Konstrukce efektoru a výběr optimálního průmyslového robota pro manipulaci s díly v automobilovém průmyslu

Hradil Dominik

Bakalářská práce
2019

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Dominik Hradil**
Osobní číslo:	**T16071**
Studijní program:	**B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Forma studia:	**prezenční**

Téma práce: **Konstrukce efektoru a výběr optimálního průmyslového robota pro manipulaci s díly v automobilovém průmyslu**

Zásady pro vypracování:

1. **Vypracování rešerše diplomové práce.**
2. **Návrh koncového efektoru v programu CATIA V5.**
3. **Kontrola kolizí konstrukce s okolními pracovními pozicemi.**
4. **Výběr průmyslového robota pro navržený efektor.**

Rozsah bakalářské práce:	**cca 60 stran**
Rozsah příloh:	
Forma zpracování bakalářské práce:	**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KOLÍBAL, Zdeněk. *Technologičnost konstrukce a retrofitting výrobních strojů* **. V Brně: VUTIUM, 2010, 335 s. ISBN 978-80-214-3765-4.**
2. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování* **. Vydání šesté. Brno: CERM, Akademické nakladatelství, 2015, 230 s. ISBN 978-80-7204-921-9.**
3. TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce* **. Brno: Computer Press, 2012, 696 s. ISBN 978-80-251-3527-3.**
4. SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí* **. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.**

Vedoucí bakalářské práce:	**Ing. Filip Tomanec** Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce:	**2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce:	**24. května 2019**

Ve Zlíně dne 14. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: ……. Obor: …….

P R O H L Á Š E N Í

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby [1)];
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 [2)];
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

[1] zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:
(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.
[2] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:
(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).
[3] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:
(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.
(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

V teoretické části bakalářské práce je rozebírána automatizace ve většině průmyslových odvětvích, včetně historie. Dalším tématem je popis a porovnání rozdílů mezi jednotlivými typy robotů a parametry a popis jednotlivých požadavků jako je rychlost přesnost atd. V druhé kapitole je popsán koncový efektor a rozdíly efektoru při různých technologických operací. V této kapitole je zmíněn konstrukční systém podle, kterého budeme řešit modelovaní v praktické části. V praktické části je nejdříve řešen způsob upnutí a konstrukce základního rámu a efektoru, který je následně připevněn k rámu. Součástí čtvrté kapitoly je kontrola kolizí mezi jednotlivými prvky a poté mezi koncovým efektorem a stojanem. V kapitole páté je popsán systém dodržení přesnosti. V následující kapitole je popsána a vybrána přísavka, která je v 3D modelu použita. V poslední sedmé kapitole je vybrán průmyslový robot pomocí programu pro jeho analýzu.

Klíčová slova: Koncový efektor, automatizace, průmyslový robot

ABSTRACT

In the theoretical part, automation is analyzed inmost of the industrial fields, including history. Another topic is the description and comparison of differences between individual type of robots and parameters and description of individual requirements such as speed accuaracy etc. In the second chapter is described the end effector and the effector differences in various technological operations. In this chapter, there is a reference to a construction system that will be addressed by modeling in the practical part. In the practical part is firstly solved the way of clamping and construction of the basic frame and effector, which is then attached to the frame. In the fourth chapter, there is check of the collisions between the individual elements and then between the end effector and the stand. Chapter five describes the accuracy system. The following chapter describes and selects the suction cup that is used in the 3D model. In the last chapter, an industrial robot is selected by the program for the robot analysis.

Keywords: End effector, automation, industrial robot

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Filipovi Tomancovi za vedení bakalářské práce, za jeho poznámky a odborné vedení. Velké poděkování patří i mé rodině za podporu během studia.

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

OBSAH

ÚVOD **9**

I TEORETICKÁ ČÁST **10**

1 AUTOMATIZACE **11**

1.1 POČÁTKY AUTOMATIZACE 11

1.2 AUTOMATIZACE V PRŮMYSLU 12

1.3 AUTOMATIZACE V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU 13

1.4 PRŮMYSLOVÍ ROBOTI A MANIPULÁTORY 14

1.4.1 Průmyslový robot - šestiosý 15
1.4.2 Průmyslový robot - paletizační 15
1.4.3 Průmyslový robot – SCARA 16
1.4.4 Průmyslový robot – s paralelní kinematikou 17
1.4.5 Manipulátory – jednoúčelové, synchronní 18

1.5 ZATÍŽENÍ A ZPŮSOB VÝBĚRU PRŮMYSLOVÉHO ROBOTA 19

1.5.1 Zatížení 19
1.5.2 Orientace 20
1.5.3 Rychlost a vzdálenost 20
1.5.4 Přesnost 21
1.5.5 Prostředí 21
1.5.6 Pracovní cyklus 21

2 KONCOVÝ EFEKTOR **22**

2.1 ROZDĚLENÍ EFEKTORU Z HLEDISKA TECHNOLOGICKÉHO 22

2.1.1 Koncové efektory technologické – obrábění materiálu 22
2.1.2 Koncové efektory technologické – lakovací 22
2.1.3 Koncové efektory technologické – montážní, svařovací a nýtovací 23

2.2 ROZDĚLENÍ EFEKTORU Z HLEDISKA MANIPULAČNÍHO 25

2.2.1 Koncové efektory – podtlakové 25
2.2.2 Koncové efektory – mechanické 26
2.2.3 Koncové efektory – magnetické 27
2.2.4 Koncové efektory – počet úchopových prvků 28

