



**FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Studijní program: Konstruování strojů a technických zařízení

Číslo studijního programu: N0715A270017

Studijní specializace: Konstruování vozidel a manipulačních zařízení

KONSTRUKČNÍ NÁVRH SVAŘOVACÍHO PŘÍPRAVKU PRO SESTAVENÍ A DOVAŘOVÁNÍ SPODKU TRAMVAJE

Diplomová práce

Autor práce: Bc. André Šimice

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Raab, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. André ŠIMICE**
Osobní číslo: **S21N0037K**
Studijní program: **N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení**
Specializace: **Konstruování vozidel a manipulačních zařízení**
Téma práce: **Konstrukční návrh svařovacího přípravku pro sestavení a dovařování spodku tramvaje**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Vypracujte rešerši a stanovte požadavky na konstrukci přípravku pro sestavení a dovaření spodku tramvaje. Zpracujte konstrukční návrh přípravku. Návrh doplňte potřebnými výpočty a technickou dokumentací vybraných částí.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova práce:

1. Rešerše
2. Specifikace požadavků
3. Konstrukční návrh s příslušnými výpočty
4. Vypracování příslušné technické dokumentace

Ing. David Hasch

Rozsah diplomové práce: **40-60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] HOSNEDL, S.: Části a mechanismy strojů 1. Podklady k přednáškám KKS/CMS1. Plzeň: ZČU, 2012, ISBN 978-80-261-0125-3, <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/16830> příp.

[2] Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Raab, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Ing. Zdeněk Chval, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval/a samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v Seznamu použitých zdrojů, který je součástí této práce a na základě konzultací s vedoucím práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

V Plzni dne:

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Zdeňkovi Raabovi, Ph.D. za vedení při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi práce Ing. Davidu Haschovi a celému oddělení Optimalizace výrobních procesů ve Škoda transportation a. s. za podporu a odborné rady při řešení samotné problematiky.

Abstrakt

Diplomová práce obsahuje konstrukční návrh přípravku pro sestavení a dovařování spodku tramvaje. Samotné konstrukci předchází nastudování problematiky svařovacích přípravků. Dále je provedena analýza současného stavu, ve které jsou specifikována problémová místa a požadavky kladené na přípravek. Následně je vysvětlena samotná konstrukce přípravku, kde je popsán základ pro vystavění a rozmístění podpěrných konstrukcí. Na podpěrné konstrukce jsou navrženy jednotlivé podpěry a upínky pro upnutí technického dílu. V jednotlivých kapitolách jsou popisována problematická místa a jejich navržená konstrukční řešení. Dalším krokem je výpočtová analýza celé konstrukce. Výsledky jsou porovnány s mezními hodnotami uvedenými tolerancemi svařence. Dále jsou znázorněna místa s největší koncentrací napětí při zatížení konstrukce. Závěrem je shrnuta celá práce od rešerše po výpočtovou analýzu, kde jsou uvedeny hodnoty celkové deformace přípravku a výsledku, že daná konstrukce vyhovuje.

Klíčová slova

Svařovací přípravek; Přípravky; Svařování; Spodek tramvaje

Abstract

The diploma thesis contains the design of a jig for the assembly and welding of the tram bottom. The design itself is preceded by a study of welding jigs. It is also carried out an analysis of the current state of the art, specifying the problem areas and requirements to the fixture. The construction of the fixture itself is then explained, describing the basis for the erection and the positioning of the support structures. Individual supports and clamps for clamping the technical part are designed on the support structures. The individual chapters describe the problem areas and their proposed structural solutions. The next step is a computational analysis of the whole structure. The results are compared with the limits given by the welding tolerances. The locations are also illustrated with the highest stress concentrations when the structure is loaded. Finally, the whole work is summarized from the research to the computational analysis, giving the values of the total deformation of the fixture and the result that the structure is compliant.

Key words

Welding jig; Jigs; Welding; Bottom of tram

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Rešerše.....	13
2.1	Problematika svařovacích přípravků	13
2.1.1	Rozdělení svařovacích přípravků.....	13
2.1.2	Poloha svařovaných součástí	14
2.1.3	Opěrné a ustavovací prvky.....	14
2.1.4	Upínací prvky pro svařování.....	16
2.1.5	Svařovací polohovadla	17
2.1.6	Postup při konstrukci přípravků	18
2.1.7	Volba materiálu pro přípravek	18
2.2	Technický díl	19
3	Analýza současného stavu a specifikace požadavků	23
3.1	Současná situace.....	23
3.2	Požadavky na přípravek	24
3.2.1	Požadavky výroby	24
3.2.2	Požadavky technologie	24
3.2.3	Požadavky na technický díl	24
3.3	Možné způsoby sestavení	25
3.3.1	Jednouúčelový přípravek	25
3.3.2	Stavebnicový přípravek.....	26
3.3.3	Polohovadla	26
3.4	Možnosti pro zlepšení.....	27
3.5	Výběr z variant	27
4	Konstrukční návrh s příslušnými výpočty	28
4.1	Základ přípravku	28
4.1.1	Krajní části příhradové konstrukce.....	28
4.1.2	Střední část příhradové konstrukce	29
4.1.3	Spojení	30
4.2	Upínací body.....	31

4.2.1	Přípustná podpěrná místa.....	31
4.2.2	Návaznost na předchozí operace	31
4.2.3	Volba a rozvržení podpěrných bodů	32
4.2.4	Rozložení univerzálních rámců	32
4.3	Konstrukce pomocných os a rovin	34
4.3.1	Část uchycovací.....	34
4.3.2	Část horní.....	35
4.3.3	Sestava kontrolní	35
4.4	Ustavení představku	36
4.4.1	Ustavení přední části	37
4.4.2	Ustavení střední části.....	39
4.4.3	Ustavení zadní části	40
4.4.4	Pomocné ustavení	41
4.5	Ustavení roštu s čelníkem	42
4.5.1	Ustavení roštu.....	42
4.5.2	Ustavení čelníku.....	44
4.5.3	Zpevnění	46
4.6	Celkový pohled na přípravek.....	47
4.7	Analýza konstrukce	48
4.7.1	Výpočet.....	48
4.7.2	Vyhodnocení výsledků	50
5	Vypracování příslušné technické dokumentace	54
6	Závěr	56
Příloha A	i
Sestavný výkres	i

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení přípravků	13
Obrázek 2 Znázornění umístění tělesa v prostoru a odebírání stupňů volnosti [2].....	14
Obrázek 3 Příklady pevných opěrek [2]	15
Obrázek 4 Příklady stavitelných opěrek [2].....	15
Obrázek 5 Polohovací stavitelná opěrka [8].....	16
Obrázek 6 Příklad atypické upínky [3]	17
Obrázek 7 Hlavní polohy svařování [10].....	17
Obrázek 8 Článek přední A.....	19
Obrázek 9 Článek zadní B.....	19
Obrázek 10 Spodek A.....	20
Obrázek 11 Spodek B.....	20
Obrázek 12 Spojovací místa	21
Obrázek 13 Ustavovací body představku	21
Obrázek 14 Ustavovací body a místa roštu s čelníkem	22
Obrázek 15 Současná konstrukce přípravku	23
Obrázek 16 Jednoúčelový přípravek	25
Obrázek 17 Systémový přípravek.....	26
Obrázek 18 Příhradový nosník	28
Obrázek 19 Krajiní část příhradového nosníku	29
Obrázek 20 Střední část příhradového nosníku	29
Obrázek 21 Spojení	30
Obrázek 22 S pojení příhradového nosníku	30
Obrázek 23 Možná místa ustavení.....	31
Obrázek 24 Obráběcí přípravek pro představek	31
Obrázek 25 Rozmístění pevných a stavitelných podpor	32
Obrázek 26 Univerzální rám.....	33
Obrázek 27 Rozmístění univerzálních rámců na příhradové konstrukci	33
Obrázek 28 Spodní část sestavy pomocných rovin	34
Obrázek 29 Horní část sestavy pomocných rovin	35

Obrázek 30 Sestava kontrolní	35
Obrázek 31 Použití pomocných rovin	36
Obrázek 32 Představek čelní.....	36
Obrázek 33 Podpěra pevná – přední část	37
Obrázek 34 Upínka – přední část	37
Obrázek 35 Celkové ustavení přední části	38
Obrázek 36 Uložení střední části	39
Obrázek 37 Celkové ustavení střední části.....	39
Obrázek 38 Sestava vyvyšovací.....	40
Obrázek 39 Upínka a podpěra zadní části představku	40
Obrázek 40 Ustavení zadní části a pomocné ustavení	41
Obrázek 41 Pomocná podpěra s upínkou	41
Obrázek 42 Vyvýšení pro pomocné ustavení	41
Obrázek 43 Rošt podlahy s čelníkem	42
Obrázek 44 Upínka krajní části roštu	42
Obrázek 45 Středová podpěra	43
Obrázek 46 Rozmístění podpěr roštu	43
Obrázek 47 Upínka čelníku	44
Obrázek 48 Ustavení středové části čelníku	45
Obrázek 49 Ustavení celé oblasti čelníku.....	45
Obrázek 50 Zpevnění konstrukce.....	46
Obrázek 51 Schéma vymezení polohy	47
Obrázek 52 Ukázka aplikované sítě, svarových a šroubových spojů	48
Obrázek 53 Zatížení konstrukce silami.....	49
Obrázek 54 Vykreslení výsledku posunutí od deformace v normální poloze (6,176 mm)	50
Obrázek 55 Vykreslení výsledku posunutí od deformace v převrácené poloze (6,224 mm).....	51
Obrázek 56 Vykreslení výsledku posunutí od deformace polohy otočené o 90° (7,031 mm).....	51
Obrázek 57 Napětí v šroubovém spojení	52
Obrázek 58 Napětí v šroubovém spojení	52
Obrázek 59 Razítko sestavy.....	55

Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
FST	Fakulta strojní
KKS	Katedra konstruování strojů
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
ŠT	Škoda Transportation a.s.
m	Délková jednotka – metr
mm	Délková jednotka – milimetr
MPa	Jednotka napětí pro kontinuum vystavené vnějšímu působení síly
1D	Jednorozměrný
3D	Trojrozměrný
a.s.	Akciová společnost

1 Úvod

Tramvaje jsou důležitou součástí městské hromadné dopravy. Odvětví věnující se kolejovým vozidlům je stále na vzestupu a čerpá z několika desítek let zkušeností. Škoda Transportation a.s., která sídlí v Plzni, je jeden z významných dodavatelů kolejových vozidel na trhu. Diplomová práce je zpracovávána pod záštitou této firmy, kde jsem zároveň zaměstnancem.

Přípravky jsou nedílnou součástí každého výrobního či opravárenského závodu. Především z důvodu zefektivnění a zjednodušení jednotlivých výrobních operací. Ovšem přípravky nezlepšují výrobní operaci pouze pracovníkům. Mohou mít velký vliv na výslednou kvalitu technického dílu.

Pro konstrukční návrh svařovacího přípravku bude v úvodu práce popsána samotná problematika přípravků. Jejich provedení, účel jednotlivých přípravků a také postup při konstrukčním návrhu přípravků. Dále bude charakterizován technický díl, pro který bude svařovací přípravek navržen. V této části práce budou zmíněny požadavky technologie a výroby na samotný přípravek. Závěrem teoretické části budou navrženy možnosti výroby a představena současná situace svařovacího přípravku. V praktické části práce bude popsán proces konstrukčního návrhu svařovacího přípravku pro sestavení a dovařování spodku tramvaje. V neposlední řadě bude konstrukční návrh podroben průhybové analýze. V závěru práce bude provedeno vyhodnocení samotných výsledků průhybové analýzy.

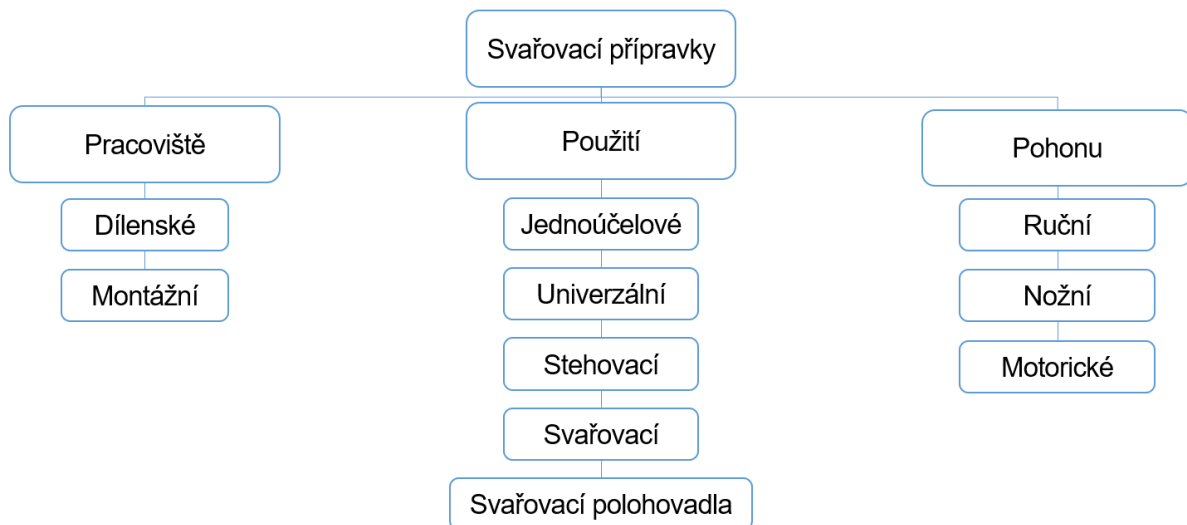
2 Rešerše

2.1 Problematika svařovacích přípravků

V procesu výroby může nastat situace, kde zpracovávaný technický kus není možné v dané operaci dobře zpracovat. Může to být způsobeno složitým tvarem dané součásti, nadměrnou velikostí anebo početnou členitostí. Tyto složitě konstruované technické díly je zapotřebí v daných operacích upevnit, aby vše fungovalo, jak má. Dále s ohledem na složitost daného kusu, zde vznikají další potřeby v průběhu výroby jako navýšení potřeb času na upnutí a podobně. Z těchto důvodů se v průběhu výroby používají přípravky. [2]

Přípravky slouží jako pomocné zařízení, díky kterému lze rychleji a přesněji zpracovávat obrobek v průběhu výroby. Pomáhají hlavně při dodržování tolerančních hodnot, zachycení deformace, zvýšení jakosti nebo produktivity. Pístroje pro zjednodušení výroby jsou použity ve všech odvětvích od svařování, přes obrábění až po měření nebo rýsování. Tato práce se bude zabývat především svařovacími přípravky.[2]

2.1.1 Rozdělení svařovacích přípravků



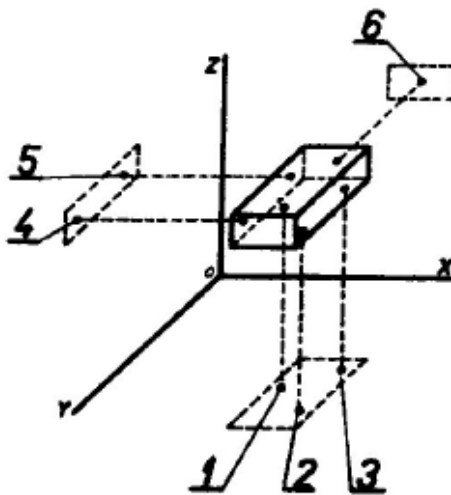
Obrázek 1 Rozdělení přípravků

Pro orientaci a upřesnění mezi jednotlivými svařovacími přípravky slouží rozdělení do několika skupin. Svařovací přípravky se dělí podle umístění pracoviště. Zde mohou být přípravky díleňské anebo montážní. Dále rozlišujeme svařovací přípravky podle určení nebo také použití. V této části se rozlišuje, zda se jedná o přípravky jednouúčelové, univerzální, stehovací, svařovací nebo svařovací polohovadla. Dále se u přípravků rozlišuje způsob zakládání anebo způsob polohování, kde to může být ruční, nožní anebo motorický pohon.[1]

2.1.2 Poloha svařovaných součástí

Aby mohla být součást dobře sestavena a následně svařena, je zapotřebí dodržet několik bodů. Poloha sestavovaných dílů musí být taková, aby po svaření součást odpovídala všem rozměrům a tolerancím předepsaným na výkrese. Následně výrobním postupem jsou určeny požadavky na tvar a přesnost sestavovaných součástí. Dále technologie výroby a svařovací postup určí, jakým způsobem bude celá součást zkompletována.[2]

Těleso umístěné v prostoru má šest stupňů volnosti. Pro ustavení do přípravku je zapotřebí tyto stupně volnosti odebrat a přesně definovat polohu svařence. Na obrázku níže je znázorněno umístění tělesa v prostoru s vyznačením potřebného vymezení stupňů volnosti. U konstrukce přípravku je zapotřebí počítat s pomocnými body, které pomáhají odebrat stupně volnosti. Tyto body jsou označovány jako opěrky a musí se umísťovat ve třech na sobě kolmých rovinách. Na opěrná místa se následně ustavuje polotovar. Polotovar se umísťuje na plochy, které jsou určeny pro ustavení polotovaru a nijak nejsou v kolizi s následující operací. Tyto plochy se nazývají výchozí. Umístění opěrných bodů by mělo být takové, aby odpovídalo požadovaným rozměrům na výrobním výkrese.[2]



Obrázek 2 Znázornění umístění tělesa v prostoru a odebrání stupňů volnosti [2]

2.1.3 Opěrné a ustavovací prvky

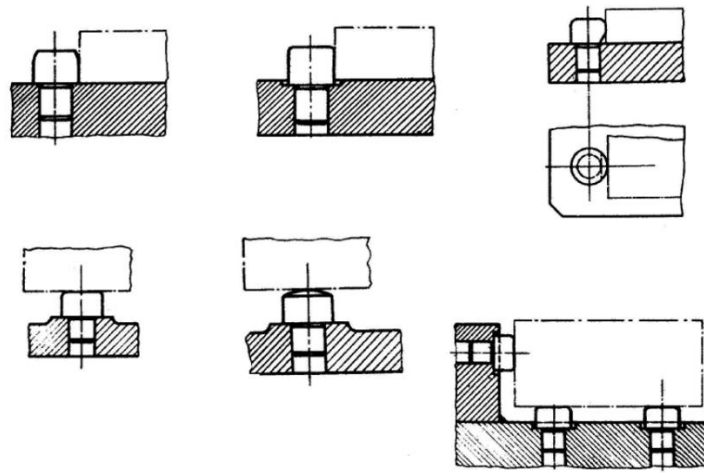
Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak pro určení a vymezení polohy v přípravku se používají tzv. opěrky. Jsou to místa na přípravku, které se mohou dotýkat polotovaru bodově nebo plošně. S ohledem na životnost přípravku je žádoucí, aby opěrné body byly dostatečně odolné proti opotřebení. Dále je vhodné, aby opěrky byly tuhé a pevné a měly by být vyměnitelné. Pevné uložení zajistí podporu pro zpracováváný polotovar a nedovolí v průběhu operací pohyb, který může nastat např. při polohování nebo od tepelných deformací způsobených svařováním. [2]

Pro svařovací přípravky se opěrné body dělí na:

- Opěrky pevné
- Opěrky stavitelné

Opěrky pevné

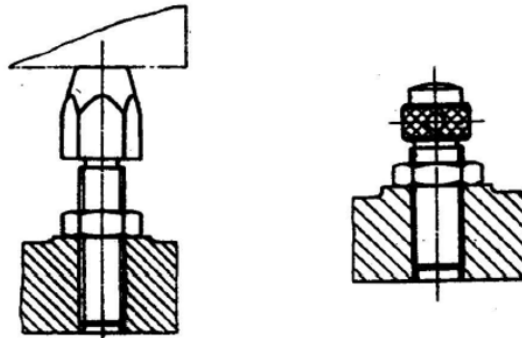
Pevné opěrky jsou určeny k jednoznačnému umístění polotovaru. Umisťují se tam, kde vychází rozměr výkresu a většinou bývají obrobena. S ohledem na povrch zakládaného dílu jsou pevné opěrky buďto plošné nebo pouze bodové. Plošné pevné opěrky se používají na místech, kde je z předchozí operace před obrobena místo a je jisté, že povrch je kvalitní a srovnaný v rovině. Bodové opěrky se používají na místech, kde povrch nedosahuje takové kvality nebo v daném místě není dosaženo dostatečné rovinnosti. Pokud to konstrukce dovoluje, je vhodné, aby pevné opěrky byly vyměnitelné a v případě poškození nahraditelné. Pro zvýšení otěruvzdornosti, mohou být opěrky například kaleny.[2]



Obrázek 3 Příklady pevných opěrek [2]

Opěrky stavitelné

Stavitelné opěrky fungují na podobném principu jako opěrky pevné. Rozdílem je, že se jejich poloha dá měnit. Změnu polohy zajišťuje stavitelný šroub, který se může pojistit kontra maticí. Využití těchto opěrek je v místech, kde není zaručen stejný tvar součástí. Může to nastat v případě, kde je do přípravku vkládán například odlitkový polotovar. Dále jsou tyto opěrky vhodné pro do nastavení některých rozměrů v případě, kdy je svařenec skládán z vícero částí podsestav. Některá z těchto částí nemusí být vázána rozměrově, ale pouze tvarově. Stejně jako u předchozích opěrek mohou být také plošné nebo bodové. S ohledem na životnost mohou být stykové plochy tepelně zpracovány.[2]



Obrázek 4 Příklady stavitelných opěrek [2]

Katalogové díly

Pro stavitelné nebo pevné podpěry není zapotřebí vymýšlet a navrhovat speciálně upravené šrouby či dorazy. Je možné využívat již navržených komponent dodávaných jako nakupovaný materiál z katalogů výrobce. Může to být například od společnosti ELESA+GANTER s r.o., která nabízí široké zastoupení polohovacích dílů. Jsou k dispozici různé materiály či možnosti variability daných komponentů.[7]



Obrázek 5 Polohovací stavitelná opěrka [8]

2.1.4 Upínací prvky pro svařování

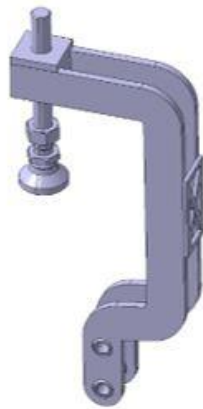
V předchozích kapitolách bylo určeno, jak se polotovar ustavuje do přípravku. Po ustavení je zapotřebí ho v této poloze i zafixovat. Fixování nebo také upevnění se provádí z důvodu udržení stejné pozice. V průběhu svařovacích operací jsou na polotovar vyvíjena různá zatížení, která ho mohou vychýlit z ustavené pozice. Jsou to zejména deformace od svařování, smršťování anebo také namáhání od vlastní tíhy při polohování. K upevnění v přípravku se používá upínacích zařízení.

