

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje

Autor: **André ŠIMICE**
Vedoucí práce: **Ing. Jan MATĚJKA**

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **André ŠIMICE**
Osobní číslo: **S19B0778P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Téma práce: **Návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Problematika přípravků pro obrábění
3. Analýza možných upnutí s ohledem na technologii výroby
4. Konstrukční návrh přípravku
5. Zpracování výkresové dokumentace
6. Závěr, hodnocení

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Zemčík, O. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno Akademické nakladatelství CERM s.r.o. 2003. 192s. ISBN 80-214-2336-6.
- Chladil, Josef. Přípravky a nástroje : část-obrábění. 3. vyd. Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
- STANĚK, J., NĚMEJC, J.: Metodika zpracování a úprava diplomových prací, Plzeň: ZČU 2005.
- ŘASA, J. Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-7183-284-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matějka**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Sofie Žárská**
Škoda Transportation a.s.

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu práce Ing. Janu Matějkovi za poskytnutí odborných a věcných rad při psaní této bakalářské práce. Zároveň bych rád poděkoval za ochotný a vstřícný přístup k řešené problematice.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Šimice	Jméno André	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Matějka	Jméno Jan	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	122	TEXTOVÁ ČÁST	37	GRAFICKÁ ČÁST	85
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje zpracování obráběcího přípravku pro spodek tramvaje. V práci jsou rozepsané jednotlivé kroky konstrukce až po vyhotovení výkresové dokumentace. Veškeré potřebné informace a data o přípravku byly převzaty ze společnosti Škoda Transportation a.s.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">obráběcí přípravek, přípravky, obrábění, tramvaj, upínání</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Šimice	Name André	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Matějka	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of a jig for machining the bottom of a tram		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2021
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	122	TEXT PART	37	GRAPHICAL PART	85
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor's thesis contains the processing of a machining tool for the bottom of a tram. The work describes the individual steps of the construction after the preparation of drawing documentation. All necessary information and product data were taken from Škoda Transportation a.s.
KEY WORDS	machining jig, production jigs, machining, tram, clamping

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	3
Seznam obrázků	4
1 Úvod.....	6
1.1 Cíl práce.....	6
1.2 Představení firmy.....	7
2 Problematika přípravků pro obrábění.....	8
2.1 Přípravek.....	8
2.2 Rozdělení přípravků	8
2.2.1 Přípravky podle použití	9
2.2.2 Přípravky podle operačního určení	10
2.2.3 Přípravky podle zdroje upínací síly.....	10
2.3 Poloha obrobku.....	11
2.4 Opěrné a polohovací prvky.....	11
2.4.1 Opěrky pevné	12
2.4.2 Opěrky stavitelné.....	12
2.4.3 Opěrky pomocné	12
2.5 Upínací zařízení.....	13
2.5.1 Upínací šrouby	13
2.5.2 Upínací matice.....	13
2.5.3 Upínací podložky	13
2.5.4 Upínky.....	13
2.6 Postup při konstrukci přípravků	14
2.7 Volba materiálu přípravku.....	14
3 Analýza možných upnutí s ohledem na technologii výroby	15
3.1 Upnutí přípravku pomocí systému SCHUNK VERO-S.....	16
3.2 Využití elektromagnetické upínací síly	17
3.3 Mechanické prvky	19
3.4 Výběr způsobu upnutí.....	20
4 Konstrukční návrh přípravku	20
4.1 Opěrky pevné.....	20
4.2 Opěrky stavitelné.....	21
4.3 Upínky	22
4.3.1 Upínky klasické.....	23
4.3.2 Upínky vyráběné	23

4.4	Uložení magnetických desek	24
4.5	Hlavní rám	25
4.5.1	Kostra rámu	25
4.5.2	Ustavovací plocha rámu	25
4.5.3	Ustavení pevných podpěr	26
4.5.4	Zdvihací body	27
4.6	Vlastní přípravek	28
4.7	Ustavení tramvajových spodků v přípravku	29
5	Zpracování výkresové dokumentace	30
5.1	SmartTeam.....	30
5.1.1	Označení přípravku	30
5.1.2	Stromová struktura	30
5.2	Zhotovení výkresů	31
5.2.1	Volba měřítka	31
5.2.2	Formát výkresu.....	31
5.2.3	Rozvržení pohledů.....	32
5.2.4	Kótování	33
5.2.5	Poznámky ve výkresech	33
5.2.6	Razítko	34
5.3	Generování kusovníků	34
6	Závěr.....	36
	Soubor použitých zdrojů	37
	PŘÍLOHA č. 1	i

Přehled použitých zkratk a symbolů

KTO	Katedra technologie obrábění
ZČU	Západočeská univerzita
FST	Fakulta strojní
mm	Milimetr
tzv	takzvaně
a.s.	Akciová společnost
3D	Trojrozměrný
Z	Označení přípravků pro všeobecné použití
OHA	Označení přípravků pro svařování
OFA	Označení přípravků pro obrábění
EMR	Označení šablon
OCM	Označení montážních přípravků
MD	Označení výrobní dokumentace
PS	Označení pseudopoložky
DXF	Drawing Exchange Format
SmT	SmartTeam

Seznam obrázků

Obr. 1 Společnost Škoda Transportation [1]	7
Obr. 2 Tramvaj ForCity Smart v designu pro město Bonn [3].....	8
Obr. 3 Vaření podélníku v přípravku na svařovacím robotovi	9
Obr. 4 Rozdělení přípravků podle způsobu použití.....	9
Obr. 5 Rozdělení přípravků podle operačního určení	10
Obr. 6 Rozdělení přípravků podle zdroje upínací síly	11
Obr. 7 Příklady pevných opěrek [4]	12
Obr. 8 Spodek tramvaje 1.....	15
Obr. 9 Spodek tramvaje 2.....	15
Obr. 10 Upínací systém SCHUNK VERO-S [6]	16
Obr. 11 Magnetické desky [7].....	17
Obr. 12 Schéma zapojení magnetů [7]	17
Obr. 13 Znázornění ustavení magnetů	18
Obr. 14 Vyrovnávací podložka [7].....	18
Obr. 15 Příklad upínky	19
Obr. 16 Stavitelný šroub [8].....	19
Obr. 17 Pevná opěrka	21
Obr. 18 Stavitelná opěrka s vnějším působením	22
Obr. 19 Stavitelná opěrka s vnitřním působením	22
Obr. 20 Klasická upínka s podpěrnými body	23
Obr. 21 Vyráběná upínka	23
Obr. 22 Plech pro ustavení magnetických desek.....	24
Obr. 23 Plech s ustavenými magnety a upínkami	24
Obr. 24 Rám přípravku.....	25
Obr. 25 Dosedací plocha přípravku.....	26
Obr. 26 Zaváděcí plechy	26
Obr. 27 Rozestavení pevných podpěr	27
Obr. 28 Závěsné body přípravku.....	27
Obr. 29 Celý přípravek – rozmístění pro menší obrobek	28
Obr. 30 Celý přípravek – rozmístění pro větší obrobek	28
Obr. 31 Upnutí menšího obrobku.....	29
Obr. 32 Upnutí většího obrobku.....	29

Obr. 33 Struktura uložení dokumentů - 1	Obr. 34 Struktura uložení dokumentů
- 2.....	31
Obr. 35 Makro pro tvorbu výkresů.....	32
Obr. 36 Výkresové poznámky – svařovaná sestava.....	33
Obr. 37 Výkresové poznámky – obráběná sestava.....	33
Obr. 38 Razítko	34
Obr. 39 Tabulka položky z kusovníku	35

1 Úvod

Tato bakalářská práce se bude zabývat přípravkem pro obrábění spodku tramvaje. Úvodem celé práce je představena firma, ve které se daný přípravek řeší a díky které mohla být napsána tato bakalářská práce.

Teoretická část je rozdělena do dvou kapitol. První kapitola se zabývá problematikou samotných přípravků. Je zde řešeno rozdělení, určení přípravků a použití ve výrobě. V další kapitole je probráno možné upnutí s ohledem na technologii výroby. Tato kapitola se zaměřuje především na možné způsoby upnutí ve firmě Škoda Transportation a.s.

Následně se práce bude zabývat nejvýznamnější částí celé práce. Půjde o vlastní konstrukční návrh přípravku a jeho dílčích částí. Z této kapitoly bude vycházet poslední bod celé práce. Z konstrukčního návrhu bude zpracována výkresová dokumentace. Součástí zpracování výkresové dokumentace bude i zhotovení kusovníku.

1.1 Cíl práce

Náplní bakalářské práce je navrhnutí, zvážení možných upnutí na technologii výroby, konstrukční návrh a zpracování výkresové dokumentace pro přípravek, který bude používán k obrábění spodku tramvaje.

Výsledný navrhnutý a zpracovaný přípravek musí splňovat velkou efektivitu, spolehlivost a vzhledem ke dvěma typům spodku tramvaje i určitou univerzálnost pro upnutí obou typů svařenců. Přípravek bude navrhován a konstrukčně zpracováván v software Catia V5 R28, ve kterém se zhotovují jednotlivé detaily a následně se skládají do sestavy. Dále se celá sestava upravuje, aby vyhovovala na modely jednotlivých spodků. Daný přípravek bude navrhovaný podle zásad konstruování přípravků, které jsou obsaženy v teoretické části bakalářské práce. Celý přípravek bude navržen dle metod a dlouhými lety ověřenými postupy využívaných ve společnosti Škoda Transportation.

1.2 Představení firmy

Bakalářská práce je psána pro společnost Škoda Transportation, která je jedním z předních evropských výrobců pro kolejová vozidla. Tento obor je rychle se rozvíjející, a proto společnost, která má již tradici výroby delší než 150 let, musí držet krok s vývojem. Hlavním sídlem Škoda Transportation jsou budovy v areálu Škoda v Plzni (Obr. 1). [1]



Obr. 1 Společnost Škoda Transportation [1]

V oblasti dopravního strojírenství, ve které je po celém světě velký potenciál, je společnost Škoda Transportation nejlepším výrobcem ve střední Evropě. Kolejová vozidla vyrobená v této společnosti odcházejí, jak k tuzemskému užívání, tak se vyvážejí i do zahraničí. Výrobky v tomto závodě jsou především elektrické lokomotivy, soupravy metra, nízkopodlažní tramvaje, ale i například trolejbusy nebo vybavení jednotlivých pohonných jednotek např. trakční systémy či kompletní pohony. [1]

V současnosti je ve společnosti Škoda Transportation a.s. zaměstnáváno více než pět tisíc lidí, kteří jsou rozmístěni ve společnostech v Plzni, Ostravě, Praze, ale také třeba v Šumperku. Společnost Škoda Transportation a.s. má pod sebou několik dceřiných společností např. Škoda Vagonka a.s. sídlící v Ostravě, Pars nova a.s. sídlící v Šumperku. Dále jsou některé dceřiné společnosti ve Finsku, Maďarsku, Německu nebo také v Rusku. [2]

Společnost Škoda Transportation a.s. dodává různá kolejová vozidla do mnoha zemí. Jednou z nich bude i Německo, ve kterém bude dodávat nové tramvaje do města Bonn. Celkem se jedná o 26 novodobých tramvajů z programu ForCity Smart, které by se měly začít dodávat v roce 2022. Tramvaje podobné té, která bude dodávána i do města Bonn (viz Obr. 2) jsou k vidění i např. v Plzni nebo v Ostravě. V této bakalářské práci je zpracováván návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje dodávané do německého Bonnu.