2.3 ROZDĚLENÍ EFEKTORU Z HLEDISKA ÚČELU POUŽITÍ 29

2.3.1 Koncové efektory – universální 29
2.3.2 Koncové efektory – speciální 29
2.3.3 Koncové efektory – víceúčelové 29

2.4 STAVEBNÍ DÍLY VÝROBCE TÜNKERS 29

2.4.1 Jedno šroubový systém Tünkers (TOS) 29
2.4.2 Systém upínání nástrojů (EGT) 30
2.4.3 Systém s využití uhlíkových vláken (TCR) 31

2.5 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA EFEKTORŮ 32

II PRAKTICKÁ ČÁST **34**

3 NÁVRH KONCOVÉHO EFEKTORU **35**

3.1 ZPŮSOB UCHYCENÍ DVEŘÍ 35
3.2 SNÍMAČE 37
3.3 NÁVRH NOSNÝCH RÁMŮ A PRVKŮ 37
3.4 POSTUP MODELOVÁNÍ 39
4 KONTROLA KOLIZÍ 45
5 SYSTÉM DODRŽENÍ PŘESNOSTI 46
6 VÝBĚR PŘÍSAVKY 47
7 VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO PRŮMYSLOVÉHO ROBOTA 50
ZÁVĚR 54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 58
SEZNAM OBRÁZKŮ 59
SEZNAM PŘÍLOH 61

ÚVOD

Automatizace se vyskytuje ve všech průmyslových odvětvích. V průmyslu technologickém, chemickém, zdravotnickém, biologickém a mnoho dalších. Automatizace zvyšuje produktivitu, flexibilitu a rychlost výrobního procesu. Neustále dochází k vyvíjení za účelem dosáhnout větší efektivity ve výrobě. Mezi další hlavní aspekty patří usnadnění člověku namáhavou a nebezpečnou práci.

V automobilovém průmyslu se využívá robotických a výrobních linek ze všech průmyslových odvětvích nejvíce. Společnost Ford se zabývala výrobou automobilu pro americký trh. Využívali soustruhy, frézky a vyvrtávací přístroje. Byli schopni vyrobit 10 tisíc aut ročně. Roku 1914 byla nainstalována a spuštěna první montážní linka, která zkrátila montážní dobu z 14 hodin na 6 hodin. Tyto časy, ale zcela neodpovídají dnešním požadavkům a kritériím. V dnešní době je na vstupu linky vytvořený hliníkový rám auta a dále dochází ke kompletní montáži, například nainstalování světel, rozvodových hadiček, palubní desky atd. Každých šedesát sekund vyjíždí nový automobil z montážní linky.

Aby bylo možné dát do provozu výrobní linku, bylo by zapotřebí velké množství průmyslových robotů. První průmysloví robot byl vytvořen Georgem Devolem v roce 1954 a byl použit na montážní lince v Generals Motors. Roku 1984 se objevuje trend CNC (Computer Numerical Control). V současnosti se CNC stroje a průmysloví roboti jsou nepostradatelnou součásti výrobních linek a zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AUTOMATIZACE

Automatizace se zabývá řízením některých technologických postupů a procesů. Využívá se řídících systémů například: regulátorů, snímačů a počítačů. Z hlediska industrializace jde o krok, který následuje po mechanizaci procesu. Rozdíl mezi mechanizací a automatizací je takový, že mechanizace se snaží lidem zjednodušit pracovní činnost. Zatímco u automatizace dochází ke snížení potřeby člověka v procesu výroby manipulace a dalších opakujících se činnostech. Pojem „komplexní automatizace“ se rozumí k úplnému vyřazení člověka z provozu. V praxi je tahle myšlenka zcela neuskutečnitelná. Na jednu stranu zmenší riziko chyb způsobené lidským faktorem, na druhou stranu je jeho nevýhodou pořizovací cena průmyslového robota a také jeho údržba, a také klade vyšší nároky na osobu, která linku obsluhuje nebo kontroluje plynulost technologické výroby. [1]

1.1 Počátky automatizace

Při pojmu automatizace si představíme většinou moderní technologii, která se začala vyvíjet ve 20. století. Jeden z prvních známých historicky dohledatelných automatický mechanismus se vyskytoval ve staré Alexandrii, kdy se otvírali a zavírali dveře pomocí ohně a vody. Díky tomu vytvořili vodní páru, která nadzdvihávala protizávaží. Další za historický mechanismus považujeme samotřas, sloužící k přivádění zrna. [1,2]