Tyto zařízení se dělí:

1. Podle zdroje upínací síly:
 - Mechanické
 - Pneumatické
 - Hydraulické
 - Elektromagnetické
2. Podle počtu upínacích prvků:
 - Jednoduché (šrouby, páky, vačky...)
 - Složené (šroub-páka, šroub-klín...)
3. Podle stupně mechanizace:
 - Ruční
 - Mechanizované
 - Automatizované

Upínací zařízení musí vyvolat dostatečnou upínací sílu, která udrží vyráběný kus ve správné poloze při zatížení od vnějších sil. Zároveň upínací síla nesmí být natolik veliká, aby docházelo k deformaci sestavovaného dílu.[3]

S ohledem na možnosti výroby a technologie je zapotřebí volit upínací zařízení tak, aby upínací čas nezabíral mnoho času. Zároveň typ upínek a jejich umístění je zapotřebí navrhovat co nejbližší podpěrným místům. S ohledem na možné deformace je optimální upínky umísťovat přímo proti těmto místům. Pro umístění upínky proti místům podpěr nemusí vždy stačit katalogové klasické upínky. Je zapotřebí přípravek vybavit upínkami atypickými. Mohou to být například vyráběné konstrukce s využitím katalogových elementů.[3]

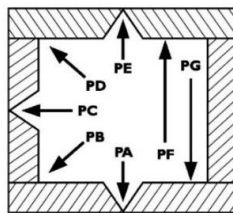


Obrázek 6 Příklad atypické upínky [3]

2.1.5 Svařovací polohovadla

V průběhu sestavování svařovaných celků může nastat situace, kde některé svary jsou v jednoúčelovém provedení přípravku těžko přístupné. S ohledem na zjednodušení přístupu a dodržení kvality svaru se využívají svařovací polohovadla. Tyto polohovadla pomáhají otáčet polotovarem v několika směrech a umožňují nastavit polohu svaru do vhodné polohy. Polohovadla jsou různá a jsou vždy určena požadavkem na velikost, únosnost a počet otočných os. Mohou být od malých stolních, přes střední polohovadla univerzální až po velké otáčecí stojany. Zajištění otáčení může být několika způsoby. Nejčastějším pohonem je elektrický, ale může se využívat i mechanický (u jednodušších polohovadel) a hydraulický. [1]

Polohy pro svařování jsou dány normou ČSN EN ISO 6947. Důležitým parametrem je směr svařování, který ovlivňuje samotnou polohu svařování. Natočení svaru v prostoru je určeno sklonem osy svaru vůči vodorovné rovině. Účelem polohovadla je přiblížit svar k definované pozici, která je vhodná pro svařování. Tyto polohy svařování jsou označovány jako hlavní polohy svařování.[9]



Obrázek 7 Hlavní polohy svařování [10]

2.1.6 Postup při konstrukci přípravků

Pro zhotovení konstrukce samotného přípravku je dobré postupovat podle několika zásad. Systematický postup zajistí, že přípravek nebude v žádné své části nedotažený nebo nevhodný. Začátkem konstrukčních prací na přípravku musí být detailním nastudování pracovního postupu a výkresové dokumentace. Z tohoto bodu je nutné si určit důležité informace ohledně polotovaru, pro který je přípravek navrhován. Jsou to hlavně rozměry, umístění dosedacích ploch a také postup v dané operaci. Dále je nutné zvážit jednotlivá zatížení, která v procesu svařování mohou působit na polotovar a celý přípravek. Z toho vyplývá předběžný návrh robustnosti. Přípravek je nutné navrhnout, aby byl dostatečně tuhý a nedocházelo k jeho deformaci v průběhu výrobní operace. Po hrubém navržení rámu přípravku je zapotřebí umístit zpracovávaný kus do přípravku. Toto je zaručeno pevnými dorazy, které budou sloužit jako takové lůžko pro dosedací plochy polotovaru. Uložení polotovaru by nemělo dovolit, aby byl zpracovávaný díl ustaven obráceně. Následně se rozvrhne umístění upínacích zařízení pro udržení polohy svařované součásti. Dalším krokem může být vyhotovení pomocných ploch nebo zařízení jako jsou například pomocné osy, roviny nebo odměřovací prvky. Pro všechny prvky, ať už ustavovací nebo fixační, je vhodné volit co nejvíce normalizovaných součástí jako jsou katalogové upínky nebo stavitelné šrouby. Následně je dobré zhodnotit, zda jsou veškeré prvky vhodné pro snadnou obsluhu a není jejich používání příliš náročné nebo pomalé. [2]

2.1.7 Volba materiálu pro přípravek

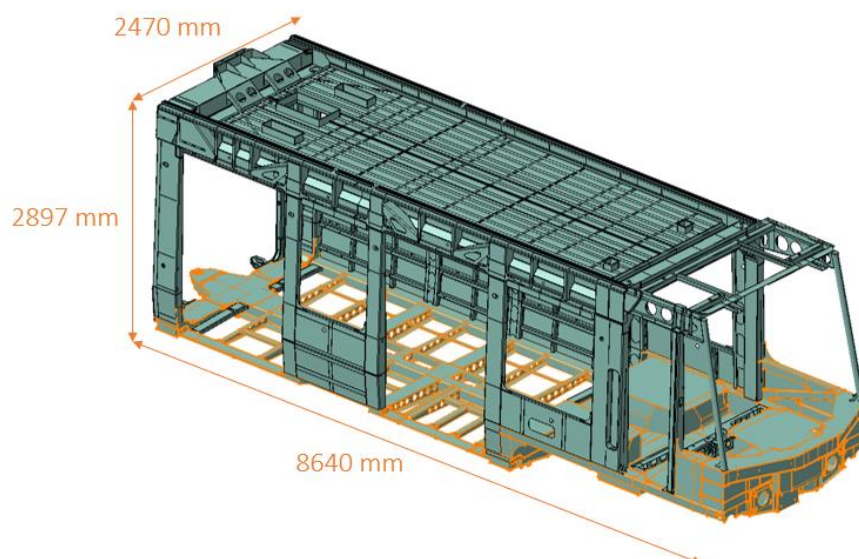
V odstavci výše bylo zmíněno, že konstrukce přípravku musí být dostatečně tuhá, aby nedocházelo k deformacím v průběhu procesu operace. Z toho vyplývají i požadavky na výběr materiálu pro přípravek.[2]

Volba materiálu vychází z těchto hledisek:

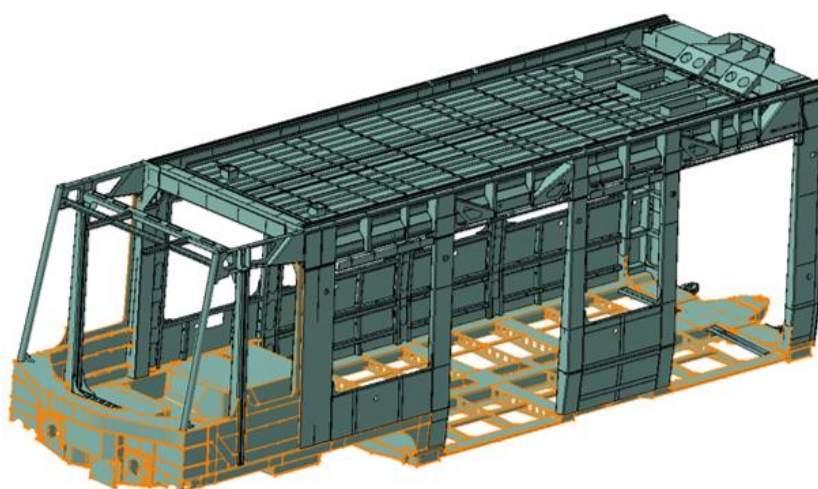
- Míra a způsob namáhání, opotřebení, funkce a tvar přípravku
- Prostředí
- Požadavek na přesnost vyráběného dílu
- Ekonomické hledisko
- Vlastní hmotnost

2.2 Technický díl

Technickým dílem se rozumí daný polotovár, na který je přípravek zpracováván. Technickým dílem v této práci bude spodek 5 ti článkové jednosměrné tramvaje. Jedná se o spodní část prvního a posledního článku tramvaje, který slouží jako základ pro vystavění celé hrubé stavby a zároveň určuje celkovou délku tramvajového článku. Z koncepce hrubé stavby je použit pro článek celistvý spodek, na který se následně vystavují zbylé části jako bočnice, čelnice, kostra čela, střecha apod. Po sestavení hrubé stavby a dokončení článku v montáži se ke spodku připojují podvozky. Konstrukci hrubé stavby článku a tím pádem i konstrukci spodku ovlivňují různé požadavky. Tyto požadavky vyplývají z předpisů a norem pro daný druh vozidla, požadavky ze strany zákazníka anebo ze samotné koncepce vozidla. Mezi ně patří například požadavky na pevnost vozidla, počet a umístění podvozků, druh podvozků nebo počet přepravovaných osob, a to sedících i stojících. Na obrázku číslo 8 a 9 jsou znázorněny jednotlivé články se zvýrazněnými spodky a celkovými rozměry.



Obrázek 8 Článek přední A

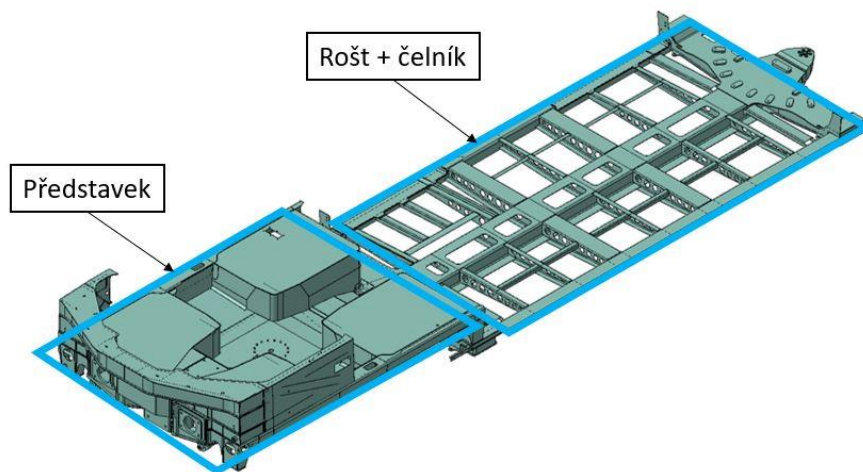


Obrázek 9 Článek zadní B

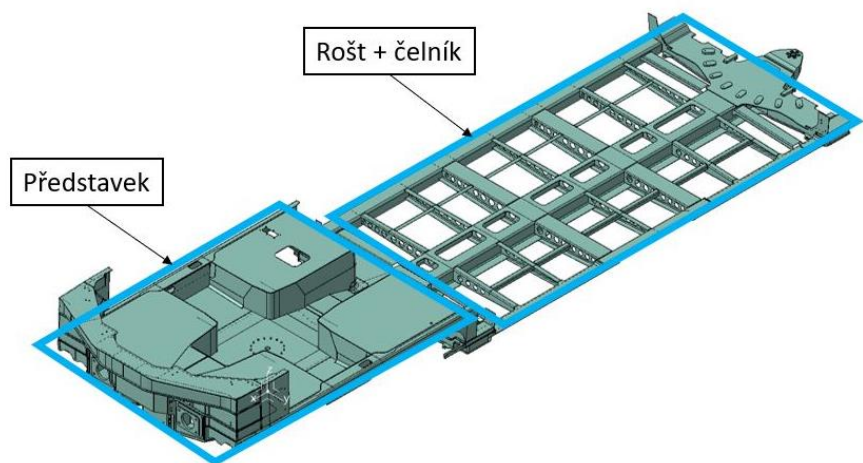
Na obrázcích 10 a 11 jsou znázorněny svařence spodku, které jsou tvořeny ze dvou částí a budou zakládány do přípravku. První částí je podsestava tzv. představek. Jedná se o svařenec, který je ze spodní strany obrobenej pro umístění podvozkového ložiska. Druhá přípojná podsestava je tzv. rošt podlahy s čelníkem. Tento svařenec je tvořen dvěma podsestavami, které jsou sestaveny a zavařeny již v předchozí operaci.

Spodek tramvaje bude použit v celkové sestavě železničního vozidla. Z tohoto důvodu musí být tento svařenec navržen a vyroben v souladu s normou pro svařování železničních kolejových vozidel ČSN EN 15085. V této normě je popsáno, jak se má řídit svařovací proces v oblasti železničních kolejových vozidel jak pro servis, tak pro nové výrobky. Norma je platná pro veškeré obsažené díly a sestavy bez ohledu na svařovací metody. Provedení svarových spojů je dále posuzováno podle normy ČSN EN ISO 5817. Tato norma specifikuje úroveň kvality svařovaných spojů. Rozděluje se do tří stupňů kvality B, C a D. Technický díl spadá do střední kategorie, tedy do stupně kvality C. [11][12]

Metoda pro svařování tohoto technického dílu je MAG – metoda tavící se elektrodou v aktivním plynu (135). Pro opravy svarů se používá metoda TIG – metoda svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (141). Označení a popis těchto metod je dán normou ČSN EN 4063.[13]



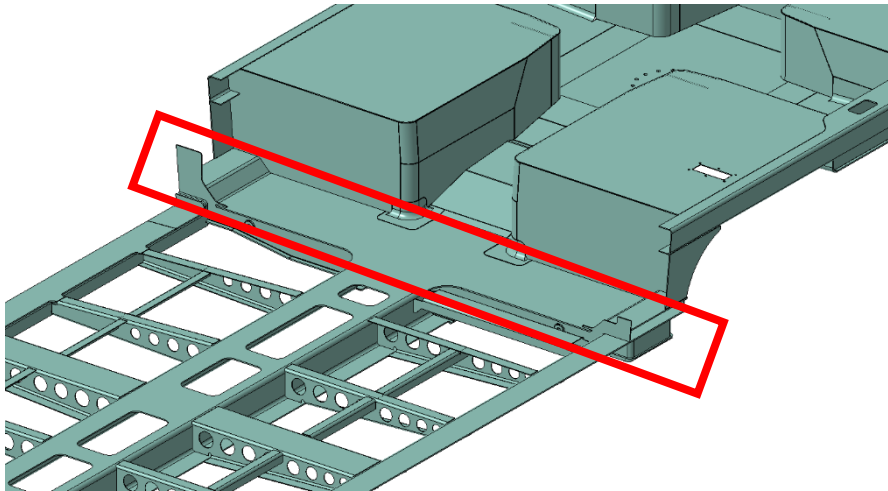
Obrázek 10 Spodek A



Obrázek 11 Spodek B

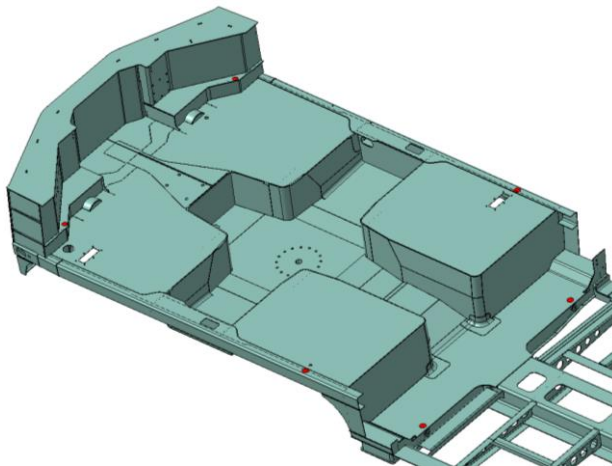
Oba spodky znázorněné na obrázcích číslo 12 a 13 jsou si velice podobné a liší se pouze v několika drobnostech. Jelikož se jedná o jednosměrnou tramvaj, tak odlišnosti pro zakládání do přípravku budou v místě roštu. Rozdíly tedy budou mezi levou a pravou stranou v místech pro nástup a výstup cestujících. Pro přípravek tyto odlišnosti nebudou mít velký vliv a bude možné založit obě varianty do jednoho přípravku. Při samotné konstrukci bude zapotřebí pouze zkontrolovat, zda všechny pevné a stavitelné dosedací plochy přesně doléhají.

Tento technický díl je zapotřebí spojit v místě, kde se obě podsestavy dotýkají. Jedná se o místo, kde budou probíhat veškeré svařovací práce. Zavaření je zapotřebí zhotovit z několika stran. Na obrázku níže je detailní pohled do místa spojení s vyznačeným umístěním svarů.



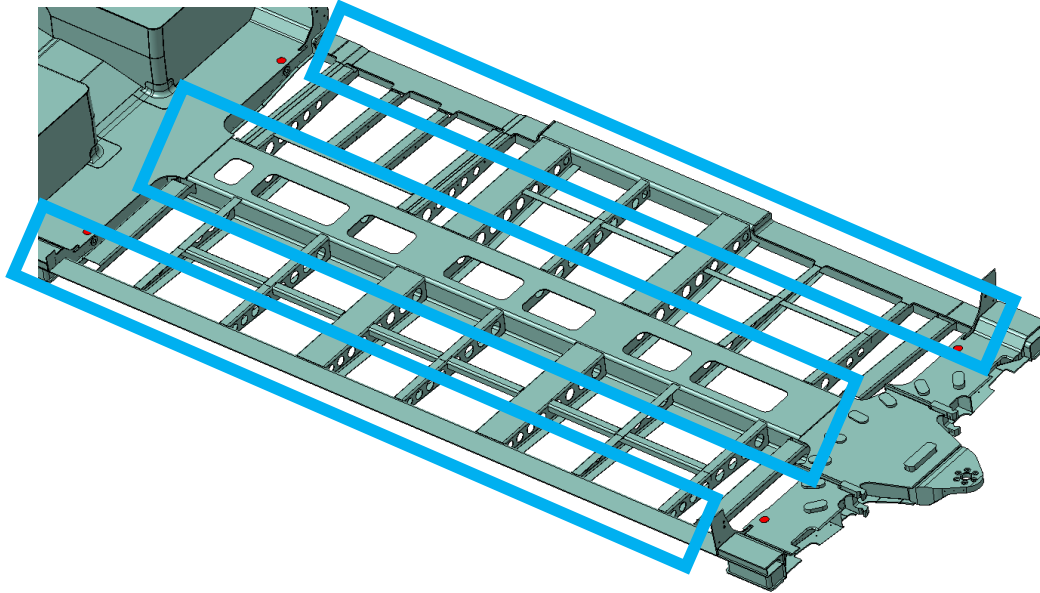
Obrázek 12 Spojovací místa

Z konstrukce jednotlivých podsestav a celkového spodku jsou výkresovou dokumentací určena místa, od kterých vychází rozměry pro skládání celku. Na tyto místa musí být uložena podsestava a vychází z nich rozměry pro zbytek svařence. Zároveň je tento kus z předchozí operace obroben. Při obrábění bylo využito také těchto dosedacích ploch. S ohledem na celkovou návaznost svařovaného kusu a nenavyšování chybovosti je nezbytné dodržet stejná upínací místa. Na obrázku níže jsou vyznačena možná místa pro ustavování představku.



Obrázek 13 Ustavovací body představku

Pro další vstupující podsestavu platí stejné podmínky. Rozdílem zde je, že obráběnou částí je pouze čelník před svařením s roštem. Tento postup skládání může vnést do celkové podsestavy drobné deformace. S ohledem na tyto body bude důležité samotné založení do přípravku. Prioritou bude založení správně obrobeného čelníku a rošt se bude zámečnický upravovat k představku. Na obrázku číslo 14 jsou znázorněny možné plochy pro uložení čelníku a roštu.