Obr. 2 Tramvaj ForCity Smart v designu pro město Bonn [3]

2 Problematika přípravků pro obrábění

2.1 Přípravek

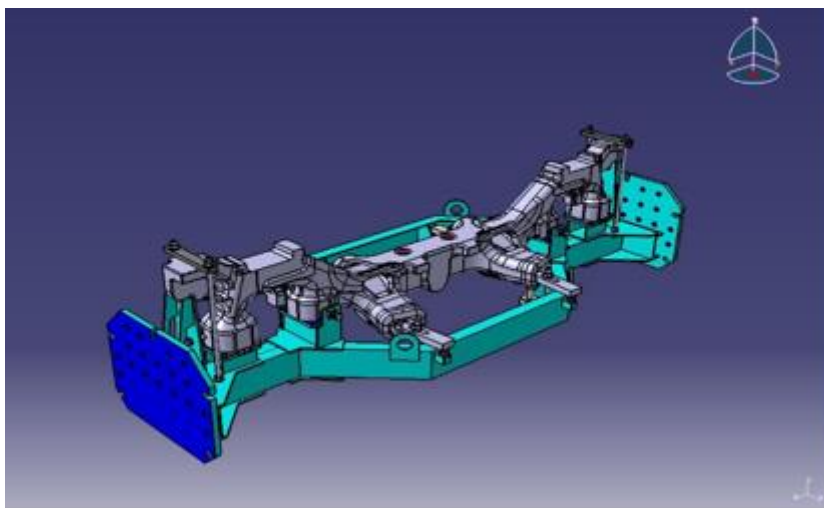
Přípravek je pomocné zařízení, které se využívá u tvarovaných, složitých či velkých a tím pádem špatně upínatelných součástí. Příkladem jsou svařence, odlitky nebo výkovky. Když je potřeba obrábět tyto součásti, tak v některých případech je nelze ustavit a připevnit k upínacím plochám strojů. Z těchto důvodů se zhotovují přípravky. Jednotlivé součásti se upínají do přípravku, následně se přípravek upíná na plochy stroje. Tyto zařízení se také mohou používat při různých montážích složitých sestav, kde slouží k přidržení součástí. Přípravek může sloužit také jako vedení nástroje. Ne na všechny potřebné plochy nebo rozměry se dostaneme obráběcími stroji. Z tohoto důvodu se sestavují přípravky pro vedení například ručního náradí pro co nejpřesnější obrobení. Dále se využívají přípravky, které jsou určeny pro kontrolu a ověření správnosti rozměrů daného výrobku.[4][5]

2.2 Rozdělení přípravků

Přípravky se dělí do několika podskupin, ve kterých jsou rozděleny ještě do jednotlivých kategorií. Přípravky se dělí dle hlediska:

- 1) přípravky podle použití
- 2) přípravky podle operačního určení
- 3) přípravky podle zdroje upínací síly.[4][5]

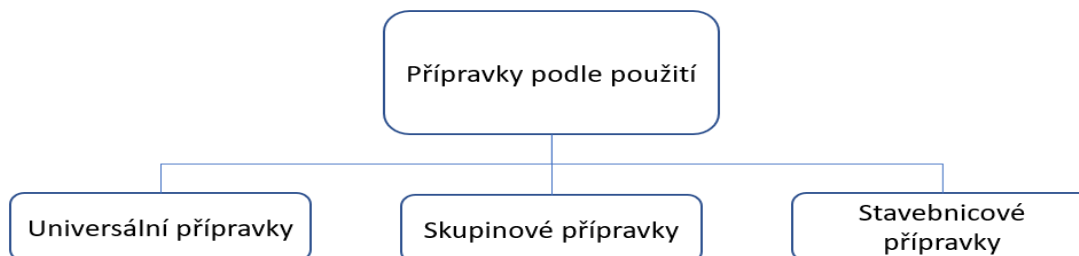
Ve společnosti Škoda Transportation a.s. se využívá velká spousta přípravků a jsou rozděleny dle daného operačního určení. Přípravky pro všeobecné použití mají označení (Z), stahovací a svařovací přípravky (OHA), obráběcí přípravky (OFA), šablony pro určení a vymezení správné polohy se značí (EMR) a přípravky určené k montáži (OCM). Za každou touto zkratkou následuje vygenerované číslo systémem k jednoznačnému určení daného přípravku.



Obr. 3 Vaření podélníku v přípravku na svařovacím robotovi

2.2.1 Přípravky podle použití

Přípravky v této podskupině se dělí na 3 kategorie. Všechny kategorie jsou znázorněné na obrázku 4.

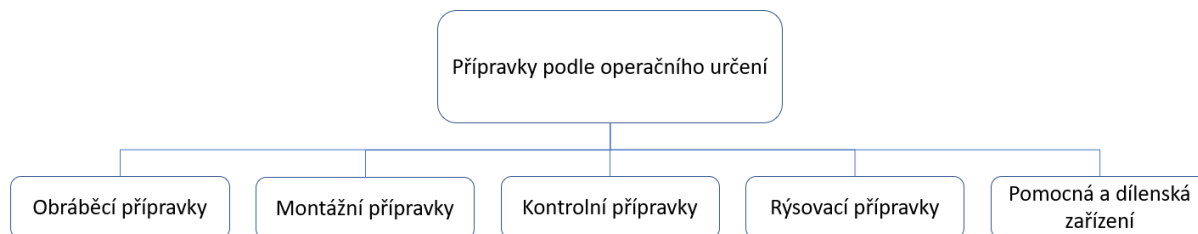


Obr. 4 Rozdělení přípravků podle způsobu použití

Přípravky označované jako univerzální mají použití pro upínání několika podobných obrobků lišících se pouze velikostí nebo rozměry. Výhoda přípravků je v efektivnosti využití. Pouze s malými změnami lze stejný přípravek využít u různých polotovarů. Přípravky, které jsou společné pro více součástí se nazývají skupinové přípravky. Dále se dělí podle sdílených částí na celkové nebo částečné. Přípravky jsou složeny z vyměnitelných, stálých nebo nastavitelných dílů. Stálé díly jsou ty, které se nemění např. rám přípravku, upínací mechanismus apod. Nastavitelné nebo vyměnitelné díly slouží jako vodící nebo ustavovací elementy.[4][5]

2.2.2 Přípravky podle operačního určení

Z technologického postupu musí být obrobek v jednotlivých operacích správně ustaven. Rozdělení přípravků podle operačního určení je znázorněno na obrázku č. 5.



Obr. 5 Rozdělení přípravků podle operačního určení

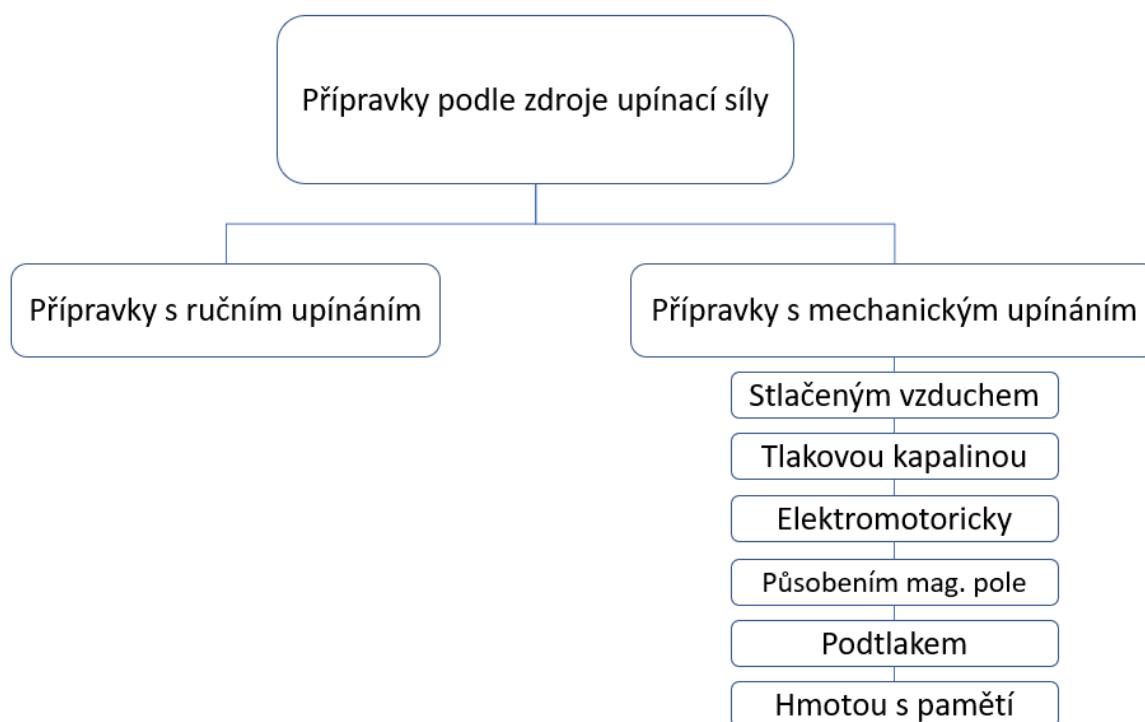
Obráběcí přípravky slouží pro ukotvení dané polohy obrobku na obráběcím stroji. V některých případech je nutné nástroj zavést přímo do místa řezu. V takovém případě je vedení nástroje součástí přípravku. Montážní přípravky se využívají pro přidržení a zafixování určité polohy sestavy v momentu, kdy je potřeba spojit nebo naopak rozpojit součásti. K montážním přípravkům se také řadí svařovací přípravky. Přípravky kontrolní slouží ke kontrole, ověření správnosti rozměrů nebo geometrických tvarů.

Rýsovací přípravky se uplatňují v případech, kdy se stačí řídit pouze narýsovanými čarami při vlastním obrábění. Tyto přípravky slouží jako pomocné zařízení pro správné orýsování tvarů na obrobku. Pomocná a dílenská zařízení slouží ke zjednodušení práce, zvýšení pracovní možnosti stroje apod. Díky těmto zařízením lze na běžných strojích vyrábět složité tvary, které by se vyráběly velmi obtížně. K těmto přístrojům lze také přiřadit pomocná nakládací zařízení, která zjednodušují nakládání a vykládání těžkých nebo špatně uchopitelných součástí.[4][5]

2.2.3 Přípravky podle zdroje upínací síly

Obrobek se do přípravku musí upevnit tak, aby při působící síle nezměnil svoji polohu. K upevnění obrobku se využívá vnější síly, která ho udržuje ve správné a zafixované poloze. Tato síla se nazývá upínací a rozděluje se do několika kategorií.

Přípravky s mechanickým upínáním využívají různá zařízení k vyvinutí síly. Příklady možných mechanických upínání je znázorněno na obrázku č. 6. Využití mechanických upínačů může být i všestrannější, a to kombinací s jinými druhy. Přípravky s ručním upínáním slouží k minimalizování vynaložené síly pracovníka. Tím pádem ke zkrácení času na výměnu obrobku a zefektivnění celé práce.[4][5]



Obr. 6 Rozdělení přípravků podle zdroje upínací síly

2.3 Poloha obrobku

Podle výrobního výkresu musí být obrobek ustaven v přípravku tak, aby byly splněny všechny rozměry a tolerance předepsané na výkrese. Tyto požadavky na jakost, tvar a přesnost obráběných ploch určuje výrobní postup. Technologie výroby určí, jak se bude obrobek obrábět. Tento výrobní postup je rozdělen do operací. Při upínání a obrábění je důležité z těchto operací vycházet, jelikož jsou některé operace závislé na poloze obrobku. Vždy je důležité mít obrobek v přípravku opřený na plochách, které jsou vztažené k ploše obráběné. [4]

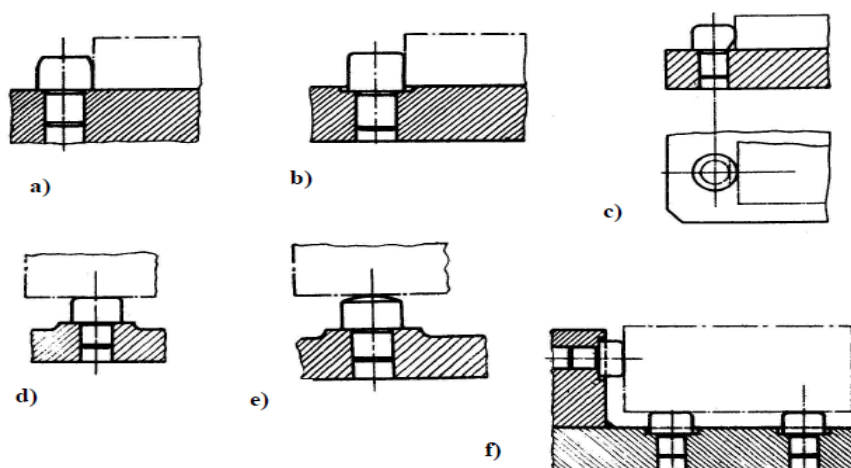
2.4 Opěrné a polohovací prvky

Na obrobku je několik ploch a každá z nich má jinou funkci. Plochy základní, ze kterých vychází poloha obrobku. Dále plochy opěrné a upínací, které slouží k opření, ustavení a ukotvení obrobku v přípravku. Poslední jsou plochy obráběné, které se po vymezení správné polohy obrobku a dostatečném upnutí obrobku obrábí na daný rozměr dle požadavků výkresové dokumentace.