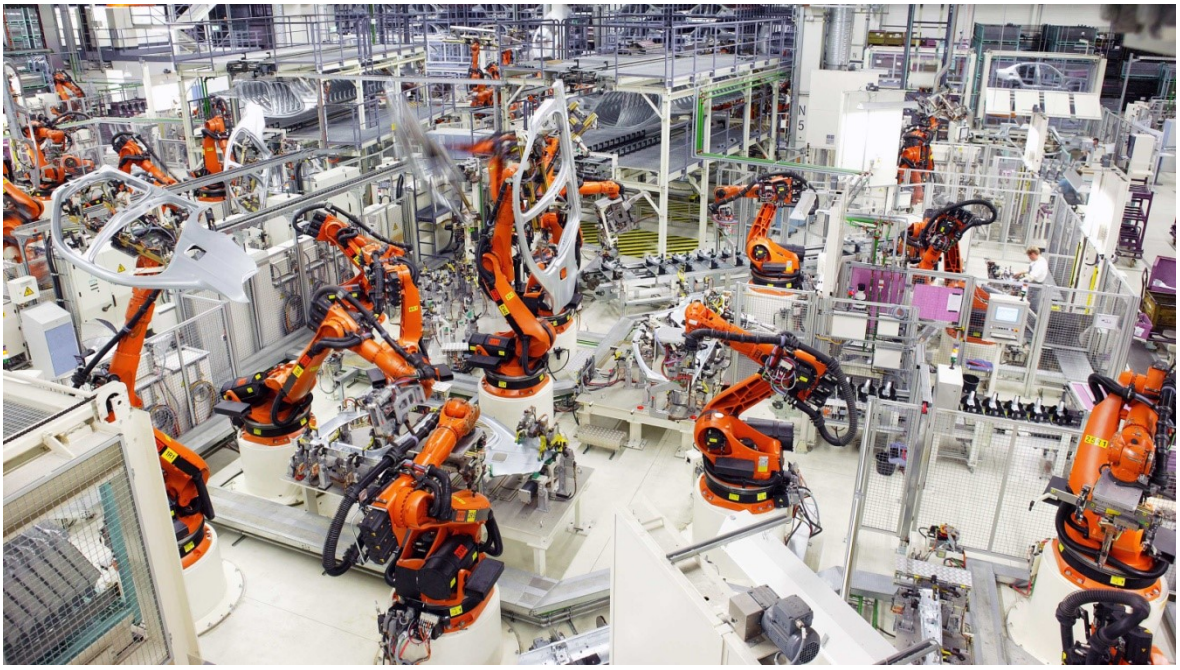
Obr. 1 Automatické otevírání dveří v Alexandrii [33]

První výrobní automaty, neodpovídají automatům, které jsou ve výrobě v současnosti a jsou samostatné a plně automatizované. Byla potřeba lidské práce k vyjmutí nebo předělání výrobků a součástí. První historická montážní linka v automobilovém průmyslu byla sestrojena v automobilce Ford.

Automatizace, jak ji známe dnes je schopna pracovat téměř samostatně. První náznak automatizace se objevil před druhou světovou válkou. Vývoj NC a CNC strojů měl zásadní zlom kolem roku 1949, kdy se vynalezlo počítačově ovládané řízení polohy vřetena. Aby se počítač nemusel nastavovat pořád od začátku tak se využívalo paměti. Tzv. děrná páska byla prvním jednoduchým nosičem dat. Páska byla čtena mechanickým nebo optickým způsobem. U mechanického čtení bylo využíváno malých štětinek, které do dírek různě zapadávaly a tím došlo ke spojení a udání signálu. U optického čtení se používal světelný paprsek. Jako první nosič dat byla děrná páska náchylná k mnoha chybám. Například u světelného paprsku, který spínal i místa kde dírka nebyla. Způsobené kvalitou papíru. U mechanického čtení to bylo spíše mechanické opotřebení. Díky těmto signálům se spínaly servomotory, které způsobily pohyb jednotlivých os. [2,7]

1.2 Automatizace v průmyslu

Automatizace se v dnešní době vyskytuje ve všech různých průmyslových odvětvích. Od potravinářského průmyslu, až po průmysl volného času. V dnešní době je také velký nátlak na výrobce potravin, aby snížily její cenu. Řešení by mohlo být takové, že využijeme roboty k balení potravin. V chemickém, textilním a papírenském průmyslu se využívá různých regulátorů, snímačů, počítačů, PLC systémů, HMI systémů a mnoho dalších. V automobilovém průmyslu je automatizace nejrozsáhlejší. [5]



Obr. 2 Náhled komplexní automatizace [5]

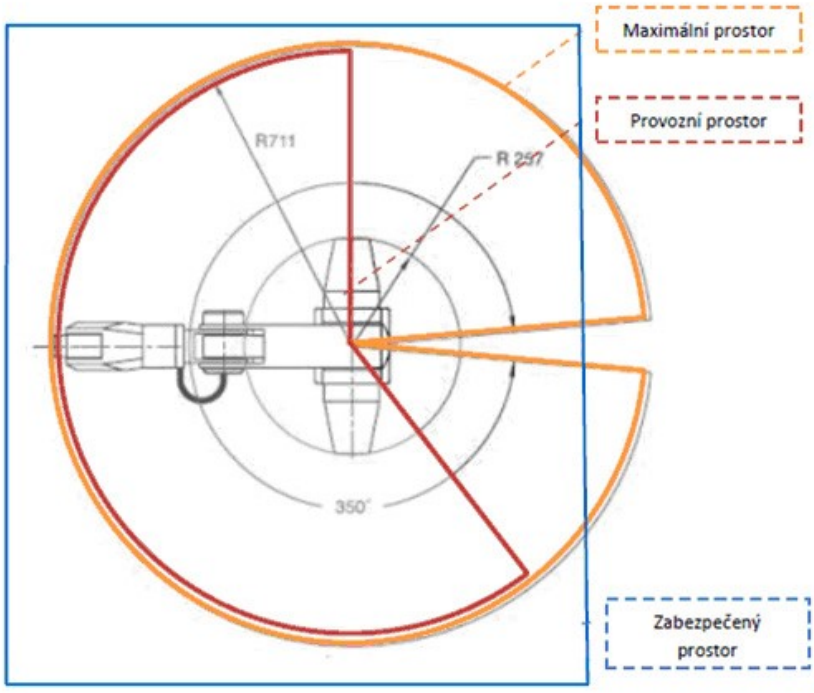
1.3 Automatizace v automobilovém průmyslu