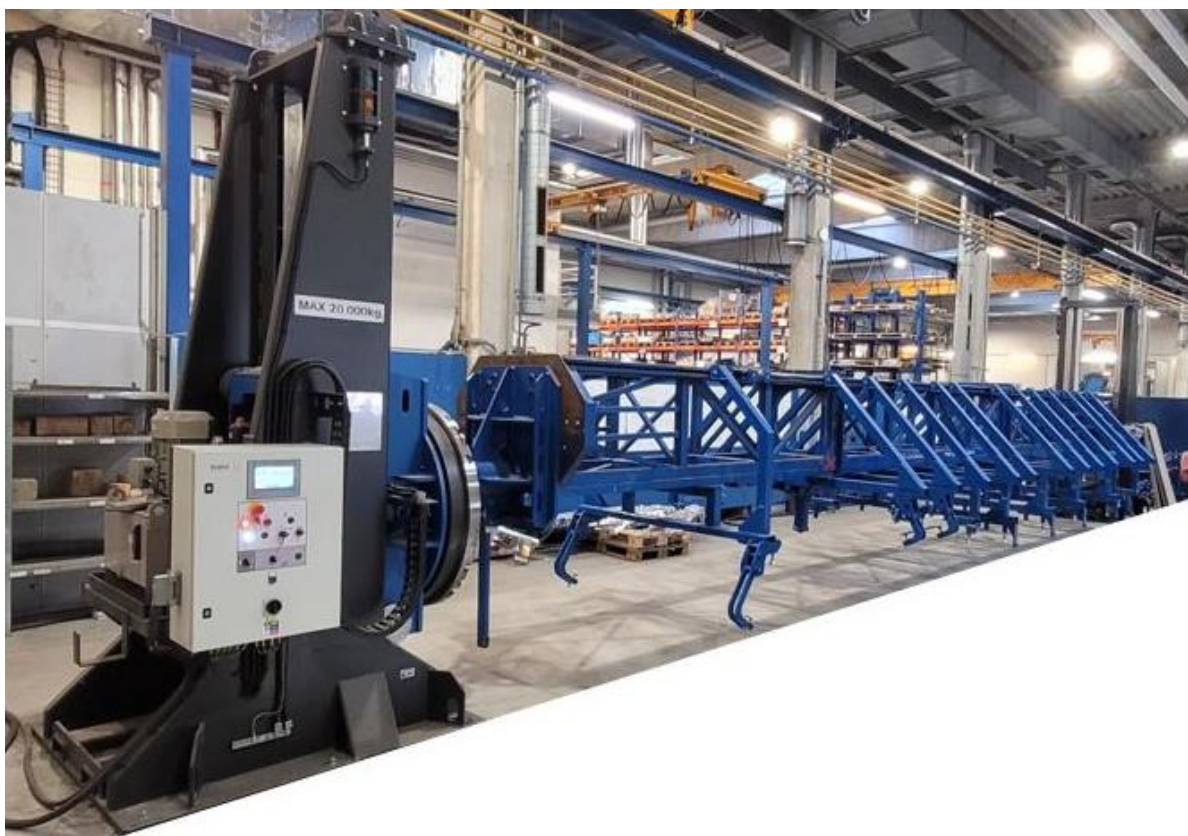
Obrázek 14 Ustavovací body a místa roštu s čelníkem

Z konstrukce celého spodku vyplývá, že je zapotřebí, aby svařenec byl celistvý. Celkový svařenec určuje podélné a šířkové rozměry tramvajového článku. V rámci úrovní kusovníku se spodek nachází na druhém stupni po celkové sestavě hrubé stavby. Z tohoto důvodu vstupuje spodek tramvaje do přípravku pro sestavení a sestehování hrubé stavby jako první. V ŠT se přípravek pro sestavování celého článku nazývá aretace. Pro dodržení veškerých rozměrů po zavaření spodku v přípravku, je vhodné vkládat svařenec do aretace i s přípravkem. Spodek je uložen do aretace i s přípravkem a je fixován upínacím zařízením nového přípravku. Po upevnění spodku, může být předchozí přípravek uvolněn a odvezen pryč. Díky tomuto postupu se zamezí možnosti zdeformování spodku po uvolnění z přípravku, které by mohlo vzniknout vlivem svarů v předchozí operaci.

3 Analýza současného stavu a specifikace požadavků

3.1 Současná situace

Základem pro přípravek je příhradový nosník složený ze tří kusů. Nosník je přes upínací kleštiny uchycen do dvou lícních desek. Tyto desky jsou součástí polohovadel, které jsou schopny fungovat ve spřaženém režimu. Na základním rámu jsou uchyceny pomocí podélných drážek příčné nosníky, které mají také drážky. Do těchto drážek jsou následně upínány podpěry stavitelné anebo upínací zařízení. Díky podélným a příčným drážkám je možné jednotlivé díly vyměňovat anebo měnit jejich pozic. Díky tomuto přípravek funguje jako stavebnicový a po ukončení prací je možné jej přeskládat a použít pro jiný projekt. Pro každý svařence se pouze navrhnou nové upínky a dosedací místa. Polohovadla zajišťují funkci pro polohování a dokáží celek otáčet a zvedat pro nastavení optimální polohy pro svaření. Výhodou tohoto řešení je, že splňuje podmínky pro otáčení. Dále je zde možnost přípravek jako celek přetočit a uchytit na jeřáb pro přemístění do následující výrobní operace. Nevýhodou je, že přípravek při uchycení mezi lícní desky se založeným technickým dílem funguje jako prut na dvou podporách. Z tohoto důvodu se uprostřed prohýbá. To má vliv na kvalitu svarů a celého svařence. Na obrázku níže je znázornění současně využívaného přípravku pro spodek tramvaje i se zástavbou v otáčecích zařízeních.



Obrázek 15 Současná konstrukce přípravku

Vzhledem k tomu, že přípravek je pomocné zařízení, které má zjednodušit nebo usnadnit výrobu, jsou na přípravek kladeny různé požadavky. Jedná se zejména o požadavky plynoucí ze samotné koncepce přípravku, požadavky na obsluhu a také požadavky z pohledu výrobních operací.

3.2 Požadavky na přípravek

Požadavky na přípravek jsou stejné, jako bylo uvedeno v kapitole dvě. Přípravek by měl být konstruován tak, že dokáže být oporou v průběhu procesu výroby nebo operace. Měl by zajistit přesné, pevné a stabilní uchycení zpracovávaného technického dílu. Nesmí dovolit jakékoli natočení nebo uvolnění polotovaru. Zároveň nesmí jakkoli překážet danému výrobnímu úkonu. Na přípravek jsou také kladeny požadavky výrobních oddělení, které jsou s přípravkem spojeny. Jsou to hlavně výrobní oddělení a oddělení technologie

3.2.1 Požadavky výroby

Výroba jako taková bude s přípravkem ve stálém kontaktu, proto zde vzniká několik požadavků. Přípravek by neměl být ve výrobě překážkou, ale spíše pomocnou rukou. Zakládání technického dílu do přípravku by mělo být jednoduché a snadné. To platí pro velké i malé zpracovávané díly. V případě potřeby by měl přípravek umožňovat polohování anebo přístup k různým částem technického dílu. Například by v místech svaru technického dílu neměly překážet upínky. Také by neměla překrývat samotná konstrukce přípravku obráběné nebo jinak zpracovávané plochy. Sestavovaný svařenec je zapotřebí svařovat shora a ze spodu. Zde vzniká požadavek na polohování přípravku. Závěrem by samotná obsluha přípravku měla být snadná a lehce pochopitelná pro obsluhu.

3.2.2 Požadavky technologie

Požadavky ze strany technologie jsou kladeny hlavně na funkčnost přípravku. V přípravku je nutné, aby mohla být provedena daná operace nebo i celá série operací. Pro správné provedení operací, musí být přípravek oporou po celou dobu založení dílu. Toto klade požadavek na dostatečnou pevnost a tuhost. Dále v průběhu operací je zapotřebí kontrolovat rozměry. Mohou to být rozměry po založení technického dílu do přípravku, rozměry po provedené operaci nebo i v průběhu dané operace. Pokud není možné měření přímo na technickém dílu nebo je složité, lze v přípravku navrhnout pomocné body, roviny nebo osy. Tyto elementy následně zjednoduší případné měření a nastavování. V některých oblastech výroby je také zapotřebí dodržet návaznost na další operace. Například v případě svařenců, kde při svařování dochází k velkému pnutí ve svařenci. Toto pnutí by po uvolnění svařence z přípravku mohlo způsobit kroucení. Aby bylo kroucení dílu co nejvíce eliminováno, je vhodné předávat díl mezi přípravky. Když po dané operaci navazuje jiná, kde se díl také upíná do přípravku, tak je vhodné zakládat s přípravkem z předchozí operace. Po zavázání do přípravku nového, může být předchozí uvolněn. S ohledem na technický díl, kterým se zabývá tato práce, je důležité dodržet právě návaznost na další operaci. V další operaci bude prováděno sestavování celého článku tramvaje. Následující přípravek je aretace a založení spodku je prováděno zavezením na jeřábu v přípravku. Z tohoto důvodu plyne další požadavek na konstrukci. Spodek bude muset být zakládán v otočené poloze.

3.2.3 Požadavky na technický díl

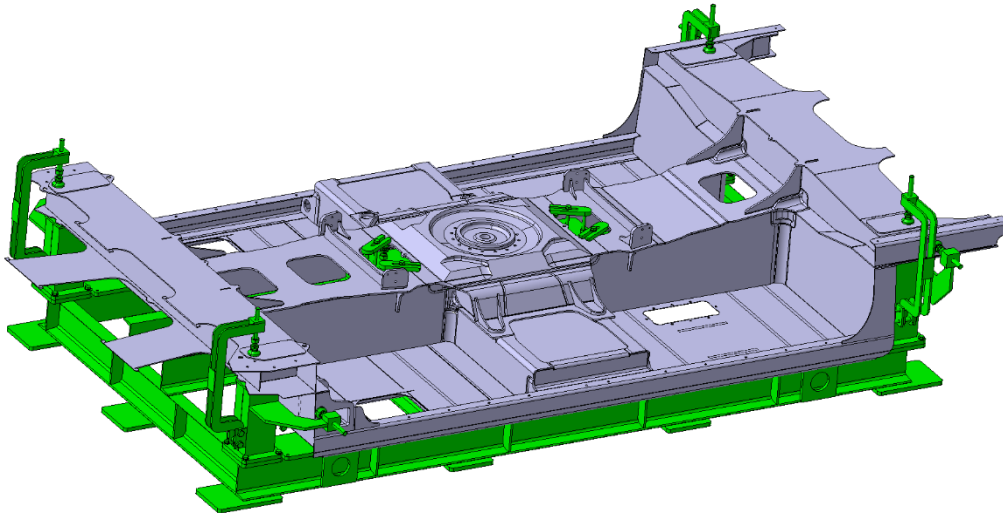
V kapitole 2.2 byly popsány požadavky na technický díl s ohledem na normy ovlivňující svařování kolejových vozidel. Z výkresové dokumentace technického dílu plynou také normy a požadavky pro samotnou délkovou a geometrickou toleranci. V předchozí kapitole byl popsán požadavek na dostatečnou tuhost celé konstrukce přípravku, a to z důvodu ovlivnění kvality svařovaného technického dílu vlivem prohnutí přípravku. Geometrické tolerance svařence jsou dány normou ČSN EN ISO 13920 BF. Norma udává pro tento typ svařence hodnotu rovinnosti ± 10 mm.[14]

3.3 Možné způsoby sestavení

Ve druhé kapitole bylo nastíněno, proč je vhodné a za jakých okolností využít přípravek. Svařenec, kterým se tato práce zabývá splňuje veškeré požadavky na použití přípravku. Jedná se o rozměrově, váhově a tvarově náročnou součást. U této součásti je zapotřebí dodržení rozměrových a tvarových parametrů. Nejdůležitější je dodržení parametrů v místech spojení mezi jednotlivými podsestavami, ale také u svařence jako celku. S ohledem na všechny zmíněné body a na možnosti technologie výroby v ŠT je možno svařenec zhotovit několika způsoby. Pro zhotovení všech možných operací bude využito dílenského přípravku. V následujících podkapitolách bude nastíněno několik způsobů, jak by bylo možné spodek sestavit a svařit v přípravku.

3.3.1 Jednoúčelový přípravek

Jednoúčelovým přípravkem se rozumí takový přípravek, kde by základ tvořilo lože, na kterém by se vyskládaly jednotlivé podsestavy. Základní lože by bylo zhotoveno ze svařovaných profilů přes celou délku spodku tramvaje. Tvořilo by statický základ pro celý přípravek. Na tomto lože by byly obrobny dosedací desky. Desky by sloužily pro umístění stoliček a různých podpěr tak, aby svým rozmístěním odpovídali spodku tramvaje a jeho dosedacím plochám. Tyto podpěry by byly také obrobny na výškový rozměr, aby spodek dobře seděl v přípravku. Pro upevnění svařence v přípravku by sloužily upínky, které by musely být vyneseny na pomocných ramenech. Výhodou této možnosti sestavení svařence je prakticky nulová míra průhybu v podélné ose a jednoduchá konstrukce samotného přípravku. S ohledem na požadavky přípravku, by nebylo možné tímto způsobem svařenec polohovat pro lepší přístup ke svarům. Dále by bylo velmi obtížné přípravek zavést do aretace v otočené poloze pro založení i s přípravkem. Z těchto důvodů je použití jednoúčelového přípravku nevýhodné.

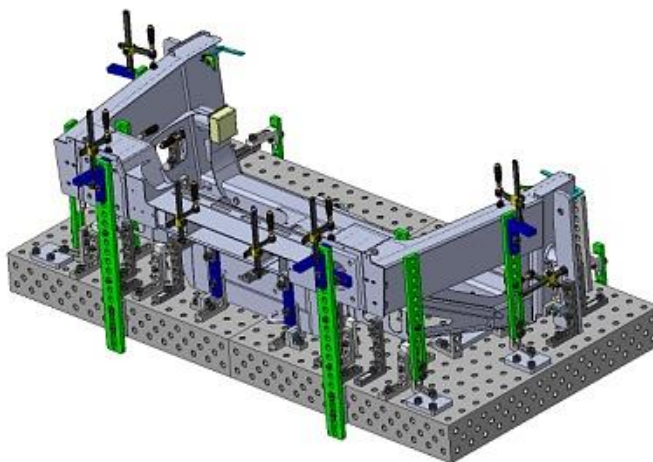


Obrázek 16 Jednoúčelový přípravek

Na obrázku výše je znázorněný jednoúčelový statický přípravek pro obrábění spodku nad podvozkem jiného projektu. Jedná se o technický díl obdobný představku, který je součástí spodku zabývajících se v této práci. Obrázek slouží pouze jako ilustrace, jak by mohl vypadat jednoúčelový přípravek pro celý spodek tramvaje, jen ve větším měřítku.

3.3.2 Stavebnicový přípravek

Stavebnicový přípravek je takový, který využívá již vymyšleného a funkčního systému univerzálních dílů. Tyto díly jsou vzájemně vyměnitelné a je možné je umístit kdekoli v rámci lože nebo stolů daného systému. V ŠT je používáno systému od firmy Sigmund, kde je možno využívat stolů anebo různých forem. Tyto stoly jsou opatřeny rastrovým vrtáním pro možnost umístění dorazů, upínek nebo jiných atypicky vyrobených dílů. Na obrázku níže je znázorněn princip tohoto systému.



Obrázek 17 Systémový přípravek

Přípravek by mohl být konstruován podobně jako jednoúčelový s tím, že by bylo využito systémových dílů. Základní lože by tvořilo rozmístění několika stolů po celé délce svařence a jejich vzájemné propojení tak, aby tvořily jeden celek. Na tyto stoly by se umísťovali podpěrné dorazy nebo dorazy vyráběné podobně jako u jednoúčelového přípravku. Výhodou v tomto ohledu je možnost uchycení upínek na více místech. Ve spoustě směrech se tento způsob zkonstruování přípravku podobá předchozímu případu. Jedná se také o jednoúčelový statický přípravek. Zde je pouze možnost, při ukončení výroby daného kusu, rozebrání přípravku a použití systému pro tvorbu přípravků jiných. Nevýhodou je opět nemožnost svařence polohovat tak, aby operátor měl lepší přístup ke svarům, jak plyne z požadavků výroby. Dále i u tohoto typu přípravku není možné svařence i s přípravkem zavést do aretace.

3.3.3 Polohovadla

Z požadavků na přípravek a svařovaný díl plyne, že je zapotřebí svařence polohovat. V současné situaci se využívá páru polohovadel, která jsou spolu spřažena. Polohovadla jsou od společnosti Kovaco a jedná se o typ SP 100-DL. Tyto polohovadla je možné rozestavit na potřebnou délku od 2 do 22 metrů. Výška zdvihu je 1800 milimetrů a uváděná nosnost je 20 tun. S ohledem na současné konstrukce je zatěžování těchto polohovadel kolem 8 tun. Z tohoto důvodu jsou brána polohovadla jako dostatečně tuhá pro danou konstrukci. Není třeba uvažovat jejich deformaci do celkového průhybu konstrukce.[6]

3.4 Možnosti pro zlepšení

Z konstrukce současné situace plyne několik problematických částí. Prvním problémem je použití stavitelných podpěr ve všech místech podepření pro zakládání díly. Použití stavitelných podpěr je výhodné s ohledem na snadné přenastavení. Opěrky jsou našroubovány v otvoru a zajištěny kontramaťicí. Díky tomu má obsluha možnost s podpěrkami manipulovat a tím pádem ztratit původní nastavení přípravku. Zde vzniká problém se zakládáním dalšího kusu svařence do přípravku, jelikož je výchozí nastavení přípravku změněno. Toto má za následek časově náročné přeměňování a opětovné nastavování přípravku.

Dalším nedostatkem současné situace je konstrukční řešení pro rozměření podélné osy. K určení středové podélné osy jsou využívány dva profily s obrobenými plochami, přes které se upevní struna. Obrobené plochy jsou pouze na koncích profilů a není s nimi možné nastavení osy v celé výšce přípravku. Z toho plyne, že rozměřování je nutné provádět za pomoci úhelníku a podobně. Tento způsob je nevhodný a velmi pracný. Dále zde chybí možnost nastavení výškové roviny pro odměření výšky dorazů a nastavení přípravku. Tento způsob je pro obsluhu zdoluhavý a do jisté míry i vnáší nepřesnost měření.

Zároveň v současné situaci není možné kontrolovat délkové rozměry zakládaného kusu. Jediným způsobem je za pomoci svinovacího metru přes celou délku sestavovaného kusu. Není tedy možné jednoduchým způsobem zjistit, zda je technický díl správně ustaven nebo zda byly už aplikovány délkové svařovací přídatky.

V neposlední řadě je jedním z problémů průhyb konstrukce. Jelikož se jedná o dlouhý nosník s dvěma podporami na koncích. Celá konstrukce je pod tíhou vlastní váhy a zakládaného kusu prohýbána. Tento průhyb se musí brát v úvahu při zakládání technického dílu. Přibližný průhyb je nutné znát, aby mohl být jeho vliv na svařenec a celou konstrukci minimalizován. Zároveň nesmí průhyb překročit geometrické tolerance zakládaného dílu. Díky znalosti průhybu se podpěrná místa nastaví tak, aby střední ustavovací prvky byly vyšší o polovinu vypočítaného průhybu. Směrem od středu k místům uchycení celé konstrukce se musí výška nastavení podpěrných míst snižovat k nominální hodnotě svařence.

3.5 Výběr z variant

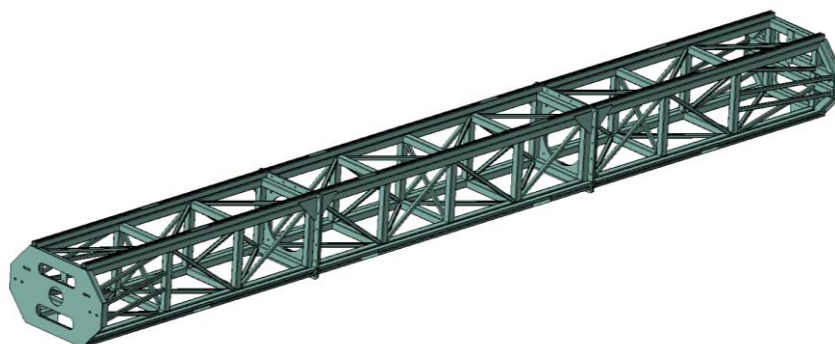
Na základě popisu jednotlivých možností konstrukce přípravku a zkušeností plynoucích ze ŠT, je optimálním řešením zachování současného systému. Toto řešení umožňuje veškeré požadavky, které jsou na přípravek kladeny z kapitoly číslo 3.2. Přípravek je možné polohovat díky aktuálně používaným polohovadlům. Zároveň, díky jeho štíhlé konstrukci, je možné jej po uvolnění z kleštin pohodlně zavést do aretace. Přípravek bude tedy zapotřebí upravit pro daný typ spodku tramvaje. Díky tomuto dojde ke změně zatížení na danou konstrukci, kde bude zapotřebí celou konstrukci výpočetně zkontrolovat a zanalyzovat. Ke kontrole bude použit výpočet navržený podle normy ČSN EN 1993, která se zabývá navrhováním ocelových konstrukcí. Dále bude nutné aplikovat požadavky z jednotlivých bodů předchozí kapitoly, zaměřit se na problematická místa a najít vhodnější konstrukční řešení.[15]

4 Konstrukční návrh s příslušnými výpočty

V této kapitole je popsán postup při konstrukci celého přípravku. V rámci konstrukce byly zahrnuty jednotlivé požadavky vyplývající z předchozích kapitol. Zároveň byly brány v úvahu i nedostatky plynoucí ze současné situace přípravku. Celý postup konstrukce přípravku a řešení problémových míst je popsán v podkapitolách, ve kterých je vysvětleno jejich řešení a optimalizace. Veškerá konstrukce byla provedena pomocí software Catia V5 od společnosti Dassault Systemes.

