

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh šablon pro přivařování úchytů dílů autobusů v závislosti na typu
jejich karosérie

Autor: **David LE**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David LE**

Osobní číslo: **S15B0328P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Návrh šablon pro přivařování vozidlových úchytů dílů autobusů v závislosti na typu jejich karosérie**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Rešerše typů karosérií autobusů v souvislosti s tématem práce. Informace o přípravcích pro výrobu a montáži dílů autobusů v souvislosti s tématem práce. Vypracování konstrukčního návrhu pro konkrétní přípravky.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Rešerše vybraných výrobních a montážních přípravků při výrobě autobusů
3. Teoretické základy v souvislosti s tématem práce
4. Konstrukční návrhy vybraných přípravků
5. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

VLK, F. *Stavba motorových vozidel.* Brno: nakl. Vlk, 2003

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jakub Havel**

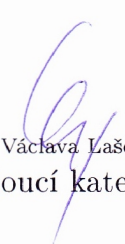
EvoBus, s.r.o., Holýšov

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Le	Jméno David		
STUDIJNÍ OBOR	B2301 – „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh šablon pro přivařování vozidlových úchytů dílů autobusů v závislosti na typu jejich karosérie			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	44	TEXTOVÁ ČÁST	40	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Úkolem této bakalářské práce je vypracovat konstrukční návrh svařovacích šablon pro úchyty na autobusu. Je zde popsán materiál šablon, EN AW-6061. Dále také autobus Mercedes-Benz Citaro na který jsou šablony použity a svařovací postup. Hlavní část se věnuje konstrukčnímu návrhu šablon a simulaci zatížení v softwaru Siemens NX 11.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Svařovací přípravek, Mercedes-Benz Citaro, EN AW-6061, Konstrukce, Šablony, NX 11</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Le	Name David	
FIELD OF STUDY	B2301 – “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of templates for the welding of vehicle holding part sof buses according to their body type		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	44	TEXT PART	40	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this bachelor thesis is to develop a design of welding templates for bus holding parts. The template material, EN AW-6061, is described here. Also, the Mercedes-Benz Citaro bus on which the templates are used and the welding procedure. The main part is devoted to the design of the templates and load simulation in Siemens NX 11 software.
KEY WORDS	Welding preparation, Mercedes-Benz Citaro, EN AW-6061, Design, Templates, NX 11

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Ing. Ladislavu Němcovi, CSc., za odborné a podnětné vedení a cenné připomínky, které mi poskytl během jejího vypracování. Zároveň bych také chtěl poděkovat firmě EvoBus Česká republika s.r.o., zvláště pak oddělení MCAD, Technické dokumentace, že jsem zde mohl svou bakalářskou práci vypracovat a nabrat tak cenné zkušenosti.

Obsah

1.	Úvod.....	- 8 -
2.	Materiál šablon.....	- 9 -
2.1.	Hliník a jeho slitiny	- 9 -
2.1.1.	Popis hliníkových slitin dle EN	- 9 -
2.1.2.	EN AW-6061	- 11 -
2.1.3.	Srovnání EN AW-6061 T6 s ČSN 425510-12 050.1.....	- 12 -
3.	Postup při svařování při použití šablon a Mercedes-Benz Citaro	- 13 -
3.1.	Mercedes-Benz Citaro	- 14 -
3.1.1.	Technické údaje Mercedes-Benz Citaro 12m	- 14 -
3.2.	Svařovací postup.....	- 17 -
3.2.1.	Příklad svařování úchytu.....	- 18 -
4.	Konstrukce šablon	- 20 -
4.1.	Požadavky zadavatele.....	- 20 -
4.1.1.	Sestava s pozicemi úchytů	- 20 -
4.1.2.	Funkce úchytů.....	- 21 -
4.2.	Požadavky na šablony	- 21 -
4.3.	Magnet KT-10-04-N.....	- 21 -
4.3.1.	Odrhová síla.....	- 22 -
4.3.2.	Síla pro pohnutí magnetu ve směru profilu.....	- 22 -
4.3.3.	Dovolená síla	- 22 -
4.4.	Variety šablon.....	- 23 -
4.4.1.	Odlitek.....	- 23 -
4.4.2.	Svařenec	- 23 -
4.4.3.	Ohýbaný plech	- 24 -
4.4.4.	Výběr variety	- 24 -
4.5.	Výroba výpalků a tolerance	- 24 -
4.6.	Uchycení magnetů	- 24 -
4.6.1.	Volba lepidla.....	- 25 -
4.7.	Tvar šablon a uživatelská přívětivost	- 25 -
4.8.	Návrhy jednotlivých šablon.....	- 25 -
4.8.1.	EB_472-2253_010	- 26 -
4.8.2.	EB_472-2253_020	- 28 -
4.8.3.	EB_472-2253_030	- 30 -
4.8.4.	EB_472-2253_040	- 32 -
4.8.5.	EB_472-2253_050	- 34 -

4.8.6. EB_472-2253_060	- 36 -
4.9. Výpočet zatížení	- 37 -
4.9.1. MKP síť	- 37 -
4.9.2. Okrajové podmínky	- 39 -
4.10. Výsledky simulace zatížení	- 40 -
4.10.1. EB_472-2253_010	- 40 -
4.10.2. EB_472-2253_020	- 41 -
4.10.3. Vyhodnocení výsledků	- 42 -
5. Cena šablon	- 42 -
6. Závěr	- 43 -
7. Citovaná literatura	- 44 -
8. Seznam obrázků	- 44 -
9. Seznam tabulek	- 45 -
10. Seznam příloh	- 45 -

1. Úvod

Pokrok a vývoj strojírenských technologií a rostoucí konkurence jednotlivých výrobních podniků si žádá větší produktivitu práce. Zkrácením doby výroby, především pak všech kroků, které nepřidávají výrobku hodnotu, se dají ušetřit náklady a zvýšit produktivita. Mezi tyto kroky se řadí například manipulace či upínání před obráběním. Zkrácení hlavních a vedlejších časů je tak hlavní cíl výrobních podniků při snaze ušetřit náklady na výrobu. Tento fakt má na svědomí rostoucí automatizaci výroby, která je schopna snížit výrobní takt. Při svařování je ovšem často nutno polohovat díl ručně, a proto jsou používány různé přípravky, které jsou upraveny pro daný vyráběný díl a postup.

Podstatou této bakalářské práce je navrhnout šablony pro svařování úchytných dílů na karoserii autobusů. Tyto šablony jsou z materiálu EN AW-6061. Jak samotné šablony, tak svařované díly jsou uchyceny pomocí magnetů. Po zhotovení návrhu je provedena kontrola návrhu s ohledem na jeho funkčnost. Důležitými kritérii je snadné umístění šablony, následně dílu, dostupnost svarových míst a poté vyjmutí šablony.

V první části práce je přiblížen materiál EN AW-6061. Tento materiál je použit na výrobu všech šablon. Dále je porovnán s nejpoužívanější konstrukční ocelí ČSN 425510-12 050.1.

V druhé části je popsán postup při svařování s již používanými šablonami ve společnosti EvoBus Česká republika s.r.o. a Mercedes-Benz Citaro na který se šablony používají.

V poslední části je popsána konstrukce šablon, jejich kontrola funkčnosti, simulace zatížení a jejich výrobní náklady.

2. Materiál šablon

2.1. Hliník a jeho slitiny

Rychlý růst výroby a spotřeby hliníku v posledním desetiletí nemá, a to až na titan a jeho slitiny, ve světě obdobu. Odpověď, proč je tomu tak, je potřebné hledat především ve vlastnostech nejen hliníku a jeho slitin, ale i nekonvenčně vyrobených materiálů na bázi hliníku. Jde o velmi výhodnou kombinaci fyzikálních, (např. tepelná vodivost), mechanických, chemických (např. odolnost vůči korozi – díky vzniku ochranné vrstvy Al_2O_3 o tloušťce 5 – 20 nm) a technologických vlastností (např. dobrá schopnost k tváření za tepla i studena), které umožňují aplikaci hliníkových materiálů téměř ve všech oblastech lidské činnosti. Není bez zajímavosti, že hliník se vzhledem k vysoké hodnotě spalného tepla aplikuje také při sváření. [1]

2.1.1. Popis hliníkových slitin dle EN

EN AW-1050A – Tato slitina nachází využití skoro ve všech odvětvích průmyslu (automobilový, elektrotechnický, chemický, letecký, potravinářský, stavební, strojírenský). Používá se na prvky v konstrukcích a spoje, které jsou málo mechanicky namáhané, kde je vyžadována vysoká tvárnost, dobrá svařitelnost, korozivzdornost a dobrá tepelná a elektrická vodivost materiálu. Dá se svařovat většinou svařovacích metod. Nelze ji použít pro obrábění za použití řezných nástrojů pro její vysokou houževnatost. Mezi časté výrobky patří: automobilové chladiče, dveře, domovní fasády, elektrotechnické materiály, kryty, nádrže, nádoby, obaly, okenní rámy, reflektory, střechy, vybavení vagónů a automobilů, výměníky chemických zařízení aj.

EN AW-2017 – Jedná se o materiál se střední pevností, vhodný na konstrukční prvky. Lze jej dobře třískově obrábět. Je náchylný na mezikrystalickou korozi, při svařování hrozí tvorba trhlin a chemická odolnost je nízká. Lze jej snadno tvářet za tepla, po žihání a rozpouštěcím žihání (kalení) je tvářitelnost stále vyhovující, ale není dobrá ve vytvrzeném stavu. Pevnost slitiny znatelně stoupá vytvrzením za studena. Jako materiál jej můžeme použít pro díly do dopravních a manipulačních prostředků, jako jsou letadla, kolejová vozidla, automobily, dále také nýtované a šroubované konstrukce. Velmi často se používá na kryty vrtulového náboje, lopatky chladících ventilátorů, vrtulové listy apod.

EN AW-2024 – Tento konstrukční materiál vykazuje vysokou pevnost po tepelném zpracování a malou korozivzdornost. Finální produkty, které jsou určeny pro teplotu nad 100°C je nutno vytvrzovat za tepla. Avšak maximální provozní teplota je do 150°C . Svařovat jej lze jen za určitých podmínek. Po vytvrzení se dá obrábět řeznými nástroji, ne však po žihání. U výrobků, kde je vyžadována zvýšená životnost při proměnném namáhání nebo pod vlivem krátkodobě zvýšené teploty, lze tento materiál uplatnit na středně a silně namáhané části, jako například: automobilové a jiné dopravní prostředky, kolejová vozidla, letadla (kostry pro potahy, nosníky, přepážky, táhla řízení, žebra) a stavebnictví.

EN AW-3103 – Jedná se materiál, který je pevnější než čistý hliník, ale má zachovanou vysokou tvárnost. Je chemicky odolný, není vytvrzovatelný, má dobrou korozivzdornost (blíží se čistému hliníku). Na rozdíl od hliníku má totiž nižší elektrickou a tepelnou vodivost. Lze jej dobře svařit za použití všech metod. Nachází uplatnění jak v měkkém stavu, tak ve stavu tvářeném za studena. Výrobky z tohoto materiálu se hodí pro nízké namáhání. Často jsou zpracovány ohýbáním, hlubokým tažením nebo svařováním. Charakteristickými produkty jsou: dráty na výrobu nýtů, chladiče pro automobily a traktory, kryty potrubí, nádoby na kapaliny, výplně kol, potrubí, výměníky tepla, nádrže a zařízení vyrábějící kapalný kyslík.

EN AW-5083 – Jde o slitinu, která je dobře chemicky odolná, středně pevná a nevytvřovatelná. Je korozivzdorná a dobře leštitelná. Její svařitelnost je vyhovující a svarové spoje mají téměř stejnou korozivzdornost jako základní materiál. V měkkém stavu je snížena obrobitelnost reznými nástroji, v tvrdším stavu je vyhovující. V měkkém stavu má vyhovující plasticitu. Konstrukce vyrobené z této slitiny mají velmi dobrou odolnost proti korozi a mořské vodě. Nachází uplatnění v architektuře, potravinářském a chemickém průmyslu a při stavbě vozidel a plavidel. Charakteristické produkty jsou: cisterny, nádoby na tekutiny pracující při tlaku do 1,6 MPa a teplotách -196 až +150°C, ochranné kryty a potrubí.

EN AW-5251 – Má dobrou svařitelnost v ochranné atmosféře argonu. Je dobře leštitelný. Při tváření za studena se zvyšuje jeho pevnost a zvláště jeho mez kluzu, ale má pak nižší tažnost. Na korozivzdornost a svařitelnost nemá tváření vliv. Je vhodný na středně namáhané konstrukce, kde je požadována odolnost korozivzdornost a odolnost proti mořské vodě i technologicky vyhovující tvárnost. Používá se v architektuře, chemickém a potravinářském průmyslu, při stavbě vozidel a plavidel. Charakteristickými produkty jsou: drát na nýty, dveře, elektrické rozvody, nádrže, obaly, palubní nástavby mořských a říčních lodí, pláště hodin, přepážky, regály a tapety.

EN AW-5754 – Slitina je vysoce korozivzdorná, odolná proti mořské vodě a tropickým podmínkám. Má vysokou chemickou odolnost, je středně pevná a nevytvřovatelná. Lze ji svařit všemi metodami a svarové spoje si zachovávají korozivzdornost základního materiálu. Má velmi dobrou leštitelnost. Nelze ji dobře obrábět reznými nástroji v měkkém stavu, v tvrdším stavu již obrobitelnost vyhovuje. V měkkém stavu má značnou plasticitu a postačující v polotvrdém stavu. Nachází uplatnění u středně namáhaných konstrukcí, svařovaných součástí a konstrukcí odolávající mořské vodě a korozi, dále také v architektuře, potravinářském a chemickém průmyslu a při stavbě vozidel a plavidel. Za žíhaného a deformací zpevněného stavu je vhodná pro nádoby, které mohou pracovat při tlaku až 1,6 MPa a v teplotním rozmezí -196 až +150°C. Charakteristickými produkty jsou: automobilové, textilní, zemědělské součásti, nádrže čističek, nádoby na tekutiny, nosné konstrukce, ochranné kryty, plavidla, potrubí, výměníky tepla.

EN AW-6082 – Slitina vykazuje dobrou tvárnost, korozivzdornost a leštitelnost. Je vhodná ke svařování a má příznivou schopnost elektrolytické oxidace. V žíhaném stavu jeví značnou plasticitu, která je ovšem pouze vyhovující za vytvrzeného stavu. V rozmezí teplot 450 až 500°C má dobrou tvářitelnost. Slitina nejeví známky korozního praskání pod napětím. V žíhaném

stavu ji nelze obrábět řeznými nástroji, avšak ve vytvrzeném stavu ano. Nachází uplatnění v produktech dlouhodobě tepelně namáhaných v rozmezí teplot od -70 do +50°C, se střední pevností, kde je vyžadována technologičnost, korozi vzdornost, estetický vzhled (ve stavebnictví), pro jemnou mechaniku, potravinářství, letadla a vozidla. Charakteristickými produkty jsou: eskalátory, intarzie, kabiny letadel a vrtulníků, krytiny, mostové jeřáby, nábytek, nýtované mosty, přepážky, stožáry. [2]

2.1.2. EN AW-6061

Hliník 6061 je hliníková slitina řady 6000. Je značně legovaná jak hořčíkem, tak křemíkem a slitina je vytvořena pro primární tváření do tvářených výrobků. 6061 je označení The Aluminum Association (AA) pro tento materiál. V evropských normách se typicky uvádí jako EN AW-6061. AlMg1SiCu je chemické označení dle EN. H20 je označení dle British Standard (BS). A96061 je číslo UNS. Dále označení dle AFNOR je A-G1SUC. Starší literatura může odkazovat na tento materiál jako na CSA GS11N, ale toto označení se již nepoužívá. Slitina se používá již od roku 1935, ale v roce 1954 obdržela standardní označení. Tento materiál se běžně používá. Jde o precipitačně vytvrditelnou slitinu. Tato slitina je hojně využívána při výrobě různých profilů díky vyhovující tvářitelnosti za tepla a příznivé pevnosti ve ztvrdlém stavu. Využitím složitých profilů lze při výrobě obejít mnoho technologický kroků, jako je například svařování a díky tomu zvýšit produktivitu. Ve světě je zhotoveno ze slitin skupiny EN AW-6000 nad 80% profilů.

Odolnost proti korozi – V běžných atmosférických podmínkách je vyhovující korozi vzdornost. Korozi vzdornost lze ještě vylepšit například anodickou oxidací.

Svařitelnost – AlMg1SiCu je dobře svařitelná všemi typicky používanými metodami pro hliník (zvláště pak za použití metod svařování plynovým obloukem MIG a TIG). Při svařování je nutno počítat se sníženou pevností v přechodovém pásmu. Pokud je zvoleno vhodné tepelné zpracování (rozpuštěcí žhánání a vytvrzení) lze dosáhnout původní pevnosti v přechodovém pásmu. Svar vykazuje vždy nižší pevnost než základní materiál. Jelikož je u těchto slitin tendence k vytváření prasklin zapříčiněných vysokou teplotou je nutné je svařovat za použití vhodného přídavného materiálu. Doporučený přídavný materiál dle EN ISO 18273: SG-AlMg5Cr(A), SG-AlMg4.5Mn0.7(A) nebo AlSi5.

Obrobitelnost – Po vytvrzení za tepla do stavu EN AW-6061 T6 slitinu AlMg1SiCu lze vyhovujícím způsobem obrábět, jestliže dodržíme podmínky obrobitelnosti pro tento materiál. Konečný stav povrchu je dobrý.

Chemické složení – dle EN573-3 (váha %)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	ostatní jednotlivě	ostatní celkově
0,40 – 0,8	max. 0,7	0,15 – 0,40	max. 0,15	0,8 – 1,2	0,04 – 0,35	max. 0,25	max. 0,15	max. 0,05	max. 0,15

Tabulka 1: Chemické složení EN AW-6061 [5]

Mechanické vlastnosti – dle EN755-2

Vytvrzení	Tloušťka e	Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	Mez pevnosti R_m [MPa]	Tažnost A [%]	Tažnost A_{50mm} [%]	Tvrdość HB
T4	$e \leq 25$	110	180	15	13	65
T6	$e \leq 5$	240	260	9	7	85
T6	$5 < e \leq 25$	240	260	10	8	85

Tabulka 2: Mechanické vlastnosti EN AW-6061 [5]

Fyzikální vlastnosti – (přibližné hodnoty, 20°C)

Hustota [kg.m ⁻³]	Rozmezí tání [°C]	Konduktivita [MS.m ⁻¹]	Tepelná vodivost [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Teplotní součinitel objemové roztlačnosti [10 ⁻⁶ .K ⁻¹]	Modul pružnosti v tahu [GPa]
2700	585-640	22-30	170-200	23	~70

Tabulka 3: Fyzikální vlastnosti EN AW-6061 [5]

[3][4][5]

2.1.3. Srovnání EN AW-6061 T6 s ČSN 425510-12 050.1

Ocel je nejpoužívanější a nejběžnější materiál, který se ve strojírenství používá. Kvůli tomu je důležité porovnání s hliníkovou slitinou EN AW-6061. Pro srovnání byla zvolena nejběžnější konstrukční ocel třídy 12. Oceli třídy 12 jsou ušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli se zaručeným kompletním chemickým složením, oceli jsou uklidněné a neobsahují žádné legury. Mají široké použití podle obsahu C (0,07 – 0,9), tepelným zpracováním lze získat velké množství užitečných vlastností. Oceli třídy 12 určené k cementování mají 0,06 až 0,2% C. Oceli třídy 12 k zušlechťování mají 0,25 až 0,7% C. Jsou prokalitelné až do průměru 40 mm.