Požadujeme od robotů co největší flexibilitu programování a dynamiku práce robota. Neustálý vývoj technologie, zpracování materiálu, výroba a výrobní procesy. U výroby aut dochází k využití automatizace hned v počátku výroby. Kde z plechu dostáváme základní rámy vozidla, které jsou následně různě tvarovány na nejrůznějších tvářecích strojích. Dochází zde k odstřižení přebytečného materiálu. Lidská činnost do výroby zasahuje pouze kontrolou hotového výrobku a dovozem či odvozem materiálu. V dalším stadiu dostane auto už tvar rámu, kterého dosáhneme pomocí robotů se svařovací hlavicí, podávacích a přidržovacích robotů. Každý robot má kolizní prostor, který je mnohonásobně větší než pracovní prostor. Roboti mají vyhrazené pracoviště, které jsou opatřeny klecemi. Člověk dohlíží pouze na plynulý chod robotů a linky pomocí počítačů. Svařený rám se pak dostaví na automatickou plynulou linku, kde člověk vybavuje interiér auta a různé komponenty. Využívají různých manipulátorů, které jim jednoznačně ulehčují práci. K montování pohledových částí, což jsou dveře boční, dveře zadní a kapota, jsou přemísťované pomocí manipulátoru, které využívá kombinací pneumatických prvků a prvků hydraulických. Pod pneumatickými prvky si můžeme představit různé přísavky, rozvodné hadičky, rozvaděče a škrtící ventily, hnacím mediem je stlačený vzduch, který nám pro chycení materiálu vytvoří podtlak. Hydraulické prvky nám spíše poslouží ke snazšímu pohybu manipulátoru. Hnacím médiem u hydrauliky

je kapalina, nejčastěji olej. V dnešní době jsou automobilky schopny vyrábět jedno vozidlo za jednu minutu s kompletními úpravami. [5,7]

1.4 Průmysloví roboti a manipulátory

Průmysloví roboti jsou kinematicky řízeným mechanismem, který je ukotven do země nebo je upevněn na lícní desku. Kinematický mechanismus je rozdělen do několika os, které vykonávají pohyb přímočarý nebo rotační. Nejdůležitější části u průmyslových robotů je koncový efektor, který nám vytváří mechanickou práci. Koncový efektor obsahuje nejčastěji rameno, zápěstí a chapadla. Na *obr.3* je zobrazen pracovní (provozní) prostor červeně označený, oranžovou barvou je prostor kolizní (maximální) a modře označený rámeček představuje zabezpečovací klec. Kolizní prostor je oblast, kde může dojít k nárazu nebo ke kolizi robota s okolím. Nemusí docházet ke kolizi jen hlavicí, ale také je třeba brát v potaz různé vedlejší prvky, jako jsou například hadice. Pracovnímu prostoru se rozumí, že koncový efektor v tomto prostoru provádí danou technologickou operaci. Pracovní prostor je vždy menší než prostor kolizní. Většinou u průmyslového robota je šest stupňů volnosti a to tři v ose posuvu [x,y,z] a v úhlu natočení [α,β,γ]. Což znamená, že je šest volně a snadno nastavitelných veličin, které zvládnou nastavit a různě polohovat přenášený objekt.[13]



Obr. 3 Zobrazení kolizního a pracovního prostoru [27]

1.4.1 Průmyslový robot - šestiosý

Mezi základní typy robotů patří šestiosý. Jejich ramena jsou spojena klouby a používá se označení RRR (rotace, rotace, rotace). Využití šestiosého robota je v široké škále například při svařování, sváření, řezání a lepení. Má vysokou flexibilitu a hlavně úsporu prostoru. U nejnovějších typů šestiosých robotů je zabudováno pneumatické a elektrické obvody, které slouží k výměně pracovních hlavic (koncových efektorů). Šestiosé roboty dosahuji koncové hodnoty rychle a přesně za poměrně krátkou dobu. [14,15]

Obr. 4 Šestiosý průmyslový robot typu RRR [15]

1.4.2 Průmyslový robot - paletizační

Dalším typem průmyslových robotů jsou roboti paletizační. Konstrukce je obdobná jako u robotů šestiosých. Jiné jsou v tom, že se vyřazuje šestý a někdy i pátý prvek z kinematického řetězce. Jejich výhoda je velký dosah a velká nosnost. Slouží k přenášení materiálu a k paletizačním úkonům. Oproti šestiosým robotům mají navíc pákový mechanismus, který zvyšuje tuhost pracovního robota. Paletizace je pojem, kde dochází k přepravě a ukládání materiálu na palety. Paletizační roboti dokážou rozeznat velikost krabic, kterou systém rozezná a pošle signál kam krabici přesunout. Využívá se u potravinářského průmyslu. Paletizační robot dokáže pracovat i se sklem, díky pneumatické technologii, kdy využívá stlačený vzduch k přichycení skla za pomocí přísavek. Také zvládnout vzít velké množství krabic najednou, to záleží na konstrukci koncového efektoru. [16]

