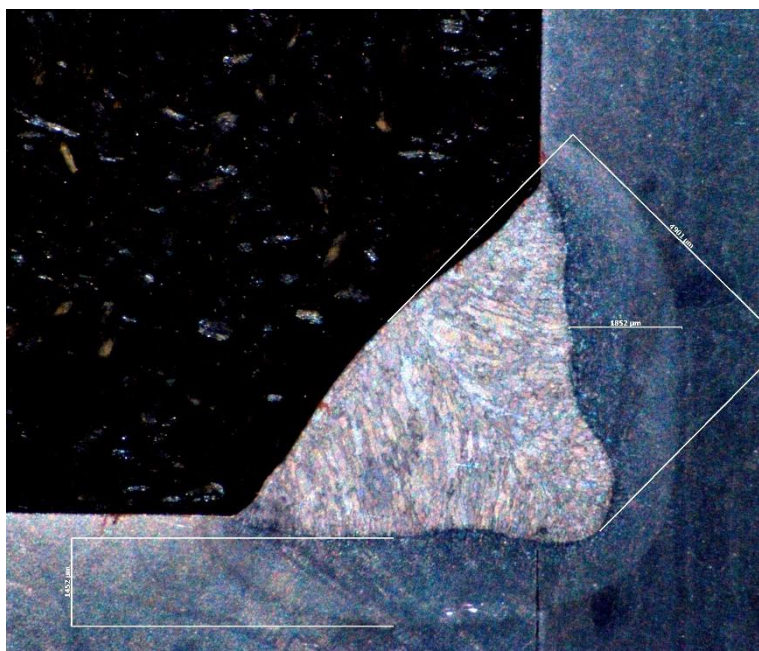


Graf 1 - Vývoj hodnot naměřených v příčném výbrusu svarem

V grafu č. 1 je patrné, že u vzorků 2a - 2c dochází k rovnoměrnému nárůstu TOO a vzdálenosti mezi převýšeními, tento vývoj by se dal označit takřka za lineární. K výrazné změně dochází u vzorku 2d, kde výrazně narůstá vzdálenost mezi převýšeními a naopak klesají šířky TOO. Podobně je tomu i u vzorku 2e, kde sice opět dochází k nárůstu šířek TOO, avšak i k výraznému nárůstu vzdálenosti mezi převýšeními. Z naměřených hodnot a vývoje grafu se jeví jako nejvhodnější vzorky 2d a 2e, k rozhodnutí využijeme celkové posouzení tvaru svarů těchto dvou vzorků.



Obrázek 35 - Makrosnímek výbrusu vzorku 2d



Obrázek 36 - Makrosnímek výbrusu vzorku 2e

Z obrázků 35 a 36 je patrné, že vhodnějšími svařovacími parametry budou parametry použité pro vzorek 2e. I přes nepatrně širší TOO a více vneseného tepla se jeví tento vzorek jako vhodnější.

Na obrázku 36 je patrné, že vyšší hodnoty šířky TOO v grafu 1 jsou způsobeny rovnoměrným zaoblením, bez výrazných přechodů a zlomů v celé TOO. To vypovídá o rovnoměrném a dostatečném průvaru v celé oblasti svaru a rovněž i o rovnoměrném a dostatečném natavení základního materiálu. Přechod kořenem do natavení základního materiálu je u vzorku 2e nepatrně hladší, to je mimo jiné způsobeno i vyšším průvarem základního materiálu v oblasti mimo kořen. Tvar svaru a kořene by se tak pro příslušnou ochrannou atmosféru (Corgon 10) dal označit jako „ideální“ a použité základní parametry jako nejvhodnější pro daný účel.

5. Porovnání stávající a nové transportní palety

Nakonec bylo provedeno porovnání stávající a nově navržené transportní palety. Porovnávány byly pouze funkční rozměry palet a jejich hmotnosti, jež hrají velkou roli zejména v nákladech na transport. Součástí bylo i porovnání základních technologických údajů pro výrobu, jako např. předpokládaný čas výroby, který má výrazný vliv na výrobní náklady, nebo počet a množství druhů polotovarů a použitých strojů. Porovnávány nebyly výrobní náklady, důvodem je výrazná odlišnost v závislosti na počtu vyráběných kusů.