Mechanické vlastnosti oceli 12 050.1 – dle ČSN 41 20 50

Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	Mez pevnosti R_m [MPa]	Tažnost A_{50mm} [%]	Tvrdość HB	Modul pružnosti v tahu [GPa]	Modul pružnosti ve smyku [GPa]
min. 325	min. 540	min. 17	max. 225	211	79

Tabulka 4: Mechanické vlastnosti oceli 12 050.1 [6]

Z mechanických vlastností oceli vidíme, že mez kluzu hliníku je menší stejně tak, jako mez pevnosti. Ocel má zároveň procentuálně větší tažnost a značně větší tvrdość. Dále je také modul pružnosti v tahu u oceli přibližně třikrát větší. [6][7]

3. Postup při svařování při použití šablon a Mercedes-Benz Citaro

Při svařování držáků se využívá šablon, které si společnost EvoBus Česká republika s. r. o. poptává pro své potřeby. Tyto šablony jsou vždy pouze pro jeden konkrétní účel, tedy pro jednu konkrétní pozici držáku. Dojde-li tedy ke změně výrobního modelu nebo pouze ke změně pozice je nutno navrhnout nový přípravek, tedy šablony k ustavení držáků. Samotné šablony jsou interně označovány nejdříve písmeny EB (EvoBus), dále podtržítkem, trojčíslem, které určuje druh přípravku (445 - frézovací, 472 - svařovací, 491 - kontrolní atd.), dále pomlčkou a vlastním číslem přípravku (2253). Koncovými čísly 0AB, kde A označuje sestavu a B označuje konkrétní díly, přičemž pokud B je 0, jedná se o celou sestavu. Šablony jsou tedy označeny takto "EB_472-2253_010, EB_472-2253_020, EB_472-2253_030, EB_472-2253_040, EB_472-2253_050". Konkrétní úchyty, které se ustavují pomocí šablon, mají také interní označení "A 311 615 85 36, A 311 615 17 14, A 628 622 83 14, A 644 615 28 14". Samotná sestava, ve které je uvedena poloha úchytů je označena pod číslem "A 628 002 19 62". Šablony se skladují ve skříni na pracovišti, pokud se momentálně nepoužívají. Aktuálně používané šablony jsou uloženy na háčcích v dosahu pracovníků. Po skončení životního cyklu šablon se šablony likvidují ve šrotu. Tyto úchyty a jejich odpovídající šablony se používají při zhotovení rámu autobusu Mercedes-Benz Citaro. Jedná se městský dopravní model, který má více variant např. kloubová prodloužená varianta. Díly, které jsou součástí této bakalářské práce, se uchycují na přední část autobusu. Lze je tedy použít na více variant a tím ušetřit, jedná se tedy o typizaci.



Obrázek 1: Mercedes-Benz Citaro [8]

3.1. Mercedes-Benz Citaro

Mercedes-Benz Citaro je nízkopodlažní autobus určený pro městskou nebo příměstskou dopravu. Nese typové označení O 530 a vyrábí se od roku 1997. Od roku 2003 se výroba některých částí, zejména kostry, zahájila v Holýšově, kde je vyrábí společnost EvoBus Česká republika s. r. o. Model se rozděluje na dvě hlavní varianty, tedy městskou a příměstskou. Tyto varianty se poté dělí na další, kde standardními modely jsou varianty o 2 nápravách a 2 dveřích. Další varianty se liší délkou, počtem dveří, přibývá kloubová varianta (označená písmenem G) a ještě varianta částečně nízkopodlažní (označená písmeny LE, zkratka pro Low Entry). [10]



Obrázek 2: Mercedes-Benz Citaro kloubová varianta [9]

3.1.1. Technické údaje Mercedes-Benz Citaro 12m

Přepravní kapacita	
Místa k sezení (Základní výbava)	1/ 31 (2 dveře)
Místa ke stání (Základní výbava)	74
Celkem (Základní výbava)	105
Místa k sezení (Volitelná výbava)	1/28 (3 dveře s motorem OM 936h), 1/26 (3 dveře s motorem OM 936)
Místa ke stání (Volitelná výbava)	77 3 dveře
Celkem (Volitelná výbava)	105 (3 dveře s motorem OM 936h), 103 (3 dveře s motorem OM 936)
Rozměry	
Délka [mm]	12 135
Šířka [mm]	2 550
Výška [mm] s klimatizací	3 120
Rozvor Přední náprava-Hnací náprava [mm]	5 900
Rozvor Přední náprava-Střední náprava [mm]	-

Rozvor Střední náprava-Hnací náprava [mm]	-
Rozměr Pneumatiky	275/70 R 22,5
Převis vpředu [mm]	2 805
Převis vzadu [mm]	3 430
Průměr otáčení [mm]	21 214
Úhel sklonu vpředu [°]	7
Úhel sklonu vzadu [°]	7
Motor a Výkon	
Motor (Základní výbava)	Mercedes-Benz OM 936, OM 936 h
EU Emisní norma	Euro VI
System	BlueEfficiency Power, BlueTec® SCR-Diesel Technologie, Common Rail – System vstřikování paliva
Výkon max. [kW]	220 při 2 200/min
Zdvihový Objem [cm ³]	cca. 7 700
Válce/ Řazení	6 / Řadový
Točivý Moment max. [Nm]	1 200 Nm při 1 200/min
Převodovka (Základní výbava), Typ	Automatická převodovka Voith, DIWA 6, 4-Stupně
Motor 2 (Volitelná výbava)	Mercedes-Benz OM 936, OM 936 h
EU Emisní norma	Euro VI
Výkon [kW] max.	260
Zdvihový Objem [cm ³]	cca. 7 700
Válce/ Řazení	6 / Řadový
Točivý Moment max. [Nm]	1 400 Nm při 1 100/min
Převodovka (Volitelná výbava)	Automatická převodovka ZF Ecolife, 6-Stupňů
Podvozek	
Řízení	ZF Servořízení
Přední náprava, Typ	ZF, Nezávislé Zavěšení
Střední náprava, Typ	
Hnací náprava, Typ	ZF, Portálová náprava
Brzdy	
Provozní Brzdový System	Elektronický Brzdový System S Kotoučovými Brzdami
Odlehčovací Brzda	Integrovaný Retardér
Retardér	

Elektropneumatický-Brzdny-System (EBS)	EBS
Jízdní Asistenční Systémy	
Protiblokovací Systém (ABS)	X
Elektronický Stabilizační Program (ESP®)	Volitelná výbava
Asistent couvání	Volitelná výbava
Systém Monitorování tlaku v pneumatikách	Volitelná výbava
Hmotnosti	
Objem Nádrže Nafta [l]	215
Objem Nádrže AdBlue [l]	27
Povolená Celková Hmotnost [kg]	19 000
Přední Náprava [kg]	až max. 7 500
Střední náprava [kg]	
Hnací náprava [kg]	13 000
Klimatizace	
Chladicí Výkon Prostor Pro Cestující [kW]	Základní: 32 kW / Komfort: 39 kW
Topný Výkon Prostor Pro Cestující [kW]	38
Chladicí Výkon Prostor Řidiče [kW]	8 (4 elektricky)
Topný Výkon Prostor Řidiče [kW]	22
Dveře	
Nástupní Výška Dveří Vpředu [mm]	320
Nástupní Výška Dveří Vzadu [mm]	320
Nástupní Šířka Dveří Vpředu [mm]	1.250
Nástupní Šířka Dveří Vzadu [mm]	1.250
Výška Podlahy Nad Vozovkou [mm]	370

Tabulka 5: Mercedes-Benz Citaro Specifikace [11]



Obrázek 3: Motor Mercedes-Benz OM 936 [12]

3.2. Svařovací postup

V závodě v Holýšově vyrábí firma EvoBus Česká republika s. r. o. kostry, respektive jejich segmenty, autobusů Mercedes-Benz a Setra. Dále také části lehkých nákladních automobilů Mercedes-Benz Unimog. Většina koster je tvořena uzavřenými ocelovými profily "jekly", které se dle požadavků svařují do větších celků jako je například střecha, boky, přední a zadní část a podběhové části. Držáky a úchyty se přivařují až jako poslední krok.



Obrázek 4: Kostra autobusu Mercedes-Benz Citaro [13]

3.2.1. Příklad svařování úchytu

Postup při svařování úchytů je následovný: Nejdříve se svařenec, v tomto případě přední část, ustaví.



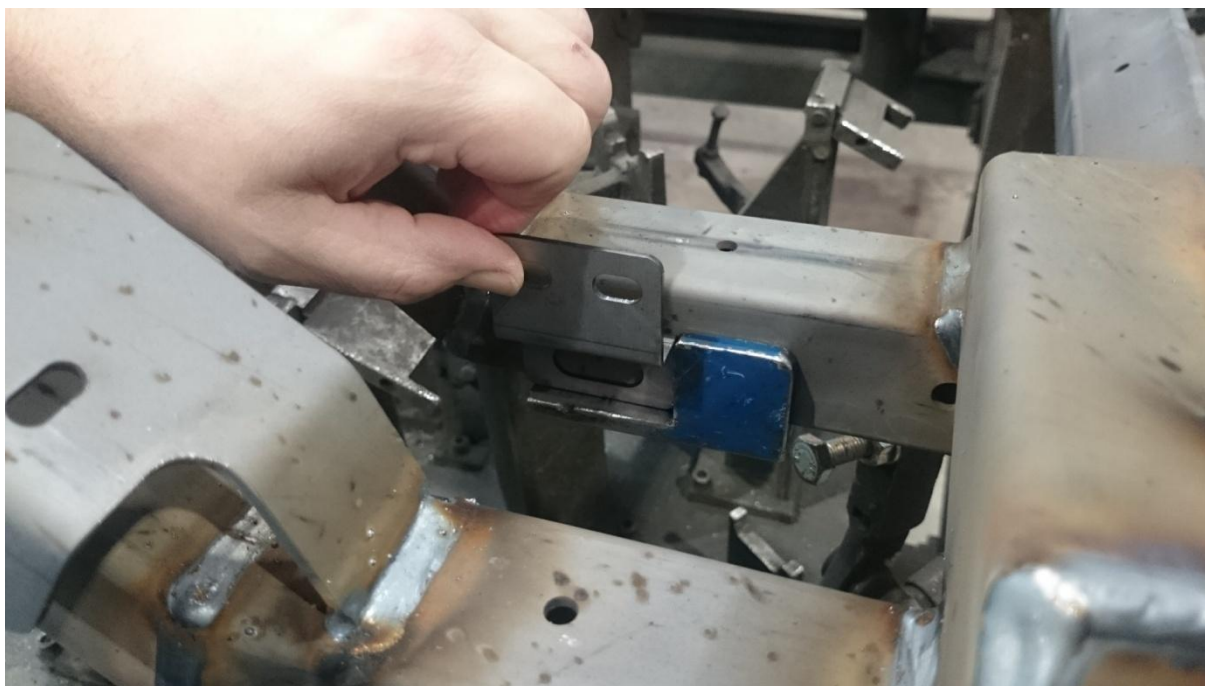
Obrázek 5: Ustavení přední části

Jako další následuje umístění svařovací šablony na příslušné místo.



Obrázek 6: Umístění svařovací šablony

Po řádném umístění šablony se správně umístí úchyt k šabloně.



Obrázek 7: Umístění úchytu k šabloně

Jakmile se umístí úchyt k šabloně, samotný úchyt se pomocným svarem přivaří, aby se zajistila jeho správná poloha. Poté se šablona odstraní a úchyt se přivaří dle požadavků na výkresu.



Obrázek 8: Úchyt přichycený pomocným svarem

4. Konstrukce šablon

4.1. Požadavky zadavatele

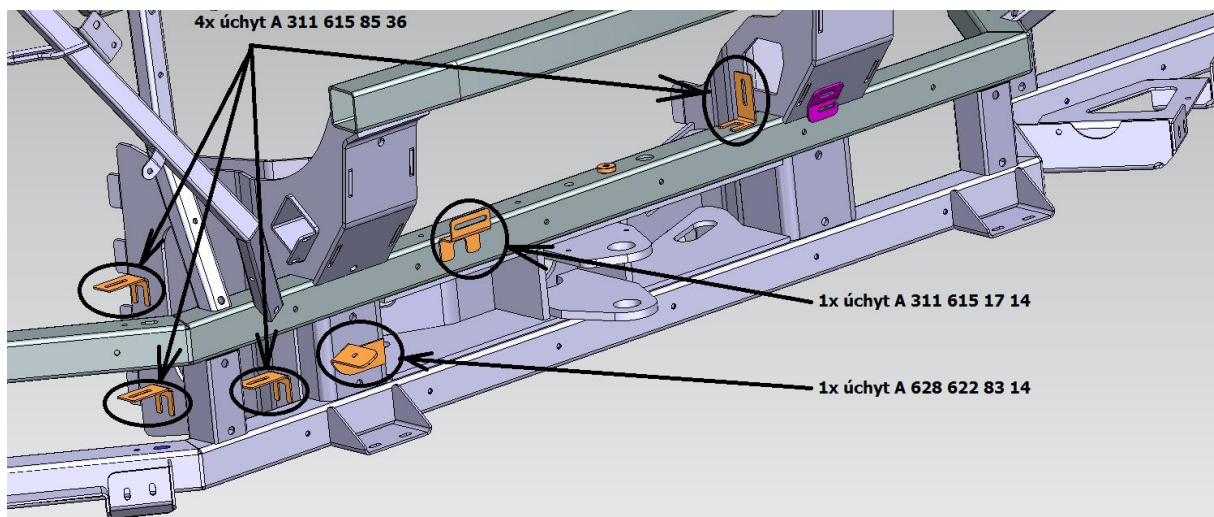
Zadavatel měl následující požadavky:

- Navrhnout koncepci sady šablon z hliníku (EN AW-6061) s magnety KT-10-N-4 pro ustavení dílů (úchytů) do správné polohy na sestavě a pro jejich přivaření.
- Každou šablonu označit číslem šablony ve formátu EB_472-2253.0x0.
- 3D dokumentace jednotlivých šablon.
- 2D dokumentace (výrobní výkresy) jednotlivých šablon.
- Návod k založení šablon do sestavy za účelem proškolení pracovníků

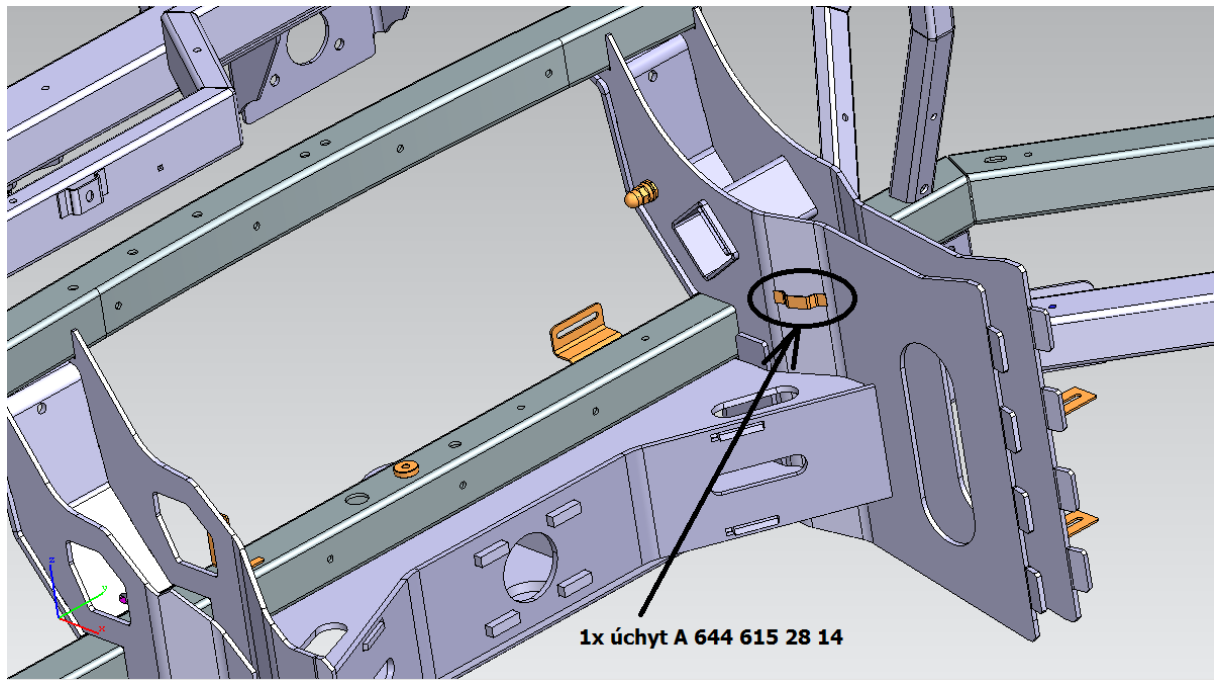
Většina těchto požadavků je důležitá především pro organizační a výrobní účely. Interní označení je stěžejní pro jednotné a jednoznačné označení přípravků. 3D dokumentace je poté využívána při práci s celým modelem přední části. 2D dokumentace se uplatňuje hlavně při výrobě samotných šablon. Návod na založení šablon do sestavy se využívá při samotném výrobním procesu, kdy je nutno proškolit obsluhu na správné ustavení šablon vůči přední části a samotným úchytům.

4.1.1. Sestava s pozicemi úchytů

Samotný výkres pozic úchytů na přední části je označen jako "A 628 002 19 62" a je uložen v příloze. Zde je uvedeno 3D zobrazení pro lepší orientaci.



Obrázek 9: Umístění úchytů na přední části



Obrázek 10: Umístění úchytů na přední části

4.1.2. Funkce úchytů

Úchyty na přední části slouží k následujícím účelům:

- A 311 615 85 36 (F4 na výkrese), A 644 615 28 14 (F2 na výkrese) slouží k uchycení kabelového svazku
- A 628 622 83 14 KZ (C2 na výkrese), A 311 615 17 14 (D3 na výkrese), 3x A311 615 85 36 (C7,C7, C8 na výkrese) slouží k uchycení tlakových hadic posilovače řízení

4.2. Požadavky na šablony

- Po svaření úchytu musí jít přípravek vyjmout
- Přípravek musí mít místo za které je možno ho chytit
- Přípravek musí mít dostatečnou tuhost, aby se za běžných provozních podmínek nedeformoval
- Přípravek musí mít robustní konstrukci, aby vydržel nešetrné zacházení

4.3. Magnet KT-10-04-N

Dle zadání měli být použity kotoučové magnety KT-10-04-N. Tyto magnety slouží jak k držení úchytů, tak k držení šablony samotné. Tyto magnety prodává Unimagnet s.r.o. dle prodejce mají následující parametry. Jako materiál magnetu je použit Neodym (přesněji NdFeB) s povrchovou úpravou Ni-Cu-Ni (Nikl-Měď-Nikl). Hmotnost magnetu je 2,36g. Má průměr 10mm a výšku 4mm. Tolerance jsou udávány +/- 0,1mm. [14]

Jako velikost magnetické síly udává prodejce 2,1kg. Tato síla je zároveň síla odtrhová. KT-10-04-N by tedy měl mít odtrhovou sílu 21N. [14]

4.3.1. Odtrhová síla

Na každém materiálu bude mít odtrhová síla ovšem jinou hodnotu. Proto bylo nutné před navrhováním ověřit hodnotu odtrhové síly. Toto měření bylo provedeno pomocí siloměru připevněného na magnet. Magnet byl uchycen na profil používaný na přední části autobusu. Za siloměr bylo taženo plynule a pomalu. Než došlo k odtrhnutí magnetu, odečetla se hodnota síly. Takto bylo provedeno 10 měření a výsledná hodnota je pak jejich průměrem.

Měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Síla F [N]	10,2	9,3	9,7	9,3	9,7	11,5	10,8	9,0	9,1	8,8

Tabulka 6: Měření odtrhové síly

Průměr odtrhové síly se spočítá následovně:

$$F_o = \frac{\sum(F)}{10}$$

kde: F_o je odtrhová síla [N]

F je naměřená síla [N]

F_o tedy vyšla **9,74 N**.

4.3.2. Síla pro pohnutí magnetu ve směru profilu

Ekvivalent třecí síly magnetu bylo nutno znát, protože pokud bude špatně navržena konstrukce šablony, může dojít po přiložení úchyty ke smýkání šablony díky tíhové síle úchyty. Samotná třecí síla je větší, pokud bude i větší síla magnetu, tedy normálová síla k profilu. Dále také tato síla závisí na koeficientu smykového tření, jelikož ten, ale prodejce z pochopitelných důvodů neudává je nutno změřit samotnou sílu. Tato síla měřila opět za pomoci siloměru, který byl tažen pomalu a plynule ve směru profilu. Jakmile došlo k pohybu magnetu, odečetla se hodnota síly. Takto bylo provedeno 10 měření a výsledná hodnota je pak jejich průměrem.

Měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Síla F [N]	4,3	3,9	4,2	4,3	4,2	4,5	4,3	4,3	4,2	4,3

Tabulka 7: Měření třecí síly

Průměr síly pro pohnutí se spočítá následovně:

$$F_p = \frac{\sum(F)}{10}$$

kde: F_p je odtrhová síla [N]

F je naměřená síla [N]

F_p tedy vyšla **4,25 N**.