4.1 Základ přípravku

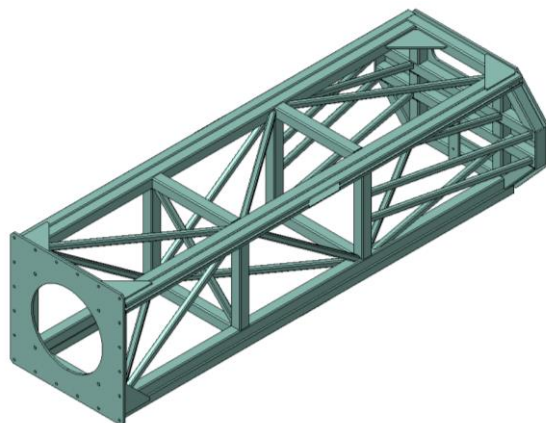
Základem přípravku je příhradový nosník, který je pomocí uchycovacího zařízení upnut na obou koncích do polohovacích zařízení. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, jedná se o základ využívaný pro více projektů a jeho samotná konstrukce nebyla předmětem této práce. Jeho univerzální koncepce umožňuje využití přenastavení. Příhradová konstrukce je složena ze tří částí, které jsou mezi sebou propojeny přes upínací desky šroubovými spoji. Na každém konci konstrukce jsou upínací desky s čtyřhrannými čepy. Pomocí těchto čepů je možné přípravek v případě potřeby uvolnit z uchycení polohovadel anebo opět upevnit.



Obrázek 18 Příhradový nosník

4.1.1 Krajiní části příhradové konstrukce

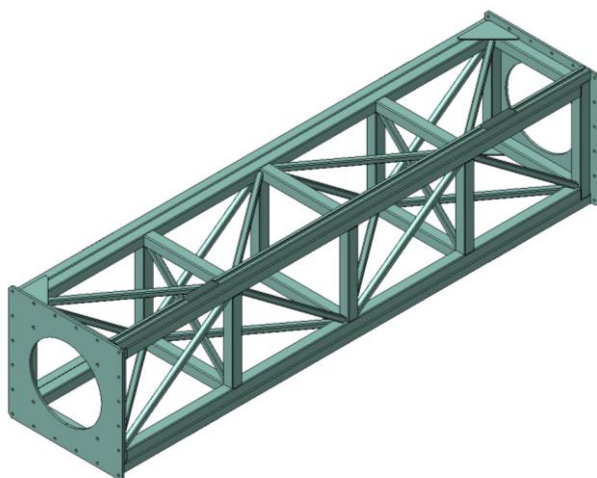
Krajiní části příhradové konstrukce tvoří dvě třetiny z celku celé konstrukce. Jedná se o svařenec profilů. Hlavní části jsou tvořeny ze čtvercových profilů rozměru 80x80x4 mm. Tyto profily jsou svařeny do čtvercového tvaru a podélně spojeny do kvádrového nosníku. Mezi jednotlivými částmi jsou vždy vedeny vyztužovací prvky. Tyto prvky jsou zhotoveny z čtvercového profilu 40x40x4 mm. Podélné profily jsou doplněny o čtvercový C profil, který slouží jako podélná drážka pro uložení podpor a upínek samotného přípravku. Celá konstrukce je doplněna o trojúhelníkové vzpěry, které zajišťují vyztužení konstrukce. Na koncích je tato konstrukce doplněna o lící desky. Tyto desky slouží k připojení na další příhradovou konstrukci anebo pro připojení na uchycovací část do polohovadla. Popisovaná konstrukce je znázorněna na obrázku číslo 19.



Obrázek 19 Krajní část příhradového nosníku

4.1.2 Střední část příhradové konstrukce

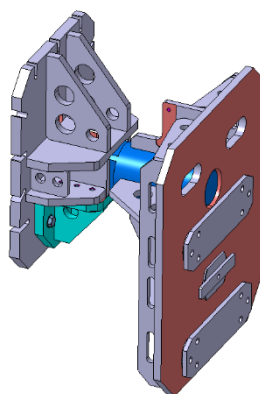
Střední část je konstrukčně velmi podobná částem krajním. Jedná se také o svařenec z profilů, který je na koncích doplněn o uchycovací desky. Tato část se liší pouze délkou. Každý ze spodků daného projektu je rozdílný, a to ať rozměrově, vahou nebo polohou těžiště. Z tohoto důvodu jsou střední části navrhovány tak, aby obsáhly kompletní spodek a bylo možno rozmístit upínky a podpěry, kde je potřeba.



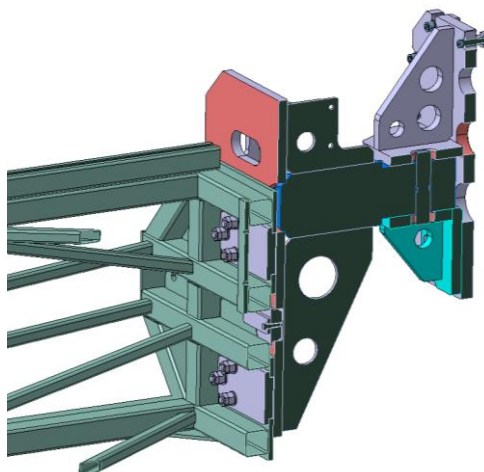
Obrázek 20 Střední část příhradového nosníku

4.1.3 Spojení

Příhradový nosník, který byl zmíněn v předchozích podkapitolách je zapotřebí upnout do polohovadel pro zajištění otáčení. Uchycení je zprostředkováno za pomoci svařence, který je k příhradovému nosníku připojen pomocí šroubů a přitlačných desek. Uložení do polohovadel je pomocí čtvercového čepu. Tento čep zapadá do lůžka a následně je dotlačen pomocí přitlačné desky. Zároveň je konstrukce pojištěna dalším čepem, aby nemohlo dojít k posunutí ve směru podélné osy. Na obrázku číslo 21 je samotné uložení desky s čepem. Na obrázku číslo 22 je znázorněno, jak je celá sestava spojena.



Obrázek 21 Spojení



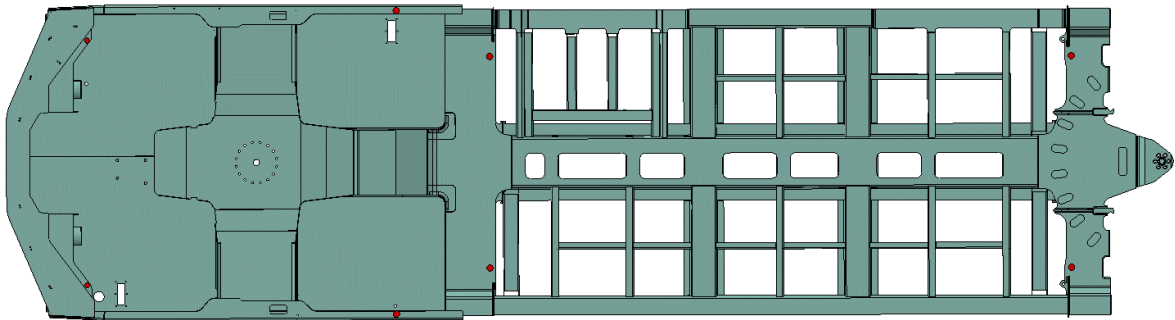
Obrázek 22 S pojení příhradového nosníku

4.2 Upínací body

Spodek tramvaje bylo zapotřebí do přípravku ustavit. Aby bylo možné spodek uložit bylo zapotřebí znát místa, kde může být technický díl podepřen. Většinou se jedná o místa, od kterých vychází rozměry výkresu. Tato místa jsou buďto určena konstruktérem daného technického dílu anebo se využívá návaznosti na předchozí operace.

4.2.1 Přípustná podpěrná místa

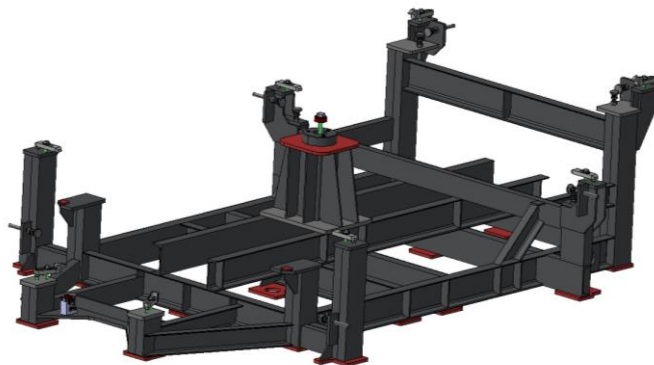
Upnutí svařovaného dílu do přípravku znamená, že na něj bude vyvíjena upínací síla. Tato síla by mohla způsobit deformace dílu a tím i jeho poškození. K minimalizování případné deformace, je vhodné umístit podpěry a upínky v místech, kde je případná deformace minimální. Jsou to zejména místa, kde jsou na technickém dílu použity silnější tloušťky materiálu nebo místa s vnitřním žebrováním. Z tohoto důvodu byla od konstruktéra spodku tramvaje vymezena místa splňující podmínky pro použití upínek a dorazů. Tyto místa jsou znázorněna na obrázku níže.



Obrázek 23 Možná místa ustavení

4.2.2 Návaznost na předchozí operace

Jelikož do spodku vstupují dvě podsestavy, které jsou obrobena z předchozích operací, bylo vhodné využít podobných míst k uchycení jako při obrábění. Díky tomuto se do celkového svařence vnese menší nesrovnalost vlivem změny upnutí. Tím se dosáhne přesnějšího finálního tvaru součásti a zachová se přesnost obrábění. Díky znalosti vhodných dosedacích bodů, byl samotný přípravek pro obrábění čelníku a představku konstruován tak, že využívá stejná místa pro ustavení.

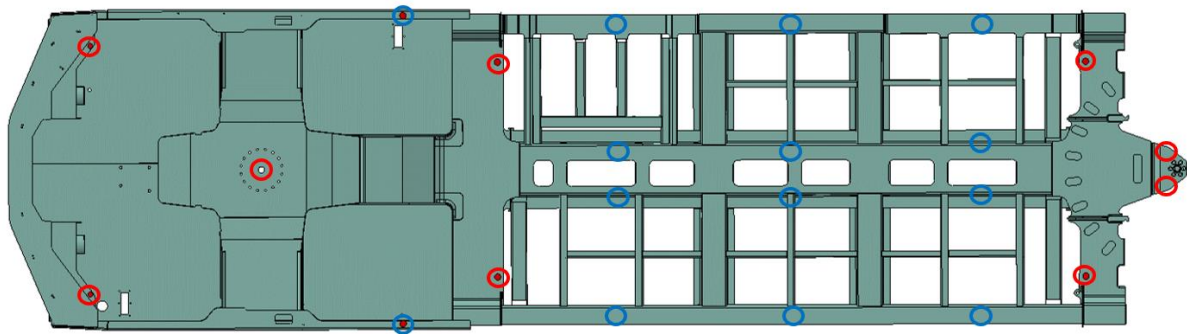


Obrázek 24 Obráběcí přípravek pro představek

4.2.3 Volba a rozvržení podpěrných bodů

V kapitole 3.4 byl pospán problém se současným konceptem ustavovacích bodů pod spodkem. Po celém přípravku byla podpěrná místa konstruována jako stavitelné šrouby s kontra maticí. To mělo za následek možnost změny nastavení bez jakékoli kontroly. Změnou oproti stávajícímu bude uložení jednotlivých podsestav spodku tramvaje na kombinaci pevných a stavitelných podpor. Tímto řešením by se mělo dosáhnout konzistentního uložení na místech, kde je potřeba dodržet rozměry dle výkresové dokumentace. Zatímco na zbylých místech je konstrukce doplněna o podporné stavitelné podpěry.

Na obrázku níže jsou znázorněná místa pro možné uvažování podpěr. Tato místa byla doporučena od konstruktérů spodku tramvaje viz kapitola 2.2. Zároveň byl obrázek doplněn o vyznačená místa uvažovaných podpěr. Červenou barvou jsou označeny oblasti, kde budou konstruovány podpěry pevné. Jedná se o místa navazující na předchozí operace anebo místa důležitá pro dodržení rozměrů dle výkresové dokumentace. Modrou barvou jsou označeny body s rozmístěním podpěr stavitelných. Tyto podpěry jsou rozmístěny tak, aby doplnily podpěry pevné a obě podsestavy spodku tramvaje do nich byly správně ustaveny. Zároveň stavitelné podpěry budou sloužit k nastavení případných nerovností způsobených vlivem předchozí výroby.

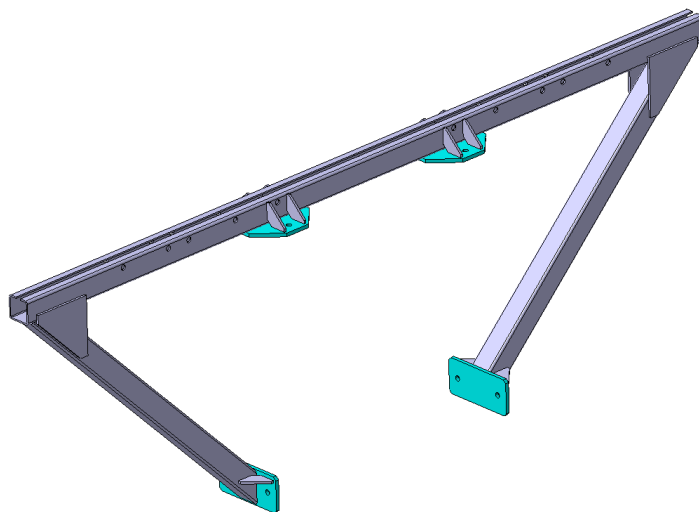


Obrázek 25 Rozmístění pevných a stavitelných podpor

4.2.4 Rozložení univerzálních rámy

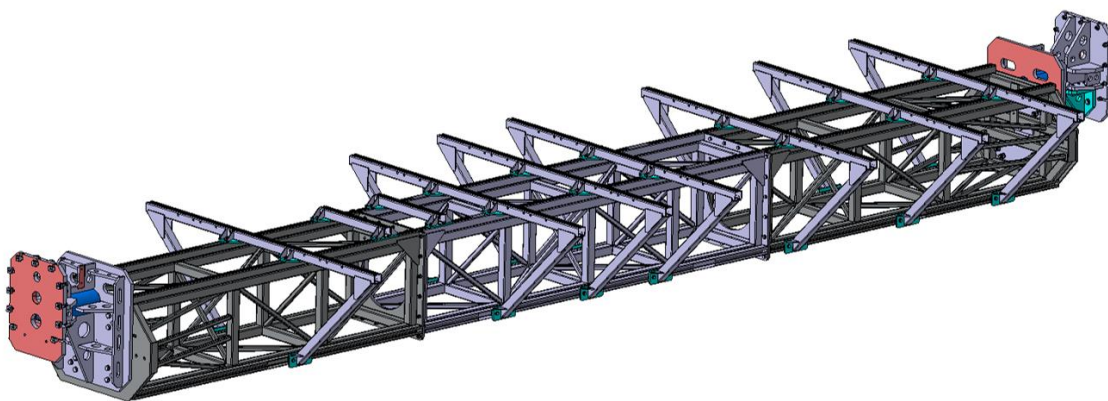
Koncept přípravku je kombinací jednoúčelového se systémovým používáním. Univerzálnost je zajištěna pomocí čtvercových C profilů umístěných podél celé příhradové konstrukce. Do těchto C profilů jsou uchyceny univerzální rámy. Díky podélným drážkám je možné rozmístit tyto univerzální rámy kdekoli na příhradovém nosníku. Následně je na ně možné ustavit jednoúčelové podpěry nebo upínky a přizpůsobit se danému typu spodku tramvaje.

Univerzální rám je svařenec z čtvercových profilů. Profily jsou sestaveny do tvaru lichoběžníku a jsou opatřeny lícními deskami pro uchycení k příhradové konstrukci. Zároveň je celá sestava vyztužena trojúhelníkovými vzpěrami. Horní profil je ve své celé délce z jedné strany frézován. Je v něm vytvořena drážka stejná jako na příhradovém nosníku. Tato drážka slouží opět jako systémový prvek a je možné do ní upínat potřebné konstrukce, dorazy a upínky.



Obrázek 26 Univerzální rám

V návaznosti na předchozí kapitolu byly univerzální rámy rozmístěny v blízkosti zvolených podpěrných míst. Samotné univerzální rámy tvoří základ pro zbytek přípravku. Následně od nich byly konstruovány jednoúčelové konstrukce. Na tyto konstrukce byly navrhovány upínky, podpěry a jiná pomocná zařízení přípravku, aby splnili svou funkci.



Obrázek 27 Rozmístění univerzálních ráků na příhradové konstrukci

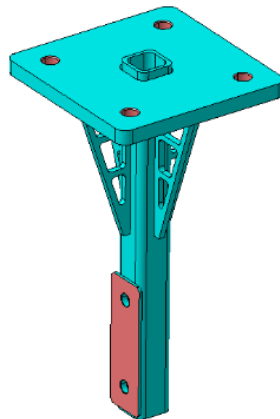
4.3 Konstrukce pomocných os a rovin

Před samotným používáním přípravku je vždy nutné veškeré dorazy, podpěry a upínky nastavit do správné pozice. Toto nastavení zajistí celkové rozměry výsledného kusu. Proto je důležité, aby na přípravku byly konstruovány pomocné osy. Tyto osy tvoří pomocnou ruku nejen při nastavení přípravku, ale také při založení podsestav tramvaje. Díky nim se odměřují polo šířky svařence a kontroluje se celý spodek. V kapitole 3.4 byla zmíněna náročnost na obsluhu a možné vlivy chyb současné konstrukce. Z tohoto důvodu byly konstruovány nové pomocné sestavy. Tyto sestavy jsou tvořeny částí uchycovací a částí horní.

4.3.1 Část uchycovací

V této části bylo využito současných upínacích míst na svařenci pro spojení příhradového nosníku s polohovadly. Tato místa jsou opracované plochy do roviny, která jsou kolmá ke středu sestavy. Zároveň jsou zde vyvrtány dva otvory se závity.

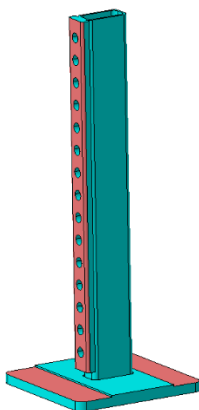
Upínací část byla konstruována, tak aby využila současných míst pro uchycení a nebylo třeba změn v základním rámu. Konstrukce byla navržena tak, že hlavní část tvoří čtvercový profil s horním plechem. Čtvercový profil byl doplněn o plech pro upnutí. Celá sestava byla vyztužena žebry, aby nemohlo dojít ke snadnému vychýlení v případě nečekané zátěže. Po sestavení zmiňovaných komponent je celá konstrukce obráběna. Obrábění je prováděno v místě dosedacího plechu a plechu horního. Plocha dosedacího plechu je frézována do roviny a jsou v ní vrtány otvory pro uchycení. V plechu horním jsou vyvrtány otvory se závity, které budou sloužit jako místo pro spojení se sestavou horní. Tyto otvory je zapotřebí dodržet rovnoběžné se spodní dosedací plochou. Celá sestava je znázorněna na obrázku níže.



Obrázek 28 Spodní část sestavy pomocných rovin

4.3.2 Část horní

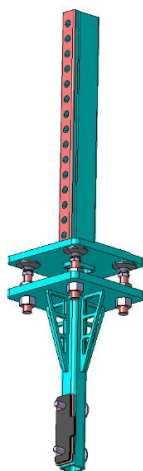
Horní část byla navržena velmi podobně jako část uchycovací. Její hlavní částí je obdélníkový profil, který je k základní desce uchycen pomocí svarového spoje. Profil byl navíc doplněn navařeným podélným plechem. Po svaření těchto tří částí je celá sestava obrobena. Při tomto obrábění je velmi důležité dodržení rozměrů a geometrických tolerancí. Z obrobených míst budou vycházet roviny a osy pro měření na přípravku. Sestava je obráběna ve dvou na sebe kolmých rovinách, které budou tvořit podélnou a vodorovnou rovinu přípravku. Zároveň byla na základním plechu navržena lůžka pro připojení sestavy uchycovací dohromady s popisovanou sestavou. Vše je zobrazeno na obrázku číslo 29.



Obrázek 29 Horní část sestavy pomocných rovin

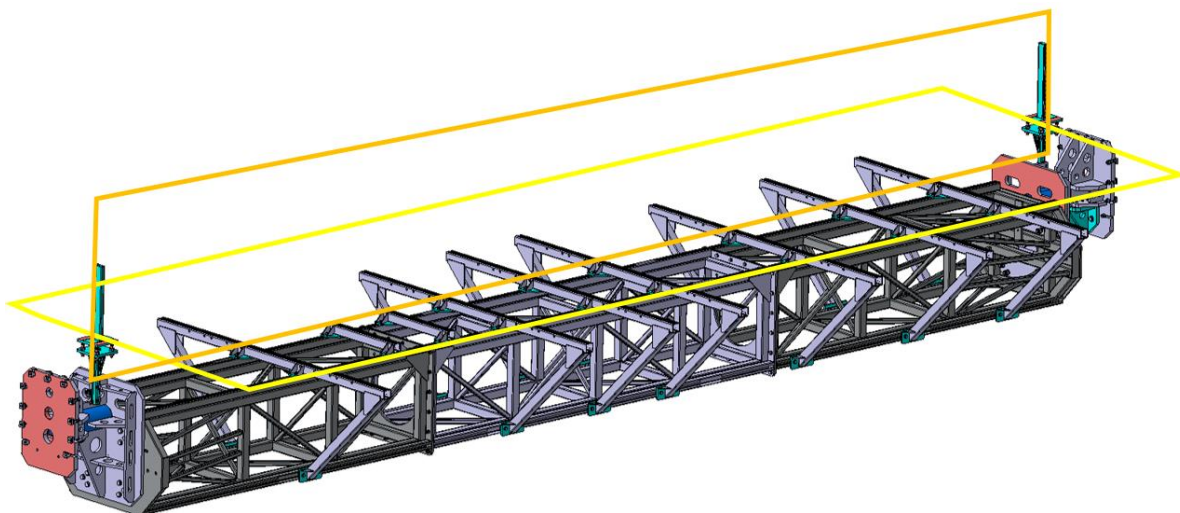
4.3.3 Sestava kontrolní

Na obrázku číslo 30 je znázorněna celá sestava i s kompletním spojovacím a doplňkovým materiálem. Spojení mezi spodní a horní částí bylo navrženo pomocí stavitelných šroubů s kulovou hlavou a náklonným kloboukem pojištěné svarem. Tento způsob byl navržen s ohledem na vodorovnou rovinu. Díky tomuto spojení bude možné celou sestavu nastavit do jedné roviny a vyrovnat i s protějším kusem. Dále byla sestava doplněna o vymezovací podložky a spojovací materiál pro uchycení na základní rám. Vymezovací podložky slouží k přesnému ustavení celé sestavy do osy přípravku.