Obr. 5 Paletizační robot [17]

1.4.3 Průmyslový robot – SCARA

SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) robot na rozdíl od šestiosých průmyslových robotů se pohybuje ve čtyřech svislých osách. Horizontální pohyb je uskutečněn třemi rotačními klouby a vertikální pohyb je uskutečněn posuvným ramenem. Na *Obr.6* je zobrazen robot SCARA se systémem RRT (rotace, rotace, translace). SCARA roboty jsou nejlepší ve svém oboru co se týče rychlostí pohybu a vyniká svou přesností polohování. Na druhou stranu mohou být dražší než klasické systémy. Výhodou, jsou ramena lehce kompatibilní ve směru XY, ale jsou tuhé ve směru Z. Z tohoto důvodu jsou výhodné pro montážní operace. Dokáže i přenášet materiály ale s nižší hmotností oproti průmyslovým robotům šestiosým. Další atributem SCARA robotů je spojení dvou ramen, které jsou podobné našim rukám. Tato funkce umožňuje ramenu dosáhnout do oblastí uzavřených a pak se zatahovat. Pro přenos z jedné buňky do druhé. [18,19]

Obr. 6 SCARA robot SR – 3iA [19]

1.4.4 Průmyslový robot – s paralelní kinematikou

Průmysloví roboti nemusí být ukotveny jen na lícní desce, ale také mohou být umístěny na stropě dílny. Jedná se o robot s paralelní kinematikou. Má vysokou tuhost a menší hmotnost oproti šestiosým robotům. Využívá se k manipulaci s materiálem. Vysoká rychlost a přesnost přenášení materiálu. V praxi se dělí o místo s robotem typu SCARA. Tyto roboti mají tři až šest stupňů volnosti. [20]

Obr. 7 Robot Quattro s650 (paralelní kinematika) [21]

1.4.5 Manipulátory – jednoúčelové, synchronní

Jednoúčelový manipulátor dokáže přenášet předměty, které jsou tvarově a rozměrově podobné. V praxi většinou bývají součástí strojů například u obráběcích center jako manipulátor při výměně nástrojů.

U synchronních manipulátorů je obsluhuje kvalifikovaný pracovník. Tyto manipulátory zesilují silové pohybové veličiny, zvládnou přenášet přesně pohyb paží a prstů. Využití v nebezpečném prostředí jako je například ve velkých hloubkách oceánu nebo v kosmu. Zkrátka tam kde přesahují fyzické možnosti člověka. Některé manipulátory jsou řízené jenom rámcově, podrobné řízení si už manipulátor rozhoduje sám. Nazýváme to schopností manipulátoru mít jistou míru samostatnosti. [22,23]

Obr. 8 Synchronní manipulátor v kosmu [28]

1.5 Zatížení a způsob výběru průmyslového robota

Při výběru vhodného typu robota je nezbytné, abychom vyhodnotili, k čemu vůbec bude robot použit. Mezi parametry robota řadíme zatížení, orientace pohybů, rychlosti, pracovní vzdálenosti, přesnosti, prostředím a pracovním cyklem. V angličtině tyto parametry můžeme najít pod pojmem LOSTPED parametry.

1.5.1 Zatížení

Nosnost robotů musí přesahovat váhu celkového zatížení, v potaz se berou i koncové efektory na konci robotického ramene. U výroby ložisek, kde samotné ložisko váží 100 kg a více dokážou přenést takové předměty pouze ty nejvýkonnější SCARA a šestiosý roboti. Pro roboty s kartézskou soustavou není problém takové břemeno přemístit. Problém nastává tehdy, kdy je břemeno nosnosti ještě v předepsaném limitu, ale jeho opakované zvedání zhoršuje přesnost robotů. Což, že musíme počítat i s nákladnějšími ovladačem příslušnými díly, aby se dokázal vyrovnat s točivým momentem. SCARA robot je schopný umísťovat předměty s přesností 0,1 mm, ale z důvodu vysoké rychlosti se může snadno vychýlit. Robot

s kartézskou soustavou má větší tuhost jako SCARA robot a díky větší tuhosti se využívá v praxi u obrábění nebo dokáže přenášet tělesa s přesností na 10μm. [32]

1.5.2 Orientace

Je charakterizována tím, jak je robot připevněn a v jakém směru manipuluje se předměty. Robot neboli jeho pracovní plocha musí korespondovat s pracovním prostorem. Jelikož je robot SCARA a šestiosý robot na podstavci a ty znamenají přepážku, tak musíme změnit typ robota nejlíp, menší kartézský robot. Pokud budeme provádět složitější operace, čímž se rozumí pohyb ve čtyřech osách tak využíváme robot SCARA, který je pomocí šroubů upevněna na podstavec. Dalším hlediskem je orientace dílů. Výhodou u SCARA a šestiosého robota je ta, že zvládají pohyb kolem své osy, a součástky zvládnout uvádět do různých úhlů a pozic. U kartézských robotů přidáváme speciální prvky, které zvládnout pohybovat i v ose Z. Pohyblivé moduly využívají vzpěru s kuličkovým vřetenem. Slouží ho využít ke zdvihání, přepravě a umísťování předmětů. [32]

Obr. 9 Orientace SCARA robota [19]