Tabulka 12 - Porovnání technických parametrů palet

	STÁVAJÍCÍ PALETA	NOVÁ PALETA
DÉLKA PALETY	1 935 mm	1 935 mm
ŠÍŘKA PALETY	1 695 mm	1 695 mm
VÝŠKA PALETY	610 mm	610 mm
DÉLKA LOŽNÉHO PROSTORU	1 884 mm	1 854 mm
ŠÍŘKA LOŽNÉHO PROSTORU	1 540 mm	1 614 mm
VÝŠKA LOŽNÉHO PROSTORU	401 mm	456 mm
HMOTNOST PALETY	158 kg	170 kg
POČET POUŽITÝCH DÍLŮ	45 ks	52 ks
MNOŽSTVÍ POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY	5	3
DRUHY VSTUPNÍCH POLOTOVARŮ	3	2
PŘEDPOKLÁDANÝ ČAS VÝROBY	8 hodin	5 hodin

Z tabulky č. 12 je patrné, že nedošlo k výrazným změnám ložné plochy. K navýšení transportního prostoru přispělo odstranění dutého prostoru, jenž tvořil nosný rám z profilů a byl díky tomu předmětem úprav. Rovněž nedošlo ani k výraznému navýšení celkového počtu dílů, které bylo možné předpokládat vzhledem k užití T-profilu, skládajícího se ze dvou částí, namísto dutého profilu. Navýšení počtu kusů o díly T-profilu naproti tomu totiž snižovalo spojení nebo nahrazení více dílů jedním. Dobrým příkladem jsou stojiny, které jsou zkompletované namísto původních 5 kusů nyní pouze ze 3 kusů, tím došlo ke snížení počtu o 8 dílů.

Rovněž došlo ke snížení počtu výrobních technologií pouze na základní tři, tedy tepelné dělení, ohraňování a svařování. Tím bylo dosaženo hlavního cíle této práce, který výrazně přispěl k nižšímu času výroby. Zde lze konstatovat i skutečnost, že pro výrobu celé palety bylo užito výhradně polotovarů z plechů o standardních rozměrech a došlo tak k odstranění obtížné manipulace s nestandardní délkou polotovaru.

U nově navržené palety došlo oproti stávající paletě k navýšení hmotnosti o 12 kg, to povede k vyšším nákladům za provedení povrchové úpravy, a především k prodražení přepravy při užívání těchto nových palet. Řešením by zde mohlo být užití menší tloušťky výchozího plechu (např. o tloušťce 4 mm), které by již vedlo k váze nižší, nežli je u stávajícího typu palety. Lze předpokládat, že by ani užití tenčího plechu nemělo vliv na snížení životnosti palety a nenavyšovalo riziko jejího poškození.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení výroby stávajícího typu palet a návrh oblastí pro optimalizaci. Hlavním cílem práce bylo přizpůsobení nové palety základním výrobním technologiím, používaným ve firmě Doosan Bobcat EMEA, tedy plošnému dělení na CNC laseru, tváření na ohraňovacím lisu a vytváření spojů pomocí svařování metodou MAG. Z toho vyplývala i potřeba na užití výchozího polotovaru v podobě plechu o max. rozměrech 1 500 x 3 000 mm, která by rovněž vyřešila problém s obtížnou manipulací, která by nastávala při použití profilů v základní délce 6 000 mm.

Ze stanovených požadavků a návrhů pro optimalizaci vzešel návrh nové palety, která zcela splňuje požadavek na využití pouze základních firemních výrobních technologií a rovněž i na použití ve společnosti pouze běžně užívaného typu plechu.

U nového návrhu palety byla snaha o zachování rozměrů stávající palety tak, aby byla zaměnitelná se stávající paletou, a to nejen při manipulaci a transportu, ale rovněž i při stohování palet. Tento požadavek byl rovněž splněn, i když došlo k nepatrným změnám v rozměrech přepravního prostoru palety. Tyto změny však vedly ke zvětšení přepravního prostoru palety.

V porovnání se stávající paletou došlo však k navýšení hmotnosti (o 12 kg, tj o cca 7,5% původní hmotnosti), které by bylo pravděpodobně řešitelné užitím nižší tloušťky výchozího plechu. Použití příslušných tloušťek plechu a rovněž i celkové konstrukční řešení zaměřené na únosnost a dimenzování palety by bylo vhodným navázáním na tuto práci. Lze na ni rovněž navázat i v oblasti řešení fixačních zámků a jejich dalšího využití nejen v oblasti snazší kompletace a fixace při svařování.

Bakalářská práce se zabývala spolu s návrhem palety i návrhem její výroby a použitím příslušných technologií tak, aby bylo možné začít s její výrobou bez dalších technologických úprav a změn. Součástí této práce tak bylo i zjišťování nejvhodnějších parametrů u používaných strojů. Všechny tyto parametry bohužel nebylo možné zveřejnit, neb se řídí interními standardy společnosti, které nejsou veřejné. Parametry pro svařování však nebyly dány interní normou, proto bylo nutné je stanovit, vyhodnotit a bylo je možné zařadit i do této práce.

7. Citované zdroje

[1] – BEDNÁŘ, Bohumír. Technologičnost konstrukce I. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN:80-01-03268-x.

[2] - TruLaser 3030 fiber / 3040 fiber Technická data. [online]. 12.7.2017 [cit. 2019-07-01].