Obrázek 30 Sestava kontrolní

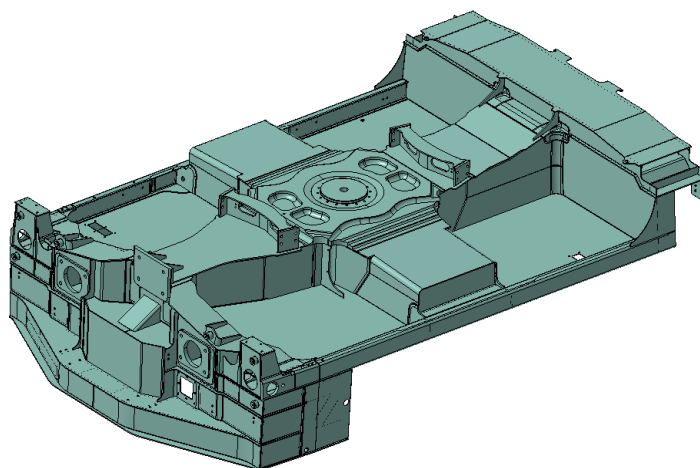
Princip použití konstrukce pro určení pomocných rovin je znázorněn na obrázku níže. Na každém konci základního rámu je vždy jedna konstrukce. Tyto konstrukce se navzájem vyrovnají. Vyrovnat se musí jak ve vodorovné rovině, tak v podélné rovině. Následně poslouží jako měřicí a nastavovací roviny pro přípravek i pro samotný spodek tramvaje.



Obrázek 31 Použití pomocných rovin

4.4 Ustavení představku

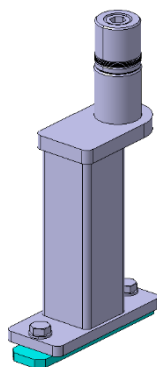
První zakládanou částí do přípravku bude představek. V kapitole 4.2.3 byla popsána místa, kde jsou uvažovány podpěry pro daný technický díl. Pod těmito místy byly rozvrženy univerzální rámy. Na tyto rámy jsou dle tvaru technického dílu navrženy různé vyvyšovací sestavy tak, aby se blížily tvaru dílu.



Obrázek 32 Představek čelní

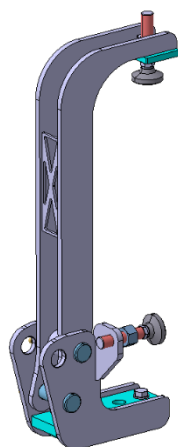
4.4.1 Ustavení přední části

Ustavení představku v přední části bylo navrženo ve stejné oblasti jako z předchozí operace obrábění. Z tohoto důvodu je v tomto místě uvažována podpěra pevná pro podepření v tomto místě byla navržena sestava složená z čtvercového profilu, dvou desek na koncích a tyčového základu pro podpěru. Spodní deska slouží k uchycení sestavy ke konstrukci. Na horní desce je navařena kruhová základna s otvorem a závitem. Celá podpěra byla doplněna o vymezovací podložky, samotnou podpěru a spojovací materiál. Podpěra byla konstruována z tyčoviny kruhového průřezu. Uvnitř podpěry byl vyhotoven otvor pro uchycení k základní sestavě. Vymezovací podložky byly do sestavy komponovány z důvodu možnosti změny nastavení. Změna nastavení může být například z důvodu úpravy konstrukce představku nebo také z důvodů odladění výroby a nastavení přípravku.



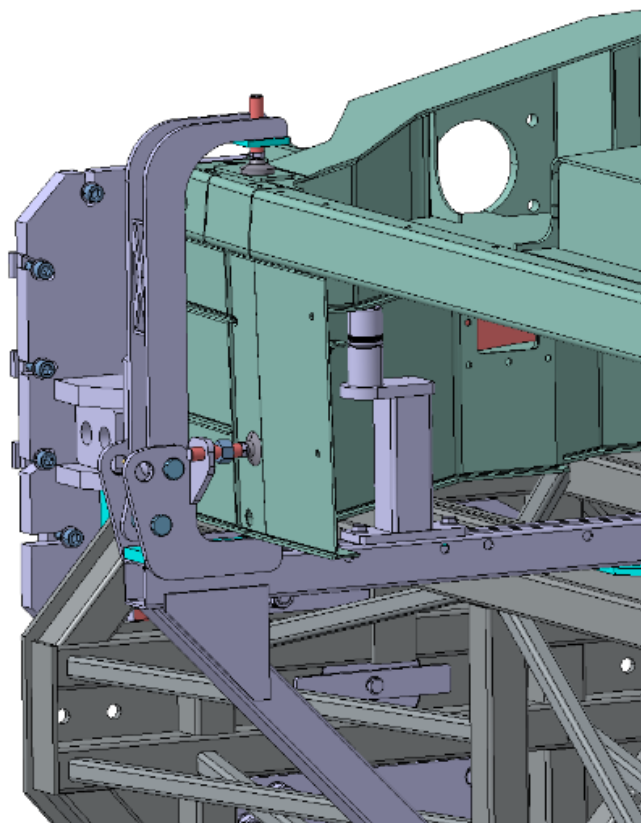
Obrázek 33 Podpěra pevná – přední část

Proti každé podpěře je ideální tlačit upínací silou. V této části nebylo možné konstruovat upínku přímo proti podpěře. Upínka byla tedy umístěna, co neblíže možnému místu. Upínka byla navržena ze dvou částí. Část uchycovací a část výklopná. Upínací část byla navržena jako základ pro zbytek upínky. Jedná se o sestavu svařenou z plechů. Do upínací části byly navrženy otvory pro uchycení k základnímu rámu, otvory pro umístění čepu na vyklonění upínky a otvory se závitem pro stavitelný šroub. Stavitelný šroub v tomto případě složí jako prostředek pro nastavení a vyrovnání v příčném směru.



Obrázek 34 Upínka – přední část

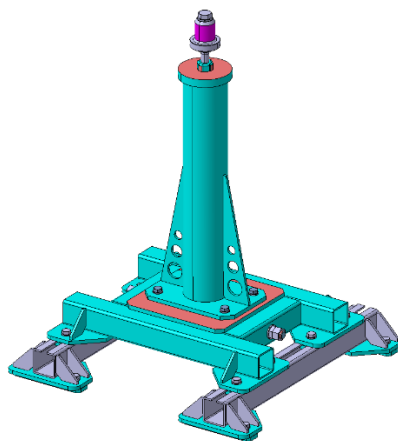
Druhou částí je výklopná upínka. Důvodem navržení výklopné části bylo odklonění upínky v případě zavážení představku a jiných částí do přípravku. Po zavezení všech částí do přípravku se výklopná část uvolní čepem přisune se k upínané části a opět se zajistí. Tato část byla navržena jako svařenec desek požadovaného tvaru. V horní části je plochá deska opatřena maticí, která umožňuje použití stavitelného šroubu. Pomocí stavitelného šroubu je následně vyvozována upínací síla na technický díl. Na obrázku níže je znázorněno uložení přední části představku.



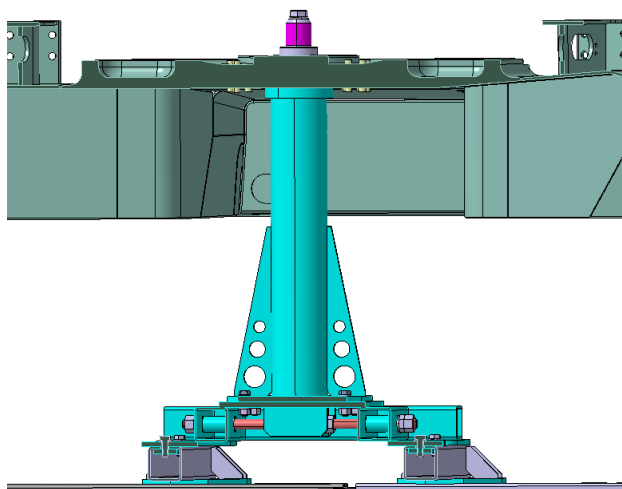
Obrázek 35 Celkové ustavení přední části

4.4.2 Ustavení střední části

Ustavení střední části je velmi důležité. V této části se nachází otvor pro ložisko podvozku a od tohoto místa vychází měření celého spodku. Nejvíce kontrolovanými rozměry je délka mezi osou tohoto otvoru a osou pro ložisko na čelníku. Pro uložení této části byl koncept podpěry převzat z předchozích projektů. Jedná se o sestavu C profilů, které tvoří základ pro uchycení k základnímu rámu. Dále je na nich upnut základní uchycovací rám, Tento rám je také svařenec z profilů a desek. Vrchní deska je obrobena do roviny, aby tvořila podporu pro vrchní část. Vrchní část byla navržena jako svařenec z trubky a desek. Celá sestava je opracována, tak aby tvořila pevnou podporu. Zároveň zajišťuje středění díky přesně obroběnému čepu na horní desce vrchní části. Ve spodní části je celá sestava opatřena nastavitelnými maticemi se šrouby. Díky tomuto je v případě potřeby možné posunout celou sestavu ve směru podélné osy. Vyvození upínací síly je za pomoci čepu se šroubem, který se šroubuje do vrchní části. Zároveň tento čep slouží jako vedení při zakládání přípravku do další operace.



Obrázek 36 Uložení střední části

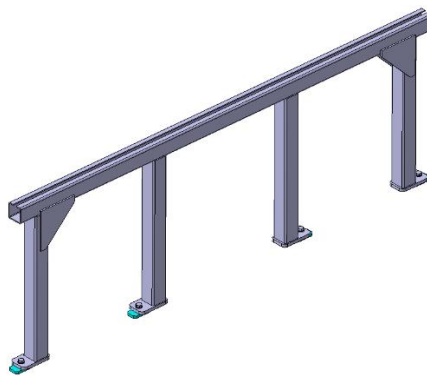


Obrázek 37 Celkové ustavení střední části

4.4.3 Ustavení zadní části

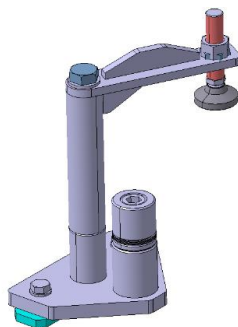
Zadní část představku je oproti zbytku více odsazena. Odsazení je způsobeno návazností představku na další sestavu roštu s čelníkem. Díky tomuto odsazení bylo zapotřebí vyvýšit konstrukci přípravku, aby mohly být upínky a podpěry umístěny blízko ustavovaného kusu.

Pro přiblížení tvaru přípravku byla navržena vyvýšovací konstrukce. Konstrukce byla navržena z čtvercových profilů ustavených na výšku. Shora jsou všechny profily spojeny jedním čtvercovým C profilem, který bude sloužit jako upínací plocha pro podpěry. Na spodní straně celé sestavy jsou desky pro uchycení k základnímu rámu. Celá konstrukce byla doplněna o zpevňovací prvky a je následně kompletně svařena. Obrázek níže zobrazuje popisovanou konstrukci.

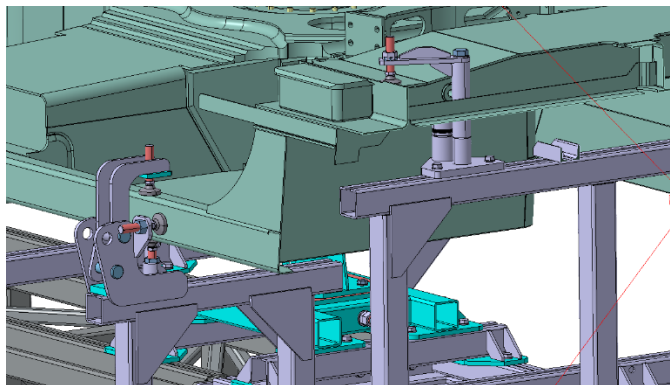


Obrázek 38 Sestava vyvýšovací

Podepření v zadní části představku bylo navrženo opět pevným dorazem stejné koncepce jako bylo u části přední. Změna byla pouze v provedení uložení podpěry a upínky. Základ byl navržen z plechu, který slouží pro uchycení k přípravku a zároveň slouží jako místo pro ustavení upínky a podpěry. Na základní desku byla svařovým spojem uchycena tyčová podpěra pro pevnou podpěru. Samotná podpěra byla opět tvořena vymezovacími podložkami a pevnou podpěrou. Všechny tyto části byly následně propojeny šroubovým spojem. Upínací síla je v tomto místě vyvíjena pomocí atypické upínky. Její koncept byl přebrán z předchozích projektů, jelikož se ukázal jako praktický a funkční. Na upínce byla provedena pouze rozměrová změna tak, aby byla upínka funkční v tomto případě. Konstrukci upínky tvoří kruhová trubka, která byla doplněna o desku s navařenou maticí a vzpěry pro vyztužení. Tato konstrukce je následně pomocí dlouhé šroubu upevněna k základnímu plechu, který je osazen základem pro upínku viz obrázek číslo 39. Základ pro upínku tvoří kruhová tyčovina s o tvorem, ve kterém je závit. Zástavba i se založeným dílem je vyobrazena na obrázku číslo 40.



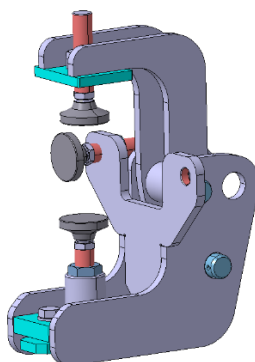
Obrázek 39 Upínka a podpěra zadní části představku



Obrázek 40 Ustavení zadní části a pomocné ustavení

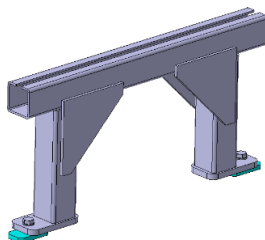
4.4.4 Pomocné ustavení

V předchozích podkapitolách bylo popsáno ustavení představku na pevné dorazy. Pro zajištění a podepření celého technického dílu bylo ustavení doplněno o pomocnou konstrukci. Pomocná konstrukce zajišťuje dodatečné podepření stavitelným šroubem. Zároveň byl v konstrukci uložen i stavitelný šroub pro vymezení představku v příčném směru. Celá pomocná konstrukce byla navržena velmi podobně jako u přední části. Rozdílem je pouze zakomponování stavitelné podpěry přímo do upínky a přizpůsobení tvaru upínky pro dané místo. Byla zachována výklopná část pro možnost odklopení upínky v případě zavážení nebo uvolnění upínané konstrukce.



Obrázek 41 Pomocná podpěra s upínkou

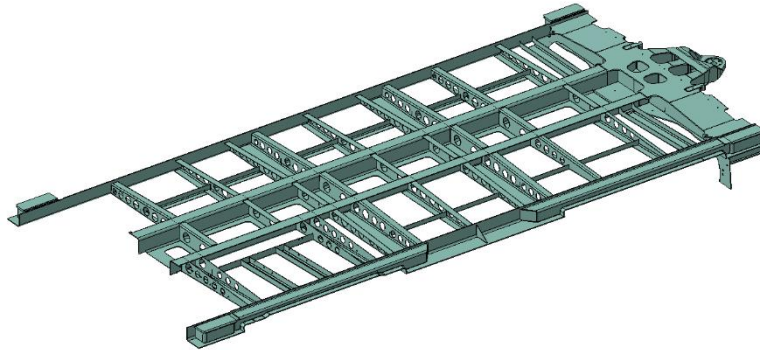
Pomocnou konstrukci bylo třeba opět přiblížit k upínané součásti na přípravku. Z tohoto důvodu byla navržena obdobná konstrukce navýšení jako v předchozí kapitole. Konstrukce spočívá ve čtvercových profilech, které slouží jako základ pro pomocnou upínku. Zobrazení této sestavy je na obrázku níže. Celá konstrukce a její ustavení je znázorněna výše na obrázku 40.



Obrázek 42 Vyvýšení pro pomocné ustavení

4.5 Ustavení roštu s čelníkem

Dalším zakládaným dílem do přípravku byla podsestava roštu podlahy s čelníkem. V kapitole 4.2.3 byly popsány uvažované body podpěr. V místě těchto podpěr byly rozestaveny univerzální rámy, na které byly vystavěny podpěry a upínky. I když se bude vkládat technický díl jako jeden kus bude samotné uložení rozděleno na dvě části. V první části je popsáno ustavení roštu a v části druhé ustavení čelníku.

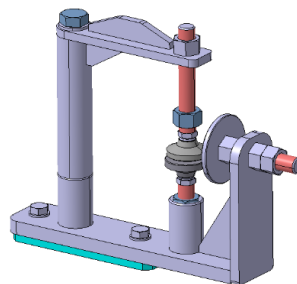


Obrázek 43 Rošt podlahy s čelníkem

4.5.1 Ustavení roštu

Rošt svým tvarem přímo navazuje na zadní část představku. Pro ustavení zadní části představku bylo zapotřebí použití sestavy vyvyšovací pro vynesení upínek k upínanému dílu. U samotného roštu bylo zapotřebí dodržet stejnou úroveň vnesení tak, aby rošt navazoval na představek. Z tohoto důvodu byly pod celým roštem použity vyvyšovací sestavy. Samotný rošt je svařenec z plechů, který není následně nijak obroben. Z tohoto důvodu byly pod celým technickým kusem rozmístěny pouze stavitelné podpěry.

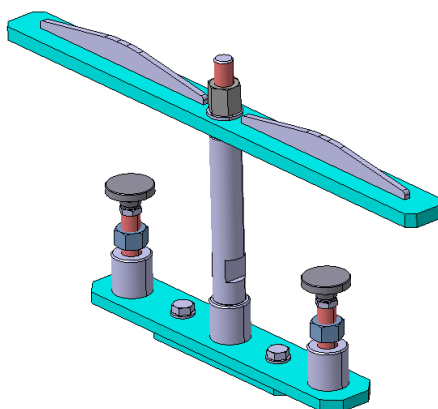
Pro ustavení v krajních částech technického dílu byl převzat koncept společné podpěry s upínkou, který byl doplněn o příčný stavěcí šroub. Jedná se o svařenou konstrukci, kde základ tvoří plech s dvěma uchycovacími body pro stavitelný šroub a upínku. Konstrukce byla z boku doplněna o desku s maticí pro uchycení stavitelného šroubu na vymezení příčného směru. Proti spodní podpoře je vyvíjena upínací síla stejnou upínkou, která byla popsána v kapitole 4.4.3. Z důvodu zjednodušení konstrukce byly tyto upínací sestavy rozmístěny na všech místech kraje roštu. Aby byla zajištěna univerzálnost přípravku pro oba typy článků, které se liší v oblasti dveřních vstupů, byla navržena upínka s větší dosedací plochou. Pro vymezení příčného směru technického dílu byla na stavitelném šroubu navržena větší plochá hlava. Tato plochá hlava byla konstruována, tak aby byla schopna tlačit na všechny rozdílné výšky technického dílu.



Obrázek 44 Upínka krajní části roštu

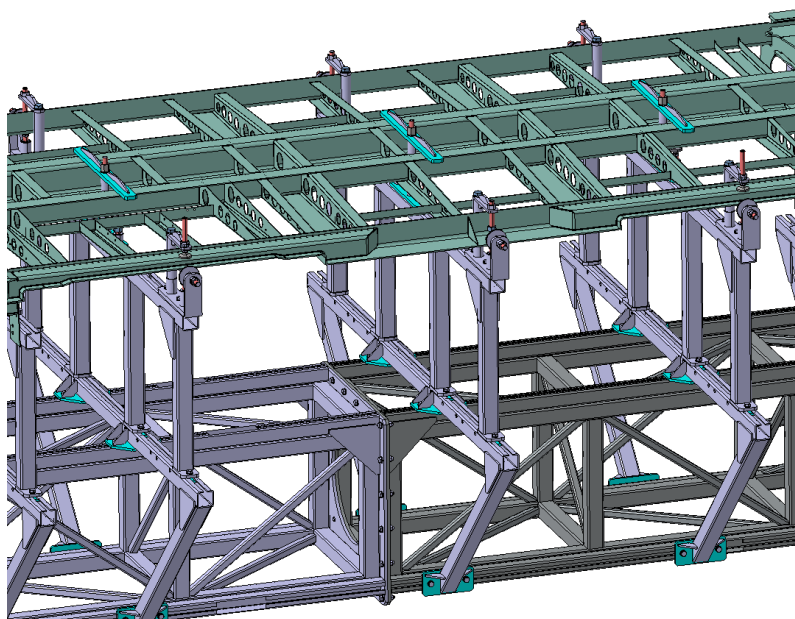
Vzhledem k tomu, že rošt je velký díl bylo vhodné ho podepřít v místě páteře. V tomto místě byly po celé délce rozmístěny dvojité podpory s upínkou. Jedná se o již používané podpěry. Jejich konstrukce byla upravena, tak aby fungovala i pro daný typ technického dílu.