Opěrky a upínací zařízení odstraňují při ustavování stupně volnosti z obrobku. Tím pádem je obrobek ukotven ve správné poloze a nemůže se při dané operaci pohnout žádným směrem. Z hlediska životnosti přípravku je vhodné, aby opěrné plochy byly odolné proti opotřebení. Měli by být tvrdé a nejlépe vyměnitelné. Opěrky jsou děleny na pevné, stavitelné a pomocné. Základní plochou se volí plocha, ke které je vztažena kóta nebo tolerance obráběné plochy. Dále musí být základna zvolena tak, aby při obrábění ani upínání nedocházelo k deformaci obrobku.[4][5]

2.4.1 Opěrky pevné

Základními body, o které se obrobek v přípravku opře jsou pevné opěrky. Ve většině případů se jedná o přesně obrobené plochy. Tyto plochy se využívají v případě, jsou-li na obrobku před obrobená místa, o která se přípravek opře. V případě nerovných ploch na obrobku může být opěrka s kulovou hlavou v podobě vyměnitelného čepu. K opření materiálu z boku se používají čepy, které jsou schopné zachycovat jen malé síly. Plochy a místa opření se mohou kalit, aby bylo dosaženo větší otěruvzdornosti a tím byla dosažena delší životnost plochy. Pevné opěrky slouží k určení polohy materiálu vůči obráběcímu nástroji. Příklady pevných opěrek jsou znázorněny na obrázku 7.[4][5]



Obr. 7 Příklady pevných opěrek [4]

2.4.2 Opěrky stavitelné

Tyto opěrky slouží k ustavení materiálu jako opěrky pevné. Rozdílem mezi nimi je, že opěrky stavitelné se mohou v určitém rozmezí pohybovat a tím nastavit jejich polohu. Z časového hlediska je toto nevýhoda. Obsluha musí při každém kusu nastavovat rozměr pro daný obrobek. Používají se tam, kde není obrobek natolik rozměrově přesný a nepasoval by do přípravku nebo u velkých obrobků. K zajištění polohy se využívá kontramatice, která se dotáhne, když je opěrka ve správné poloze.[4][5]

2.4.3 Opěrky pomocné

V místech, kde hrozí nebezpečí velké deformace od řezného nástroje, podpírají obrobek opěrky pomocné. Jelikož polohu obráběného materiálu přesně vymezují opěrky pevné a stavitelné, musí být opěrky pomocné pohyblivé, aby se přizpůsobily obrobku. [4][5]

2.5 Upínací zařízení

Ustavený obrobek ve správné poloze se musí zajistit proti posunu vyvolaným působení řezných sil. K tomuto zajištění složí upínací prvky. Mohou být mechanické (šrouby, matice, upínky, ...) nebo pneumatické, hydraulické, elektromagnetické a jiné. Upínací prvky musí na obrobek vyvolat sílu, která udrží materiál ve správné poloze při působení vnějších sil. Síla nesmí být natolik veliká, aby při stlačování obrobek měnil svoji polohu nebo se deformoval. Dle technologie a možností výroby by měl být způsob uchycení a volba upínacích prvků určen tak, aby byl čas k upnutí co nejkratší. Tvar obrobku a poloha ustavovacích ploch určuje počet a umístění upínacích prvků. Síla potřebná pro upnutí obrobku musí působit co nejbližší ploše obráběné a nejlépe proti ploše opěrné.[4][5]

2.5.1 Upínací šrouby

Upínací šrouby jsou jedny z nejjednodušších a nejvšestrannějších prvků. Díky své jednoduchosti jsou nejpoužívanějším prvkem k vyvození upínací síly. Dosahují velké upínací síly, aniž by bylo třeba velké budící síly. Tento způsob se hodí pro upínání velkých i malých obrobků. Z časových důvodů nejsou vhodné pro upínání v místech, kde je velký zdvih od obrobku. Šroub působí přímo na upínání kus nebo může působit skrze vložený element např. upínka.[4][5]

2.5.2 Upínací matice

Upínací matice se používají v případech, kdy šroub (svorník) je součástí přípravku. Šroub může být pevně připevněn k přípravku nebo být sklopný. K vyvození upínací síly následně slouží matice. [4] [5]

2.5.3 Upínací podložky

Pro zvětšení upínací plochy pod maticí nebo hlavou šroubu se používají podložky. Pro přípravky se používají zesílené podložky dle ČSN 24 3550.[4]

2.5.4 Upínky

Upínka slouží k přenosu nebo rozdělení přítlačné síly. Ve své podstatě je to páka, která má dvě ramena a vkládá se mezi obrobek a opěrný prvek a je přítlačena šroubem. Upínka může být použita v přípravku nebo se může kotvit k obráběcímu stolu stroje.[4] [5]

2.6 Postup při konstrukci přípravků

Pro zhotovení konstrukce přípravku se musí dodržet několik bodů:

- před samotnou konstrukcí přípravku je potřeba znát technologii výroby součásti, pro kterou bude přípravek zhotoven
- je důležité se zamyslet nad univerzálností přípravku a jeho možností většího využití
- opěrné a upínací plochy musí být co nejbližší plochám obráběným, aby byla zajištěna co největší stabilita a nedocházelo ke chvění, vibracím a dalším nežádoucím pohybům
- materiál, ze kterého bude přípravek zhotoven, musí být zvolen tak, aby jeho mechanické vlastnosti odpovídaly požadavkům na přenos sil a namáhání vlastního přípravku.
- obrobek v přípravku musí být dostatečně pevně ukotven a tím jeho poloha bezpečně zajištěna
- přípravek by měl být takový, aby jeho samotné užívání bylo snadné a pro obsluhu nenáročné a rychlé
- pro zajištění bezpečného provozu přípravku, nesmí žádný prvek přípravku překážet nástroji, pohybu stroje, odchodu obrobeného materiálu nebo práci obsluhy
- plochy podléhající velkému opotřebení musí být dostatečně upraveny k odolnosti proti otěru a musí být konstruovány, aby mohly být vyměnitelné
- samotný přípravek by měl být navržen, aby nemohlo dojít k vložení obrobku obráceně či jinak, než je potřeba.[4][5]

2.7 Volba materiálu přípravku

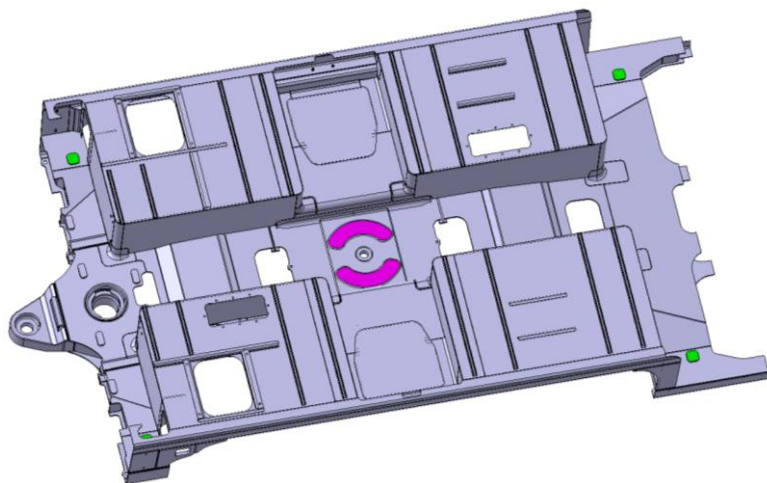
Jak již bylo zmíněno volba materiálu je velmi důležitá. Požadavky, které jsou kladeny na přípravek, musí materiál splňovat ve všech směrech. Mezi tyto požadavky patří odolnost proti opotřebení dostatečná pevnost, tuhost apod. Proto se u volby materiálu zohledňují tyto hlediska:

- velikost a způsob namáhání a opotřebení při funkci daného přípravku
- prostředí, ve kterém bude přípravek používán
- přesnost, s jakou je potřeba mít obrobek a následně i přípravek
- zohlednit cenu a dostupnost daného materiálu
- hmotnost celé konstrukce. [4][5]

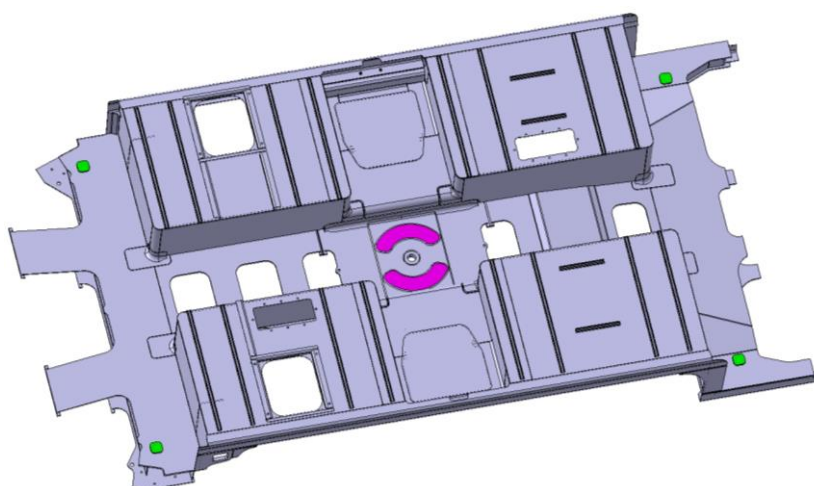
3 Analýza možných upnutí s ohledem na technologii výroby

Pro výběr nejvhodnějšího upnutí obrobku řešeného v této práci je nejdříve vhodné určit místa pro opření, ustavení a zafixování polohy. Přípravek, který se bude navrhovat v této bakalářské práci s ohledem na technologii a možnosti v Škoda Transportation a.s., musí obsáhnout dvě možnosti upnutí. Spodek tramvaje, který je zapotřebí obrábět v druhé poloze, je zhotoven ze dvou částí. Pro úsporu a zjednodušení se přípravek musí navrhnout tak, aby byl co nejuniverzálnější. S ohledem na konstrukci celé tramvaje je spodek tramvaje rozdělen na dvě části, které jsou si podobné. Liší se pouze v délce a zakončení z jedné strany. Z tohoto důvodu bude navržen jeden přípravek pro obě varianty obrobku.

Na obrázku 8 a 9 jsou znázorněny obě tyto součásti, na které je přípravek navrhován. Jsou zde vyznačená místa, která jsou obrobena z předchozí první polohy. Tyto místa budou využita jako tzv. dosedací plochy.



Obr. 8 Spodek tramvaje 1.



Obr. 9 Spodek tramvaje 2.

S ohledem na technologii, možnosti a zkušenosti výroby ve společnosti Škoda Transportation a.s., je možné obrobky upnout několika způsoby:

- systém SCHUNK VERO-S
- elektromagnety
- klasické mechanické prvky.

3.1 Upnutí přípravku pomocí systému SCHUNK VERO-S

Ve společnosti Škoda Transportation a.s. se začalo využívat nového systému pro upínání samotných přípravků ke stolům obráběcích strojů. Jedná se o produkt VERO-S NSE-T3 od firmy SCHUNK. Tento upínací systém nahrazuje klasické upínací metody přípravků k obráběcím stolům. Svoji konstrukcí umožňuje urychlit čas upínání a zároveň upínat na velmi přesné pozice.

Pro upnutí do tohoto systému musí být na rámu přípravku přidány čepy, které se následně nasunou do otvorů systému. Pomocí pružinových sestav, přivedeného tlaku a vačkám se písty vysunou a uzamknou čep v otvoru. Toto upnutí je samosvorné a upínací sílu lze zvyšovat pomocí pružinových sestav. Tento systém a způsob upínání je vyobrazen na obrázku 10. [6]



Obr. 10 Upínací systém SCHUNK VERO-S [6]

3.2 Využití elektromagnetické upínací síly

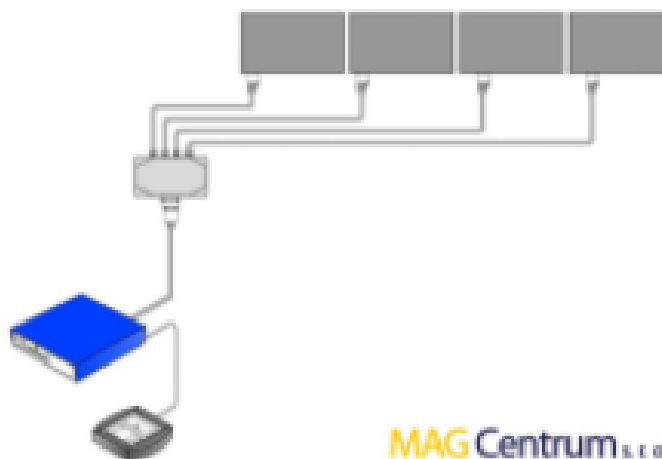
Ze zkušeností při obrábění u jiných projektů a tramvají se velmi osvědčily elektromagnetické desky od firmy MAG Centrum s.r.o. (obrázek č.11). Tyto desky se umísťují pod plochu tzv. nadpodvozkového hnízda označené růžovou barvou na obrázku 8, 9. Zde je největší plocha, a tudíž magnety dobře sedí a drží pevně.