4.3.3. Dovolena síla

Po určení sil magnetu bylo nutné počítat s bezpečností, která zajistí jistotu proti odtržení a smýkání. Součinitel bezpečnosti bylo nutno zvolit tak, aby se získaná hodnota pohybovala pod nejnižšími naměřenými hodnotami. U odtrhové

síly se tedy musí hodnota pohybovat pod 8,8 N a u třecí síly musí být hodnota menší než 3,9 N. Jako vhodná se jeví $k = 1,5$. Hodnoty dovolených sil se započítaným součinitelem bezpečnosti budou vypadat následovně:

$$F_{D0} = \frac{F_0}{k}$$

kde: F_{D0} je dovolená odtrhová síla [N]

k je součinitel bezpečnosti [-]

F_{D0} se rovná **6,49 N**.

$$F_{Dp} = \frac{F_p}{k}$$

kde: F_{Dp} je dovolená třecí síla [N]

k je součinitel bezpečnosti [-]

F_{Dp} se rovná **2,83 N**.

4.4. Varianty šablon

Při výběru varianty bylo nutno zvolit, jakým výrobním postupem budou šablony vyráběny a tomu také uzpůsobit konstrukční návrh. Od výrobního postupu se odvozují technologické přídatky či tvar součástí. U výběru varianty je nutno posuzovat schopnost dosáhnout tvaru ve všech třech osách, cenu a náročnost výroby (přesnost, čas, cena).

4.4.1. Odlitek

Šablonu je možno vyrobit jako odlitek, hliník má dobré odlévací vlastnosti a nižší teplotu tání než ocel. Při výrobě odlitků je však nutno počítat s technologickými přídatky jako jsou například úkosy. Dále jsou nutné přídatky na obrábění z důvodu drsnosti a přesnosti povrchu. Časová náročnost odlévání je velká, nejdříve je nutno vyrobit model, který je obtisknut v odlévací formě. Dále je nutno obrobit odlitek do požadované přesnosti a jakosti povrchu. Cena na výrobu odlitku je také značná z důvodu nutných kroků před odléváním a po odlévání.

4.4.2. Svařenec

Další možnost výrobního postupu je svařit plechové výpalky. Materiál EN AW-6061 se běžně dodává jako plech a výroba výpalků je dnes konvenční metoda. Plech je již vyráběn či dodán v požadované jakosti povrchu. Časová náročnost na vypalování je nízká. Výpalky poté není nutné opracovat. Při svařování je nutné ustavit výpalky ve správné pozici. Samotný svařovací proces není časově náročný. Cenově se výpalky pohybují na přijatelné úrovni stejně jako svařovací práce.

4.4.3. Ohýbaný plech

Jako poslední relevantní možnost se jeví ohýbaný plechový výpalek. Zde je třeba ovšem vzít v potaz velmi tvarovou složitost výpalku, zejména výřezů na ohyby. Vypalování jak již zmíněno v 4.3.2. je rychlá a cenově nenáročná technologie. Ohýbání je také časově nenáročné. Cenově se ohýbání pohybuje na nízké hranici.

4.4.4. Výběr varianty

Jako nejvýhodnější varianta vyplývá svařenec z výpalků plechů. Je časově nenáročná a cenově též. Dále se již nemusí technologicky opracovávat jako u odlitku. Z hlediska přesnosti se svařované šablony jeví také dostačující.

Byla tedy vybrána varianta svařence.

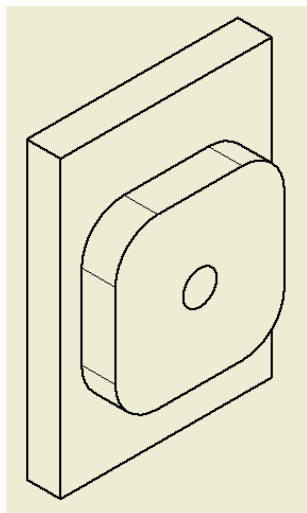
4.5. Výroba výpalků a tolerance

Výpalky budou vypalovány vodním paprskem. Vodní paprsek je studený řez, takže hliníkový plech nebude podléhat strukturním změnám. Nebudou se vyskytovat v místě řezu tepelně ovlivněné zóny. Z důvodu svařování je vhodnější pokud se šablona tepelně ovlivní pouze svařováním. U výpalků vodním paprskem je pravidlem, že nejmenší vnitřní rozměr musí být větší nebo roven tloušťce materiálu. Dále se přesnost u vodních paprsků pohybuje okolo 0,1 mm.

Kvůli výrobním procesům, nevyžadované vysoké přesnosti a výrobním tolerancím profilů „jeklů“ je dostačující všeobecná tolerance ISO 2768-mK.

4.6. Uchycení magnetů

U uchycení magnetů bylo nutné dbát na snadnou montáž a později i demontáž. Jelikož je tloušťka magnetu 4mm bylo vhodné zvolit tloušťku plechu také 4 mm a magnet do něj zapustit. Tloušťka 4 mm je značná, ale je žádoucí, aby šablony byly robustní a vydržely nešetrné zacházení. Způsobů, kterými by se magnet uchytil k plechu, je několik. Bylo by možné jej nalisovat, ale tato metoda je příliš náročná, navíc není snadná na montáž. Vhodnější možnost je magnet přilepit na zarážku přivařenou na plechu. Tato zarážka bude vypálena ze stejného plechu, aby se snížily náklady.



Obrázek 11: Zarážka magnetu

V zarážce je nutno udělat malý otvor pro výtok přebytečného lepidla. Tento otvor bude mít průměr 4 mm, což je minimální hodnota, kterou zvládne vodní paprsek vyrobít vůči tloušťce hliníkového plechu.

4.6.1. Volba lepidla

Pro magnet bylo nutno vybrat vhodné lepidlo, které unese zatížení 2,1kg na plochu magnetu. Na profilu byla sice zjištěna odtrhová síla menší než 2,1kg, ale je také možné, že se šablona při skladování či manipulaci dostane k jiným kovovým materiálům, u kterých může magnet vyvinout větší magnetickou sílu než u zamýšleného profilu. Bylo vybráno lepidlo UHU PLUS endfest 300, které má pevnost $300 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ pokud k lepidlu přivedeme teplotu 180°C . Při pokojové teplotě se pevnost pohybuje u $120 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. [15]

4.7. Tvar šablon a uživatelská přívětivost

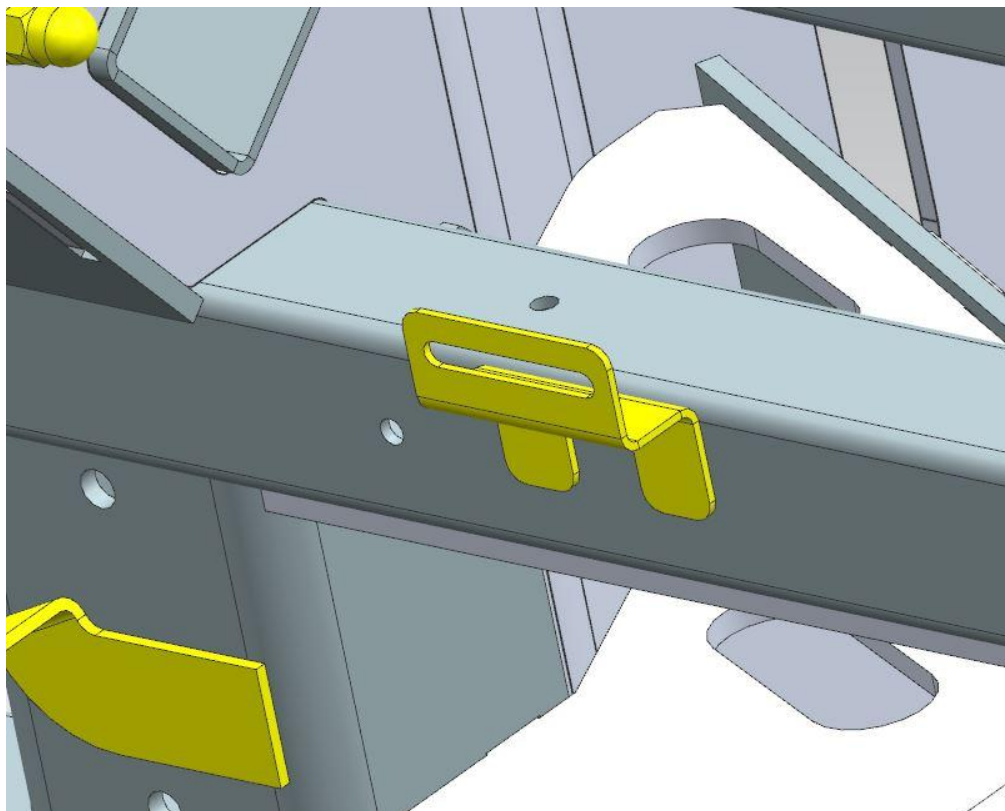
U šablon bylo nutno vzít v potaz, že se s nimi zachází ručně, tudíž je vhodnější zaoblit hrany a to i většími rádiy. Po zaoblení hran, je také nutné mít místo na šabloně za které jí bude možno uchopit a po svaření dílů vyjmout. Na větší šablony je možno dát madla. Na menší šablony je nutno konstrukčně vyřešit tak, aby i opěrné části bylo možno uchopit.

4.8. Návrhy jednotlivých šablon

U návrhu jednotlivých šablon bylo důležité si nejprve stanovit opěrné plochy šablon. Dále je nutno dbát na to, aby po svaření úchytu šla šablona vyjmout. Pokud to bylo možné, bylo výhodou připevnit úchyt magnetem, tam kde to možné nebylo, bylo potřeba nechat dostatek místa na přidržení úchytu prstem.

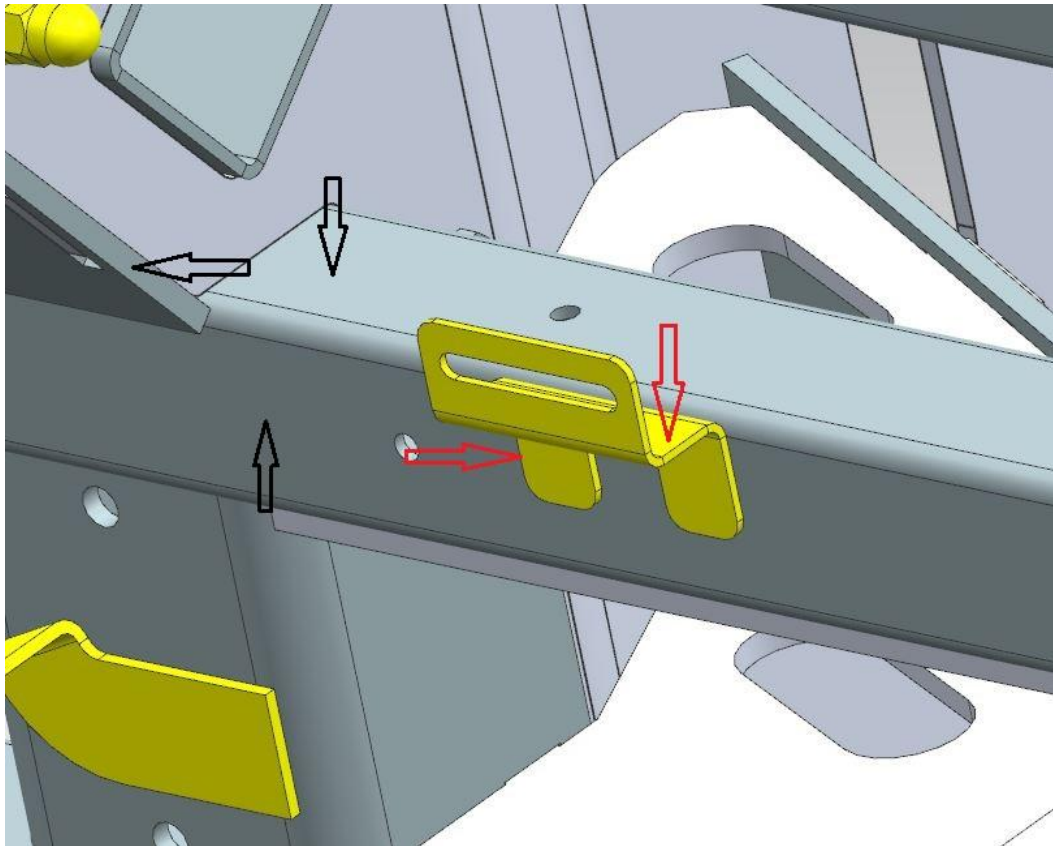
Černými šipkami jsou vyznačeny opěrné plochy šablony a červenými šipkami opěrné plochy úchytů vůči šabloně.

4.8.1. EB_472-2253_010

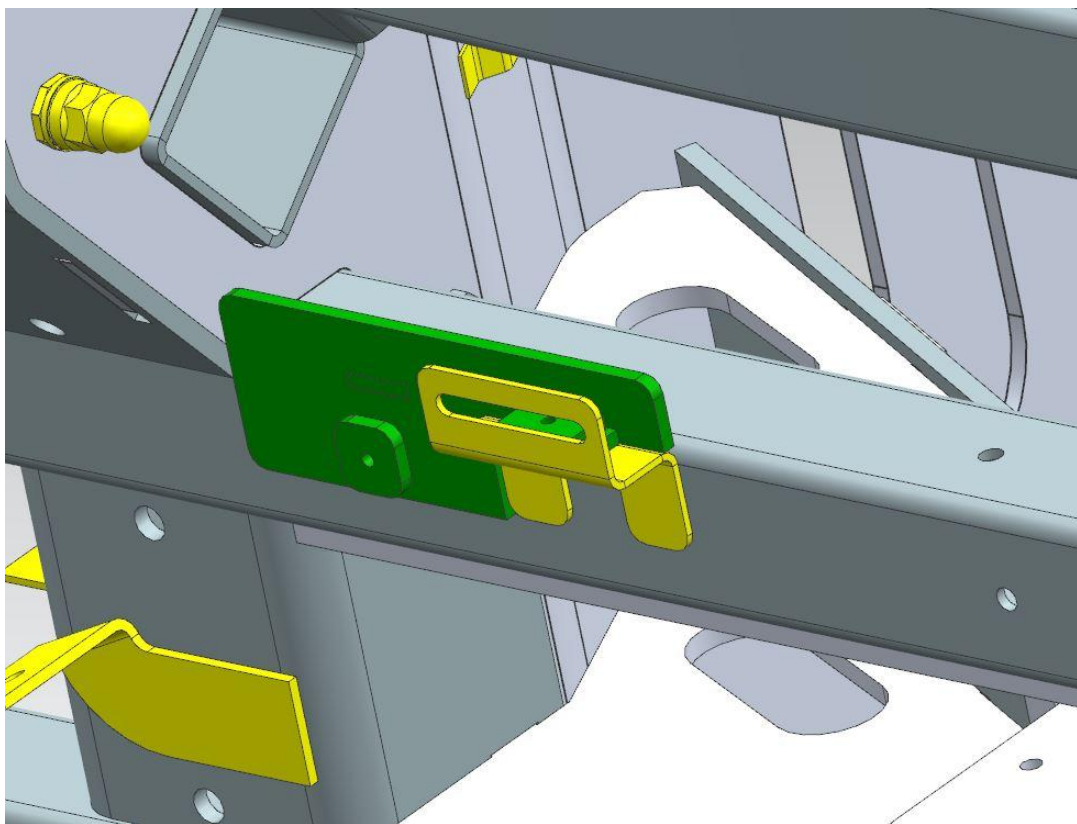


Obrázek 12: EB_472-2253_010 bez šablony

Zde byly zvoleny opěrné plochy šablony hlavně na profilu, na kterém je umístěn úchyt. Dále se šablona opírá o plech nalevo od úchytu. Úchyt je přichycen magnetem a polohován o dvě své plochy.



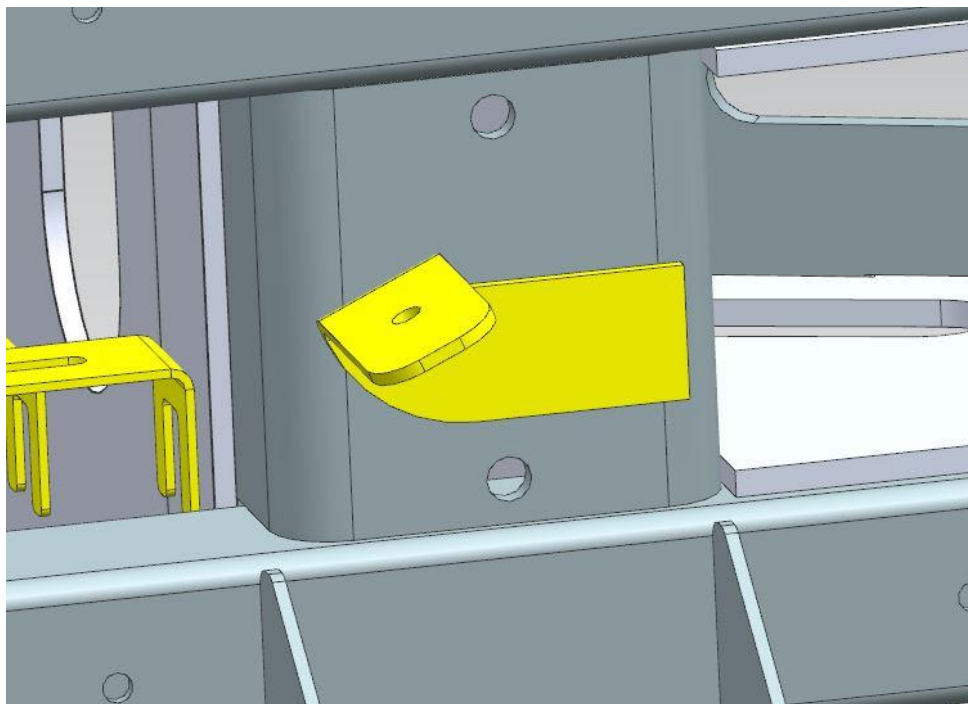
Obrázek 13: EB_472-2253_010 opěrné plochy



Obrázek 14: EB_472-2253_010 se šablonou

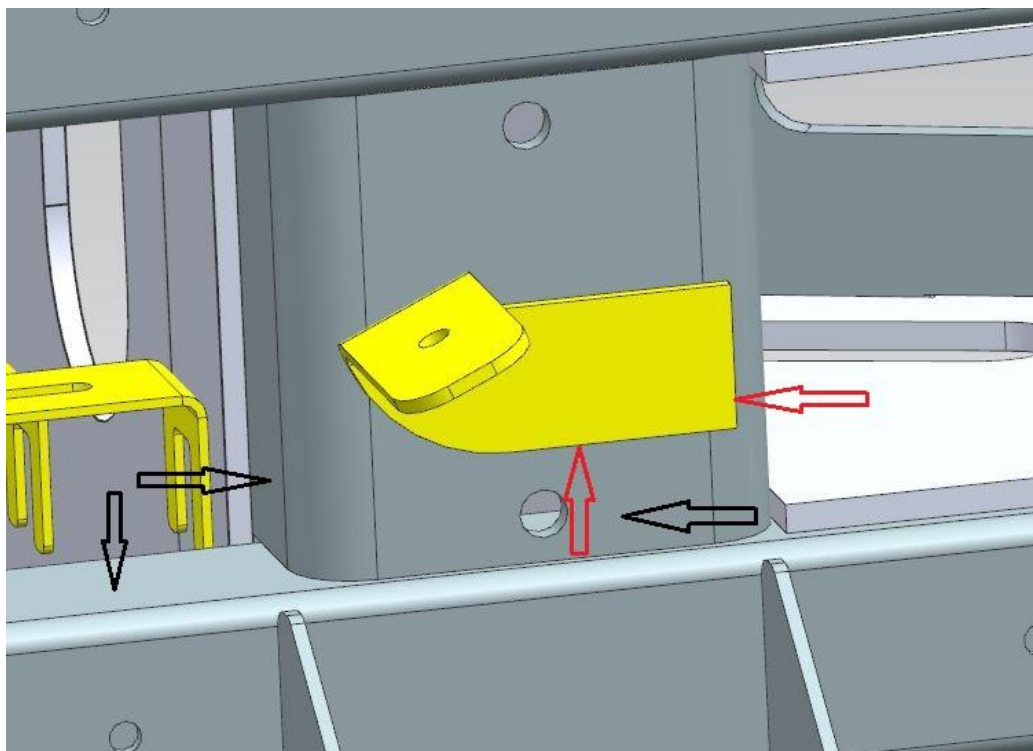
Šablona na sobě nemá umístěné madlo, ale má zvýšenou horní plochu, za kterou ji je možno uchopit a vyjmout směrem nahoru.