Konstrukce podpory je navržena jako základní plech, který slouží pro uchycení k rámu. Zároveň nese uchycovací části pro podpěry a samotnou upínku. Podpěry jsou pouze stavitelné šrouby s kontramaticí. Proti podpěrám tlačí atypická upínka. Konstrukci upínky tvoří svařenec plechu, trubky a výztužných prvků. Pro zajištění upínací síly je upínka stahována centrálním šroubem uprostřed a přitlačuje technický díl proti podpěrám.



Obrázek 45 Středová podpěra

Na obrázku níže je znázorněné ustavení roštu v krajních částech i ve středové oblasti. Zároveň je zde znázorněna rozdílnost výšky krajních podélníků vlivem dveřních otvorů.

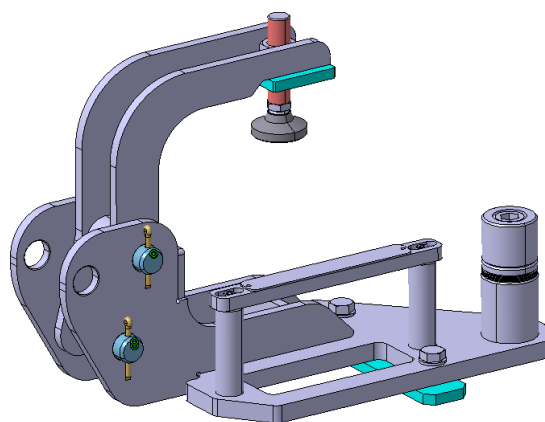


Obrázek 46 Rozmístění podpěr roštu

4.5.2 Ustavení čelníku

Čelník sám o sobě je svařenec, který je následně obroben na požadované rozměry. Po obrobení čelníku je sestavován a svařován dohromady s roštem podlahy. Následně je zakládán do přípravku na sestavení spodku tramvaje. Jelikož se jedná o obrobenou část celku, byly pod tento díl navrženy pevné podpěry. Vzhledem k tomu, že se jedná o díl spojený s roštem, platí stále potřeba výškové návaznosti. Z tohoto důvodu byly upínky a podpěry vystavěny na vynesných konstrukcích.

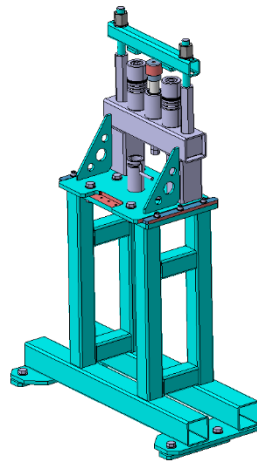
Ustavení krajní části čelníku bylo navrženo obdobně jako na předchozích oblastech. Jedná se o konstrukci navrženou na základním plechu. Základní plech slouží k ustavení uchycení podpěr a upínek. Podpěry byly navrhovány jako pevné s ohledem na obrobená místa čelníku. Jedná se o stejné podpěry, které využívají základnu pro uchycení, vymezovací podložky a samotnou podpěru. Dále byla konstrukce doplněna o výklopnou atypickou upínku. Tato upínka byla navržena na stejném principu jako předchozí upínky. Jedná se o výklopnou upínku a změna byla provedena pouze v optimalizaci rozměrů pro danou oblast upínání. Vyvození upínací síly bylo navrženo za pomoci stavitelného šroubu, který tlačí proti podpěře. Závěrem byla celá sestava doplněna o měřicí pomůcku. Jak bylo zmíněno v nedostatcích současné konstrukce, v současné situaci chybí možnost jednoduchého odměření délky ustavení zakládaného kusu. Z tohoto důvodu byla konstrukce upínky doplněna o sestavu podpěrných tyčí spojených deskou. Na desku byl navržen plech s gravírovanou milimetrovou stupnicí. Tento plech se k celé konstrukci uchytil pomocí nýtového spoje.



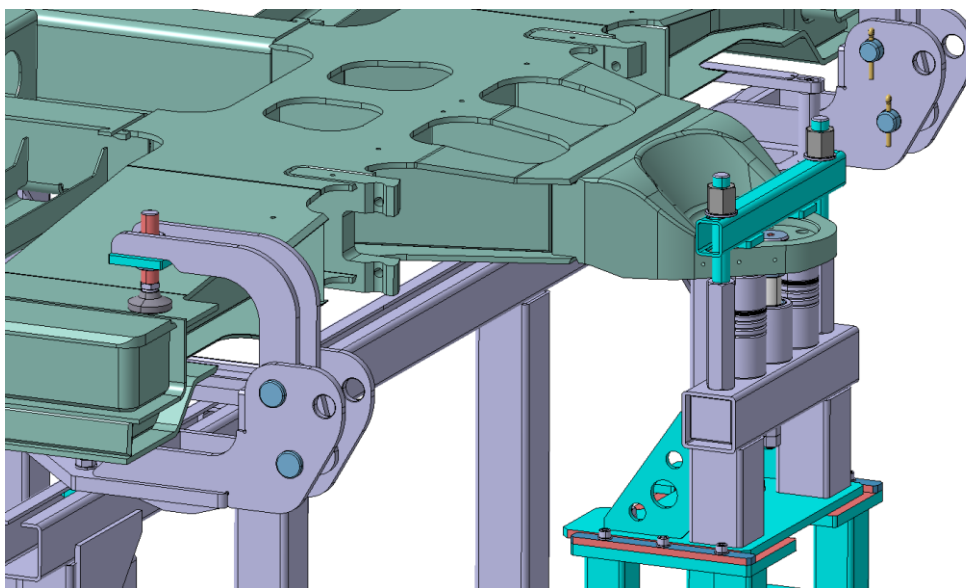
Obrázek 47 Upínka čelníku

Ustavení střední části čelníku je důležité s ohledem na dodržení vzdálenosti osy ložiska čelníku vůči ose ložiska představku. Z toho důvodu byl použit již používaný a funkční návrh z předchozích projektů.

Základem pro ustavení v tomto místě je sestava rámu, která zajišťuje vynesení celé konstrukce do správné výšky. Konstrukce byla navržena ze čtvercových profilů spojených svarovými spoji. Následně byla celá konstrukce obrobena do roviny. Díky obrobení bylo zajištěno vytvoření vhodné a rovné plochy pro ustavení podpěrné konstrukce a také vyhotovení otvoru pro zajišťovací čep. Na spodním rámu byla vystavěna podpěrná konstrukce, která byla navržena ze základní desky, čtvercových profilů a potřebných doplňků pro zpevnění. Konstrukce byla doplněna o zajišťovací čep, který pomáhá při nastavování přídatkové délky celého svařence. Na vrcholu podpěrné konstrukce byly použity podpěrné body, které byly doplněny o vymešovací podložky a pevné podpěry. Zároveň byl použit středící čep, který zajistí polohu osy čelníku. Proti pevným podpěrám byla navržena hrazdová upínka, která dotlačuje čelník.



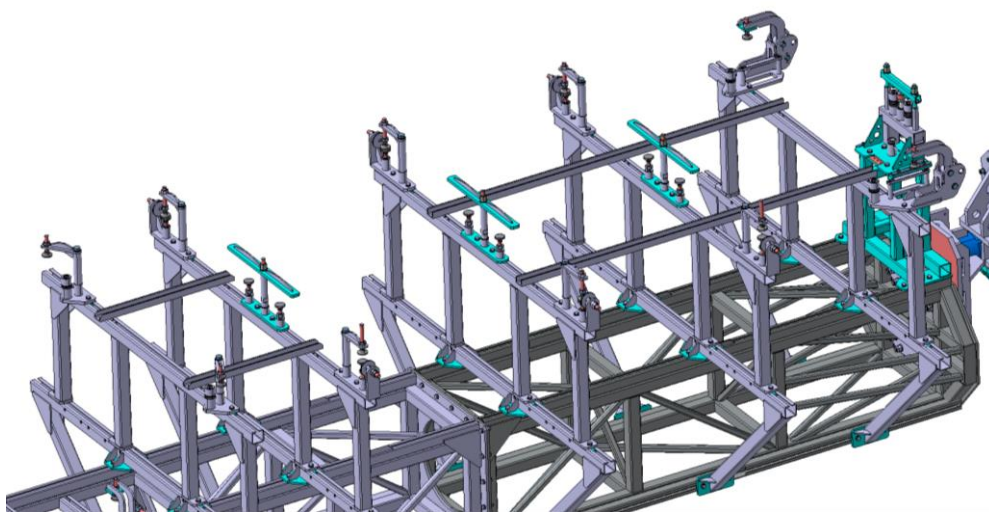
Obrázek 48 Ustavení středové části čelníku



Obrázek 49 Ustavení celé oblasti čelníku

4.5.3 Zpevnění

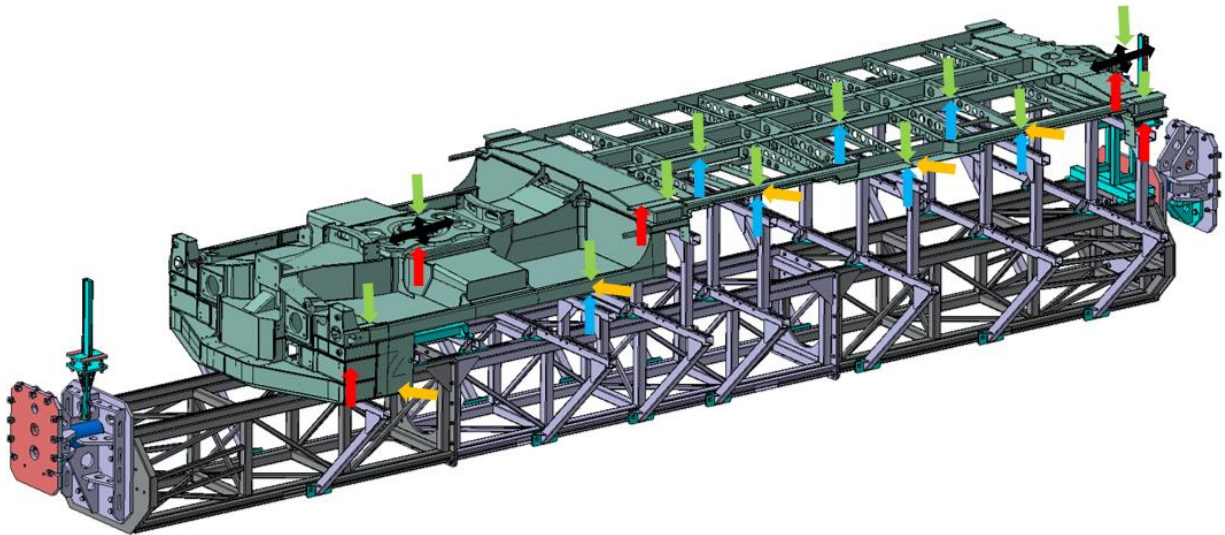
Z důvodu rozdílných výšek upínacích bodů celé sestavy byla oblast vyvyšovacích podpěr vyztužena. Jelikož se jedná o štíhlé vysoké konstrukce, které by mohly být namáhány a vychylovány z pozice ustavení vlivem zakládání technického dílu. Byly navrženy zpevňovací prvky. Konstrukce těchto prvků byla konstruována jako U profil s podélnými otvory. Pomocí otvorů bylo možné uchytit výztužné profily na jednotlivé vyvyšovací konstrukce a propojit je. Tímto bylo dosaženo tužšího spojení vnesených konstrukcí se základním rámem. Vše je znázorněno na obrázku níže.



Obrázek 50 Zpevnění konstrukce

4.6 Celkový pohled na přípravek

V předchozích kapitolách byl popsán návrh jednotlivých částí pro upnutí spodku tramvaje do přípravku. Byly popsány jednotlivé návrhy pro upnutí v daném místě. Jednalo se zejména o pevné a stavitelné podpěry. V kapitole 2.1.2 bylo charakterizováno ustavení technického dílu v přípravku. Nejdůležitějším bodem je odebrání veškerých stupňů volnosti. Na obrázku níže je schematicky zobrazeno ustavení jednotlivých podpěr a jejich směr působení. Červenou šipkou jsou vyobrazeny podpěry pevné, modrou podpěry stavitelné, zelená šipka naznačuje směr působení upínací síly. Oranžová šipka ukazuje stavitelné opěry a černé kříže znamenají místa ustavení podsestavy na čepy. V místech uložení na čepy dochází k zajištění podélného a příčného pohybu. Veškeré schématické značky na obrázku byly pro zachování přehlednosti vyobrazeny pouze na jedné polovině obrázku. Celá konstrukce byla řešena vždy pro obě strany spodku tramvaje



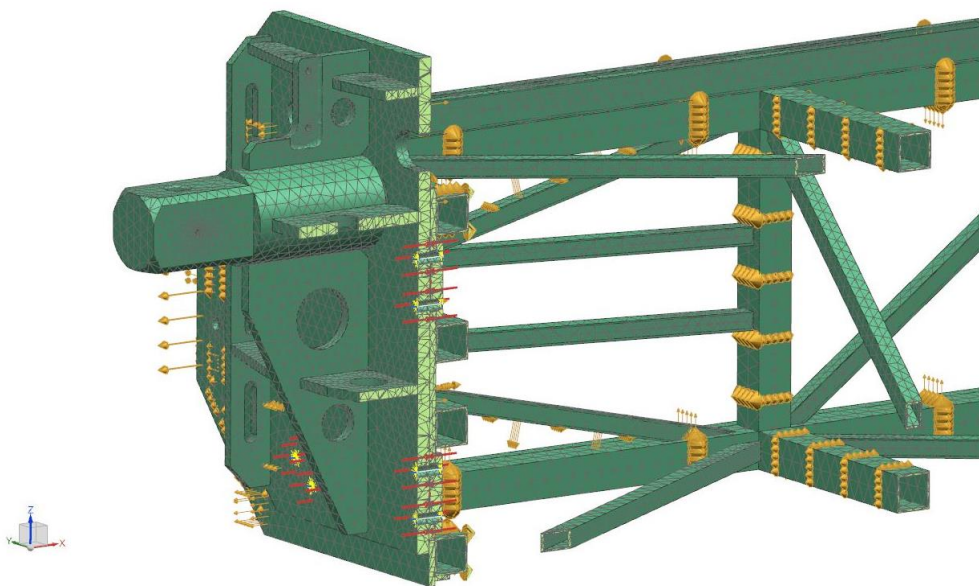
Obrázek 51 Schéma vymezení polohy

4.7 Analýza konstrukce

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, tak každý přípravek musí odolat zatížení, které je na něj vyvíjeno v průběhu operace. Návrh přípravku v této práci se zabývá svařovacím přípravkem, který není nijak zvlášť zatěžován okolními vlivy. Zatěžujícími vlivy jsou pouze vlastní váha celé konstrukce a váha zakládáných dílů. V kapitole 3.1 bylo zmíněno, že jedním z problémů může být průhyb celé konstrukce. V případě velkého prohnutí (posunutí od deformace) by mohlo docházet ke svaření spodku tramvaje nesprávně. Výsledný svařenec by byl sám o sobě prohnutý. Jelikož má celý nosník přibližně dvanáct metrů, není možné zajistit, aby průhyb celé konstrukce byl nulový. Vzhledem k tomu, že je celá konstrukce vlastně nosník na dvou podporách, je největším místem průhybu střed nosníku. Aby byl průhyb považován za přijatelný, měl by se pohybovat v tolerancích svařence. Tolerance svařence jsou zmíněny v kapitole 3.2.3., kde pro rovinnost je ± 10 milimetrů. Ze zkušenosti s předchozími projekty bylo zjištěno, že se jejich průhyb pohyboval na hranici této tolerance. Jednalo se o projekty, které byly delší, těžší nebo bylo jejich těžiště v jiném místě. Jelikož se jedná o nový návrh přípravku, kde byly aplikovány některé změny v konstrukci. Zároveň je do přípravku zakládán nový technický díl, který má jinou hmotnost a umístění těžiště. Tak z těchto důvodů je zapotřebí analyzovat největší deformaci konstrukce a zjistit vliv na výsledný svařenec. V případě potřeby optimalizovat konstrukci. Analýza byla provedena v software NX od společnosti Siemens.

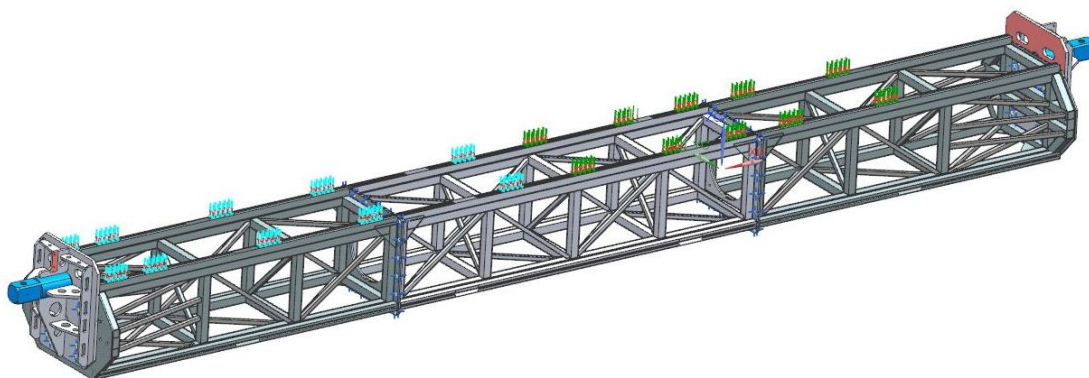
4.7.1 Výpočet

Výpočet byl s ohledem na výpočetní výkon proveden na holém nosníku s upínacími prvky. Jeden konec byl uložen jako pevná podpora a konec druhý jako posuvná podpora. Na konstrukci byla použita 3D tetrahedrální síť o velikosti elementu 35 mm. Zároveň bylo v síti dovoleno zmenšení elementů až na 50% původní velikosti pro dosažení zasicování ve všech místech konstrukce. Jednotlivé spoje byly navrženy tak, aby odpovídaly spojům samotné konstrukce. V případě svarů byla použita funkce "surface to surface gluing" a v případě šroubových spojů bylo dané místo nahrazeno 1D prvkem, který simuloval šroubové spojení. Každé šroubové spojení bylo předepnuto příslušnou upínací silou pro daný spoj.



Obrázek 52 Ukázka aplikované sítě, svařových a šroubových spojů

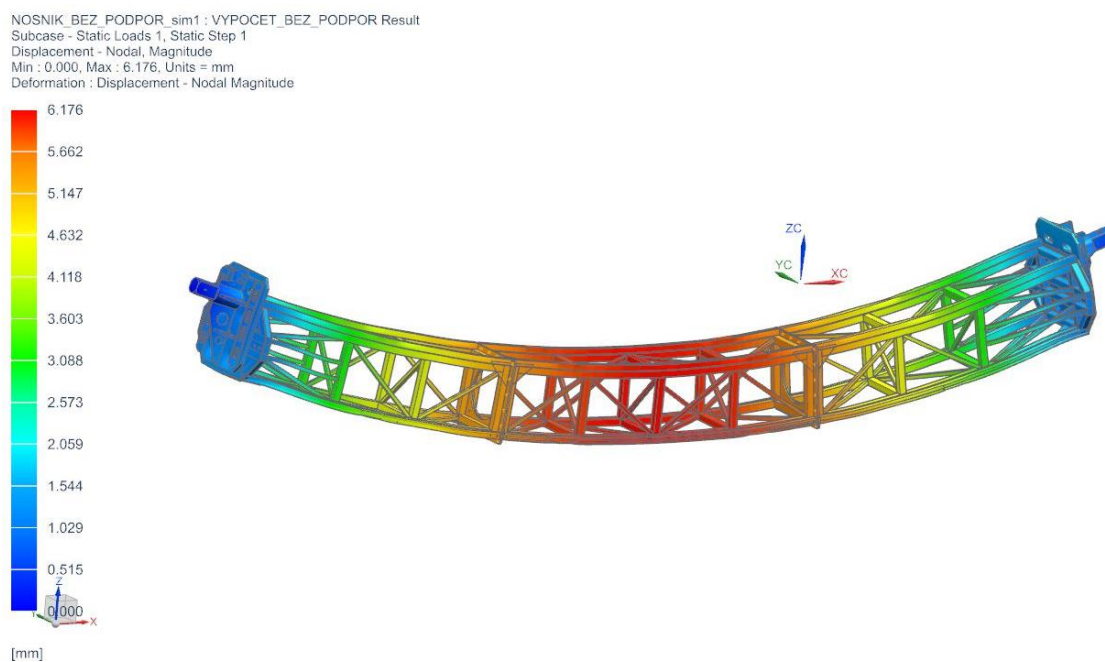
Pro zjednodušení byla plocha dotýkající se upínací sestavy se základním rámem "vyseknuta" tak, aby na ni mohlo být aplikováno zatížení. Na každou takovou plochu bylo aplikováno vždy zatížení (váha) od dané sestavy, která se místa dotýkala. Zároveň bylo přes dotčené plochy rovnoměrně rozvrženo zatížení od daných technických dílů. Na obrázku níže jsou znázorněny jednotlivé zatížení. Červenou barvou jsou znázorněny zatížení od upínacích sestav. Barvou tyrkysovou je znázorněno zatížení od roštu s čelníkem a barvou zelenou je vyobrazeno zatížení od váhy představku. Závěrem byla celá konstrukce vystavena gravitačnímu zatížení, aby bylo počítáno i s vlastní vahou základního rámu.