Jedná se o elektromagnetické desky z řady QUAD EXTRA. Tyto magnety vychází z principu usazení plochy obrobku na magnetické desky. Síla vyvozená elektromagnety je rovnoměrně rozložena po celé ploše a tím pádem nedochází ke zkroucení nebo deformování obrobku. Díky těmto magnetům se lze k obrobku dostat obráběcím nástrojem, aniž by překážela jakákoliv součást upínacího zařízení. Způsob tohoto upnutí snižuje vibrace vznikající při obrábění a tím pádem se prodlužuje i životnost nástroje. [7]



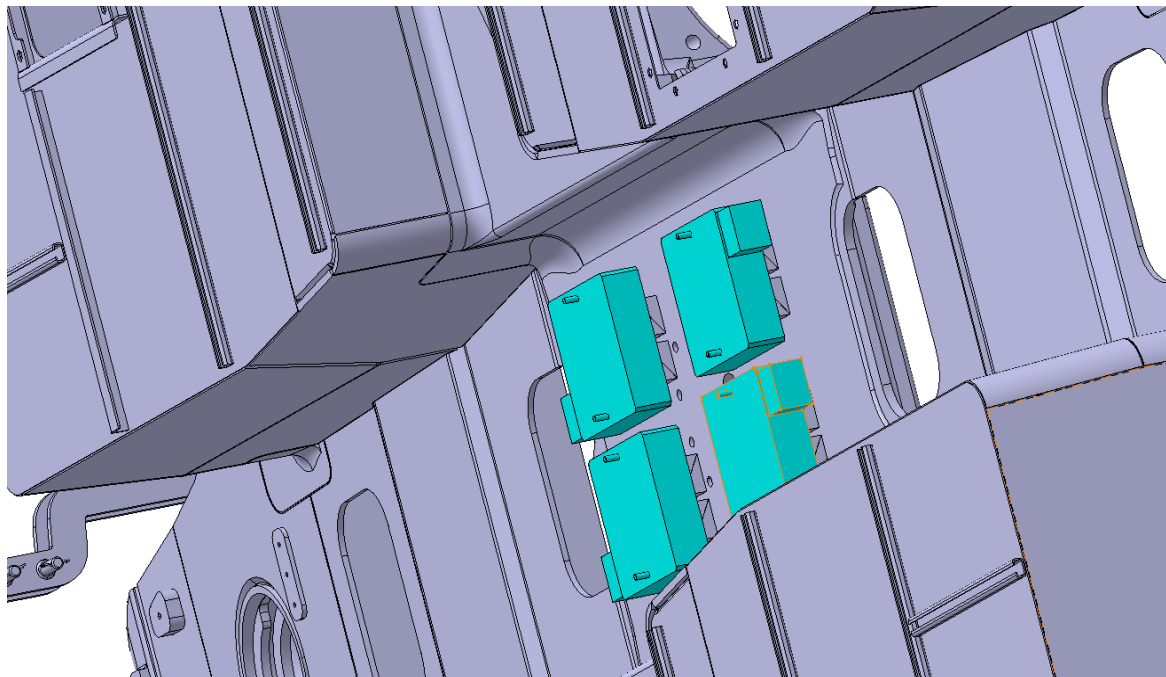
Obr. 11 Magnetické desky [7]

Pro obsazení celé plochy tzv. nadpodvozkového hnízda jsou zapotřebí čtyři magnetické desky. Z tohoto důvodu je využíván systém EPC4 s napájením 400 V. Schéma zapojení je vyobrazeno na obrázku 12. [7]



Obr. 12 Schéma zapojení magnetů [7]

Tento způsob upnutí byl využit například v projektu 39T Ostrava. Znázornění využití magnetů je na obrázku 13.



Obr. 13 Znázornění ustavení magnetů

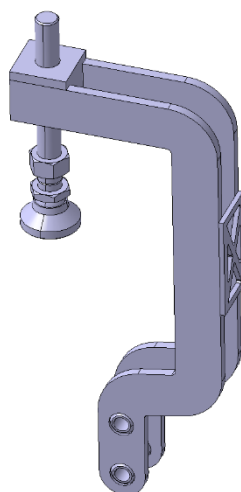
Tento systém je obohacen o tzv. samovyrovnávací podložky (viz Obr. 14), které automaticky vyrovnávají obrobek a zajišťují jeho dokonalou rovnoběžnost s upínací plochou. Vyrovnávací podložky, ve stavu vypnuté magnetické desky, jsou schopny se přizpůsobit zakřivení plochy. Dokonalé upnutí je zajištěno aktivací (přívodem elektrického proudu) magnetické desky. Vyrovnávací podložky v tento moment ztuhnou a vytváří perfektní převod upínací síly na obrobek.[7]



Obr. 14 Vyrovnávací podložka [7]

3.3 Mechanické prvky

S využitím znalostí z kapitoly č. 2 a použitím zkušeností ve výrobě Škoda Transportation a.s. se mohou také využít prvky, které patří ke klasickým upínacím metodám. Na obrázcích 8. a 9. jsou znázorněné zelené plochy v každém „rohu“ obrobku. Tyto plochy budou sloužit jako podpěrné body. Další opěrnou plochou obrobku bude tzv. nadpodvozkové hnízdo. Upínací síly musí působit co nejbližší opěrné ploše. Z tohoto důvodu musí proti těmto plochám působit upínací síly vyvozené mechanickými prvky jako jsou například upínky, upínací šrouby nebo matice.



Obr. 15 Příklad upínky

Pro nastavení polohy v příčném směru je třeba uvažovat nějaké stavitelné opěrky. Pro ustavování a vymezení polohy jsou ve výrobě využívány stavitelné šrouby (viz Obr. 16). Jedná se o šroub, který je zakončen kulovou hlavou. Na hlavě je nasazena přes kloubové spojení s kulovou hlavou otočná plocha. Tato plocha je díky otočnému kloubu schopna přizpůsobit se každému povrchu, nerovnosti nebo sklonu plochy o kterou se potřebuje opřít.



Obr. 16 Stavitelný šroub [8]

3.4 Výběr způsobu upnutí

S ohledem na technologii, možnosti a zkušenosti ve výrobě bylo rozhodnuto, že finální konstrukce přípravku bude cestou konvenčnějšího přístupu. Systém od firmy SCHUNK nebude využit z důvodu zjednodušení přípravku. Použití systému od firmy SCHUNK není vhodné, také z důvodu velikosti celého obrobku. Tento obrobek je velice prostorově výrazný a použití tohoto systému je vhodné na obrocích, kde jsou přesně definované polohy. Díl, na který je zpracovávána tato práce je příliš složitý pro použití tohoto systému upínání.

Pro upnutí přípravku a samotného obrobku bude využita kombinace variant magnetického upnutí zároveň s doplněním mechanických prvků. Podobným způsobem byly upínány i spodky tramvají na jiných projektech. Jedná se tedy o využití možností upnutí z předchozích přípravků a aplikací na tento přípravek. Tento způsob upnutí bude vhodnější pro celkové používání ve výrobě, jelikož s obdobnými přípravky mají ve výrobě zkušenosti.

4 Konstrukční návrh přípravku

Navrhovaný přípravek bude, podle možných variant popsaných v kapitole č. 3, zhotoven z hlavního rámu a upínací síla bude vyvozena z magnetických desek v kombinaci s mechanickými prvky. Na tomto rámu budou vyneseny opěrné body. Tyto body budou sloužit, jak pro ustavení pevných opěrek, tak pro ustavení plochy upínacích magnetů, ale i například pro upínky. Jedná se o obráběcí přípravek, který bude zatěžován vnějšími, upínacími silami a samotnou vahou obrobku. Z tohoto důvodu musí být hlavní části (rám, opěrná místa a kotvící místa) zhotoveny z masivnějšího materiálu, aby byly schopny odolávat všem zatížením, které budou na daný přípravek působit.

Přípravek nebude sloužit pouze pro účely upínání kusu a následném obrobení jej na stroji. Jelikož je samotný obrobek prostorově výrazný a manipulace s ním obtížná, bude přípravek sloužit také jako manipulační prostředek. Při samotné manipulaci celého obrobku by mohlo dojít ke zkroucení nebo poškození kusu. Z tohoto důvodu bude obrobek upnutý i po dobu mimo obráběcí stroj. Na přípravku budou záchytná oka, díky kterým se manipulace zjednoduší.

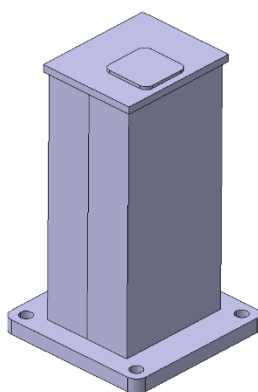
Do přípravku se budou upínat dva různé spodky tramvají, které jsou rozdílné (viz obr. č. 8 a 9). Toto bude mít vliv na konstrukci z hlediska univerzálního využití. Opěrné body budou muset být rozestavené tak, aby při upnutí jakéhokoli kusu nepřekážely nebo nebyly v kolizi.

Většina navrhovaných a dodávaných přípravků v Škoda Transportation a.s. se konstruuje a vyrábí z běžně dostupných materiálů a tvarovaných profilů. Nejčastěji jsou používány hranaté, kulaté, L, U a jiné profily. Ostatní atypické díly, které by se špatně vyráběly, se navrhují z laserem vypálených plechů, které se následně svařují. Díky tomuto, není výroba skoro ničím omezena a dají se zhotovit velice složité sestavy. Při návrhu a zpracování přípravku řešeného v této bakalářské práci bude také využito výše popisovaných metod.

4.1 Opěrky pevné

Opěrné body pro ustavení obrobku byly zvoleny zelené plochy z obrázku 8 a 9. Jedná se o plochy obrobené na přesný rozměr již z polohy, kdy se obráběla druhá strana kusu. Tyto body jsou velmi přesné a budou sloužit jako opěrná místa v rozích jednotlivých komponent. Z důvodu dvou různých druhů obrobku bylo rozhodnuto, že podpěrné body budou vyměnitelné, a tudíž se přípravek stane variabilním.

Z konstrukčního hlediska jsou opěrky jednotlivé nohy zhotovené svařením U profilů a zavřené ze stran plechem. U profily jsou k sobě svařeny a tvoří nosný profil. Takto svařené profily jsou z důvodu rozdílných výšek opěrných ploch na obrobkách zhotoveny ve třech výškových variantách. Na horní části je navařený plech, který bude po svaření obroben na přesný rozměr. Ve spodní části opěrky jsou do plechu vyhotoveny otvory pro upnutí nohy na rám. Tímto upnutím se zajistí vyměnitelnost jednotlivých opěrek pro různé obrobky. Každá opěrná noha má svoji výšku a na tuto výšku je obrobena s přesností $\pm 0,1$ a zároveň jsou tyto plochy vůči sobě v geometrické rovinnosti také s tolerancí $\pm 0,1$. Takto zvolené tolerance jsou zvoleny z důvodu dosažení, co největší přesnosti při samotném obrábění. Obrobek musí být ustaven v přípravku tak, aby nebyl zkroucený a byl uložen v jedné rovině.

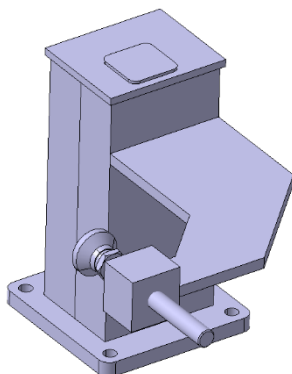


Obr. 17 Pevná opěrka

4.2 Opěrky stavitelné

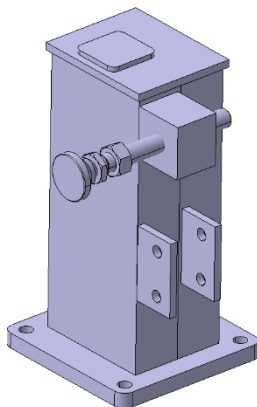
Pro ustavení a zajištění obrobku v příčném směru je zapotřebí na přípravku zkonstruovat místa, která budou přestavitelná. Tohoto způsobu upínání lze dosáhnout upínkami, které se při usazení obrobku do správné polohy zajistí a utáhnou. Další způsob, jak ustavit a zajistit obrobek, je pomocí stavitelných opěrek. Tyto opěrky jsou vhodné pro vymezování polohy obrobku na přípravku. Díky stavitelnému šroubu lze obrobek posouvat a tím vymezit jeho správnou polohu.