1.5.3 Rychlost a vzdálenost

Mezi hlavní aspekty při výběru robotů je jejich zrychlení při zdvihu a přenášení předmětu. Kartézské roboty dosahují zrychlení až 5 m/s i více. V tomto ohledu se vyrovnají SCARA

a šestiosým robotům. Kartézské roboty se nejvíce využívají, tam kde je potřeba přepravit přenášený materiál na velkou vzdálenost. Rychlost a vzdálenost lze dále upravovat dle požadavků pásů, lineárních motorů. SCARA roboti konkrétně od firmy FANUC se obvykle pohybují s rozsahem okolo 500 mm a zatížením až 6 kg s rychlostí 2 m/s. Největší robot od společnosti KUKA (KR 1000 titan) je schopný přenášet 750-1300 kg na vzdálenost až 6 metru. [32,19,34]

1.5.4 Přesnost

Přesnost u SCARA a šestiosých robotů je předem definovaná výrobcem. Konstruktéři nemají žádnou možnost, jak úroveň přesnosti zlepšit. U tohoto typu robotů určit jejich opakovatelnost pohybu. Zatímco u kartézských robotů lze přesnost koncového efektoru zvýšit a dosáhnout větší přesnosti v řádu 10μm. U nastavení pro nižší úrovně přesnosti, mohou koncovky využívat pneumaticky nebo pásový pohon s přesností 0,1 mm. Přesnost patří kromě dalších parametrů mezi hlavní aspekty robota. Například u obráběcích robotů si nemůžeme dovolit, aby robot udělal chybu řádově v desetinách milimetru. Tam kde SCARA a šestiosé roboty nedokáží udržet přesnost z důvodu vychýlení ramene se uvažuje nad použitím kartézského robota. I přes tuto nevýhodu jsou SCARA roboty upřednostňovány. Kartézské roboti jsou výkonnější v sériové výrobě pipet pro zdravotnictví. [32]

1.5.5 Prostředí

U parametru prostředí jsou hlavní dva faktory. Jeden z nich je samotné prostředí ve, kterém bude robot pracovat a druhé je riziko v tomto prostředí. Velká část robotů je vyrobená tak, že budou použita v čistých a ničím nezamořených prostředích. Prach a špína má také vliv na volbu vhodného robota. Abychom tomuhle zabránily tak využíváme harmonikových manžet a zakrýváme tím kloubová spojení a rozvody. Využívá se i těsnění, které dokáže ochránit jednotlivé konstrukční dílce. [32]

1.5.6 Pracovní cyklus

Posledním parametr se zabývá časem, který popisuje provedení jednoho pracovního cyklu. Roboti, které v permanentním zatížení dosáhnou konce životnosti dříve než ty, které pracují osm hodin denně. Abychom předešli tomuto problému tak je vyhledán robot, který má dlouhé intervaly mazání a nízké požadavky na údržbu. Tímto je předcházeno ke zhoršení jejich funkčnosti. [32]

2 KONCOVÝ EFEKTOR

Průmyslový robotický řetězec se skládá ze 3 hlavních částí. První část, který si popíšeme je průmyslový robot, který je ukotven v podlaze a slouží k mechanickému pohybu ve všech osách (X, Y, Z). Může se skládat většinou z 3 ramen, poslední rameno je hlavice, která je opatřena přírubou (druhá část průmyslového robotického řetězce). Hlavice umožňuje vykonávat pohyb rotační. A poslední třetí částí je koncový efektor, který má nesčetně mnoho využití. Například spojování, sváření materiálů nebo mechanické uchopení materiálu a mnoho dalších. Průmyslový robot je tvořen podsystémy. Do podsystémů spadá řízení, snímání, kinematika, počítače atd. [24,25,29]

2.1 Rozdělení efektoru z hlediska technologického

Efektory z hlediska technologického jsou opatřeny nástrojem, který vykonává pouze jednu technologickou operaci. Pod technologickou operací si představujeme sváření, povrchovou úpravu nebo dělení materiálu. [29]

2.1.1 Koncové efektory technologické – obrábění materiálu

Koncové efektory k obrábění materiálu využívají technologie, vrtání, frézování a soustružení. U soustružení zastává koncový efektor funkci vřetene. Výhoda technologického obrábění pomocí efektoru je, že můžeme vyrábět složitější a geometricky náročnější součásti. Nevýhoda je ta, že oproti strojům jako například frézka a soustruh má menší tuhost. Tuhost by měla vliv na velikost řezné rychlosti, velikost třísky a hloubky záběru. Proto se využívají u obrábění měkčích materiálu, než jsou oceli a litiny.[29]

2.1.2 Koncové efektory technologické – lakovací

Robot pro technologii lakování je konstrukčně lehčí a menší oproti robotům, které jsou určeny pro obrábění nebo svařování. Využití lakovacích robotů je v širokém rozsahu obsažen v automobilovém průmyslu. Kde jsou rámy karosérií aut lakovány. Základními parametry je potřebný dosah ramene robota do prostoru. Pro ramena robota se využívají trubkové profily. Uvnitř trubky je vedena hadice, která obsahuje pracovní médium. Tímto způsobem má robot daleko menší kolizní prostor a může se pohybovat i uvnitř karosérie. Abychom zabránily znečištění robotů od laku nebo ochranného povrchu, tak se řeší způsobem tím, že jej zavěsíme na strop nebo boční stěnu pracoviště. [29,30]

Obr. 10 Koncový efektor technologický – lakování [30]

2.1.3 Koncové efektory technologické – montážní, svařovací a nýtovací

Montážní koncové efektory se používají pro ojedinělé montážní práce. Například by koncový efektor obsahoval přípravek na dotahování šroubů a jiných strojních součástí jako jsou matice a další druhy šroubů. Využívali bychom universální hlavice, která by byla schopna zvládnout větší množství operací než hlavice s jedním nástrojem. Součástí montážního robota, bývá zařízení, které se nazývá vibrační dopravník. Dopravník posouvá a správně orientuje směr šroubů. Výhoda u robotického šroubování je odstranění chyb způsobených lidským faktorem a hlavní faktor je rychlost šroubování.