Obrázek 53 Zatížení konstrukce silami

4.7.2 Vyhodnocení výsledků

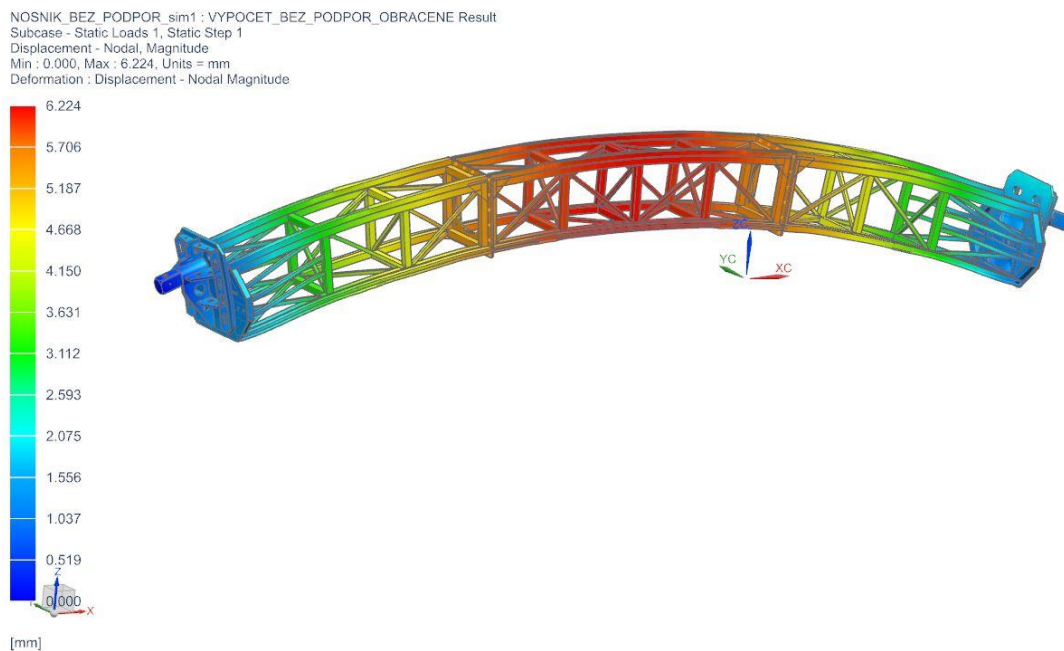
Pro daný případ byly uvažovány tři zátěžné stavy. Jedním ze stavů bylo zatížení tak, jak byl celý přípravek konstruován. Příhradová konstrukce byla dole a technický díl vystavený nad touto konstrukcí. Na obrázku níže je znázorněný výsledek deformační analýzy. Tento výsledek je pro názornost zvětšen 1:10. Z vykresleného výsledku je patrné, že se konstrukce chovala tak, jak bylo předpokládáno.



Obrázek 54 Vykreslení výsledku posunutí od deformace v normální poloze (6,176 mm)

Z výsledku vyplynula největší dislokace elementu 6,176 mm. Tato dislokace odpovídá největšímu průhybu dané konstrukce.

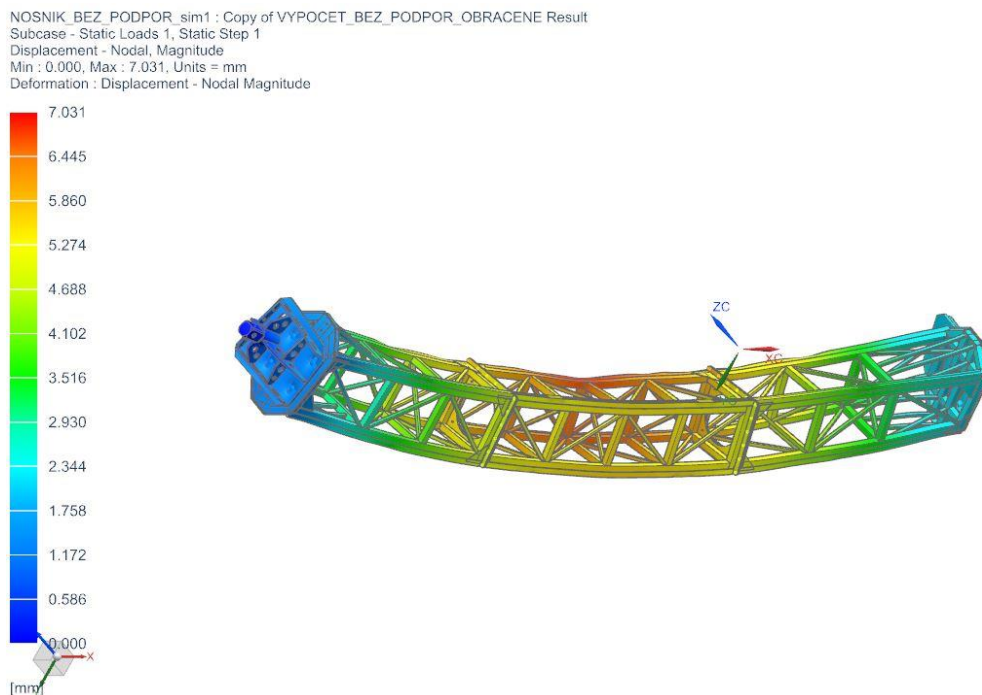
Druhým stavem, který byl uvažován pro výpočet, je převrácená poloha přípravku. Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, tak přípravek je upevněn do polohovadel. Polohovadla umožňují celou konstrukci otáčet okolo podélné osy. Pro lepší přístup ke svarům je využívána právě i poloha v obrácené stavu. Tento stav byl také kontrolován z důvodu, zda daná konstrukce vyhoví všem stavům a nepřekročí tolerance. Místo působení všech sil nebylo změněno a pro výpočet byly veškeré síly pouze otočeny opačným směrem než u prvního výpočtu.



Obrázek 55 Vykreslení výsledku posunutí od deformace v převrácené poloze (6,224 mm)

I pro druhý stav zatížení vyšla celková deformace velmi dobře. Největší posunutí od deformace nastává opět kolem středu základního rámu a dosahuje hodnoty 6,224 mm.

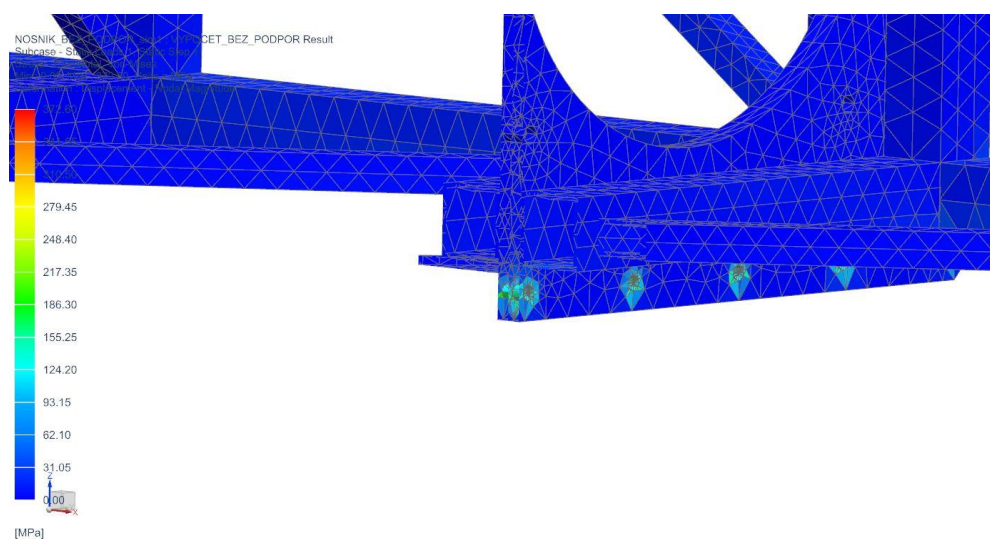
Třetím uvažovaným stavem bylo natočení konstrukce o 90° oproti výchozí poloze. Veškerá zatížení byla uvažována také pootočená. Samotné uložení nosníku zůstalo stejné. Na obrázku níže je vyobrazený stav dané konstrukce při tomto zatížení.



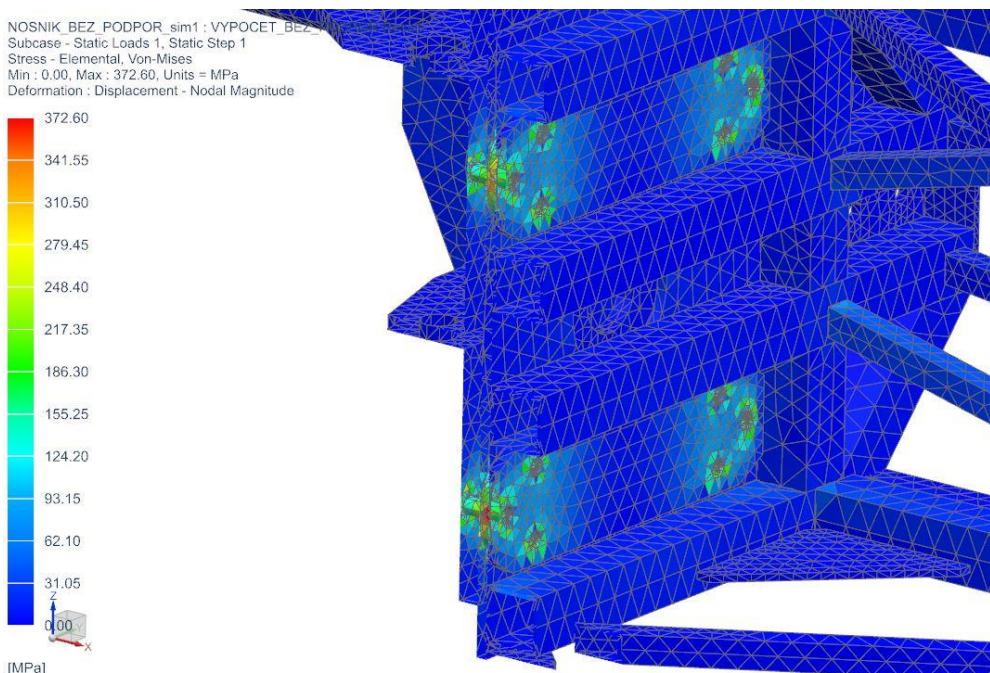
Obrázek 56 Vykreslení výsledku posunutí od deformace polohy otočené o 90° (7,031 mm)

Je možné vidět, že deformace konstrukce v tomto stavu je největší a dosahuje hodnoty 7,031 mm. Díky působení síly ve výpočtu pouze na horní hranu, je příhradový nosník zkroucený. Zde by deformace nebyla tak velká, jelikož působení síly je na příhradovém nosníku rozvrženo do čtyř míst pomocí rámu univerzálního.

Jelikož výpočtový modul počítá veškeré zatížení konstrukce. Byla také provedena analýza pevnosti dané konstrukce. Celá konstrukce zvládá zatížení. Místa, kde se projevuje větší koncentrace napětí jsou v místech šroubových spojů. Na obrázcích číslo 57 a 58 jsou znázorněny šroubová spojení s vykreslenými napětími.



Obrázek 57 Napětí v šroubovém spojení



Obrázek 58 Napětí v šroubovém spojení

Do výpočtu byly zahrnuty veškeré působící síly na daný nosník na dvou podporách. Prvky, které nebyly zahrnuty do výpočtového modelu byly považovány jako prvky přispívající spíše k tuhosti celé konstrukce viz. sestava zpevňovací z kapitoly 4.5.3. Po zhodnocení všech stavů deformace bylo rozhodnuto, že daná konstrukce vyhovuje pro použití na svařování spodku tramvaje. Průhyb ve všech případech nepřesahuje rozmezí ± 10 mm. Posunutí je v toleranci a konstrukce v tomto případě vyhovuje uložení nového typu spodku tramvaje. Dále byla konstrukce hodnocena z hlediska napětí. Z výsledků zobrazených na obrázcích číslo 57 a 58 plyne, že se napětí pohybuje kolem průměrné hodnoty 200 MPa. Pouze v několika elementech sítě u šroubového spojení lícní desky s konstrukcí vychází hodnota nad hranici meze kluzu přibližně 370 MPa. Toto místo může být ovlivněno velikostí elementu sítě použitého pro celou konstrukci nebo také vlivem nepřesnosti od použití 1D prvku. Reálné místo tedy nemusí dosahovat tak vysoké hodnoty.

Pro danou úlohu všechny deformace byly v tolerancích svařence a konstrukce byla vyhodnocena jako vyhovující. V případě dalších projektů, zde vzniká možnost, že konstrukce nemusí vyhovět, jelikož ne všechny spodky tramvaje vychází ze stejné koncepce jako spodek uvažovaný v této práci. Z toho důvodu zde mohou vzniknout větší deformace. Toto může být způsobeno vlivem větší váhy svařence, umístění celkového těžiště v jiném místě anebo větší potřeby upínek pro přípravek. V případě vzniku takovéto situace, je zapotřebí řešit vyztužení konstrukce. Vyztužení by mohlo být uvažováno několika způsoby. Například po natočení celé konstrukce do požadované polohy může být celá konstrukce podepřena podpěrami ze země, mohla by být navržena přídavná příhradová konstrukce anebo by mohly být aplikovány předepnuté pruty nebo lana, které by konstrukci předepnuly proti směru deformace.

5 Vypracování příslušné technické dokumentace

Ke každému konstrukčnímu návrhu musí být vypracována dokumentace. V kapitole 4 byl popsán postup konstrukce přípravku, v kapitole 4.7 byla konstrukce podrobena analýze a v této kapitole je popsána samotná výrobní dokumentace. Pro výrobu přípravku jsou zapotřebí výrobní výkresy, sestavné výkresy a kusovníky.

Výrobní výkres je základní dokument, podle kterého jsou vyrobeny veškeré komponenty. Následně jsou tyto součásti sestavovány do jednotlivých sestav a podsestav. Výrobní výkresy pro přípravek této práce byly tvořeny dvěma částmi. První částí byly pohledy, řezy a detaily vyobrazené součásti na výkresu. Tato část byla vždy doplněna o potřebné rozměrové kóty, aby byl udán tvar a velikost součásti. Následně kóty byly doplněny o potřebné rozměrové nebo geometrické tolerance a drsnosti povrchů. Částí druhou bylo vyplnění razítka dokumentu a přidání příslušných poznámek výkresu. Razítka je nejdůležitější částí výkresu. Jsou zde uvedeny veškeré údaje o polotovaru, materiálu a jiné, s položkou spjaté, náležitosti. Poznámky výkresu byly vždy voleny dle potřeby pro danou komponentu, například definování povrchové úpravy. Na obrázku níže je znázorněn výrobní výkres podpěry pevné použité v konstrukci přípravku.

Sestavný výkres je dokument využívající pohledů a zobrazení komponent tak, aby byla znázorněna sestava se všemi pozicemi. Sestavné výkresy byly tvořeny jako svařovací, v případě potřeby obráběcí a montážní (kontrolní). Hlavními částmi sestavného výkresu byly pohledy a razítka. Pohledy byly voleny tak, aby byly všechny součásti dané sestavy vyobrazeny a mohla být jednoznačně určena jejich pozice. Jednotlivé pohledy byly doplněny o rozměrové kóty. Zde nebyla potřeba detailního kótování, jako u výrobních výkresů. Kóty byly vždy voleny, aby nesporně určovaly pozici komponent. Dalším krokem bylo, v případě svařovaných sestav, doplnění svarů a jejich potřebných hodnot. Po zvolení pohledů a doplnění kót, byly doplněny pozice spojené s výrobním kusovníkem. Závěrem bylo potřeba vyplnit informace o položkách, které byly použity do razítka dané sestavy. Jednalo se hlavně o váhu, označení a číslo výkresu sestavy. Závěrem byly doplněny výkresy o poznámky. U sestavných výkresů se jednalo o více poznámek než u výrobních. Důvodem bylo zaznamenání způsobu a tolerance svařování, technicko-dodacích podmínek, značení sestavy anebo nosnost a váhy sestavy. Ukázka vrcholového výkresu je přiložena v příloze A. Na obrázku číslo 59 je vyobrazené razítka vrcholové sestavy celého přípravku i s příslušnými poznámkami.

ČÍSLO TECHNICKÉHO DÍLU:

DO678138 SPODEK A
DO678311 SPODEK BPROVÉST KONTROLU FUNKČNOSTI VŠECH POHYBLIVÝCH
ČÁSTÍ A SPOJOVACÍHO MATERIÁLUSOUČÁSTÍ DODÁVKY BUDE PROTOKOL O KONTROLE VŠECH
TOLEROVANÝCH ROZMĚRŮ A GEOMETRICKÝCH TOLERANCÍSTUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
DODAT DLE TDP Č.: Lo 2002-5/TPVIDITELNĚ OZNAČIT: OHA5666
NOSNOST: 2500 kg
VLASTNÍ HMOTNOST: 6000 kg

Ind. / Cat.	Popis změny / Description of Change		Proved/Issued	Schvál/Approv.	Dat./Date
Norma Standard				Čistá hm. / Mass netto	5512
Polotov. / Raw Product				Hrubá hm. / Mass brutto	
Materiál výchozí Default material	Materiál konečný Final material				
TDP Tech. Data Cond.				Skupina Group	
	Tolerance/Tolerance ISO 8015 ISO 2768mK ISO 9013-33	Tolerance/Tolerance ISO 13920 BF SN 01 4240-m	Neoznačené hrany Unmarked edges ISO 13715	Drsnost/Roughness ISO 1302:2002	SPG kód SPG code Výrob. fáze Prod. phase
					S
Vypracoval Drawn	ŠIMICE		22.3.2024	Svářečský dozor Welding supervisor	
Průzkoumal Checked				Lepičský dozor Banding supervisor	
Schvál Approved				Pozn./ Note	Sestava/Assembly
Provedení Version	Typ Type				
Formát / Size	A0	Měř. / Scale	1:20	List / Sheet No.	1
				Listů / Sheets	3
Název Title	PŘÍPRAVEK STEHOVACÍ OHA5666				
 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.			Číslo výkresu / Drawing No.	Index	
			MD637000	.00	

Obrázek 59 Razítko sestavy

Kusovník je posledním článkem výrobní dokumentace. Je spojený se sestavnými výkresy a zajišťuje určení rozpadu jednotlivých sestav na komponenty. Dále určuje celkové množství obsažených dílů dané sestavy a jsou vždy pro každou pozici vypsány důležité informace (váha, polotov. normy apod.)

Pro tvorbu kusovníků bylo využito stromové struktury přímo ze software Catia V5. Veškerá data (3D data, výkresy apod.) vytvořena v ŠT se ukládají do systému SmarTeam také od společnosti Dassault Systemes. V tomto systému byla při ukládání vytvořena položka dané komponenty. Položka byla následně doplněna o všechny potřebné informace k dané komponentě. Díky uložení všech dat v systému SmarTeam bylo možno pomocí jeho funkcí vygenerovat kusovník na základě rozpadu 3D dat přípravku. Po vygenerování byly doplněny čísla pozic jednotlivých sestav. Pro potřeby výroby byly vygenerovány dva typy kusovníků. Prvním typem byl klasický, kde jsou rozpady jednotlivých podsestav číslovány a každá pozice je označena. Druhým typem byl kusovník sumární, který slouží pro znázornění všech položek obsažených v celé sestavě. Tento typ kusovníku je vhodný pro nacenění výroby, jelikož v něm nejsou označeny rozpady jednotlivých podsestav. Jedná se se pouze o souhrn všech položek, jejich počet a všechny informace spojené s položkou. Na obrázku níže je znázorněn jednoúrovňový kusovník vrcholové sestavy zpracovávaného přípravku v této práci.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo získat znalosti z odvětví svařovacích přípravků. Znalosti byly získávány, jak z doporučené literatury, tak z čerpání znalostí v tomto odvětví. Dále bylo zapotřebí analyzovat technický díl, který bude svařován v navrhovaném přípravku. Byly definovány požadavky na daný svařenec a samotný přípravek. Následně byly tyto znalosti aplikovány při samotném konstrukčním návrhu svařovacího přípravku pro spodek tramvaje. Výsledný konstrukční návrh byl ověřen výpočtem, kde se zjišťovalo místo největší deformace. Deformace byla poměřena a vyhodnocena s dovolenou hodnotou.