Vymezení polohy pro obrobek na tomto přípravku je pomocí stavitelného šroubu. Vedení šroubu je pomocí opěrného ramena viz obrázku 18. Toto opěrné rameno je zhotoveno z tzv. žebra a kostky. Kostka je koutovým svarem přivařena na žebro a tvoří celé rameno. V kostce je otvor se závitem pro vedení stavitelného šroubu, který následně slouží jako stavitelná opěrka. Takto zhotovená sestava je přivařena k jednotlivým pevným opěrkám, které jsou řešeny v předchozí kapitole. Každá stavitelná opěrka je na obrobku z každé strany symetricky, aby vždy působily na obrobek z vnější strany.



Obr. 18 Stavitelná opěrka s vnějším působením

Při variantě menšího obrobku je složité stavitelné opěrky umístit tak, aby působily z vnější strany. Z toho důvodu nemůže být opěrka vynesena přes rameno na stojině. Kostka, která slouží k vedení stavitelného šroubu je tedy svařena přímo na pevnou opěrku. Síla pro ustavení a upnutí obrobku působí na vnitřní straně obrobku. Takto zhotovená opěrka je vyobrazena na obrázku 19.



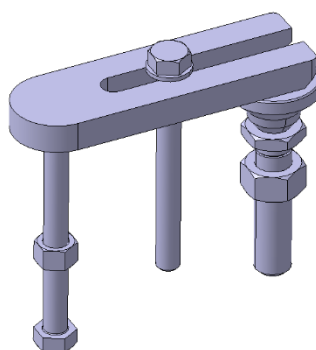
Obr. 19 Stavitelná opěrka s vnitřním působením

4.3 Upínky

K vyvození přitlačné síly, která udrží obrobek při samotném obrábění, slouží upínky. Pro dosažení co nejlepšího přitlačení a aby nedocházelo k deformaci obrobku musí upínka působit co nejbližší opěrné ploše. Pro dosažení těchto požadavků je zapotřebí různých upínek.

4.3.1 Upínky klasické

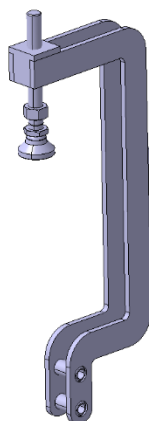
Jedním místem pro ustavení upínek je plocha na obrobku, která je vedle magnetických desek u tzv. nadpodvozkového hnízda. Tato plocha je rovná a je zde dostatek místa pro ustavení upínek. Z tohoto důvodu je zde použita klasická upínka s dvěma rameny (viz Obr. 20). Přítlačnou sílu na upínku bude vytvářet šroub, který působí přibližně na střed upínky. Na jednom konci je upínka opřena o obrobek a zde je vytvářena přítlačná síla. Proti této přítlačné síle je umístěn stavitelný šroub, aby nedošlo k zdeformování. Na druhém konci upínky je podpěra. Podpěra je v tomto případě tvořena pouze šroubem, který si obsluha nastaví podle potřeby. Zajištění této podpěry je realizováno kontra maticí.



Obr. 20 Klasická upínka s podpěrnými body

4.3.2 Upínky vyráběné

Dalšími místy, kde je obrobek podepřen, jsou zeleně vyznačené plochy z obrázku 8 a 9. Tyto plochy jsou podepřeny pevnými opěrkami, které jsou tvořené ze svařovaných profilů. Proti těmto plochám jsou tedy ideální místa pro působení upínací síly. Jelikož zde není žádný prostor k umístění klasické upínky, musí se navrhnout jiná možnost. Z tohoto důvodu jsou navrženy upínky vyráběné. Upínka je tvořena dvěma rameny, které udávají tvar a rozměr. V horní části je kostka se závitem, ve kterém je veden stavitelný šroub. Hřbet upínky je vyztužen vzpěrrou, která zlepšuje tuhost sestavy. Spodní část je spojena dvěma trubkami. Skrz tyto otvory jsou provlečeny čepy. Každý čep je zajištěn závlačkou, aby nedošlo při utahování upínky k vyvlečení čepu. Na opěrné noze jsou svařeny a po svaření provrtány držáky, které upínku ponесou.

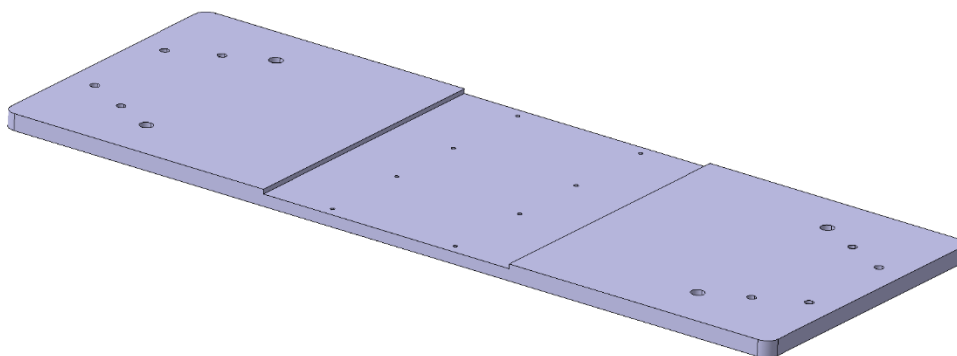


Obr. 21 Vyráběná upínka

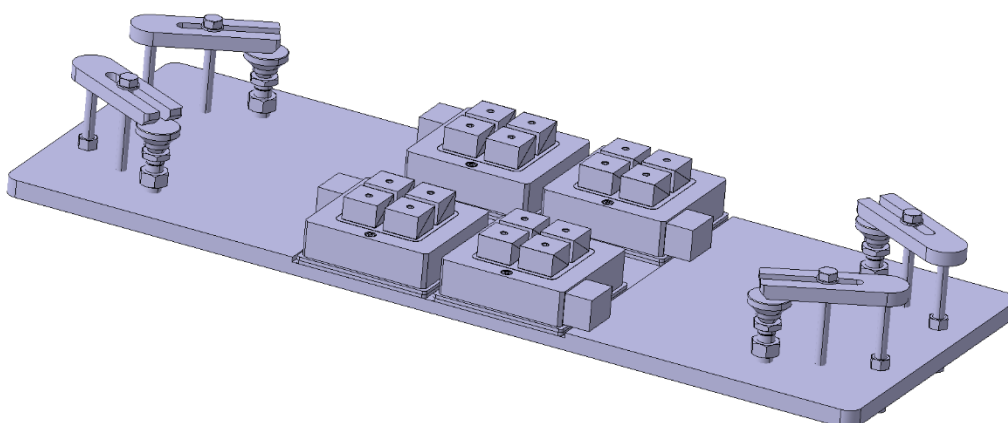
4.4 Uložení magnetických desek

Přítlačná síla, která bude na obrobek působit je kombinací mechanického a magnetického působení (viz kapitola 3.4). Uložení magnetických desek je přímo pod tzv. nadpodvozkovým hnízdem. Toto místo je zvoleno z důvodu největší možné upínací plochy a také proto, že je tato plocha obrobena z předchozí polohy. Pro magnetické desky je to ideální plocha pro upnutí.

Pro upnutí samotných magnetických desek je navržen ocelový plech. Tento plech je ze silného materiálu, aby byl schopen unést upínací síly, které budou působit na obrobek. V plechu je drážka, ve které jsou magnety usazeny. Drážka je obrobena tak, aby byla zajištěna její geometrická tolerance. Díky tomu je dosažena rovinnost vůči přípravku a zároveň je zaručena rovinnost obrobku. V samotné drážce jsou otvory se závitem pro upnutí každé magnetické desky zvlášť. Jednotlivé desky jsou ještě vypořádány plechy. Díky těmto plechům lze měnit výšku nastavení magnetických desek. Proti magnetickým deskám působí upínky zmiňované v předchozí kapitole. Upínací a podpěrné šrouby jsou uloženy také na tomto plechu. Z tohoto důvodu jsou v plechu zhotovené otvory se závitem. Takto upravený plech je vyobrazený na obrázku 22.



Obr. 22 Plech pro ustavení magnetických desek



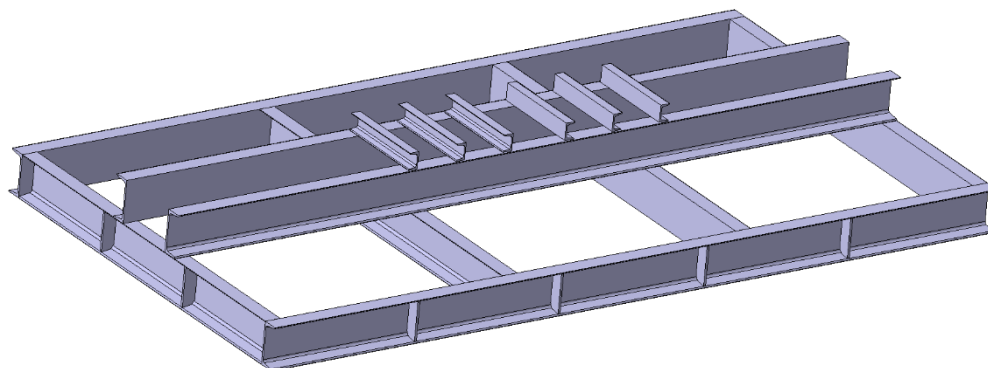
Obr. 23 Plech s ustavenými magnety a upínkami

4.5 Hlavní rám

K rozmístění a uložení jednotlivých prvků jako jsou zmiňované opěrky, upínky nebo plech pro uložení magnetických desek je navržen nosný rám. Jednotlivé prvky jsou na rámu rozmístěny tak, aby všechny plochy působily proti opěrným bodům obrobku. Zároveň všechny upínací mechanismy musí působit proti opěrným bodům, čehož je také dosaženo rozmístěním na rámu. Tento rám svojí velikostí kopíruje rozměry většího obrobku. Samotný rám je rozdělen do uzlů.

4.5.1 Kostra rámu

Rám je zhotovený z U profilů, které jsou svařeny tak, aby určily hlavní rozměr celé sestavy. Jednotlivé U profily jsou ve dvou různých délkách rozmístěny do tvaru obdélníku. Celý obdélník je vnitřně vyztužen dalšími U profily, které jsou rozmístěny vždy symetricky od podélné a příčné osy. Díky tomuto rozmístění a samotným U profilům je zajištěna vysoká tuhost celé soustavy. U profily, které jsou vždy natočené směrem z přípravku mají po vnějším obvodu vyztužení žebry pro zajištění většího zpevnění a tuhosti celé sestavy. Tuhost zajistí minimální deformace, jak při upínání, tak při samotném obrábění. Rám je spojen v každém místě dotyku profilu s jiným profilem svarem. Pro svaření jsou použity buď koutové nebo $\frac{1}{2}$ Y svary. Takto zhotovený rám tvoří oporu pro celý přípravek a zároveň dostatek prostoru pro umístění podpěrných míst anebo upínacích zařízení (viz Obr. 24).



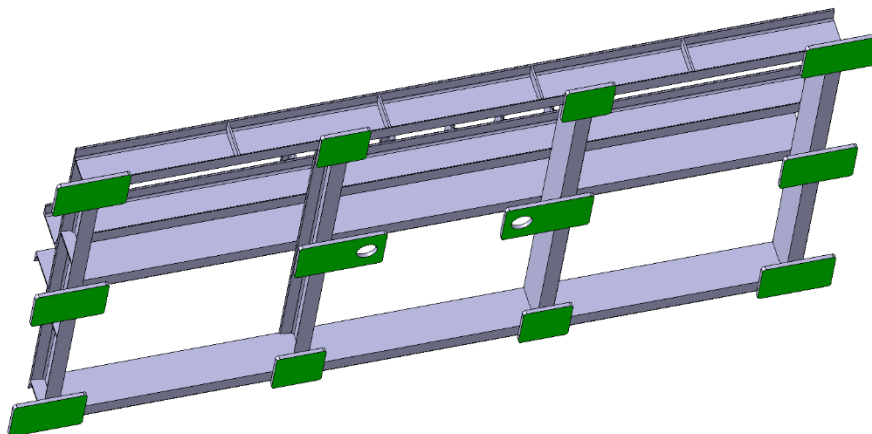
Obr. 24 Rám přípravku

Na obrázku je možné také vidět šest menších U profilů. Tyto profily tvoří oporu pro plech, na kterém jsou rozmístěny a upnuty magnety a zároveň slouží jako místo pro utažení upínek. Profily jsou také rozmístěny symetricky od středu.