Dostupné z: <https://scmetal.cz/wp-content/uploads/2017/07/TruLaser-3030-fiber-3040-fiber.pdf>

[3] - Extremely smooth cutting edges with BrightLine. TRUMPF Products [online]. 2019 [cit. 2019-07-01].

Dostupné z: https://www.trumpf.com/en_US/products/machines-systems/laser-cutting-machines/trulaser-3030-3040/

[4] – Technologický list PEGAS 350, Interní dokumentace společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o., U Kodetky 1978, 26312 Dobris, Czech Republic. 18.4.2017 [cit. 2019-07-02]

[5] - KOLAŘÍK, Ladislav. Konstrukce a navrhování svarových spojů: učební texty pro mezinárodní/evropské svářečské inženýry a technology (I/EWE, I/EWT). Praha: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie, 2017. ISBN 978-80-01-06315-6.

[6] – FRIEDRICH, Kilian. Návod k provozu TrueBend Série 5000. Ditzingen: TRUMPF Maschinen Austria GmbH + Co. KG, 2015.

[7] – Perfect welding - TPS 400i. [online]. 2019 [cit. 2019-07-02].

Dostupné z: <https://www.fronius.com/cs-cz/czech-republic/perfect-welding/vyrobky/ru%C4%8Dn%C3%AD-sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD/migmag/tpsi/tpsi/tps-400i>

[8] – Technická dokumentace – Mechanická část. Želeč: S.O.S. Difak s.r.o. Želeč, 2006

[9] - YANG, Yang, et al. 3D printing of shape memory polymer for functional part fabrication. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, 84.9-12: 2079-2095.

[10] - Povrchové úpravy materiálů, jejich účel a provádění. Konstrukce [online]. 26.8.2016 [cit. 2019-07-03].

Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/povrchove-upravy-materialu-jejich-ucel-a-provadeni/>

[11] – Zinkování. Galva [online].

[cit. 2019-07-03].

Dostupné z: <https://www.galva.cz/zinkovani/>

[12] – Galvanize it! Online Seminare [online]. 2018.

Dostupné z: <http://www.sperkoengineering.com/html/articles/WeldingGalvanized.pdf>

[13] – Příručka žárového zinkování. Asociace českých zinkoven [online]. 2007

[cit. 2019-07-04].

Dostupné z: http://www.profer.cz/data/Files/pages/zarove-zinkovani_136947046634.224.pdf

[14] - POWDER COATING UK [online]. 2002-2010.

Dostupné z: <http://www.powder-coatings.org.uk>

[15] - INFANTE, Davide; PALETTA, Giuseppe; VOCATURO, Francesca. A ship-truck intermodal transportation problem. Maritime economics & logistics, 2009, 11.3: 247-259.

[16] - BERTAZZI, Luca; PALETTA, Giuseppe; SPERANZA, M. Grazia. Minimizing the total cost in an integrated vendor—Managed inventory system. Journal of heuristics, 2005, 11.5-6: 393-419.

[17] – Portálové obráběcí centrum MCV 1220, TAJMAC-ZPS. [online] 2018

Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/mcv-1220>

[18] – Výkresová dokumentace, Interní dokumentace společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o., U Kodetky 1978, 26312 Dobris, Czech Republic. 18.4.2017

[cit. 2019-07-03]

[19] – Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem. Ferona [online]
[cit. 2019-07-03].

Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/33215/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-100x60x3>

[20] - Tyč ocelová plochá válcovaná za tepla. Ferona [online]
[cit. 2019-07-03].

Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25716/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-50x8>

[21] – Prodej. Iveco [online]. 2015
[cit. 2019-07-03].

Dostupné z: <http://www.iveco-hk.cz/prodej/nakladni-vozy-iveco-3-6-18-t/iveco-eurocargo>

[22] - TURKOWSKI, Mateusz; MICHALAK, Łukasz. The concept of public cargo transporting pipeline system. In: *Advanced Mechatronics Solutions*. Springer, Cham, 2016. p. 79-86.

[23] - STEIGERWALD, Manfred. *Locking system for stacking boxes as well as a stacking box system*. U.S. Patent No 6,367,631, 2002.

[24] Plech válcovaný za tepla, EN 10051. Ferona [online]
[cit. 2019-07-04].

Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23264/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-4x1500x3000>

[25] - All you need to know about sheet piling. Designing Buildings Wiki [online] 9.3.2018
[cit. 2019-07-04].

Dostupné z:

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/All_you_need_to_know_about_sheet_piling

[26] – Spoj šroubem. LOGiMAN [online]
[cit. 2019-07-04].