Svařovací koncové efektory jsou oproti montážním daleko více rozsáhlé. V automobilové výrobě jsou svařovací linky zcela automatizovány. Mezi nejzákladnější svařovací metody, které se využívají u koncových efektorů je svařování obloukem, laserem, plazmou a bodové svařování. Svařovací efektory jsou vybaveny také přídavným materiálem, který se automaticky posouvá do místa svaru, nebo také i zařízením pro zkontrolování svaru. V automobilovém průmyslu se využívá ve velké míře bodového svařování. Svařování laserem

a plazmou jsou cenově náročnější, ale vzhled svaru má svoji určitou kvalitu, zatímco svařování obloukem, který využívá elektrického oblouku. Svařování obloukem je z těchto svařovacích metod nejjednodušší jeho nevýhodou je však nejhorší vzhled sváru. Abychom dosáhli kvalitních svarů tak musí svařovací koncové efektory obsahovat dokonalé vedení pohybu ramen robota. Tento pohyb může být předem naprogramovaný pomocí počítače nebo můžeme k efektoru přidat součástku, která se nazývá laserová optika. Ta se využívá k navádění efektoru k rámu karoserie. Nevýhoda u laserové optiky je ta, že je v praxi těžké ji realizovat, a to z důvodu prašného prostředí nebo vedlejšího osvětlení. Mohou se vyskytovat chyby. Při programování dráhy při procesu svařování je důležité, dodržovat předepsaný úhel nástroje vůči svařované součásti. Tento problém nám značně omezuje pohyb robota a tím je programování trajektorie pohybu složitější. [8,29]

Obr. 11 Koncový efektor technologický – svařování [8]

Nýtovací koncové efektory jsou z hlediska prostorové náročnosti nejnáročnější, a to z důvodu že obsahují jednu pohyblivou část, ve které jsou nýty uchyceny a prochází nýtovací dírkou a druhou pevnou částí o kterou se nýt stlačuje. Tyhle části musí obepnout karoserii auta, aby došlo ke slisování nýtu a tím ke zpevnění materiál. Součástí efektoru pro nýtování je i zásobník nýtů a podavač.[29]

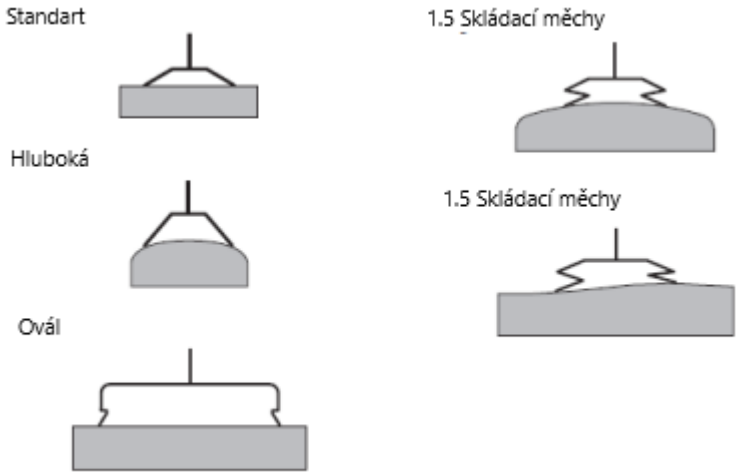
2.2 Rozdělení efektoru z hlediska manipulačního

Koncový efektor z hlediska manipulačního slouží k přenosu součástek i tvarově a geometricky složitějších. Efektory jsou navrhovány většinou pro jednotlivé aplikace, ale mohou být i universální například robotické ruce. Části, které jsou ve styku s materiálem, který přenášíme a nazýváme úchopové prvky. Tyto prvky můžeme rozdělit podle způsobu uchycení materiálu a to pneumatické, hydraulické a magnetické. Při konstruování neboli návrhu koncového efektoru musíme brát na vědomí nevýhody jednotlivých prvků. Koncový efektor může být rozdělen podle schopnosti uvolnění objektu na pasivní a aktivní. Pasivní uvolnění vyžaduje vnější sílu proti síle, která přidržuje součástku. Zatímco aktivní dokáže regulovat přidržující sílu libovolně. [29]

2.2.1 Koncové efektory – podtlakové

Podtlakové efektory využívají gumové přísavky, které mají tvar plochý a kulaté, nebo měchové (vlnovec) a obdélníkové. Přísavky přilehnou k povrchu materiálu a za pomocí přítlačné síly se vzduch vytlačí. Poté co skončí působení síly vznikne podtlak. dojde k pevnému uchycení. Snažíme se, abychom dosáhly tuhého upnutí a na to má největší vliv tvar přenášeného materiálu, na drsnosti opracování materiálu a na čistotě. Tvar a geometrie přísavky ovlivňuje sílu uchopení. Upínání materiálu pomocí přísavek je pasivní efektor. Dosáhneme původního stavu tím, že vyrovnáme tlak v přísavce s okolním tlakem. Mezi další řešení by patřilo vložení jednosměrného ventilu, který by po vytvoření podtlaku přivedl vzduch do přísavky a tím zajistil oddělení přenášeného objektu.