4.5.2 Ustavovací plocha rámu

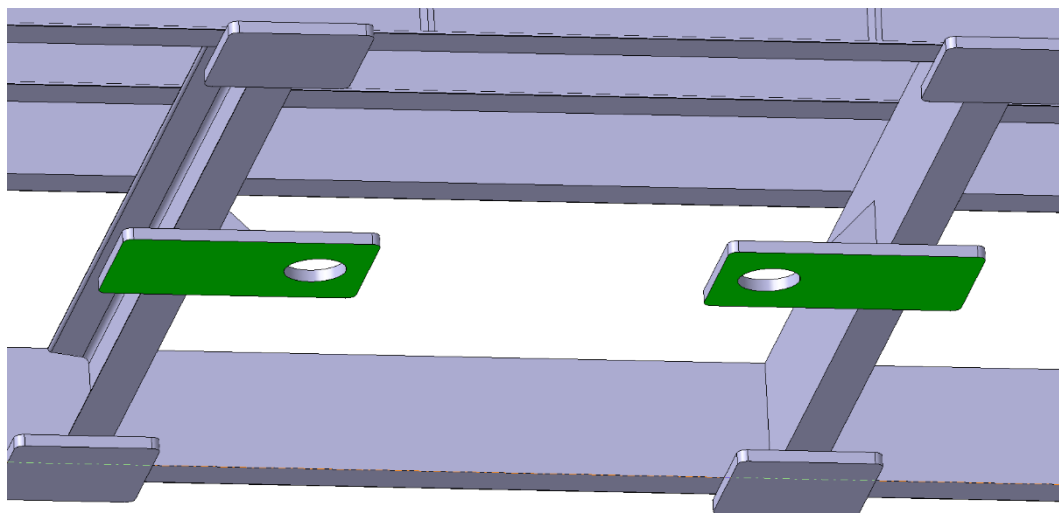
Na spodní části rámu jsou rozmístěny ocelové plechy, které díky své poloze tvoří dosedací plochu celého přípravku na obráběcí stůl (viz Obr. 25). Jednotlivé plechy jsou vždy v rozích, v místě spojení U profilů a na podélné ose celého přípravku. Plechy jsou k rámu navařeny koutovými svary, aby byla zajištěna nejpevnější spojení. Vždy z vnější strany jsou plechy větší než plechy ostatní. Tento přesah je z důvodu lepšího upínání přípravku na stroj, jelikož jsou T drážky rozmístěny daleko od sebe. Prodloužení plechu zajistí místo pro upínky a pohodlnější

manipulaci při utahování pro obsluhu. Po navaření plechů na rám přípravku jsou plechy ještě obrobena do stejné výšky a jedné roviny. Toto obrábění slouží k zajištění rovinnosti dosedací plochy celého přípravku a zpřesnění výroby při obrábění ploch na obrobku.



Obr. 25 Dosedací plocha přípravku

Uprostřed rámu jsou dva rozdílné plechy. Tyto komponenty jsou stejně velké jako plechy zvětšené pro upínání. Do těchto plechů budou následně zhotoveny dva otvory o průměru 51 mm, které slouží pro zavádění trnů na obráběcím stole (viz Obr. 26). Díky těmto trnům je snazší ustavit přípravek do správné výchozí polohy na stroji. Otvory jsou vyhotoveny až po navaření plechů na rám. Obrábění otvorů až po svaření zajistí správnou vzdálenost os. Nakonec se plechy také obrobí do jedné roviny s ostatními a vytvoří dosedací plochu pro celý přípravek.

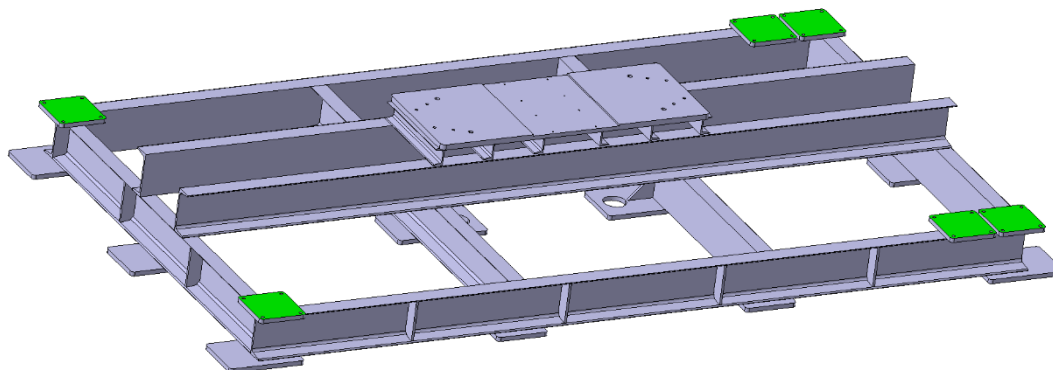


Obr. 26 Zaváděcí plechy

4.5.3 Ustavení pevných podpěr

Kvůli dvěma rozdílným obrobkům, které jsou z jedné strany stejné, ale liší se druhou polovinou, musí být přípravek zkonstruován pro obě varianty. Pro zjednodušení je navržen přípravek, který dokáže obsáhnout obě varianty obrobku a dochází k z univerzálnění celého přípravku. Tohoto

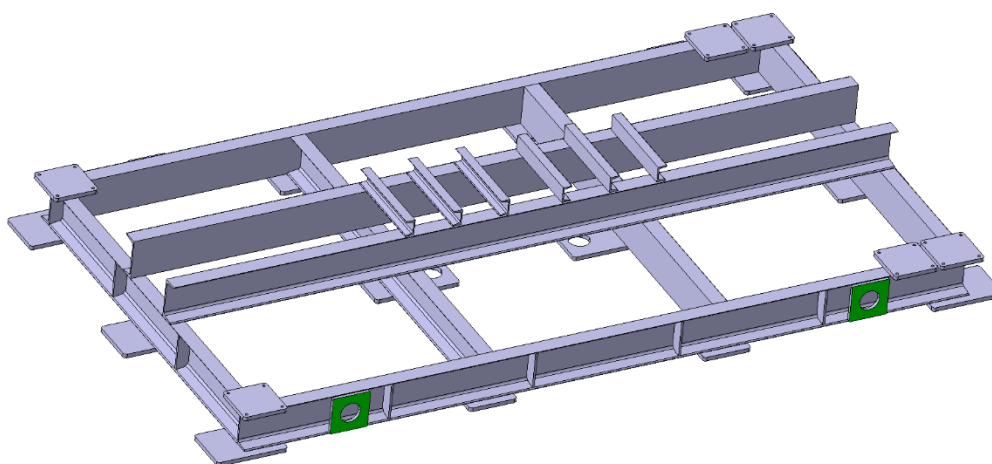
dosáhneme díky vyměnitelným podpěrným stojinám. Každý obrobek je ustaven podle svého rozměru na podpěrné stojiny, které jsou rozestaveny po rámu. Rozestavení je umístěno tak, aby každá stojina vycházela pod opěrné plochy z obrázku 8 a 9. Pro každou stojinu je na přípravku svařený plech, na který se jednotlivé stojiny montují. Po svaření jsou plochy obrobeny, kvůli přesnosti a rovinnosti, která má následně vliv na obrábění samotného kusu. Spojení jednotlivých stojin s přípravkem je pomocí šroubových spojů. Plechy pro ustavení stojin mají z tohoto důvodu čtyři otvory se závitem. Rozmístění plechů a následné rozestavení jednotlivých stojin je na obrázku 27.



Obr. 27 Rozestavení pevných podpěr

4.5.4 Zdvihací body

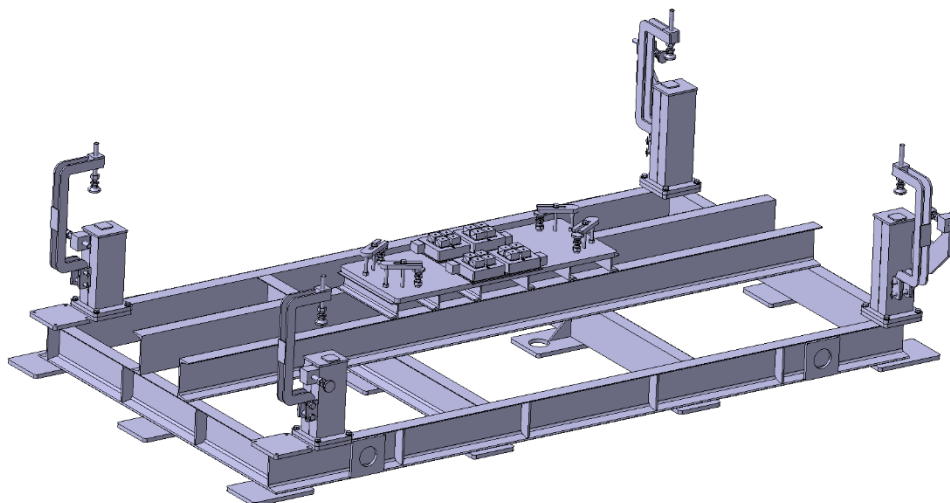
Rám je, kvůli potřebné tuhosti, zhotovený ze silných profilů a plechů. Zároveň jsou na přípravku rozestaveny různé komponenty, které vnesou do celkové váhy velký podíl. Jsou to podpěrné nohy, upínky, plech pro ustavení magnetů a jiné. Jelikož bude zapotřebí přípravek přemísťovat, a to nejen bez obrobku, je zapotřebí zkonstruovat zdvihací body. Pro zdvihání celého přípravku jsou navrženy čtyři plechy, které mají v sobě otvor (viz Obr. 28). Každý plech je zhotoven z materiálu silného 15 mm. K přípravku je zdvihací plech navařen, aby byl spojen co nejpevnější vazbou a vydržel namáhání způsobené přepravou i s upnutým kusem. Rozmístění plechů na přípravku je symetrické podle příčné a podélné osy. Toto rozmístění je z důvodu rovnoměrného vyzdvižení.



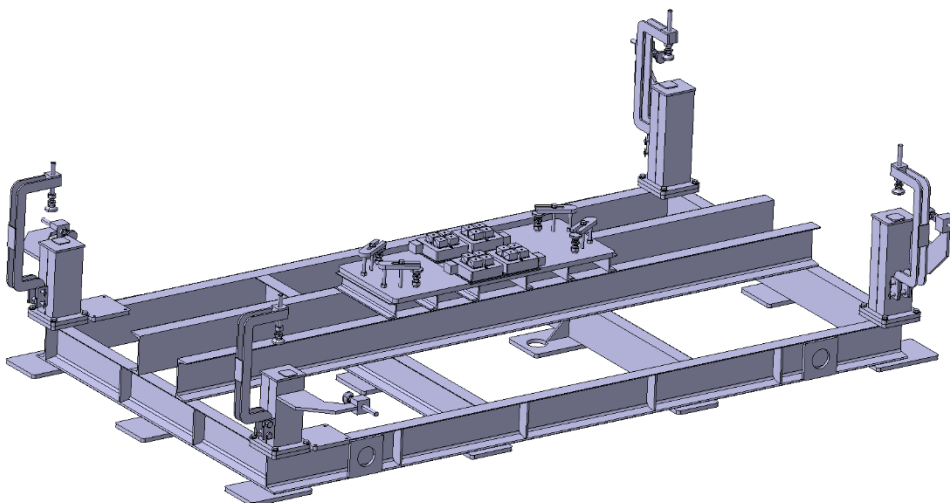
Obr. 28 Závěsné body přípravku

4.6 Vlastní přípravek

Jak již bylo zmíněno, přípravek je navržen tak, aby obsáhl dva podobné obrobky. Ze strany jedné jsou obrobky stejné a jejich druhá polovina se liší. Samotný přípravek je vyneseno na rámu, který je vytvořen z U profilů a tlustých plechů. Rozdílnost obrobku je vidět na samotném rozmístění pevných podpěr. Tyto podpěry jsou k rámu přípravku uchyceny pomocí šroubového spojení, aby byla zajištěna jejich vyměnitelnost pro upnutí druhého obrobku. Na jednotlivých pevných podpěrách jsou uloženy stavitelné opěrky. Stavitelné opěrky jsou na nohách pevně navařeny a pohybovat se může pouze stavitelný šroub díky, kterému lze s obrobkem hýbat v příčném směru. Na samotných nohách jsou také navařeny držáky pro uchycení upínek. Upínky jsou k jednotlivým nohám připojeny skrze čepové spojení. Díky tomuto spojení je zajištěna jednoduchá výměna komponent. Uprostřed přípravku je pomocí menších U profilů vyneseno plech, který je po navaření k rámu přípravku obroben. Do plechu jsou vyvrtány otvory a je zde zhotovena drážka, ve které jsou uloženy magnetické desky. Celkově navržený a zhotovený přípravek je v obou polohách zobrazený na obrázcích 29 a 30.