4.8.2. EB_472-2253_020

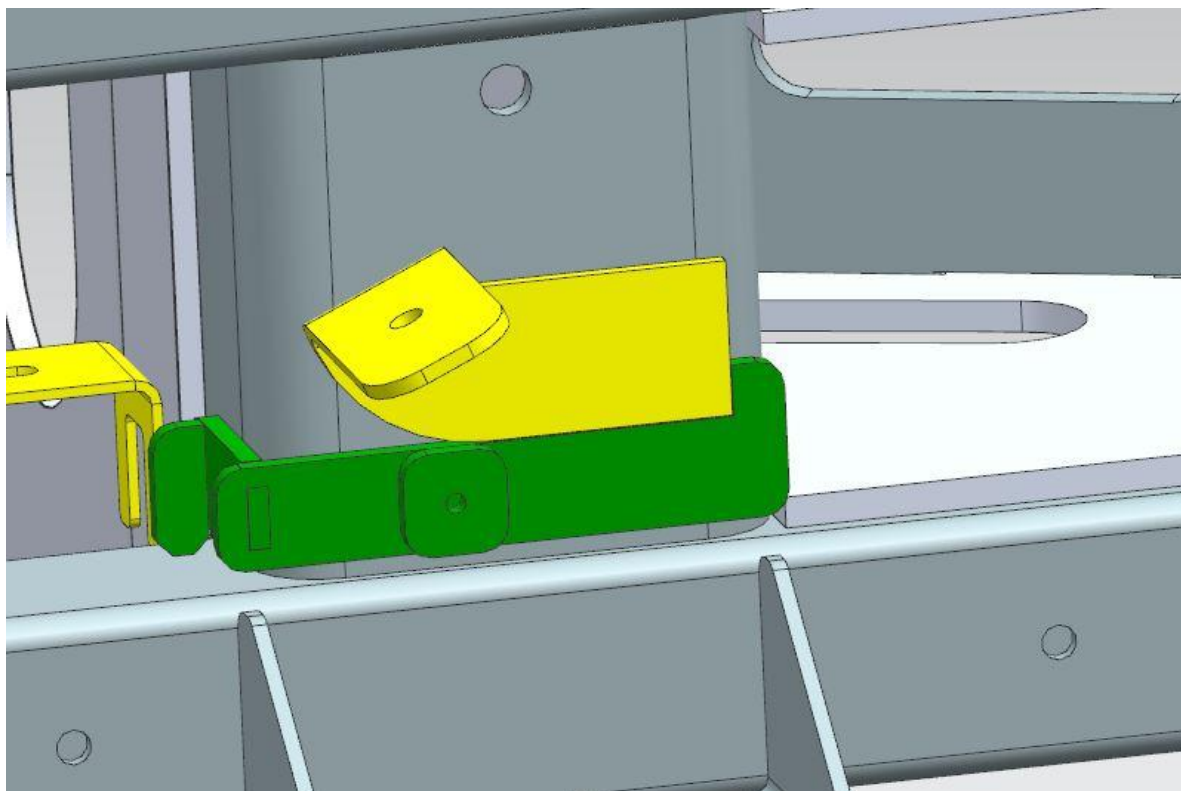


Obrázek 15: EB_472-2253_020 bez šablony

Zde byly zvoleny opěrné plochy šablony hlavně na profilu, na kterém je umístěn úchyt. Dále se šablona opírá o spodní profil. Úchyt není přichycen magnetem a bude proto muset být při svařování přidržován prstem. Polohován je o dvě své plochy.



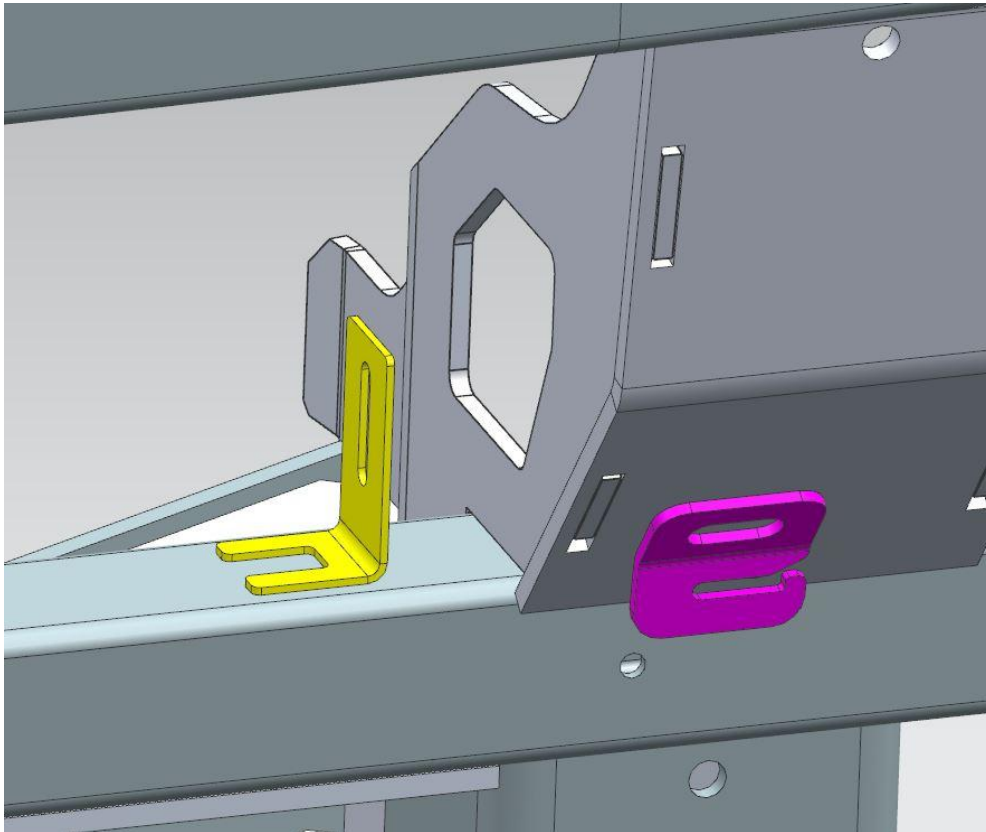
Obrázek 16: EB_472-2253_020 opěrné plochy



Obrázek 17: EB_472-2253_020 se šablonou

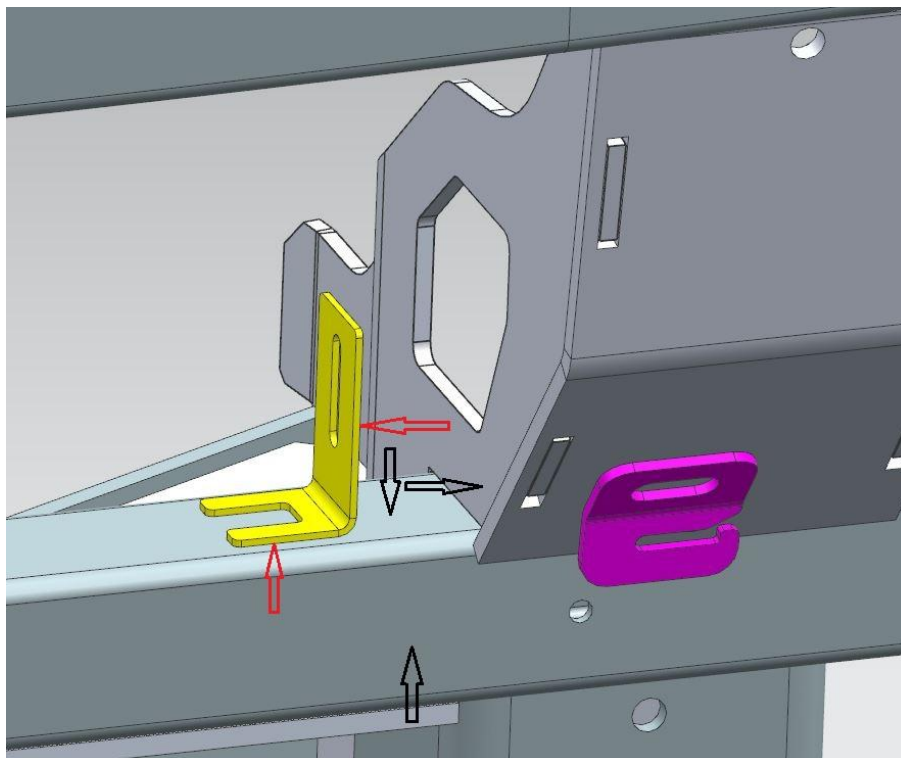
Šablona na sobě nemá umístěné madlo, ale je ji možno uchopit za výčnělek umístěný vlevo od magnetu a vyjmout ji směrem k sobě.

4.8.3. EB_472-2253_030

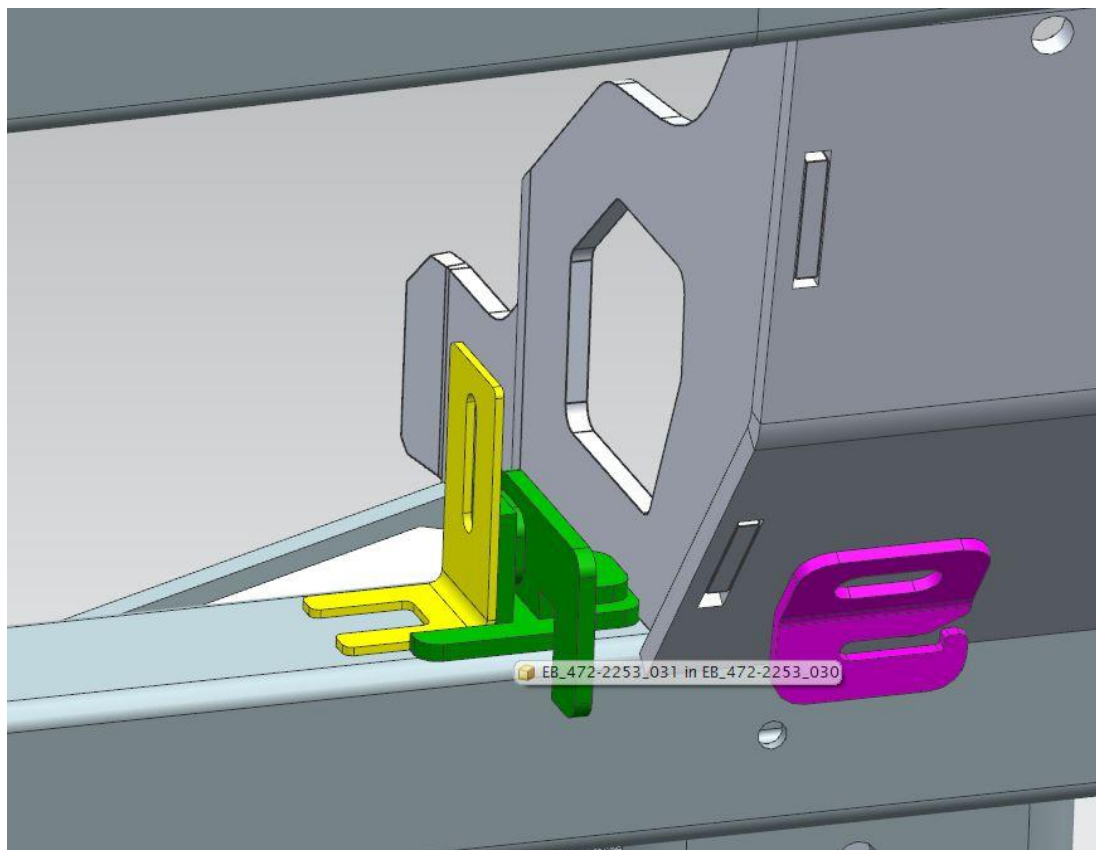


Obrázek 18: EB_472-2253_030 bez šablony

Zde byly zvoleny opěrné plochy šablony hlavně na profilu, na kterém je umístěn úchyt. Dále se šablona opírá o plech napravo od úchytu. Úchyt je přichycen magnetem a polohován je o dvě své plochy.



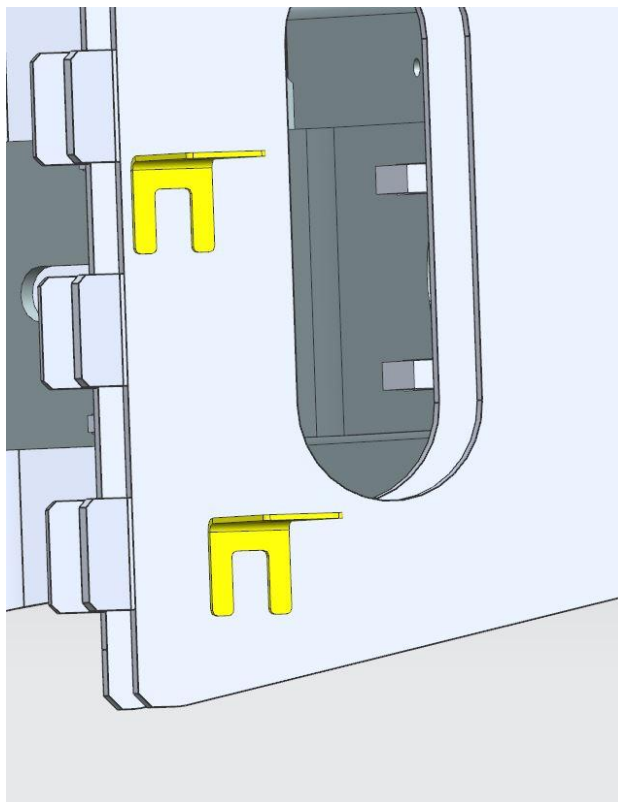
Obrázek 19: EB_472-2253_030 opěrné plochy



Obrázek 20: EB_472-2253_030 se šablonou

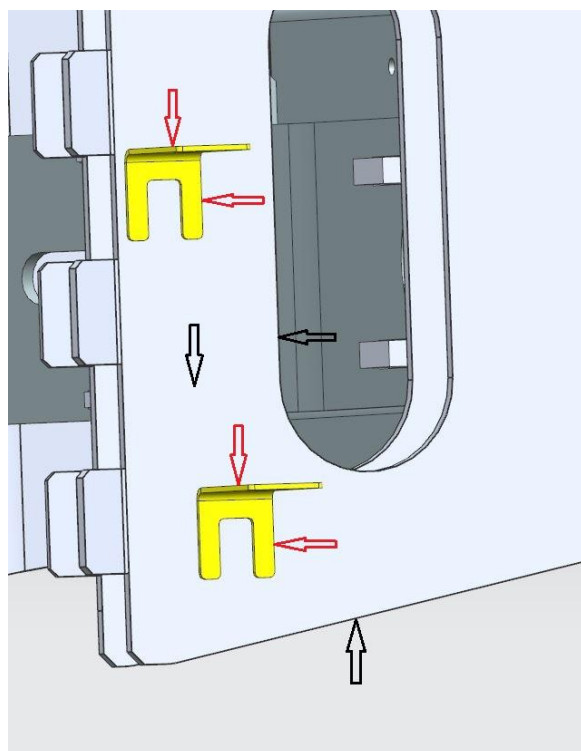
Šablona na sobě nemá umístěné madlo, ale je zde opěrná plocha, za kterou ji je možno uchopit a vyjmout směrem nahoru.

4.8.4. EB_472-2253_040

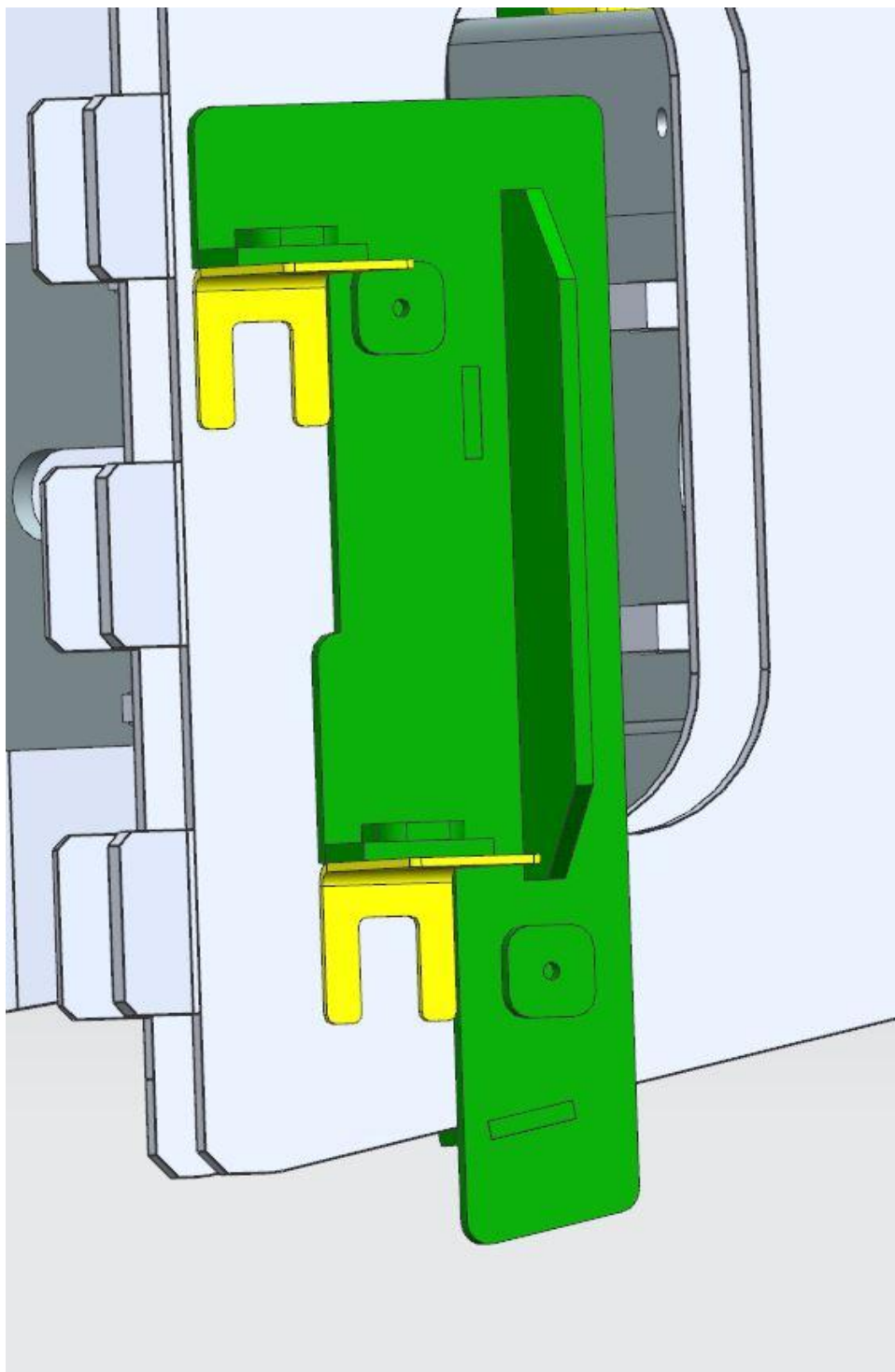


Obrázek 21: EB_472-2253_040 bez šablony

Zde byla zvolena šablona, která polohuje dva úchyty. Opěrné plochy šablony byly zvoleny na plechu, na kterém je umístěn úchyt, jeho spodním krají a jeho vnitřním otvorem. Úchyty jsou přichyceny magnetem a polohovány o dvě své plochy.