Dostupné z: <https://www.logiman.cz/katalog/hlinikovy-konstrukcni-system-sigma/spojovani-hlinikovych-profilu>

[27] – Design standard DE – L. Interní dokumentace společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o., U Kodetky 1978, 26312 Dobruška, Czech Republic.
[cit. 2019-07-04]

[28] - POWELL, John. CO2 laser cutting. London: Springer-Verlag, 1993.

[29] – ČSN EN ISO 1011-1. Svařování – Doporučení pro svařování kovových materiálů: Část 1: Všeobecná směrnice pro obloukové svařování. Praha: Český normalizační institut, 2009.

[30] – ČSN EN ISO 9015-1. Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů – Zkoušení tvrdosti – Část 1: Zkouška tvrdosti spojů svařovaných obloukovým svařováním. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Manipulace s nestandardní délkou polotovaru.....	10
Obrázek 2 – Zařízení pro tepelné dělení laserem – TruLaser 3030.....	11
Obrázek 3 – Fixační zámky zhotovené pomocí CNC laseru.....	12
Obrázek 4 – Pásová pila PEGAS 350x400 A-CNC-LR.....	13
Obrázek 5 - Hydraulický ohýbací lis TruBend 5320.....	14
Obrázek 6 – Svařovací zdroj TPS 400i s podavačem WF 25i.....	17
Obrázek 7 - Svařovací upínky, svěrky, dorazy a úhelníky.....	18
Obrázek 8 - Svařovací stavebnice.....	18
Obrázek 9 - Vyrtávačka FERMAT WFT 13 CNC.....	19
Obrázek 10 - Soustruh Difak SPT 16 NC.....	20
Obrázek 11 - 5 osé frézovací centrum TAJMAC - ZPS.....	21
Obrázek 12 - Žárové zinkování ve společnosti Wiegel.....	23
Obrázek 13 - Atypický druh skladovací palety.....	25
Obrázek 14 - Největší ze stávajících transportních palet.....	26
Obrázek 15 - Stoh přepravních palet.....	29
Obrázek 16 - Koncept nového ložného rámu palety.....	30
Obrázek 17 - Koncept nového rámu doplněný o profily pro stojiny.....	31
Obrázek 18 - Koncept nové transportní palety.....	31
Obrázek 19 - Pracoviště pro plošné dělní a tváření.....	32
Obrázek 20 - KOMBI hliníkový profil [26].....	33
Obrázek 21 - Rozložený T-profil.....	35
Obrázek 22 - Sesazení zámků T-profilu.....	35
Obrázek 23 - vzorek T-profilu.....	36
Obrázek 24 - Nosný rám vytvořený pomocí 3 druhů ohraňovaných dílů.....	37
Obrázek 25 - Ohraňování vzorku ližiny.....	38
Obrázek 26 - Deformace způsobená špatným návrhem rozvinu.....	39
Obrázek 27 - Přítomnost trhliny způsobená špatným návrhem rozvinu.....	39
Obrázek 28 - Výsledný propad při použití původního 5 mm plechu pro T-profil činil 0,8mm. 40	40
Obrázek 29 - Správně zhotovený přechod v ose ohybu.....	40
Obrázek 30 - Nová stojina, vytvořena pomocí 3 druhů a kusů dílů.....	41
Obrázek 31 - Výsledný návrh transportní palety.....	42

Obrázek 32 - Vzorek 1a	45
Obrázek 33 - Vzorek 1b	45
Obrázek 34 - 1. série vzorků – pohled na svařený zkušební kus	46
Obrázek 35 - Makrosnímek výbrusu vzorku 2d	50
Obrázek 36 - Makrosnímek výbrusu vzorku 2e	50

9. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Specifická data laseru [2]	12
Tabulka 2 - Specifická data pásové pily [4]	13
Tabulka 3 – Specifická data ohraňovacího lisu [6]	14
Tabulka 4 – Specifická data svařovacího zdroje a podavače [7]	17
Tabulka 5 – Specifická data CNC soustruhu [8]	20
Tabulka 6 - Specifická data CNC 5-osé frézky [17]	21
Tabulka 7 - Podmínky pro zhotovení svaru	44
Tabulka 8 - Svařovací parametry pro vzorky 1. série	46
Tabulka 9 - Svařovací parametry pro 2. sérii vzorků	47
Tabulka 10 - Tvrdost vzorků 2. série – dle Vickerse HV1 [v jednotkách HV]	48
Tabulka 11 - Hodnoty naměřené v příčném výbrusu svarem [v jednotkách μm]	49
Tabulka 12 - Porovnání technických parametrů palet	52

10. Seznam grafů

Graf 1 - Vývoj hodnot naměřených v příčném výbrusu svarem	49
-----------------------------------------------------------------	----

11. Seznam příloh

Příloha 1 - Přehled vlastností oceli S355J2

Příloha 2 - Ploché výrobky válcované za tepla z ocelí s vyšší mezí kluzu pro tváření za studena