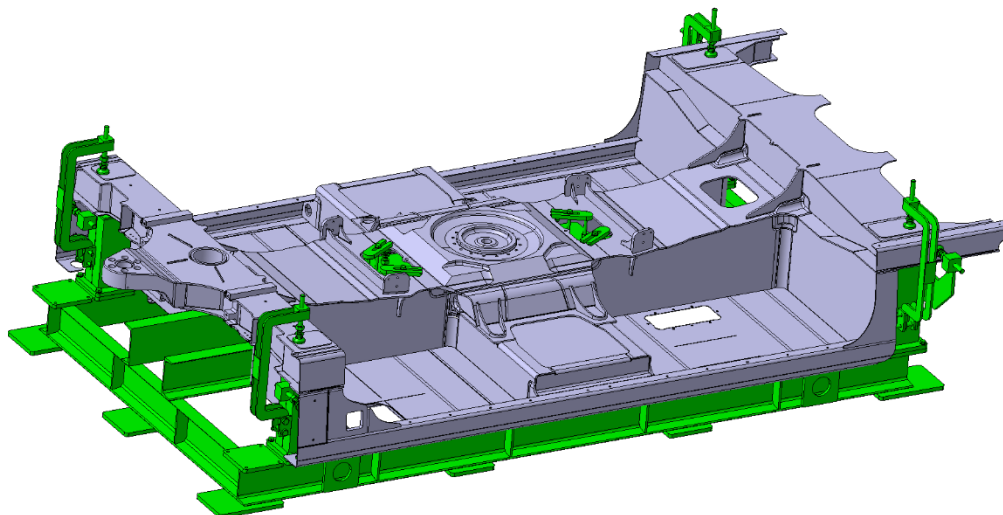
Obr. 29 Celý přípravek – rozmístění pro menší obrobek



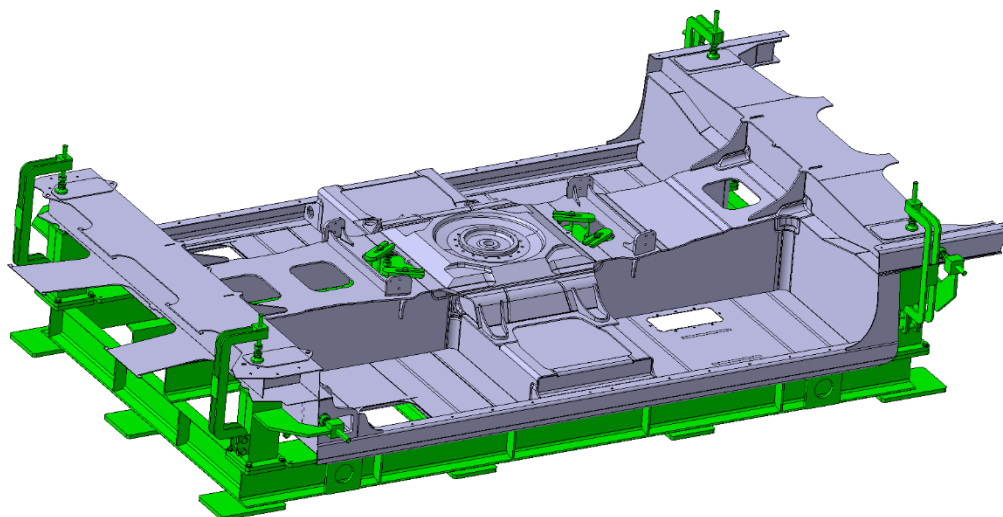
Obr. 30 Celý přípravek – rozmístění pro větší obrobek

4.7 Ustavení tramvajových spodků v přípravku

Přípravek nebude sloužit pouze pro upnutí obrobků při obrábění. Díky velikosti obrobku se přípravek bude využívat jako transportní zařízení. Obrobek bude v přípravku upnut i mimo obráběcí stroj. Toto řešení je voleno z důvodu složitého tvaru obrobku a z toho vyplívajícího náročného upnutí. Při přemísťování samotného obrobku by mohlo dojít k poškození nebo také ke zkroucení samotného kusu. Na obrázcích 31 a 32 jsou znázorněny oba obrobky, jak budou umístěny a upnuty v přípravku.



Obr. 31 Upnutí menšího obrobku



Obr. 32 Upnutí většího obrobku

5 Zpracování výkresové dokumentace

Zpracování výkresové dokumentace vychází z konstrukčního 3D návrhu. Celkový 3D model přípravku je tvořen z jednotlivých podsestav a ty jsou tvořeny z detailů. Každý díl nebo sestava musí mít svůj vlastní výkres, který je označen dle systému využívaném v společnosti Škoda Transportation. Každé z těchto položek je přiřazeno označení začínající písmeny MD a za ním následuje šest čísel pro jednoznačné určení. Toto označení je vždy shodné pro 3D model a odpovídající výkres. Ostatní komponenty, jako jsou šrouby, matice, podložky anebo také magnetické desky, jsou označeny identifikačním číslem začínajícím 820. Pro tyto položky se výkresová dokumentace tvořit nemusí. Jednotlivá čísla pro označení položek generuje systém SmartTeam, který je ve společnosti využíván pro ukládání, nahrávání anebo také ke sdílení dokumentace. Následně je každé položce přiřazen v systému materiál a případně norma polotovaru. Na závěr jsou ke každé sestavě a podsestavě generovány kusovníky.

5.1 SmartTeam

K ukládání veškeré dokumentace slouží systém SmartTeam. Tento systém neslouží pouze pro ukládání a sdílení dokumentace, ale je možné v něm generovat kusovníky, přiřazovat jednotlivým položkám materiál, přiřazovat polotovar, normu polotovaru, váhu, vyhledávat v katalogu pro spojovací materiál, který je výrobě používán a jiné. Všechny tyto informace jsou propojeny a komunikují spolu. Systém si dopočítává váhu položky, dále propisuje informace jednotlivých položek do razítka výkresů a díky všem informacím na jednom místě může generovat kusovníky.

Samotné uložení všech dokumentů (3D, výkresů) se ukládá do SmartTeamu, kde má přípravek zpracovávaný v této bakalářské práci svůj adresář. Tento adresář je zařazen ve stromu pod příslušný projekt a pod správné označení přípravků podle operačního určení. Vzhledem k tomu, že se jedná o přípravek určený pro obráběcí operace, je adresář pro ukládání založen pod adresářem „OFA – frézovací přípravek“. Zde je založen unikátní adresář, který slouží pro ukládání pouze položkových, 3D a výkresových dat od přípravku zpracovávaném v této práci.

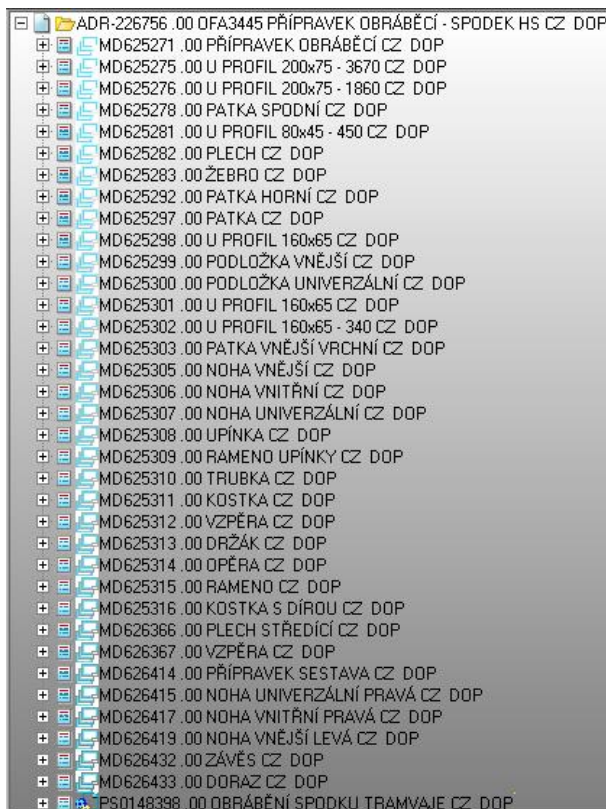
5.1.1 Označení přípravku

Přípravek je veden pod svým identifikačním označením, které je také generováno systémem. Označení přípravku zpracovávaného v této práci je OFA 3445. Toto označení je pro lepší orientaci v systému a jednoznačné určení promítnuto do názvu vlastního adresáře a samotné položky celého přípravku. Pod tímto označením je přípravek veden po celou dobu zpracovávání dokumentace a zároveň po celou dobu využívání přípravku.

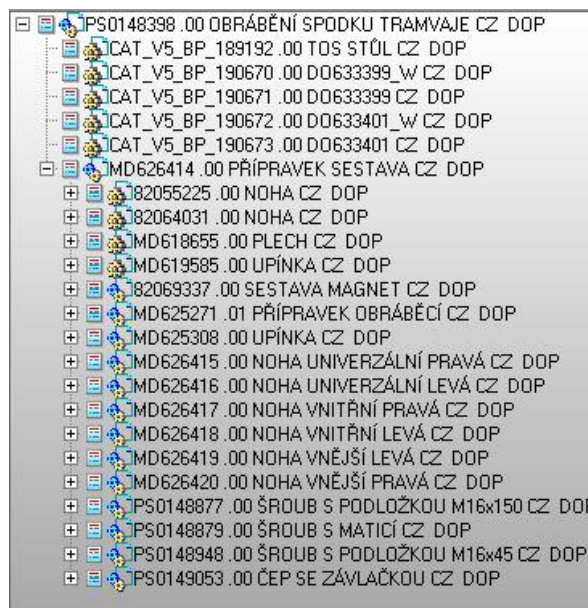
5.1.2 Stromová struktura

Uložení jednotlivé dokumentace do složky vychází ze stromu tvořeného v softwaru Catia V5. Jak je jednotlivá dokumentace rozřazena ve stromu, tak je uložena i do samotného systému. Jak je možné vidět na obrázku 33, dokumentace je v adresáři uložena tak, že všechna výkresová dokumentace je nezávisle na pozici v kusovníku. Zároveň 3D dokumentace je uložena dle jednotlivých úrovní stromu v systému Catia V5. Toto rozdělení je vyobrazené na obrázku 34. V adresáři je celá 3D dokumentace uložena pod označením PS0148398. Označením PS se označují tzv. pseudopoložky, které pomáhají udržet styl a vzhled struktury stromu. Mohou to být například šroubové spoje (šroub, matice a podložky). Dále jsou v této sestavě položky

označené CAT_V5_BP. Tyto položky jsou pouze neaktivní modely jednotlivých svařenců spodku tramvaje a model upínacího stolu, na který bude přípravek upínán. Následuje sestava samotného přípravku a jednotlivé podsestavy nebo detaily ať nakupované či vyráběné.



Obr. 33 Struktura uložení dokumentů - 1



Obr. 34 Struktura uložení dokumentů - 2

5.2 Zhotovení výkresů

Výkresová dokumentace se zhotovuje z předchozího konstrukčního návrhu. Z jednotlivých dílů a následně sestav jsou kresleny výkresy v software Catia V5. Výkresová dokumentace se začíná zhotovovat vhodnou volbou měřítka a k tomu vhodný formát výkresu. Následně jsou rozmístěny pohledy dané komponenty nebo sestavy. Jsou doplněny o kóty a potřebné informace. Dále jsou doplněny poznámky pro tvorbu dokumentace a dodatky do výkresu. Závěrem je aktualizováno razítko o informace doplněné ze systému SmartTeam.

5.2.1 Volba měřítka

Je nutné zvolit vhodné měřítko tak, aby byly všechny detaily zřetelné a čitelné. Měřítka jsou volena pro zmenšení zobrazených pohledů v poměru 1:2, 1:5, 1:10 nebo 1:20. Pro zobrazení detailů jsou měřítka volena zvětšovací v poměrech 2:1 nebo 5:1.