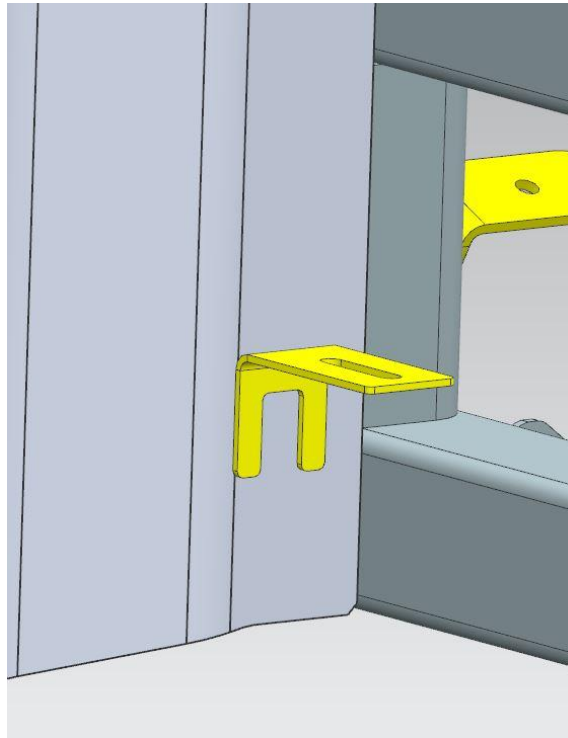
Obrázek 22: EB_472-2253_040 opěrné plochy



Obrázek 23: EB_472-2253_040 se šablonou

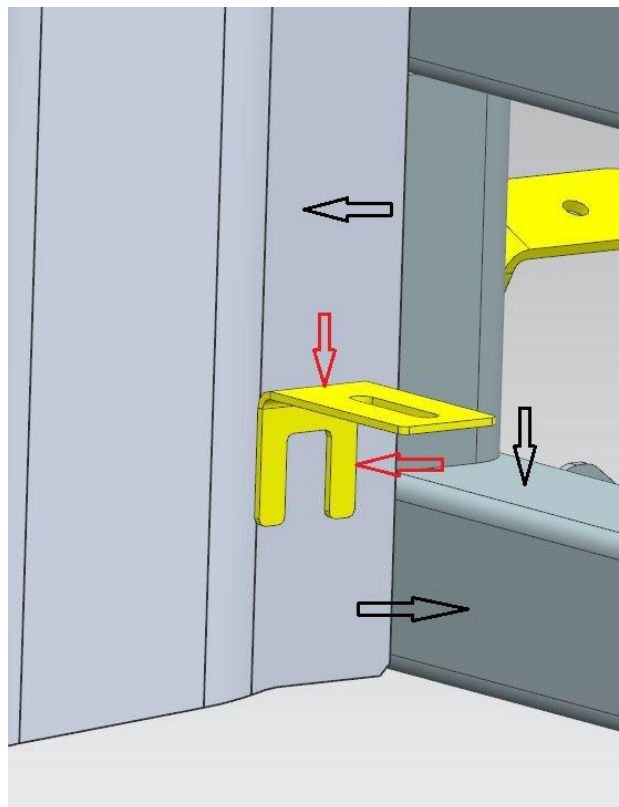
Šablona na sobě má umístěné madlo, za které ji je možno uchopit a vyjmout směrem k sobě.

4.8.5. EB_472-2253_050

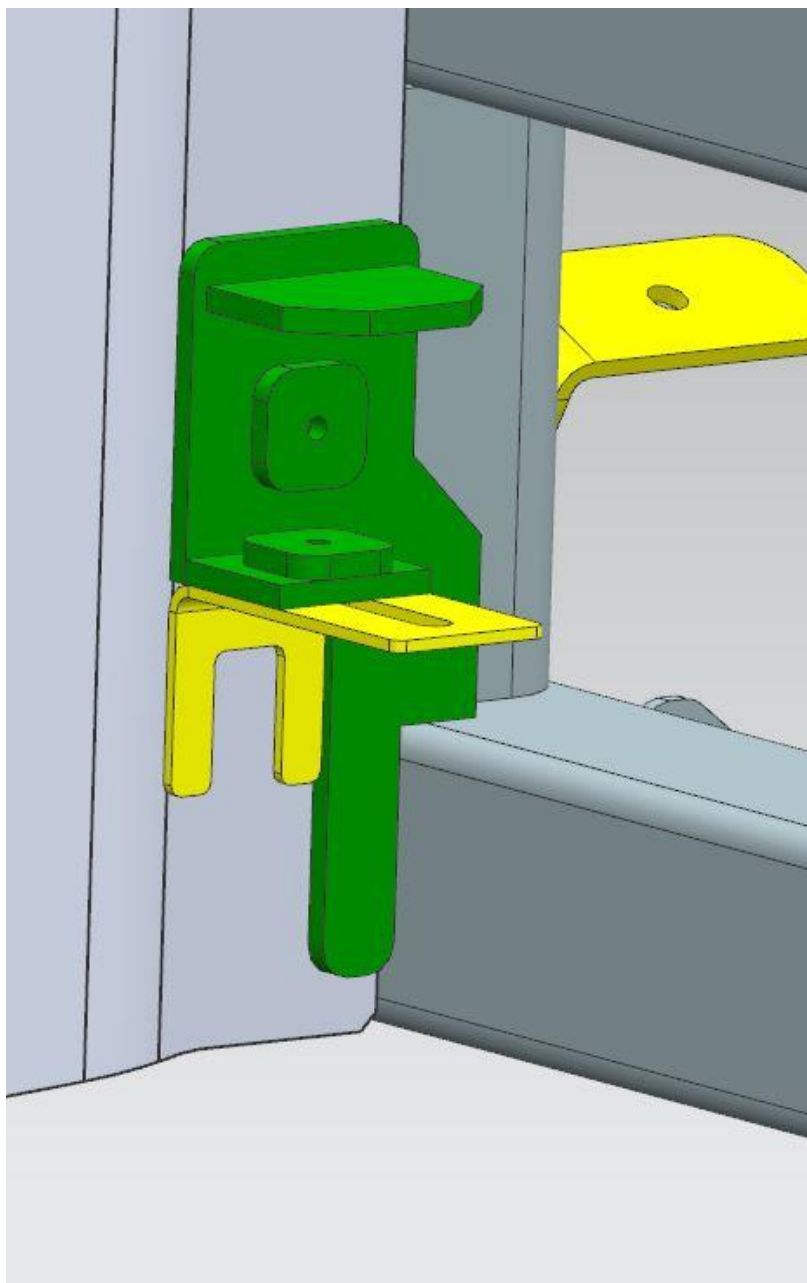


Obrázek 24: EB_472-2253_050 bez šablony

Zde byly zvoleny opěrné plochy šablony hlavně na profilu, napravo od úchytu. Dále se šablona opírá o plech, na kterém je umístěn úchyt. Úchyt je přichycen magnetem a polohován je o dvě své plochy.



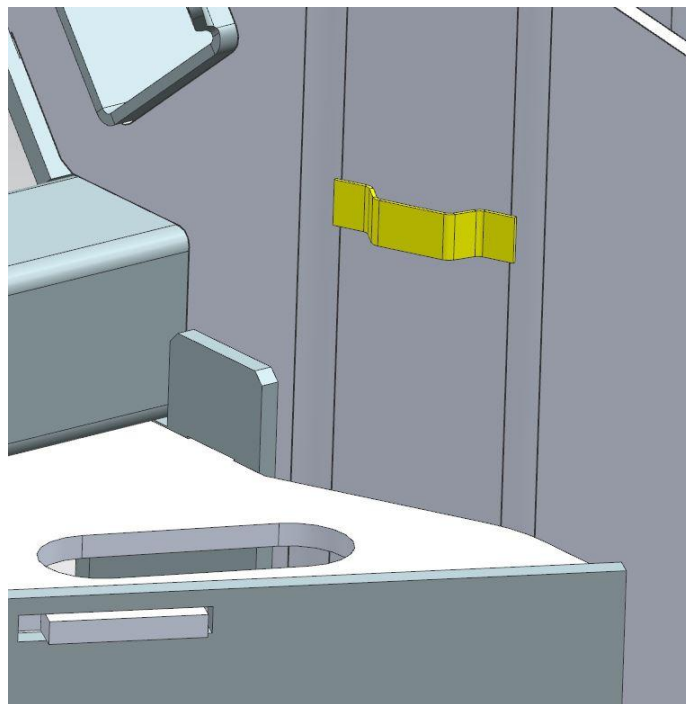
Obrázek 25: EB_472-2253_050 opěrné plochy



Obrázek 26: EB_472-2253_050 se šablonou

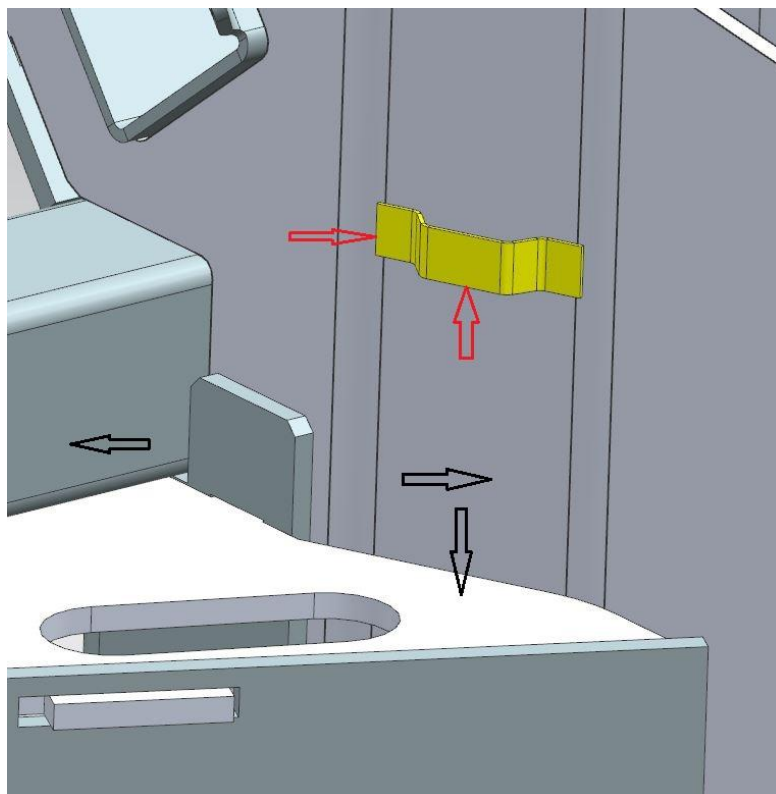
Šablona na sobě má umístěné madlo, za které ji je možno uchopit a vyjmout směrem nahoru.

4.8.6. EB_472-2253_060

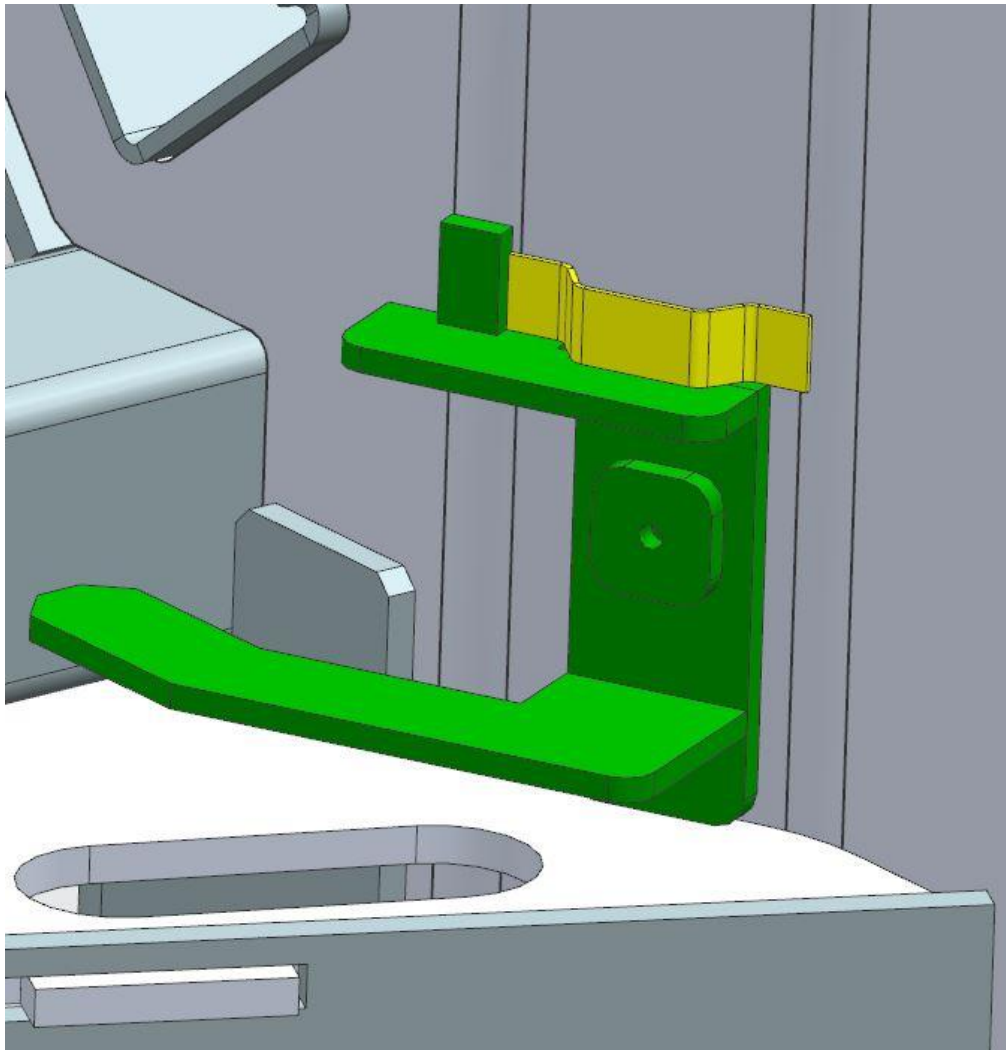


Obrázek 27: EB_472-2253_060 bez šablony

Zde byly zvoleny opěrné plochy šablony na profilu nalevo od úchytu. Dále se šablona opírá o plech, na kterém je umístěn úchyt a spodní plech. Úchyt není přichycen magnetem a bude proto muset být přidržován při svařování prstem. Polohován je o dvě své plochy.



Obrázek 28: EB_472-2253_060 opěrné plochy



Obrázek 29: EB_472-2253_060 se šablonou

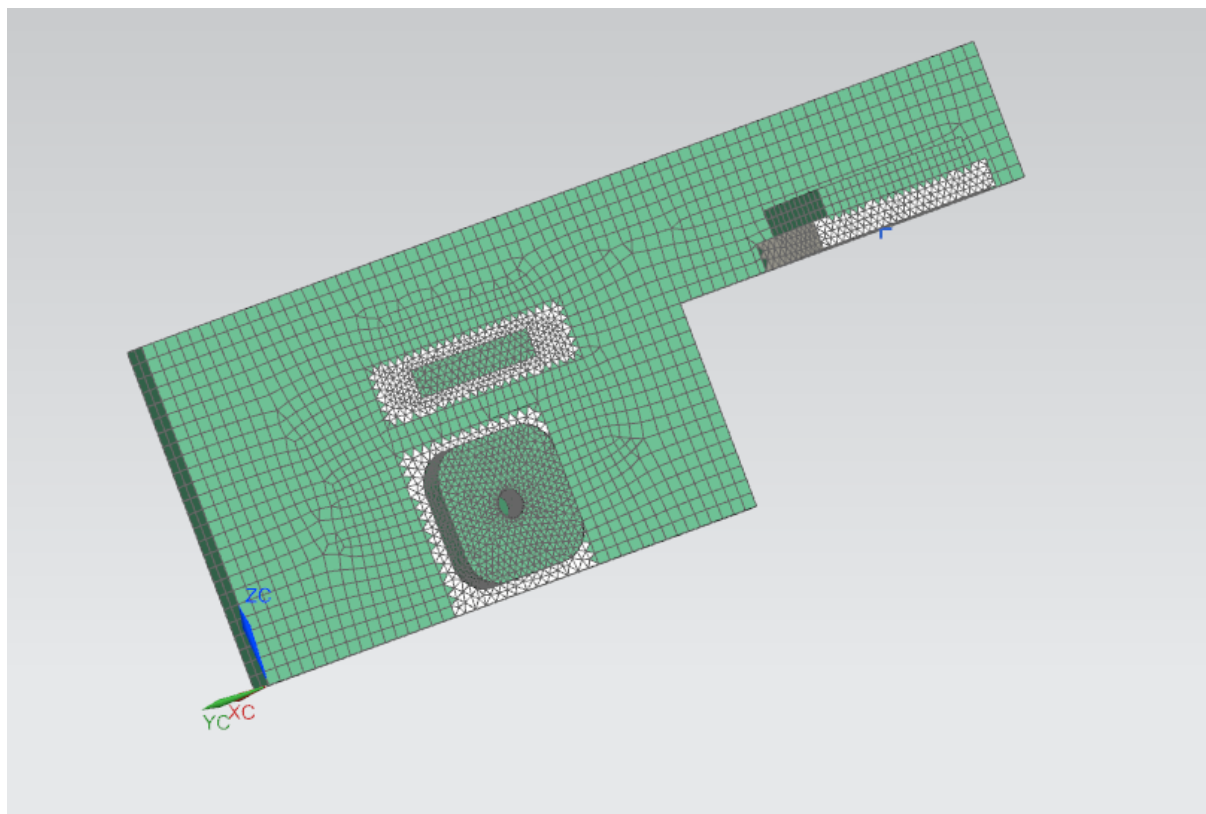
Šablona na sobě nemá umístěné madlo, ale je zde opěrná plocha, za kterou ji je možno uchopit a vyjmout směrem k sobě.

4.9. Výpočet zatížení

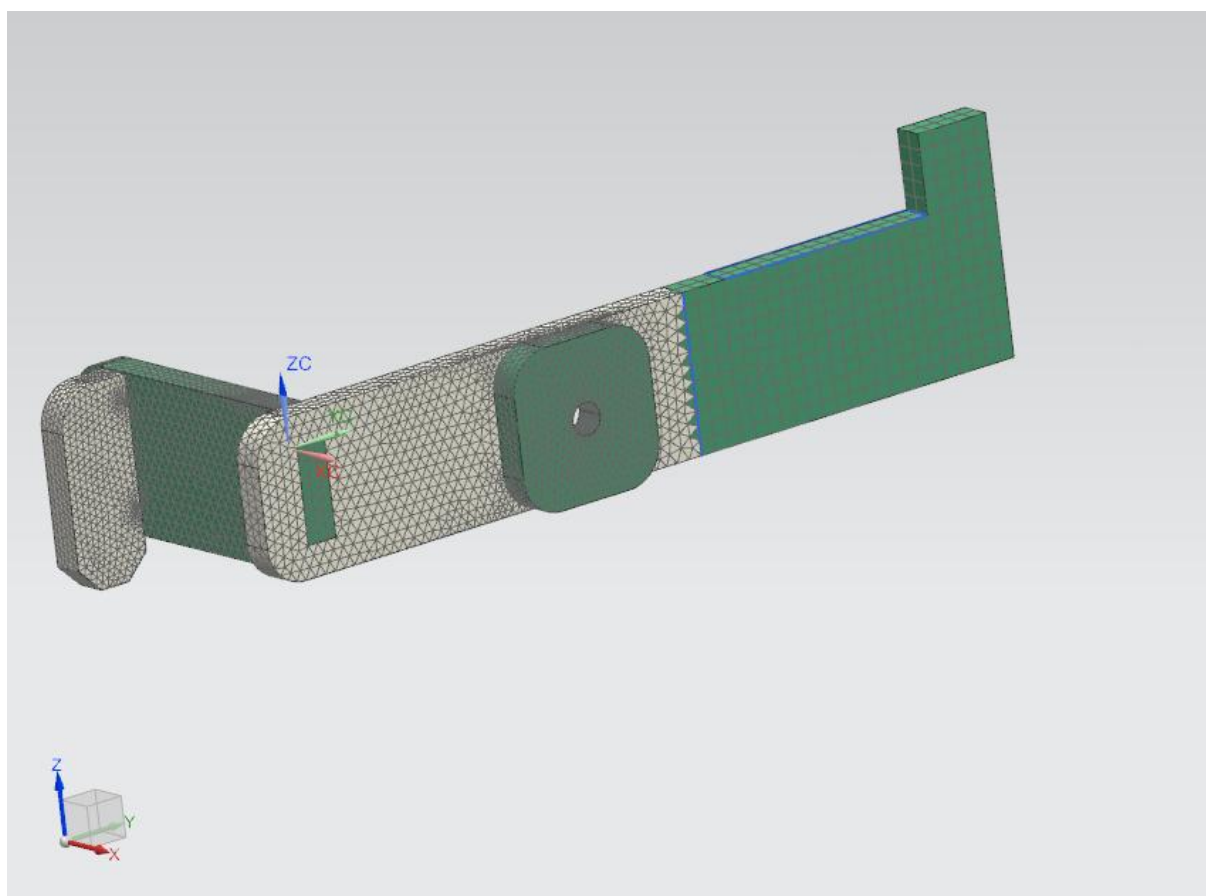
Všechny šablony až na EB_472-2253_020 mají dostatečnou oporu. EB_472-2253_020 drží proti tíhové síle pouze na jednom magnetu a bylo by možné, že se šablona začne smýkat v důsledku zatížení. Toto bylo nutné ověřit. Dále bylo také nutno ověřit, zda jsou šablony dostatečně tuhé na udržení úchytů. Toto se ověřilo na šabloně EB_472-2253_010. Ověření a simulace zatížení se uskutečnily pomocí metody konečných prvků, která nám pomůže se přiblížit skutečným hodnotám a aplikovat zatížení přímo na 3D model.