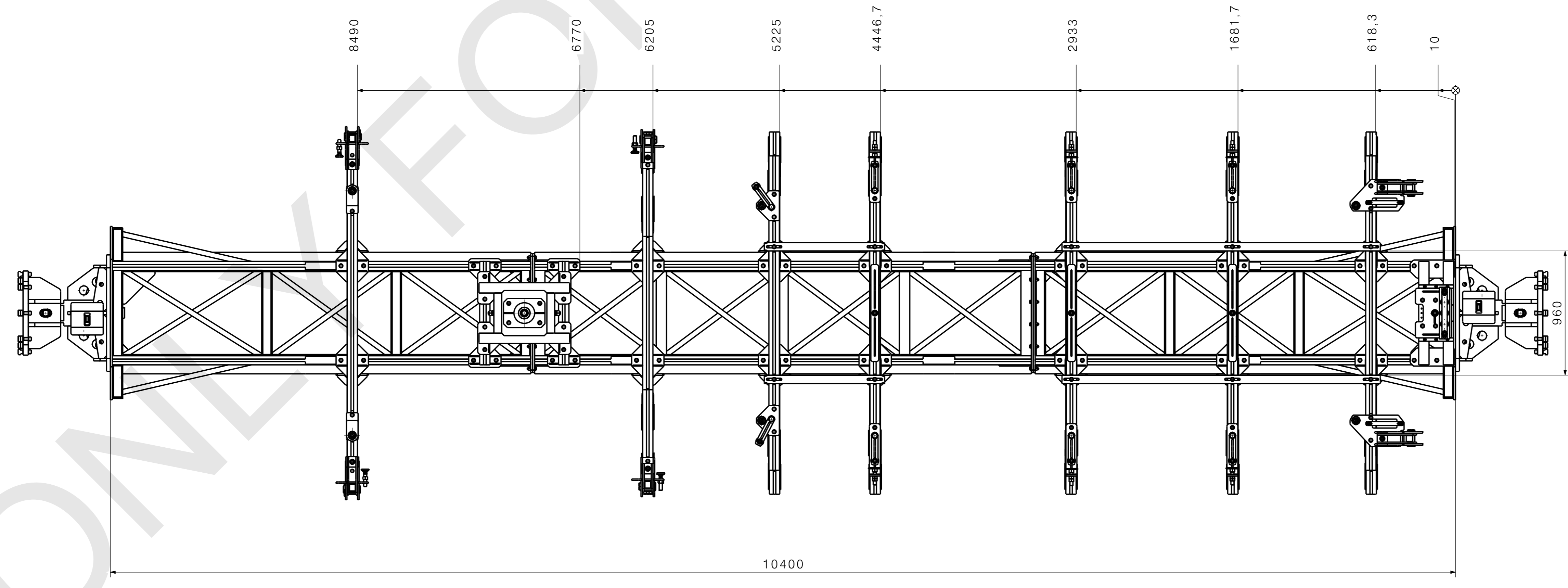
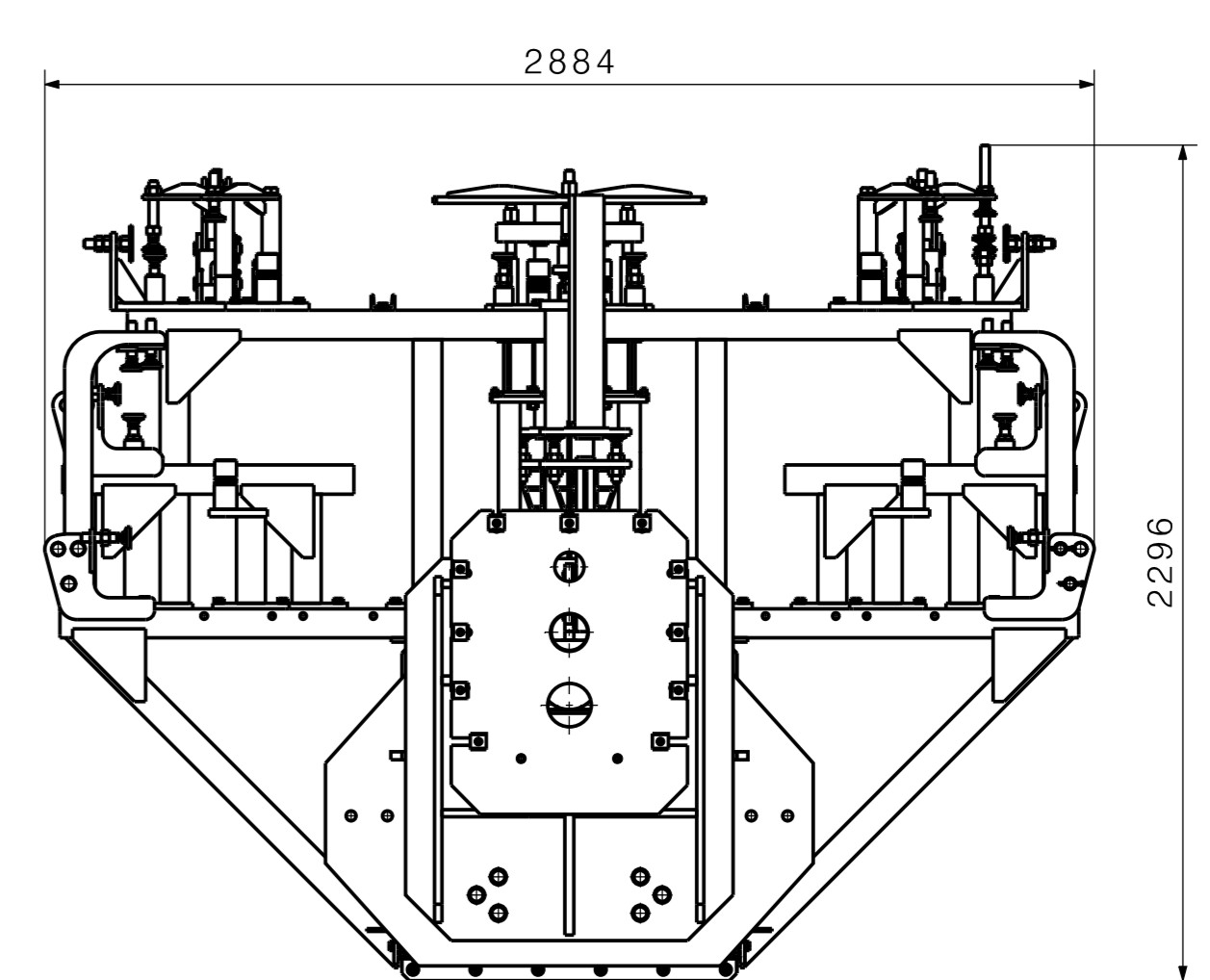
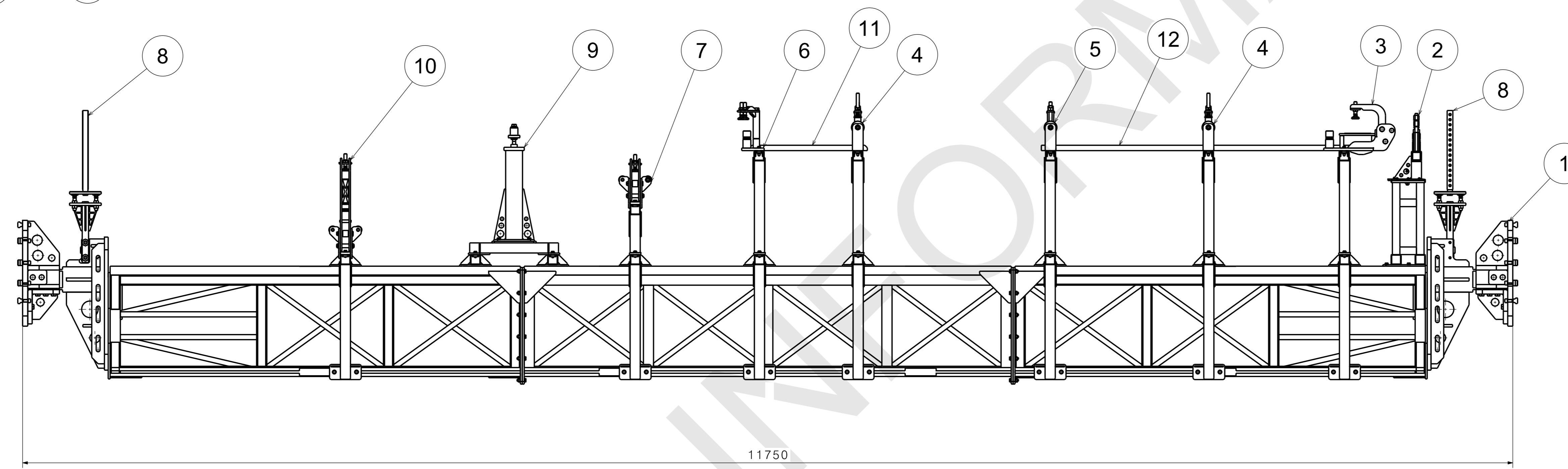
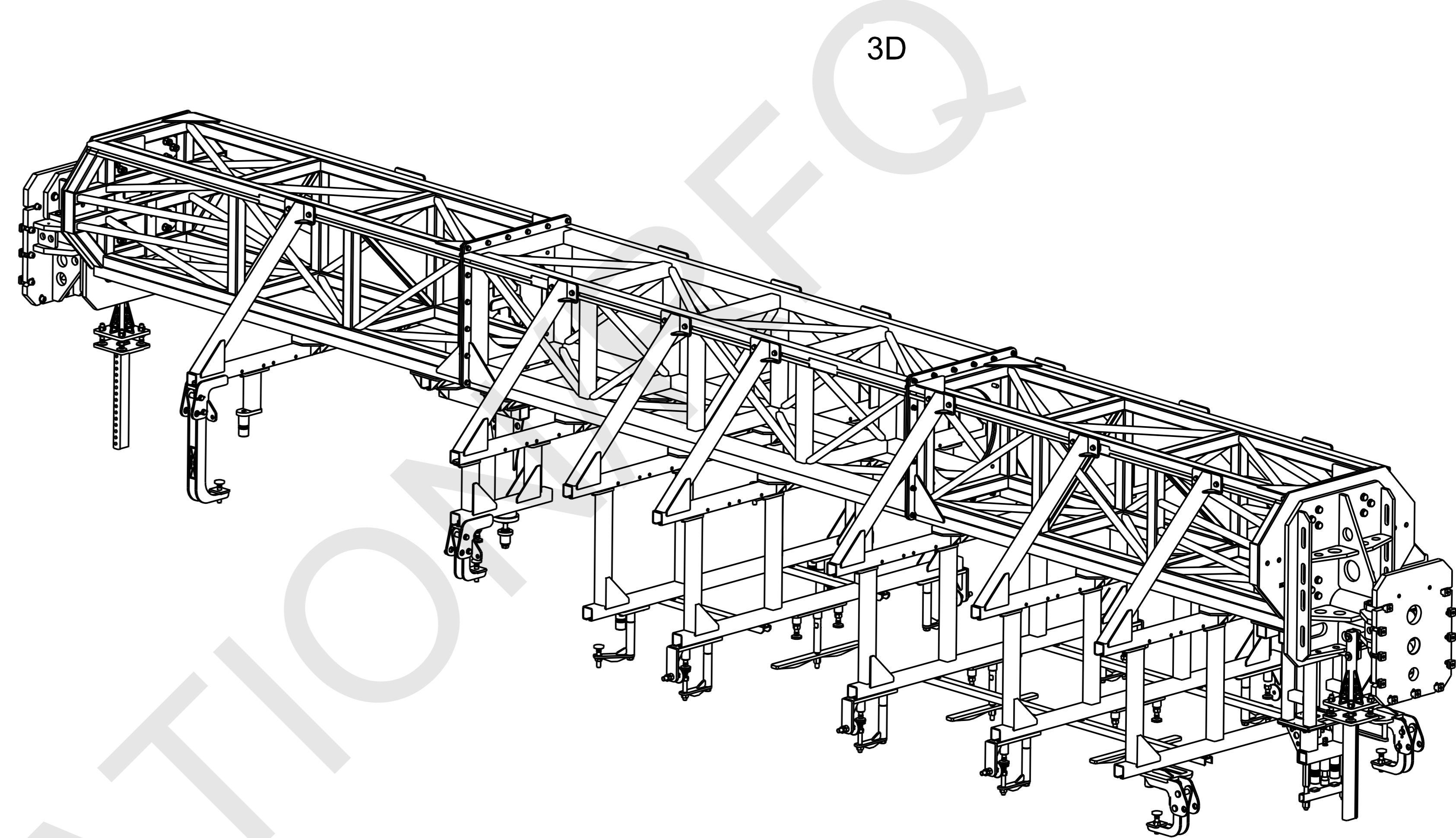
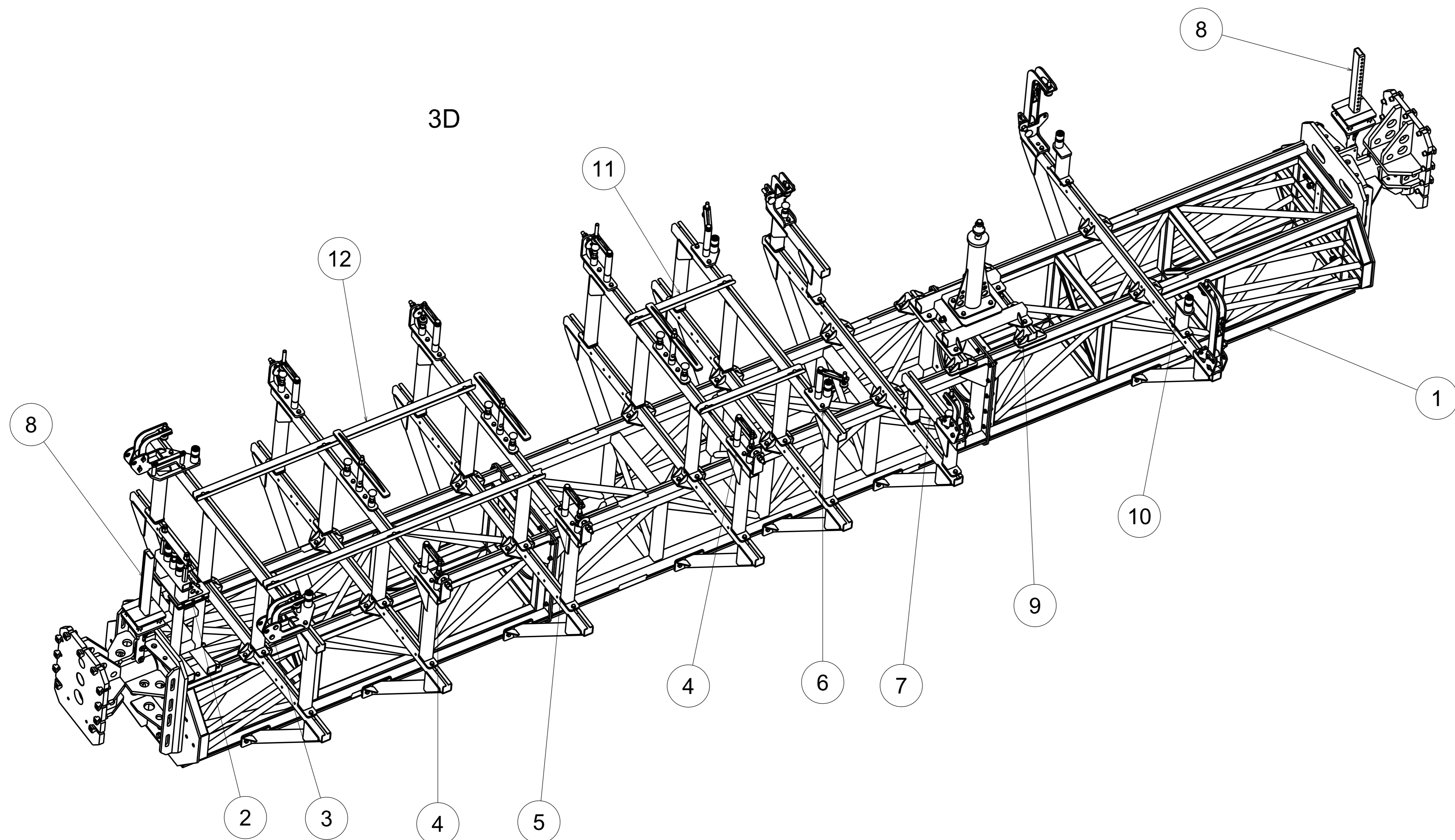
Práce byla rozdělena do dvou částí. První polovina práce popisuje samotnou problematiku svařovacích přípravků. Je zde popsáno od zakládání dílů do přípravku a jejich vymezení pozice, až po doporučený postup při konstrukci, včetně samotného technického dílu. Bylo vysvětleno kam se technický díl zakládá a z jakých je složen částí, včetně parametrů, které ovlivňují jeho návrh a konstrukci. Po seznámení se s technickým dílem, byly popsány metody a normy, které mají vliv na svařenec. Závěrem teoretické části byla nastíněna současná situace a koncepce přípravku používaného pro jiné projekty. Byly navrženy možné způsoby konstrukce přípravku. Dále byly specifikovány požadavky na přípravek ze strany technologie, výroby a geometrických tolerancí samotného spodku. Závěrem této části byl vyhodnocen optimální výběr přípravku a byly specifikovány možnosti pro zlepšení současné koncepce.

V druhé polovině práce byla představena samotná konstrukce přípravku. Na začátku byl uveden základ samotného přípravku, který se dělí do několika částí. Následně byly definovány body pro upnutí, které vycházejí ze samotného konstrukčního řešení spodku tramvaje. Díky tomuto mohly být rozvrženy pozice rámců pro vystavění podpěr a upínek. Na těchto místech byly navrženy podle tvaru svařence podpěrná místa, proti kterým byla navržena upínka. Pod celým přípravkem byly rozmístěny pevné a stavitelné podpěrky tak, aby došlo k ustavení dle předchozích operací. Tímto způsobem byla navržena celá konstrukce přípravku a byly aplikovány znalosti z teoretické části. Po konstrukční části byla celá sestava podrobena výpočtu. Byla posuzována hlavně deformace dané konstrukce, jelikož má velký vliv na výslednou kvalitu svařence. Výpočet byl proveden ve třech mezních polohách, kterým je konstrukce vystavována při používání přípravku. Výsledkem analýzy bylo, že daná konstrukce splňuje požadavky pro použití na uvažovaný typ spodku tramvaje. Po ověření konstrukce výpočtem mohla být zhotovena výrobní dokumentace. V práci byl popsán postup tvorby výrobního a sestavného výkresu. Následně byl popsán postup při vytváření kusovníku k jednotlivým sestávám.

Reference

- [1] Svařovací přípravky pro všeobecné strojírenství, Voděra Jaroslav, Praha: SNTL, 1963
- [2] ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění [online]. [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/FPN/FPN_skripta_Zemcik.pdf
- [3] ŠIMICE, André, 2021. Návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [4] HOSNEDL, Stanislav a KRÁTKÝ, Jaroslav. Příručka strojírenského inženýra: obecné strojírenské části. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3
- [5] Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.
- [6] Zváracie polohovadlá typ SP-DL, 2023. <https://kovacocompany.sk/> [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://kovacocompany.sk/zvaracie-polohovadla-typ-spdl/>
- [7] Polohovací elementy, 2024. www.elesa-ganter.cz [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/cze/produkty/polohovac%C3%AD-elementy--1002#>
- [8] Polohovací nohy z nerez, 2024. In: www.elesa-ganter.cz [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/cs/cze/produkty/polohovac%C3%AD-elementy--1002/Polohovaci-nohy--Polohovaci-nohy-z-nerezi--GN3436#sortBy=0&facetvalue=>
- [9] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2021. Svařování a příbuzné procesy – Polohy svařování ČSN EN ISO 6947.
- [10] Hlavní polohy svařování, 2024. In: www.svarecky-elektrody.cz [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/radce-svarece/pracovni-polohy-pri-svarovani/>
- [11] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2024. Železniční aplikace – Svařování železničních kolejových vozidel a jejich součástí ČSN EN 15085.
- [12] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2023. Svařování – Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (kromě elektronového a laserového svařování) - Stupně kvality pro vady ČSN EN ISO 5817.
- [13] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2023. Svařování, pájení na tvrdo, pájení na měkko a řezání – Přehled metod a jejich číslování ČSN EN ISO 4063.
- [14] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2024. Svařování – Obecné tolerance pro svařované konstrukce – Délkové a úhlové rozměry – Tvar a poloha ČSN EN ISO 13920.
- [15] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, 2011. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby ČSN EN 1993-1-1. Ed. 2.

Příloha A – Sestavný výkres



ČÍSLO TECHNICKÉHO DÍLU:
 DO678138 SPODEK A
 DO678311 SPODEK B

PROVÉST KONTROLU FUNKČNOSTI VŠECH POHYBLIVÝCH ČÁSTÍ A SPOJOVACÍHO MATERIÁLU

SOUČÁSTI DODÁVKY BUDE PROTOKOL O KONTROLE VŠECH TOLEROVANÝCH ROZMĚRŮ A GEOMETRICKÝCH TOLERANCÍ

STUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
 DODAT DLE TDP Č.: Lo 2002-5/TP

VIDITELNĚ OZNAČIT: OHA5666
 NOSNOST: 2500 kg
 VLASTNÍ HMOTNOST: 6000 kg

Ind. / Pos. / Pops změny / Description of Change	Provedl/Issued	Schválil/Approved	Dat./Date
Norma / Standard	Číslo km. kg / Mass netto	5512	
Podpisovatel / Law Product	Hrubá hm. kg / Mass bruto		
Materiál východí / Detail material	Materiál konečný / Final material		
Typ / Tech Det. Cont.	Skupina / Group		
Tolerance/Tolerance	Unmarked edges	ISO 1302/2002	
ISO 8015	ISO 13715		
ISO 1302/2002	ISO 13715		
ISO 9013-33			
Výkresovatel / Designer	22.3.2024	Schvalující dozant / Welding supervisor	
ŠÍMICE			
Provedení / Checked	Typ / Type	Sestava/Assembly	
Schválil / Approved	Form. / Note		
Provedení / Version	1		
Formát / Size	A0	Měř. / Scale	1:20
		List / Sheet No.	1
		Listů / Sheets	3
Název / Title	PŘÍPRAVEK STEHOVACÍ		
OHA5666			
Číslo výkresu / Drawing No.	MD637000		Index
ŠKODA TRANSPORTATION a.s.			.00