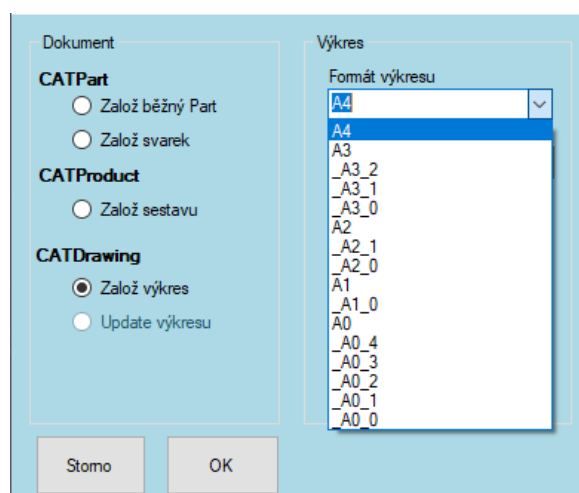
5.2.2 Formát výkresu

Zvolit vhodný formát výkresu je stejně důležité jako zvolit správné měřítko. Tyto dva kroky spolu ve výsledku souvisí. Vhodný formát výkresu se určuje tak, aby na něm byly vhodně rozmístěny pohledy a zvolené měřítko se vešlo na daný rozměr papíru. Na výkrese musí být

dobře znázorněny veškeré hrany, kterým budou přiřazeny kóty. Z tohoto důvodu je vhodnější volit větší formát výkresu a zvolit vhodné měřítko.

K zhotovení výkresové dokumentace pro přípravek zpracovávaný v této bakalářské práci, bylo použito několik formátů výkresu. Nejběžnějším byl formát A3, na kterém jsou vyobrazeny veškeré detaily a některé menší sestavy. Dalším formátem, který byl použit, je formát A0. Na tomto formátu je vyobrazena kompletní sestava i s pozicemi a je zde znázorněno rozvržení přípravku pro každý typ svařenců (viz příloha 1). Posledním formátem, který byl pro tuto práci využit, je A0_4. Tento formát je vlastně A0 jen je prodloužená o šířku formátu A4. Tento formát byl zvolen z důvodu dobrého vyobrazení pohledů a čitelného vynesení kót (viz příloha 1).

Formáty jednotlivých výkresů si generuje software Catia V5 sám. Pro zvolení vhodného formátu výkresu je v prostředí softwaru zhotoveno makro. V tomto makru si uživatel pouze zvolí velikost požadovaného formátu a systém mu sám vygeneruje požadovaný výkres. V tomto makru je také možnost úpravy formátu. Z tohoto důvodu může uživatel kdykoli změnit velikost formátu a systém si převede všechna data na daný typ výkresu.



Obr. 35 Makro pro tvorbu výkresů

Některé výkresy mají dva listy. Dva listy výkresu jsou vždy použity u svařovaných sestav. Je to z důvodu svařování a následném obrábění. Na listu jedna je vždy vyobrazena svařovaná sestava s vnesenými pozicemi jednotlivých komponent a svarovými značkami. List druhý je pro následné obrobení. Po svaření se některé komponenty ze sestavy mohou zkroutit. Z tohoto důvodu se ještě musejí po svaření obrobít, aby byla zajištěna jejich správná funkčnost v celé sestavě. Plochy, které se obrábí, jsou z pravidla plochy funkční a mají důležitý vliv na funkčnost a sestavu jako celek.

5.2.3 Rozvržení pohledů

Pro zobrazení dané komponenty je na výkresu důležité zvolit správné pohledy. Jelikož je přípravek tvořený z profilů a plechů, je většina pohledů pouze nárys a k tomu jeden bokorys. Tyto pohledy jsou doplněny o rozměrové kóty. V případě složitějších komponent nebo sestav jsou na výkresech vyobrazeny ve více pohledech. Počet a rozmístění jednotlivých pohledů je určen složitostí komponenty a nutností zobrazit všechny potřebné tvary pro správné zakótování. Pro tyto účely jsou na výkresech využity řezy, částečné řezy, vyobrazené detaily některých komponent, ale je využito i klasických pohledů rozšířených o půdorysy nebo další bokorysy.

5.2.4 Kótování

Správné vyrobení každého dílu je zásadní pro celý přípravek. Aby bylo dosaženo správného rozměru, musí být každá komponenta doplněna o rozměrové kóty. Rozměrové, geometrické anebo také kóty drsnosti povrchu jsou zásadní. Dále jsou ve výkresech použity i kóty s tolerancemi, které zpřesňují dané rozměry. Tolerance mohou být, jak rozměrové, tak geometrické. Tyto tolerance se využívají na místech, kde je zapotřebí dosáhnout velké přesnosti výroby a tyto rozměry jsou funkční.

5.2.5 Poznámky ve výkresech

Poznámky ve výkresech se používají pro doplnění informací neplynoucích přímo z výkresu. Může tam být například dopsáno jakým způsobem má být komponenta ošetřena proti korozi, jakou má nosnost nebo váhu a jiné. Tyto poznámky jsou vždy psané nad razítko výkresu.

Při tvorbě dokumentace pro přípravek zpracovávaný v této práci bylo použito několik doplňujících poznámek. Mezi nejběžnějšími byly poznámky o definování tvaru komponenty pomocí DXF souboru, nutnosti nátěru dané komponenty a nátěru obrobených ploch, svařovacích podmínkách anebo o místě označení přípravku doplněné o hmotnost samotné sestavy a její nosnosti.

SVAŘENO 135 EN ISO 14341-A-G 42 Z M21 3Si1
STUPEŇ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 C
TOLERANCE SVAŘENCE EN ISO 13920-BF
SVAROVÉ PŘÍPRAVY DLE TYPU SVARU V SOULADU S ČSN EN ISO 9692-1
DODAT DLE TDP Č.: Lo 2002-4/TP
VLASTNÍ HMOTNOST: 1000 kg

- 1) SVAR SYMETRICKÝ DLE OSY X
- 2) SVAR SYMETRICKÝ DLE OSY Y
- 3) ZHOTOVIT PŘÍPRAVU PRO 1/2 Y SVAR (DÍLENSKY URAVIT)
- 4) SVAŘIT Z VNITŘNÍ STRANY

Obr. 36 Výkresové poznámky – svařovaná sestava

NÁTĚR Č.6 RAL 5010 - 19,56m² - DLE Lo69762P
VŠECHNY PLOCHY OBROBENÉ NAJEDNOU PO SVAŘENÍ
OPRACOVANÉ PLOCHY - NÁTĚR Č.7 - 1,247m² - DLE LO69762P
VLASTNÍ HMOTNOST: 932 kg

DÍRY JSOU SYMETRICKÉ POLDE OSY Y
1* - PRO VŠECHNY DOSEDACÍ PLOCHY VŮČI SOBĚ NAVZÁJEM

Obr. 37 Výkresové poznámky – obráběná sestava

5.2.6 Razítko

Popisové pole každého výkresu se nazývá razítko. V tomto razítku jsou uvedeny veškeré údaje o daném výkrese a komponentě. Je zde uvedeno jméno autora, název komponenty, polotovary pro komponentu, váha, měřítko, v jakém je komponenta zhotovena, formát výkresu, počet listů a podobně.

Jak již bylo zmíněno razítko se do výkresu generuje samo a je i vyplňováno podle informací daných položek ze systému SmartTeam. Zároveň je do razítka pokaždé vyplněno logo firmy a jméno uživatele, který daný výkres zpracoval. Příklad razítka z výkresové dokumentace této práce je na obrázku 38.

Ind. Číslo / Ct. No.		Popis změny / Description of Change		Proved. /Issued	Schválil/Approv.	Dal./Date
Norma Standard		EN 10029			Čistá hm. kg Mass netto	13,35
Polotovary Raw Product		P 22A			Hrubá hm. kg Mass brutto	
Materiál výchozí Default material			Materiál konečný Final material			S355J2-N
IDP Tech Deliv Cond.		EN 10025-2			Skupina Group	
	Tolerance/Tolerance ISO 8018 EN ISO 13920 BF ISO 2768m-k EN 01 4240-11 EN ISO 9013-33		Neoznačené hrany Unmarked edges	Drsnost/Roughness EN ISO 1302:2002	SPG kód SPG code	
			ISO 13715		Výrob. název Prod. name	
Vypracoval Drawn	ŠIMICE		23.2.2021	Svářečský dozor Welding supervisor		
Prokoušel Checked				Lepičský dozor Bonding supervisor		
Schválil Approved				Pozn./Note	Sestava/Assembly	
Provedení Version	Typ Type					
Formát / Size	A3	Měř. / Scale	1:2	List / Sheet No.	1	Listů / Sheets
Název Title						
 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.				Číslo výkresu / Drawing No.		Index
				MD626433		.00

Obr. 38 Razítko

5.3 Generování kusovníků

Veškeré informace o položkách jsou uloženy v systému SmartTeam. Jak již bylo zmíněno kusovník se generuje přímo z tohoto systému. Pro generování a správné rozčlenění položek do sestav a podsestav, vychází systém ze struktury stromu uložené v adresáři. Tak, jak je celá sestava nahrána do složky a její jednotlivé větve jsou rozčleněny na sestavy a detaily, je následně generován kusovník.

Pro vygenerování kusovníku jsou nejdříve přiřazeny pozice dle sestav a podsestav. Tento krok se také dělá skrze systém SmT. Poté co jsou přiřazeny dílčím detailům a sestavám pozice se generuje kusovník (viz příloha 1). Systém nabízí několik variant generování kusovníku. Může být úplný anebo zjednodušený. Dále je možnost výběru pouze jednoúrovňového nebo víceúrovňového typu.

Jednotlivé položky mají svoji tabulku, ve které jsou doplněna data o položce. Je zde pozice v kusovníku případně číslo úrovně sestavy, ke které položka patří. Dále zde jsou informace o materiálu, normě, polotovaru, váze, ale také i identifikační označení dané položky. Tabulka položky v kusovníku je vyobrazena na obrázku 39.

2	11	MD626433		P 22A	Detail
		DORAZ		EN 10029	
		Založená			
		6	13,35 kg	S355J2+N	
				EN 10025-2	

Obr. 39 Tabulka položky z kusovníku

6 Závěr

Úkolem celé práce bylo nastudování a popsání použití přípravků ve výrobě. Za cíl bylo vytyčeno popsat možné upnutí s ohledem na technologii výroby. Následně vybrat nejvhodnější variantu upnutí. Z tohoto východiska zhotovit konstrukční návrh přípravku, a to v podobě 3D dokumentace. Pro tento účel sloužil jako nástroj software Catia V5 R28. Po dokončení konstrukčního návrhu byla z těchto modelů zhotovena výkresová dokumentace. Součástí této dokumentace bylo vytvoření kusovníku.

Výsledkem celé práce je přípravek, který byl vytvořen dle daného postupu. Přípravek byl zhotoven dle postupů společnosti Škoda Transportation a pomocí využití teoretických znalostí získaných v úvodu této práce.

Byl navržen tuhý a pevný přípravek, který bude sloužit jako upínací a současně transportní zařízení pro oba typy svařenců. Přípravek byl vyhotoven, aby vyhovoval možným upnutím, která jsou možná pro tento typ přípravků. Zároveň byl splněn i požadavek na univerzálnost přípravku pro oba typy svařenců spodku tramvaje 41T Bonn.

Soubor použitých zdrojů

- [1] ŠKODA [online]. [cit.2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/o-spolecnosti/skoda-transportation-a-s/#about-company>
- [2] *Profil společnosti ŠKODA* [online]. [cit.2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/profil-spolecnosti/>
- [3] ŠKODA BONN [online]. [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/bonn/>
- [4] 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
- [5] CHLADIL, Josef. *Přípravky a nástroje: Část - Obrábění*. Třetí. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického. ISBN 80-214-0408-6.
- [6] SCHUNK [online]. [cit.2021-5-25]. Dostupné z: https://schunk.com/fileadmin/user_upload/Live_ab_2016/00_Startseite/HERO/VERO-SNSE3/NSE3_WEB.pdf
- [7] MAG CENTRUM [online]. [cit. 2021-5-25]. Dostupné z: <http://magcentrum.cz/quad-extra-epm-upinaci-magnet.html>
- [8] *Stavitelný šroub* [online]. [cit.2021-5-25]. Dostupné z: <https://www.halder.com/cz/PM/Normovane-dily/Strojni-a-zajistovaci-prvky/Stavitelne-nohy-Srouby-s-kloubem/Stavitelne-nohy-protiskluzove#pd-slider-gallery-1>
- [9] ŽÁRSKÁ, Sofie. KONSTRUKČNÍ NÁVRH OBRÁBĚCÍHO PŘÍPRAVKU PRO VÝROBU KABINY TRAMVAJE. Ústí nad Labem, 2020. Univerzita J. E. Purkyně. Vedoucí práce Doc. Ing. Nataša Náprstková, Ph.D.
- [10] JOSHI, P.H. *Jigs and Fixtures*. Tata McGraw-Hill Education, 1998. ISBN 978-0074601693.
- [11] VENKATARAMAN, Krishnasami. *Design of Jigs, Fixtures and Press Tools*. London: John Wiley, 2015. ISBN 9781119155676.

PŘÍLOHA č. 1

Výrobní dokumentace