4.9.1. MKP síť

U obou šablon byla aplikována kombinace tetraedrové a brickové sítě. Dále se zredukuje většina zaoblení, která nemá na tuhostní výpočet velký vliv. Tetraedrová síť se lépe aplikuje na složitější tvary a lépe se propojuje, zatímco bricková vykazuje přesnější hodnoty a lepší rozložení na jednodušších tvarech.

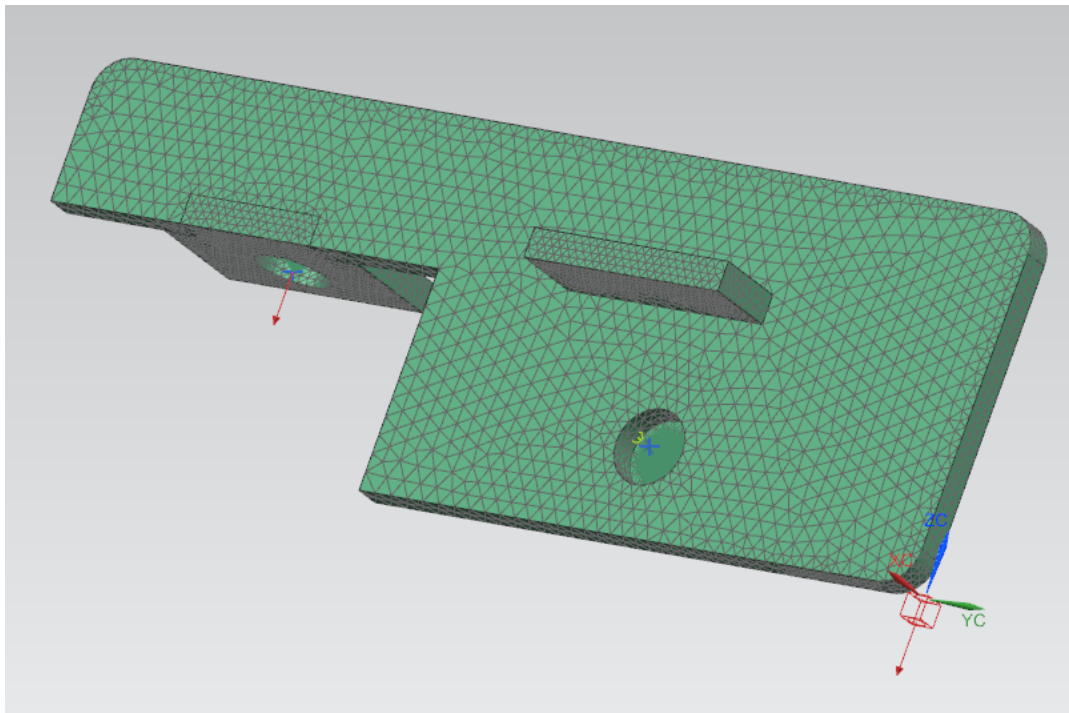


Obrázek 30: EB_472-2253_010 tetraedrová+bricková síť



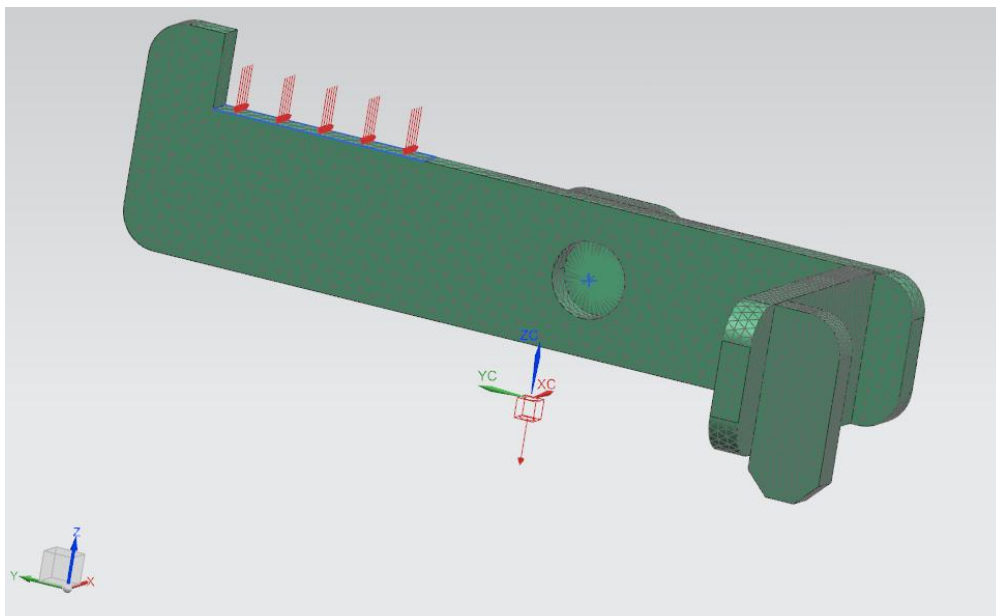
Obrázek 31: EB_472-2253_020 tetraedrová+bricková síť

4.9.2. Okrajové podmínky



Obrázek 32: EB_472-2253_010 okrajové podmínky

Šablona EB_472-2253 byla zatížena vlastní tíhou, dále tíhou svařovaného dílu (0,57N) v bodě (vlevo nahoře), který představuje magnet a je propojen přes 1D Connection. Jako okrajová podmínka byl zvolen bod (uprostřed), který nahrazuje magnet a je propojen přes 1D Connection. Tomuto bodu byly odebrány všechny stupně volnosti.

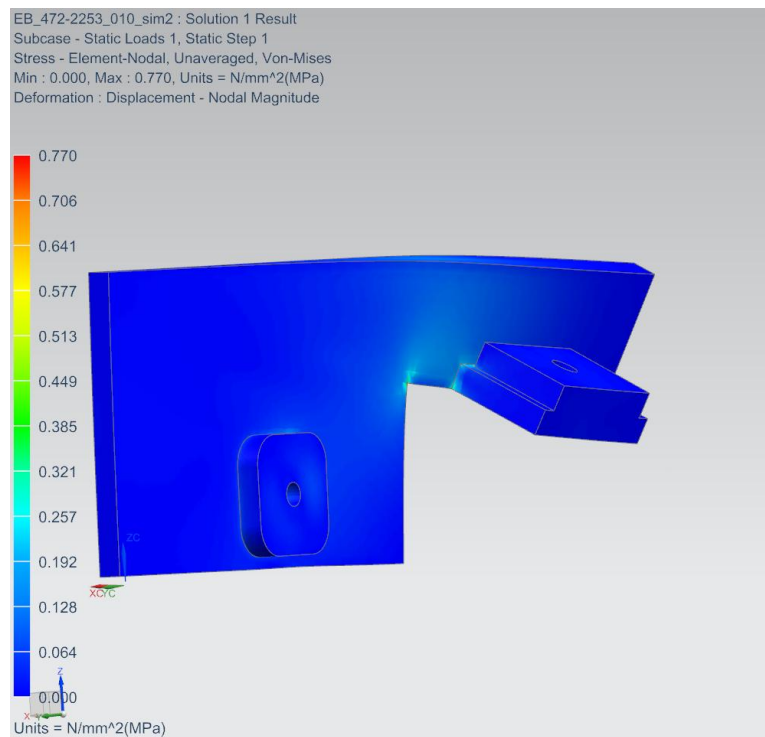


Obrázek 33: EB_472-2253_020 okrajové podmínky

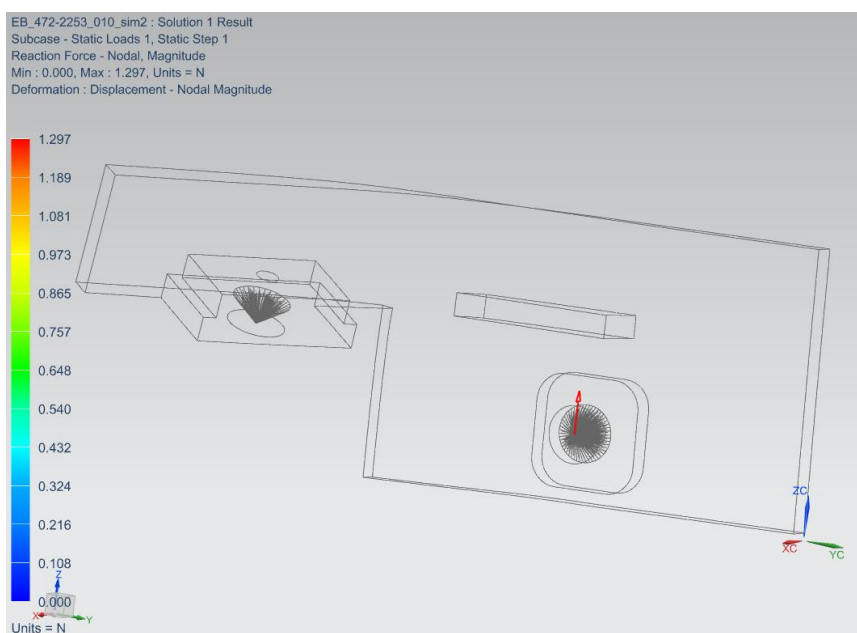
Šablona EB_472-2253_020 byla zatížena vlastní tíhou, dále tíhou svařovaného dílu v oblasti dotyku (0,9N) v bodě (vlevo nahoře). Jako okrajová podmínka byl zvolen bod (uprostřed), který nahrazuje magnet a je propojen přes 1D Connection. Tomuto bodu byly odebrány všechny stupně volnosti.

4.10. Výsledky simulace zatížení

4.10.1. EB_472-2253_010

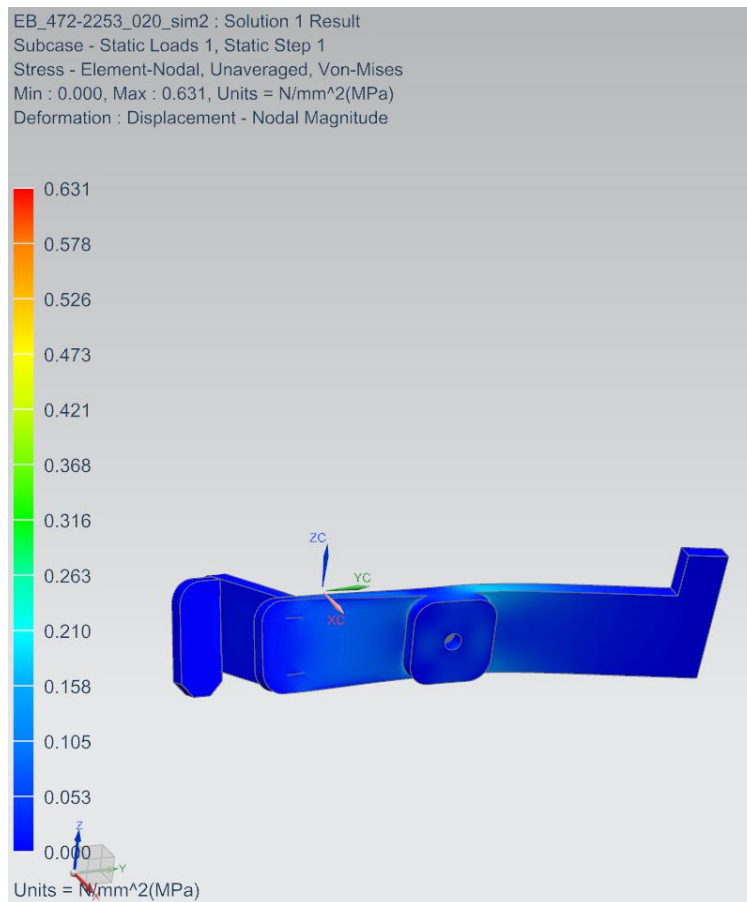


Obrázek 34: EB_472-2253_010 celkové redukované napětí

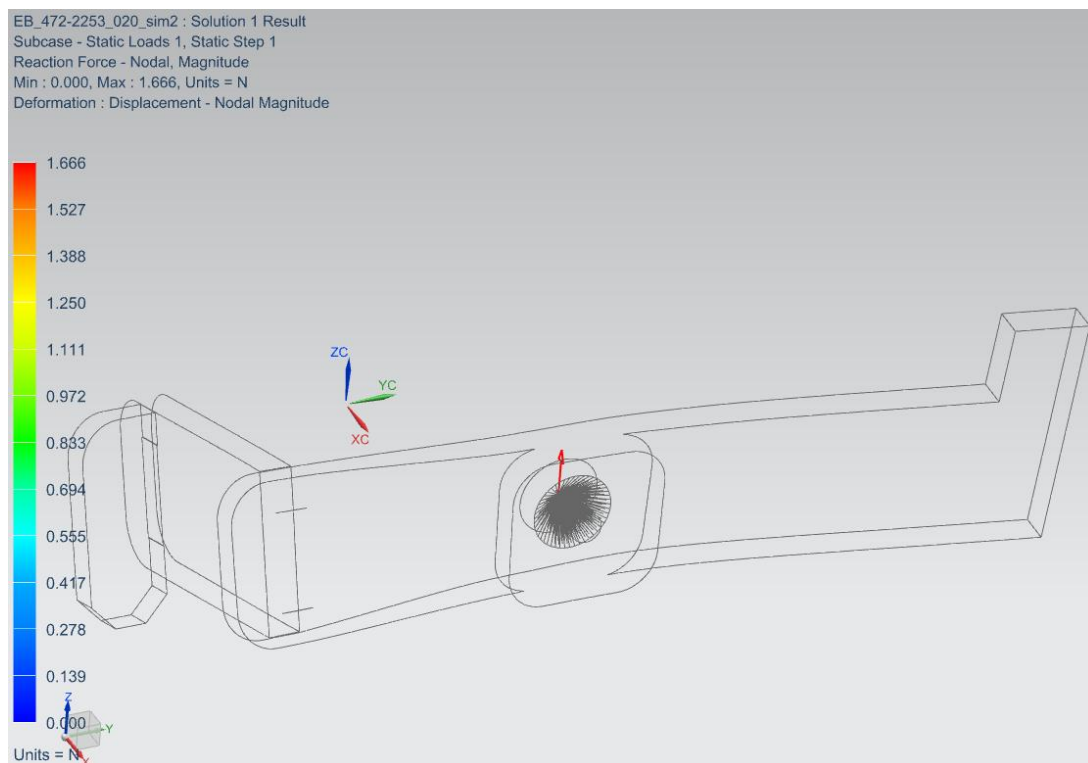


Obrázek 35: EB_472-2253_010 celková reakční síla

4.10.2. EB_472-2253_020



Obrázek 36: EB_472-2253_020 celkové redukované napětí



Obrázek 37: EB_472-2253_020 celková reakční síla

4.10.3. Vyhodnocení výsledků

U obou šablon se neprokázalo, že by docházelo ke značným ba dokonce patrným deformacím. Mohou proto plnit svoji funkci a správně ustavovat svařované díly. Dále můžeme uvažovat, že magnet KT-10-04-N unese soustavu šablony a svařovaného dílu, jelikož dovolené síly F_{D_o} a F_{D_p} byly stanoveny na 6,49 N a 2,83N a celkové reakční síly vyšli 1,297 N a 1,666 N. Tyto hodnoty jsou více než vyhovující.

5. Cena šablon

Z konstrukčního návrhu a jeho podkladů byla zhotovena poptávka na výrobu a obdrženy cenový návrh na výrobu šablon.

Poz.	Číslo přípravku	Termín	Název	číslo dílu	Počet kusů	Cena celkem
10	EB_472-2253_010	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halteru	A 311 615 17 14	1	17.900 Kč
20	EB_472-2253_020	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halteru	A 628 622 83 14	1	
30	EB_472-2253_030	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halteru	A 311 615 85 36	1	
40	EB_472-2253_040	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halterů	2 x A 311 615 85 36	1	
50	EB_472-2253_050	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halteru	A 311 615 85 36	1	
60	EB_472-2253_060	8.9.2017	výroba nové šablony dle C170065 - pro ustavení halteru	A 644 615 28 14	1	

Obrázek 38: Cenová poptávka pro výrobu všech šablon

6. Závěr

V této bakalářské práci bylo cílem zkonstruovat svařovací šablony pro správné polohování úchytů. Tento úkol byl splněn, jelikož vyhovuje zadaným požadavkům. Přípravek ulehčuje a zrychluje efektivitu na pracovišti.

V první části práce je zaměřena podrobněji na materiál EN AW-6061 a hliníkové slitiny. Jejich srovnání, vlastnosti a využití v různých odvětvích průmyslu. Dále byl použitý materiál porovnán s běžnou konstrukční ocelí ČSN 425510-12 050.1. Ve srovnání má ocel menší mez kluzu a mez pevnosti, ale větší tažnost a tvrdost.

V druhé části je popsán autobus Mercedes-Benz Citaro, který využívá tyto svařované díly. Jedná se o částečně modulární koncepci, takže je lze využít na více karosériových variant.

Dále je zde také popsán životní cyklus šablon, jejich manipulace, skladování a svařovací postup.

Závěrečná část se věnuje konstrukci šablon. Jednotlivým kritériím jako jsou typ výroby, uchycení magnetů a výrobní tolerance. Na vybraných šablonách bylo simulováno zatížení, jehož výsledkem bylo, že šablony snesou bez větších potíží požadovanou váhu a zatížení. Ale také došlo k jejich předimenzování, které je však žádoucí v důsledku nešetrné manipulace na pracovišti. Odhadovaná celková cena byla poté stanovena na 17 900 Kč.

7. Citovaná literatura

- [1] KŘÍŽ, Antonín. Hliník a jeho slitiny [přednáška]. Plzeň: Fakulta strojní ZČU
- [2] ALFUN. Hliník a jeho slitiny [online] 4. Listopad 2017 <http://www.alfun.cz/o-hliniku>
- [3] ADDAX. Properties of ALUMinium Alloys [online] 13. Prosinec 2017 <https://addax-bg.eu/alloys.php?route=alloy&alloy=6061&lang=en>
- [4] MAKEITFROM. 6061 (AlMg1SiCu, 3.3214, H20, A96061) Aluminum [online] 13. Prosinec 2017 <https://www.makeitfrom.com/material-properties/6061-AlMg1SiCu-3.3214-H20-A96061-Aluminum>
- [5] NEDAL. Alloy data sheet [online] 13. Prosinec 2017 <https://www.nedal.com/wp-content/uploads/2016/11/Nedal-alloy-Datasheet-EN-AW-6061.pdf>
- [6] VUT. Ocel 12 050 [online] 13. Prosinec 2017 http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/databaze/ocel_12050.3.pdf
- [7] TUMLIKKOVO. Ušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli třídy 12, jejich složení a tepelné zpracování [online] 13. Prosinec 2017 <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-12/>
- [8] CARSBASE. Mercedes-Benz Citaro photo 68118 [online] 13. Únor 2018 <https://www.carsbase.com/photo/Mercedes-Benz-Citaro-pic-68118.html>
- [9] MERCEDES-BENZ-BLOG. The new Mercedes-Benz Citaro: Complete story collection [online] 13. Únor 2018 <https://mercedes-benz-blog.blogspot.cz/2011/05/new-mercedes-benz-citaro-complete-story.html>
- [10] WIKIPEDIA. Mercedes-Benz Citaro [online] 13. Únor 2018 https://cs.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro
- [11] MERCEDES-BENZ. Der Citaro - Die technischen Daten [online] 19. Únor 2018 https://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/bus/home/new_buses/models/regular_service_busses/_Citaro_c2/facts/technical_data_e6.0001.html
- [12] MERCEDES-BENZ. Der Citaro - Die Ausstattungen im Überblick [online] 19. Únor 2018 https://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/bus/home/new_buses/models/regular_service_busses/_Citaro_c2/facts/equipment_e6.html
- [13] MERCEDES-BENZ. Der Citaro - Fahrzeugaufbau [online] 20. Únor 2018 https://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/bus/home/new_buses/models/regular_service_busses/_Citaro_c2/facts/equipment_e6.html
- [14] UNIMAGNET. KT-10-04-N [online] 13. Březen <https://www.unimagnet.cz/330-KT-10-04-N.html>
- [15] LEPIDLA.CZ. UHU PLUS endfest 300 [online] 2. Duben 2018 <https://www.lepidla.cz/cs/p/uhu-plus-endfest-300-24-ml-4026700455854.html>

8. Seznam obrázků

Obrázek 1: Mercedes-Benz Citaro [8]	- 13 -
Obrázek 2: Mercedes-Benz Citaro kloubová varianta [9].....	- 14 -
Obrázek 3: Motor Mercedes-Benz OM 936 [12]	- 17 -
Obrázek 4: Kostra autobusu Mercedes-Benz Citaro [13]	- 17 -
Obrázek 5: Ustavení přední části	- 18 -
Obrázek 6: Umístění svařovací šablony	- 18 -
Obrázek 7: Umístění úchyty k šabloně	- 19 -
Obrázek 8: Úchyt přichycený pomocným svarem	- 19 -

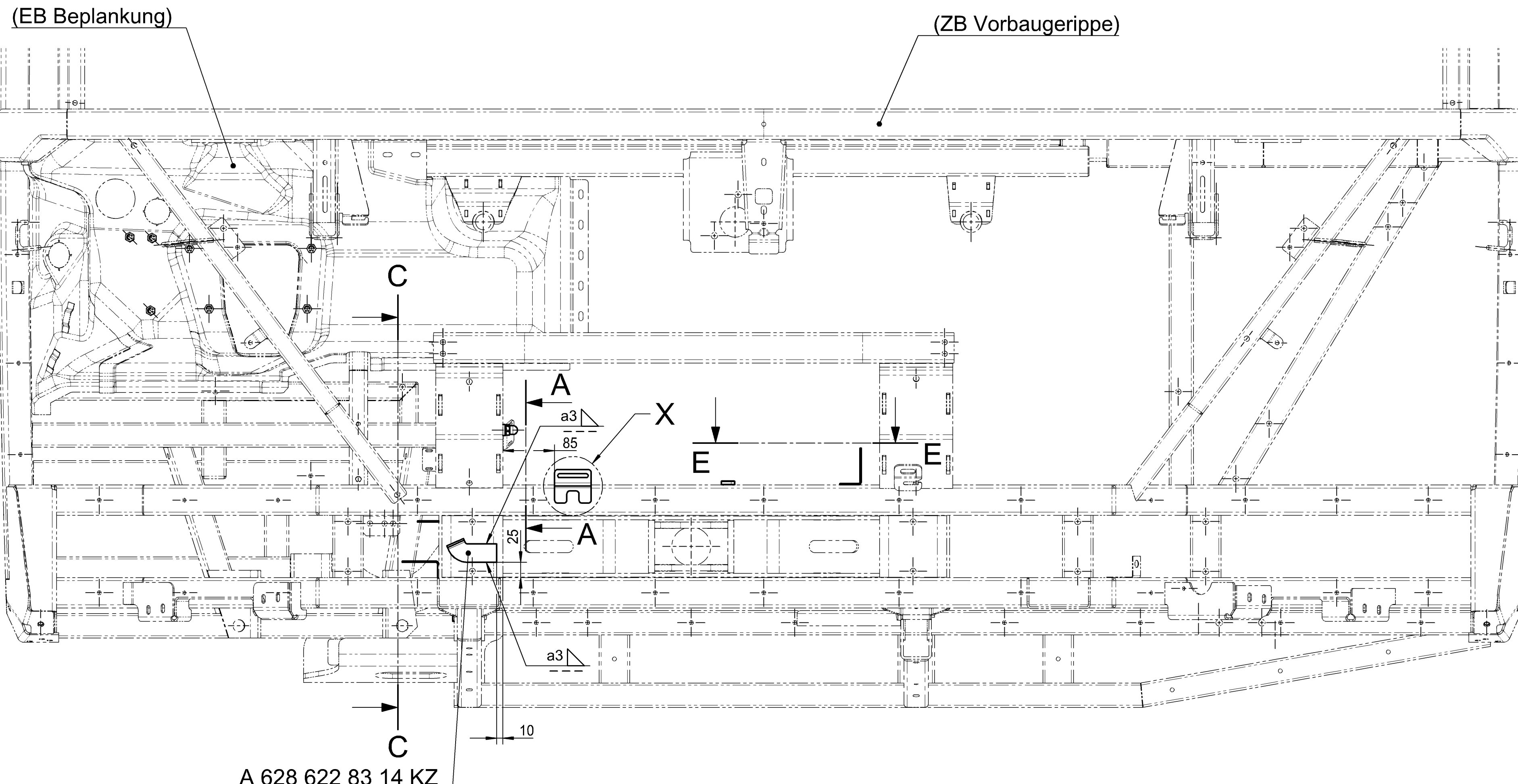
Obrázek 9: Umístění úchytů na přední části	- 20 -
Obrázek 10: Umístění úchytů na přední části	- 21 -
Obrázek 11: Zarážka magnetu.....	- 25 -
Obrázek 12: EB_472-2253_010 bez šablony	- 26 -
Obrázek 13: EB_472-2253_010 opěrné plochy	- 27 -
Obrázek 14: EB_472-2253_010 se šablonou	- 27 -
Obrázek 15: EB_472-2253_020 bez šablony	- 28 -
Obrázek 16: EB_472-2253_020 opěrné plochy	- 28 -
Obrázek 17: EB_472-2253_020 se šablonou	- 29 -
Obrázek 18: EB_472-2253_030 bez šablony	- 30 -
Obrázek 19: EB_472-2253_030 opěrné plochy	- 30 -
Obrázek 20: EB_472-2253_030 se šablonou	- 31 -
Obrázek 21: EB_472-2253_040 bez šablony	- 32 -
Obrázek 22: EB_472-2253_040 opěrné plochy	- 32 -
Obrázek 23: EB_472-2253_040 se šablonou	- 33 -
Obrázek 24: EB_472-2253_050 bez šablony	- 34 -
Obrázek 25: EB_472-2253_050 opěrné plochy	- 34 -
Obrázek 26: EB_472-2253_050 se šablonou	- 35 -
Obrázek 27: EB_472-2253_060 bez šablony	- 36 -
Obrázek 28: EB_472-2253_060 opěrné plochy	- 36 -
Obrázek 29: EB_472-2253_060 se šablonou	- 37 -
Obrázek 30: EB_472-2253_010 tetraedrová+bricková síť	- 38 -
Obrázek 31: EB_472-2253_020 tetraedrová+bricková síť	- 38 -
Obrázek 32: EB_472-2253_010 okrajové podmínky.....	- 39 -
Obrázek 33: EB_472-2253_020 okrajové podmínky.....	- 39 -
Obrázek 34: EB_472-2253_010 celkové redukované napětí.....	- 40 -
Obrázek 35: EB_472-2253_010 celková reakční síla	- 40 -
Obrázek 36: EB_472-2253_020 celkové redukované napětí.....	- 41 -
Obrázek 37: EB_472-2253_020 celková reakční síla	- 41 -
Obrázek 38: Cenová poptávka pro výrobu všech šablon	- 42 -

9. Seznam tabulek

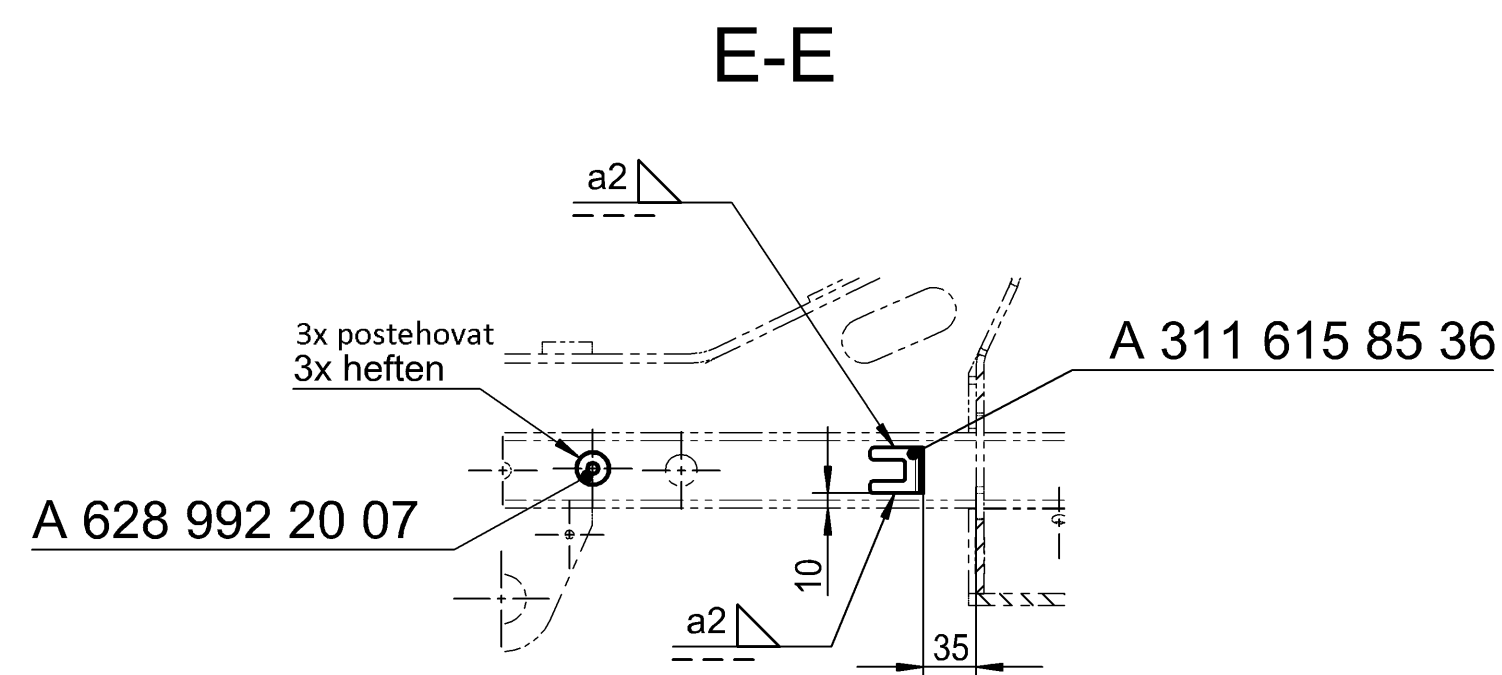
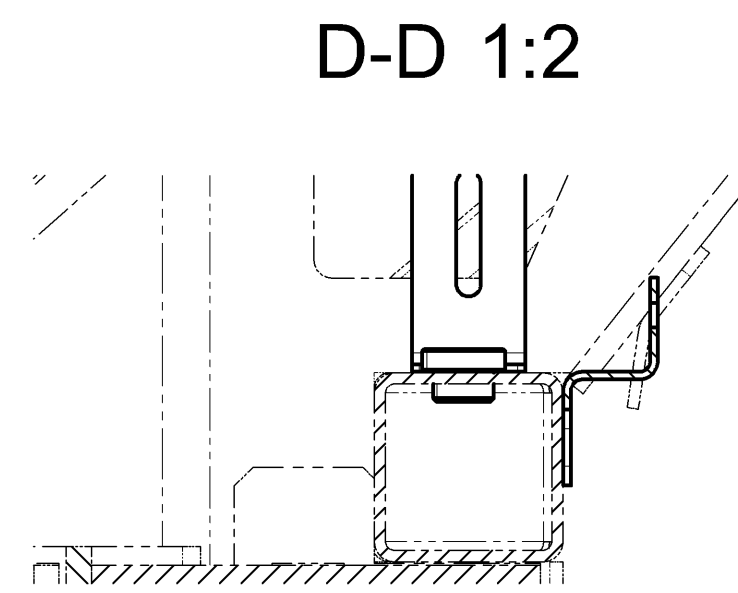
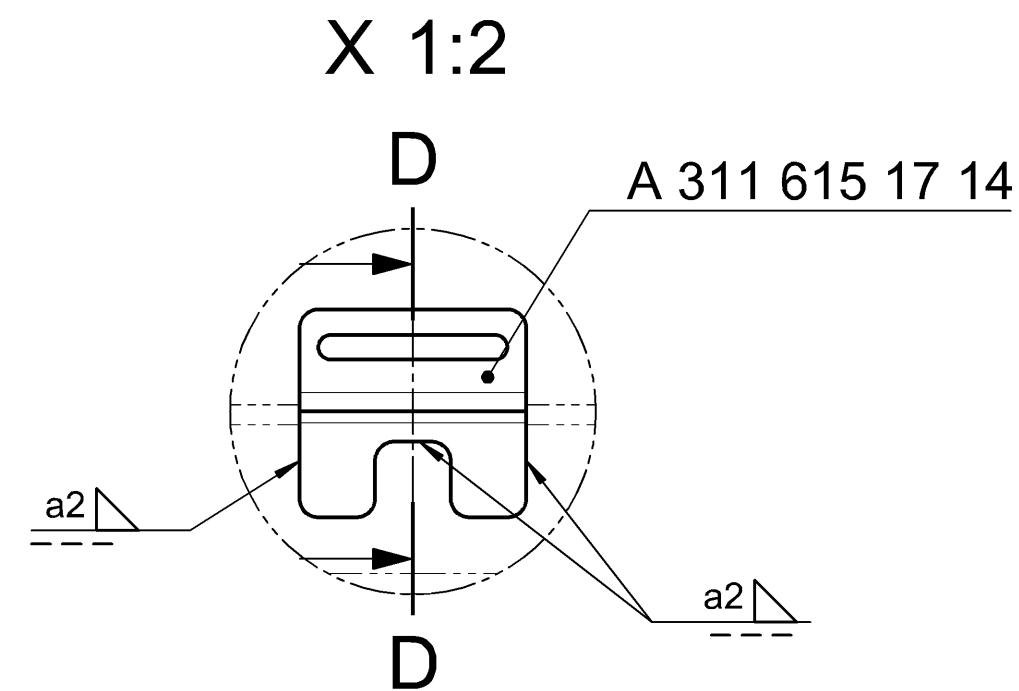
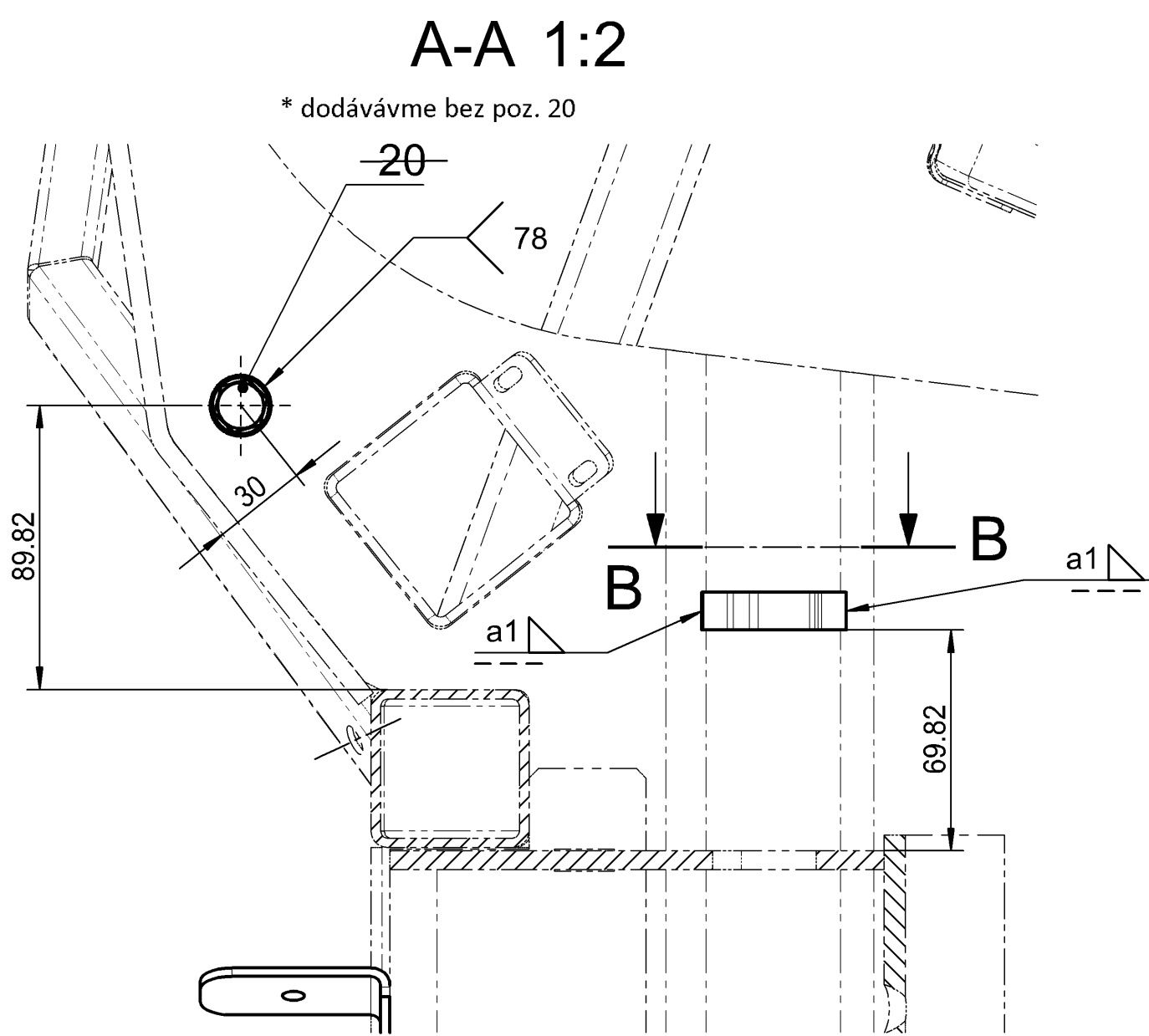
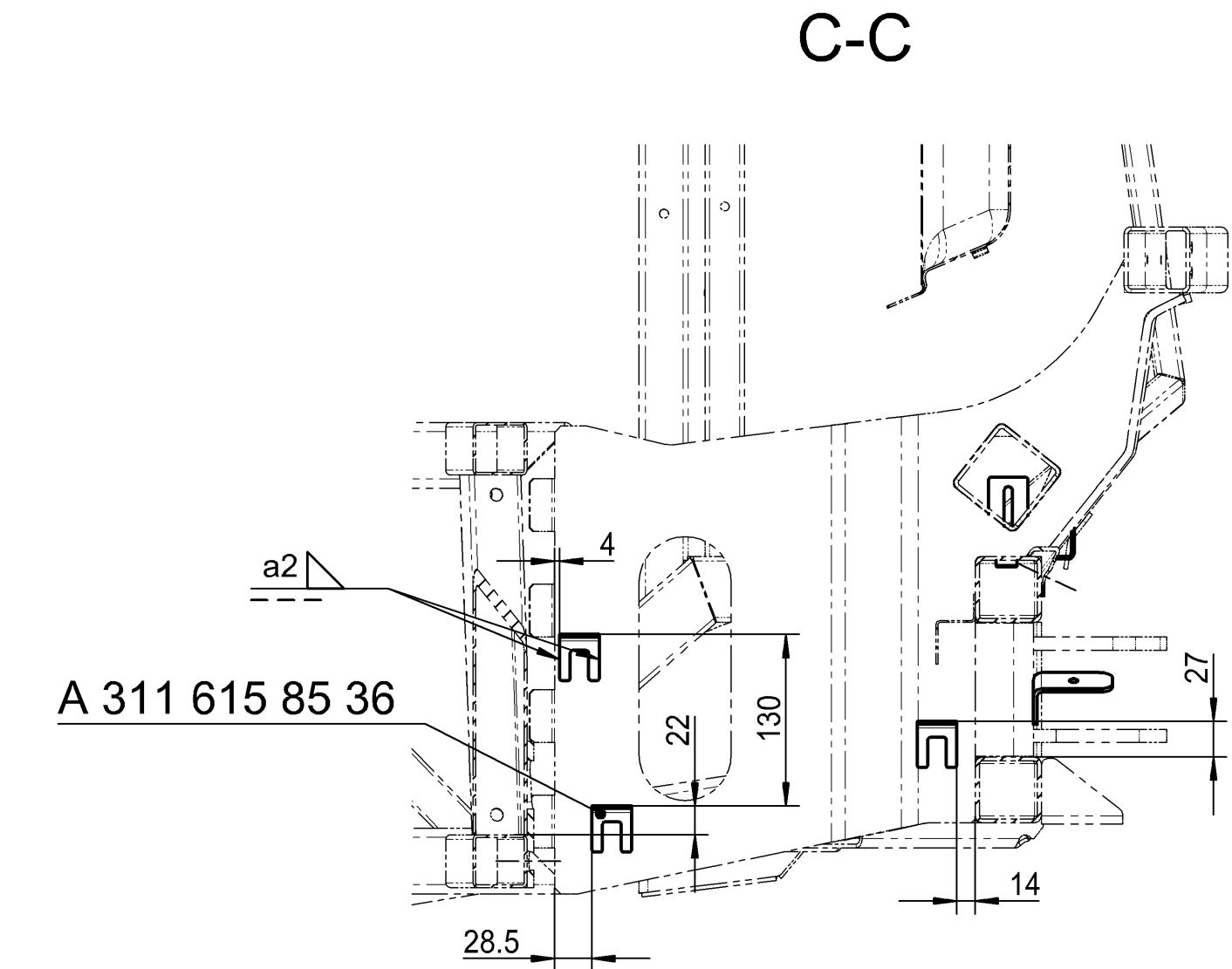
Tabulka 1: Chemické složení EN AW-6061 [5]	- 11 -
Tabulka 2: Mechanické vlastnosti EN AW-6061 [5].....	- 12 -
Tabulka 3: Fyzikální vlastnosti EN AW-6061 [5]	- 12 -
Tabulka 4: Mechanické vlastnosti oceli 12 050.1 [6]	- 12 -
Tabulka 5: Mercedes-Benz Citaro Specifikace [11]	- 16 -
Tabulka 6: Měření odtrhové síly	- 22 -
Tabulka 7: Měření třecí síly	- 22 -

10. Seznam příloh

Příloha č. 1: A 628 002 19 62	Sestava s úchyty (výkres sestavy)
Příloha č. 2: EB_472-2253_060	Šablona č. 6 (výkres sestavy)
Příloha č. 3: EB_472-2253_061	Základní deska (výrobní výkres)
Příloha č. 4: EB_472-2253_065	Madlo (výrobní výkres)



A 628 622 83 14 KZ
s. A 628 622 84 14



B-B 1:2

A 644 615 28 14

Schweißverbindungen,
wenn nicht anders angegeben:
svarové spoje
pokud není uvedeno jinak:

Schweißverfahren:
Svařovací proces: **MAG (135)**

Bewertungsgruppe nach
jakostní skupina podle
DIN EN ISO 5817: **D**

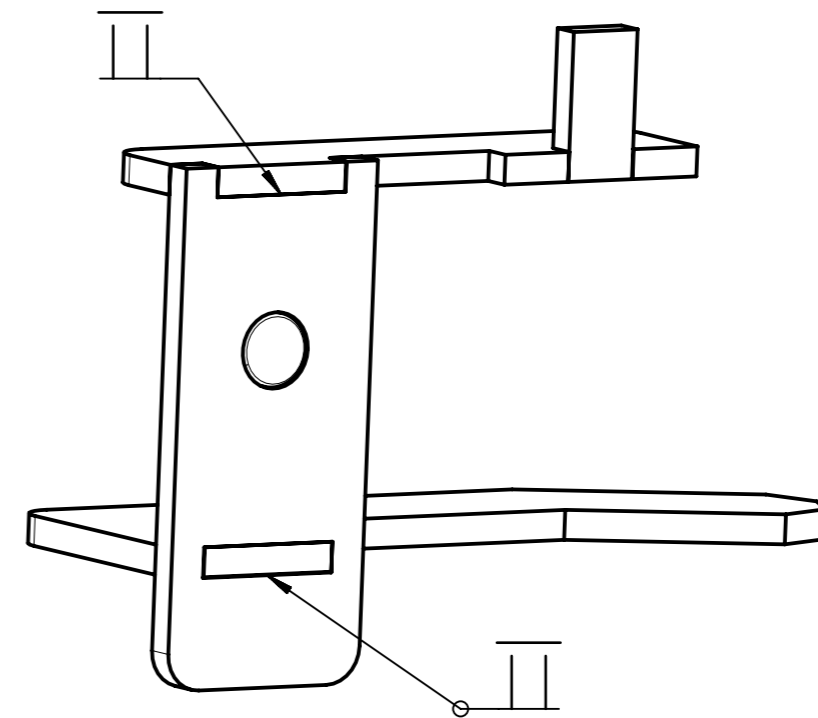
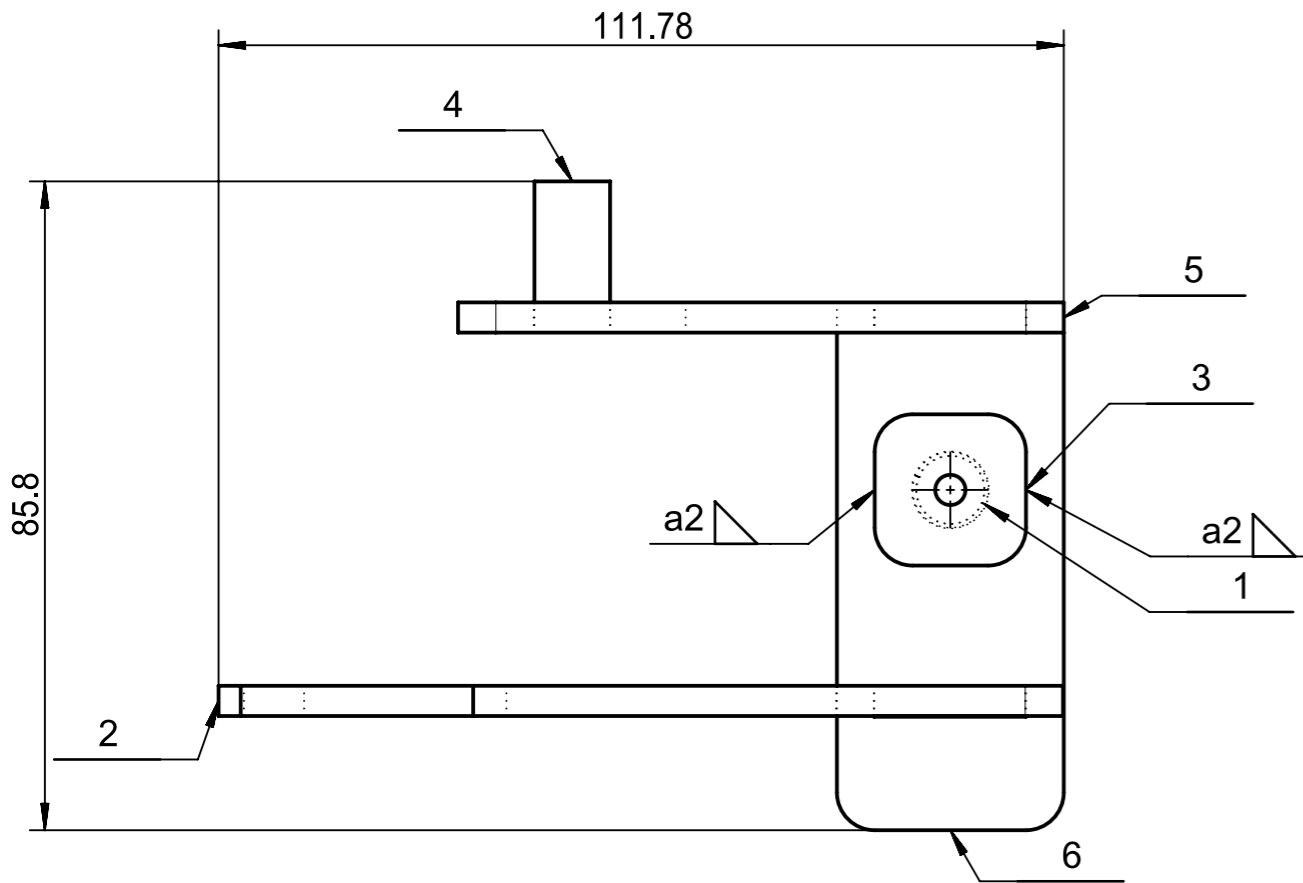
Schweißnahte:
svarové spoje: **a3 N (V, W)**

bei Einzelnaehten länger als 250mm
(gilt nicht für Rohrverbindungen)
u svara delšího než 250 mm
(neplatí pro svařky trubek):
a3 N (V, W) nx50 (50)

erste und letzte Naht ohne Vorwäss!
první a poslední spoj od krajů!

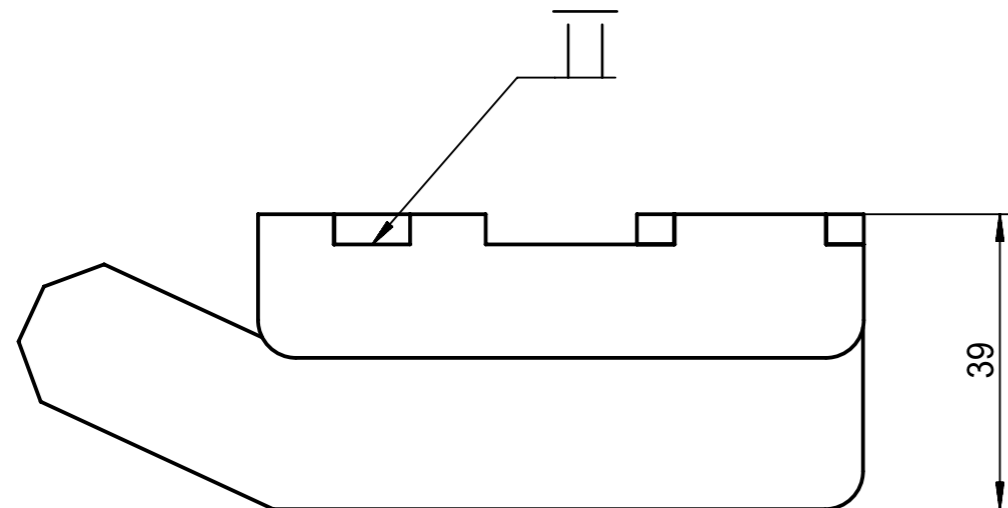
A6280021962_000_01

A 628 002 19 62 28	EB SCHWEISSTEILE RL	C170065	Carvanová P.	19.6.2017
Änderungsindex / Aenderungsbeschreibung state of revision / revision text		ZGS	Auftrags-Nr. order no.	Bearb./auth. Datum/date
Werkstoff (Endzustand) / material (fl.co.)		Oberfl./sch./surf.prot. DBL	Bearb./auth. Datum/date	Prüf./check Datum/date
Farbe/color		MBN 31030	Prüf./check Datum/date	Norm/stand
Oberfl./ang./surf.texture		MBN 31007	Prüf./check Datum/date	Norm/stand
Oberfl./aeche/surface (m ²)		Freig./rel.	Prüf./check Datum/date	Norm/stand
Stammdaten/ masterdata		D-Pflicht/required	MBN 10317	ESD-Kennzeichen/code
Smaragd		Arti/ type	Anzahl Merkmale/ number of features	VPD-Ident-Nr./no.
DS		0	0	0
DZ		0	0	0
Allg. Toleranzen/gen. tolerances		EN ISO 13920-AE		gesetzl. Merkmal/st. fr.
Referenz-Nr./reference no.		Masse/mass (kg)	Benennung/title	
1:5		System/system	EB SCHWEISSTEILE RL	
Tolerierung/tolerancing		NX 11.0		EB WELDED PARTS RHD
DIN EN ISO 8015		EHPS		
EvoBus		© EvoBus	Format/sz.	Blatt/sh.
Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten! / Refer to protection notice DIN ISO 16016!		A1	Sach-Nr./basic number	
Keine Änderung ohne Zustimmung der federführenden Konstruktion. / Any alternations are subject to the approval of the design department.		A 628 002 19 62		WAO155016



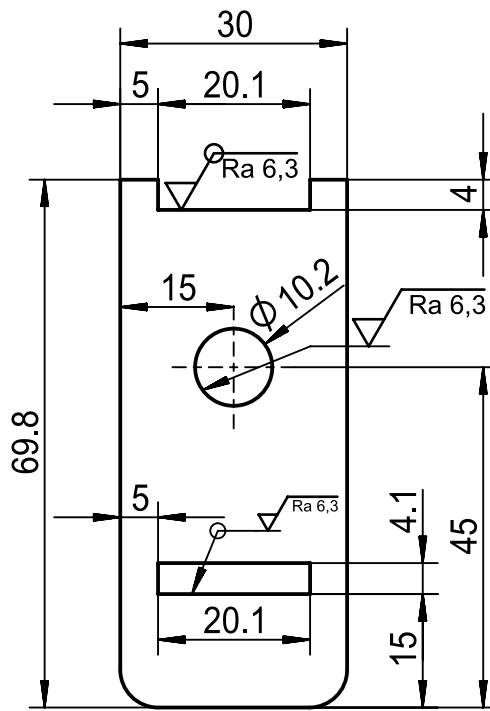
6	EB_472-2253_061	1
5	EB_472-2253_062	1
4	EB_472-2253_063	1
3	EB_472-2253_064	1
2	EB_472-2253_065	1
1	KT-10-04-N	1
PC NO	PART NAME	QTY

Magnet KT-10-04-N přilepit.



Aenderungsindex / Aenderungsbeschreibung state of revision / revision text		ZGS	Auftrags-Nr. order no.	Bearb./auth. Datum/date	Pruef./check Datum/date	Norm/stand Datum/date
Werkstoff (Endzustand) / material (fi.co.)		Oberfl.sch./surf.prot. DBL		Datum/date		Name/name
		Farbe/color		Bearb./auth.	2018-04-25	D.Le
		Dekor/decoration		MBN 31030	Pruef./check	
		Oberfl.ang./surf.texture		MBN 31007	Norm/stand.	
		Oberflaeche/surface (m ²)		Freig./rel.		
Stammdaten/ masterdata Manuell	D-Pflicht/required	MBN 10317	VeDoc-Relevanz/relevance	MBN 10385	ESD-Kennzeichen/code A0598030	
	Art/ type	Anzahl Merkmale/ number of features	Anzahl/number of VPD-Ident-Nr./no.	N		
	DS	0	0	0	federf.Abt./resp.dep.	
DZ	0	0				
Allg. Toleranzen/gen. tolerances EN ISO 13920-AE				gesetzl.Merkmal/st.ftr.	ZGS	Auftr.-Nr./order no.
Referenz-Nr./reference no.		Masse/mass (kg) 0.073	Benennung/title Šablona			
Masstab/scale 1:1		System/system NX 11.0	EB_472-2253_060			
Tolerierung/tolerancing						
EvoBus		© EvoBus Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten! / Refer to protection notice DIN ISO 16016!		Format/sz. A3	Blatt/sh. EB_472-2253_060	Sach-Nr./basic number

Keine Aenderung ohne Zustimmung der federfuehrenden Konstruktion. / Any alternations are subject to the approval of the design department.

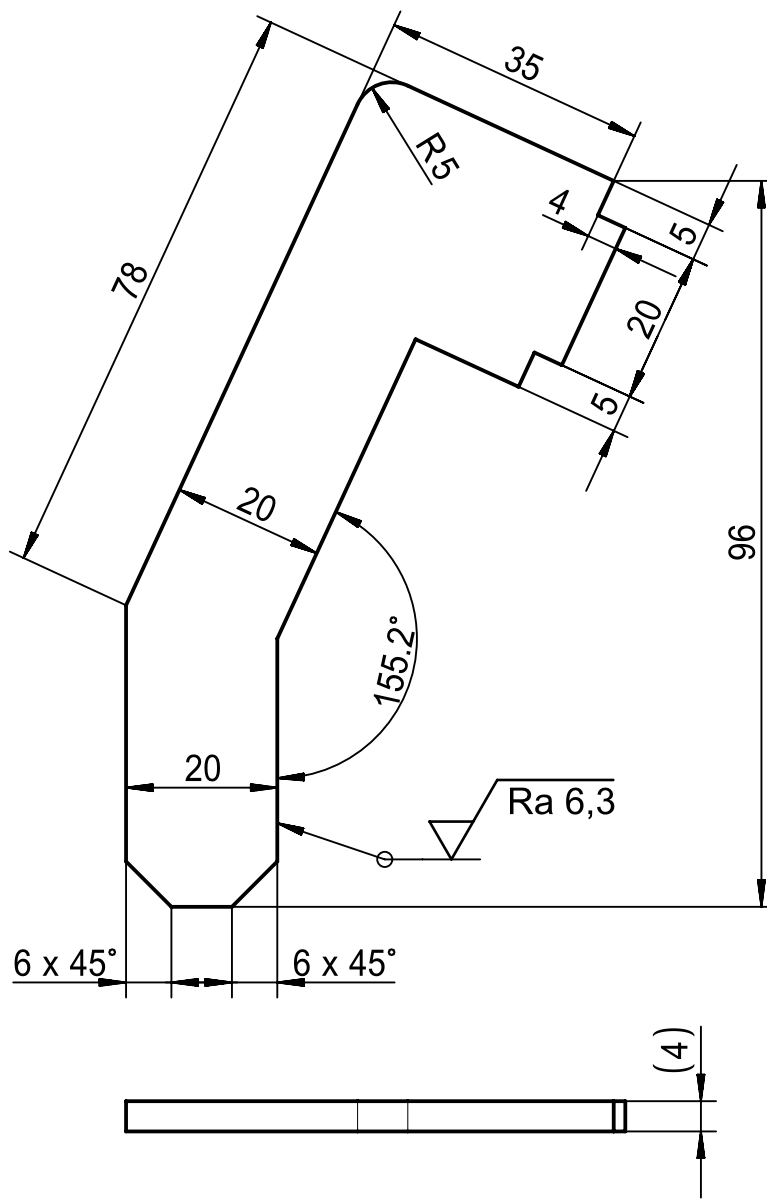


Všechny nekótované radiusy: R5

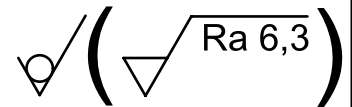


t=4mm

Aenderungsindex / Aenderungsbeschreibung state of revision / revision text		ZGS	Auftrags-Nr. order no.	Bearb./auth. Datum/date	Pruef./check Datum/date	Norm/stand Datum/date
Werkstoff (Endzustand) / material (fi.co.) EN AW-6061		Oberfl.sch./surf.prot. DBL		Datum/date		Name/name
		Farbe/color		Bearb./auth.	2018-04-25	D.Le
		Dekor/decoration		MBN 31030	Pruef./check	
		Oberfl.ang./surf.texture		MBN 31007	Norm/stand.	
		Oberflaeche/surface (m ²)		Freig./rel.		
Stammdaten/ masterdata Manuell	D-Pflicht/required MBN 10317		VeDoc-Relevanz/relevance MBN 10385		ESD-Kennzeichen/code A0598030	
	Art/ type	Anzahl Merkmale/ number of features		Anzahl/number of VPD-Ident-Nr./no.	N	
	DS	0	0	0	federf.Abt./resp.dep.	
	DZ	0	0			
Allg. Toleranzen/gen. tolerances ISO 2768-mK				gesetzl.Merkmal/st.ftr.	ZGS	Auftr.-Nr./order no.
Referenz-Nr./reference no.		Masse/mass (kg) 0.02	Benennung/title Základní deska			
Massstab/scale 1:1		System/system NX 11.0	EB_472-2253_061			
Tolerierung/tolerancing						
EvoBus		© EvoBus Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten! / Refer to protection notice DIN ISO 16016!		Format/sz. A4	Blatt/sh.	Sach-Nr./basic number EB_472-2253_061
Keine Aenderung ohne Zustimmung der federfuehrenden Konstruktion. / Any alternations are subject to the approval of the design department.						



t=4mm



Aenderungsindex / Aenderungsbeschreibung state of revision / revision text		ZGS	Auftrags-Nr. order no.	Bearb./auth. Datum/date	Pruef./check Datum/date	Norm/stand Datum/date
Werkstoff (Endzustand) / material (fi.co.) EN AW-6061		Oberfl.sch./surf.prot. DBL		Datum/date		Name/name
		Farbe/color		Bearb./auth.	2018-04-25	D.Le
		Dekor/decoration		MBN 31030	Pruef./check	
		Oberfl.ang./surf.texture		MBN 31007	Norm/stand.	
		Oberflaeche/surface (m ²)		Freig./rel.		
Stammdaten/ masterdata Manuell	D-Pflicht/required MBN 10317		VeDoc-Relevanz/relevance MBN 10385		ESD-Kennzeichen/code A0598030	
	Art/ type	Anzahl Merkmale/ number of features		Anzahl/number of VPD-Ident-Nr./no.	N	
	DS	0	0	0	federf.Abt./resp.dep.	
	DZ	0	0			
Allg. Toleranzen/gen. tolerances ISO 2768-mK				gesetzl.Merkmal/st.ftr.	ZGS	Auftr.-Nr./order no.
Referenz-Nr./reference no.		Masse/mass (kg) 0.03	Benennung/title Madlo			
Massstab/scale 1:1		System/system NX 11.0		EB_472-2253_065		
Tolerierung/tolerancing						

EvoBus

© EvoBus
Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten! /
Refer to protection notice DIN ISO 16016!

Format/sz.
A4

Blatt/sh.

Sach-Nr./basic number
EB_472-2253_065

Keine Aenderung ohne Zustimmung der federfuehrenden Konstruktion. / Any alternations are subject to the approval of the design department.

210x297

N
X