Aktivní podtlakový efektor tvoří přímo podtlakové komory, které jsou opatřeny přísavkami, které nemusí dokonale dosedat na materiál. Podtlak vytvoříme pomocí vývěvy. Přidržovací síla závisí zcela na povrchu a tvaru plochy materiálu. U aktivních podtlakových efektorů nemusí přísavky tak kvalitně dosedat oproti pasivním podtlakovým efektorům. [9,29]



Obr. 12 Způsoby přichycení materiálu pomocí přísavek [9]

2.2.2 Koncové efektory – mechanické

Mechanické koncové efektory jsou nejjednodušší na konstruování. Mezi nejjednodušší pasivní mechanické prvky patří otevřené prvky. Otevřeným prvkům se rozumí, že díky pohybu efektoru a vlivem tíhy materiálu, dochází k přesunutí. Nejčastěji to bývají závěsná oka, háky, lůžka a opěry. Uzavřené prvky jsou například kleština, která sevřít přenášený materiál. Princip uvolnění materiálu je stejný pohyb efektoru v opačném směru anebo využití vyhazovačů. [28,29]

Obr. 13 Mechanický prvek koncového efektoru [35]

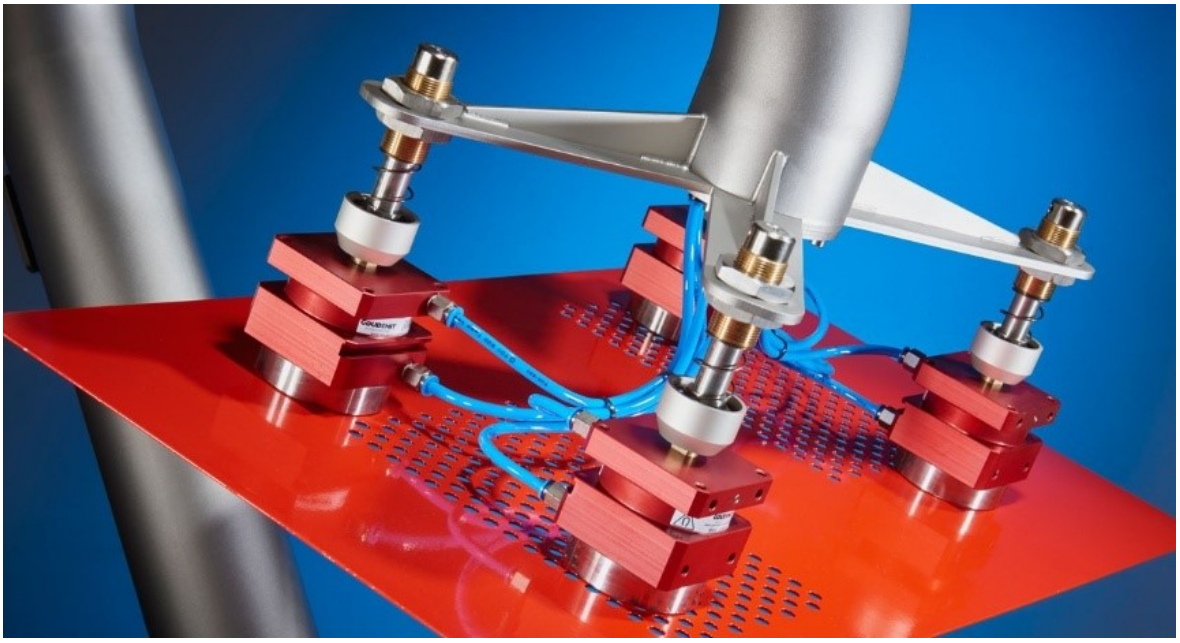
Do aktivních mechanických prvků u koncového efektoru patří pohyblivé čelisti. Které nám způsobují dokonalé upnutí přenášeného objektu. Uvolnění přenášeného objekt dojde otevřením pohyblivé čelisti. Hlavice se může různě rotovat a posouvat se. Pohyblivé čelisti jsou poháněny pneumatickými nebo hydraulickými válci. U pneumatických válců je výhoda ta že mají nízké pořizovací náklady. Hydraulické válce jsou lepší v tom, že mají možnost plynulého nastavení přidržovací síly. Rotační pohyb je poháněn ve většině případů

pneumaticky, hydraulicky, elektromotorem nebo elektromagnetem. Největší otáčky můžeme dosáhnout pomocí pneumatických motorů a elektromotoru. Nevýhoda je však ta, že bychom potřebovali převodovku. Ta nám zvýší hmotnost robotického ramena. [28.29]

2.2.3 Koncové efektory – magnetické

Pasivní magnetické efektory využívají permanentního magnetu, který vytváří magnetické pole a pomocí něj je schopný přenést materiál. Hlavní podmínkou abychom mohli přidržet materiál je ta, že materiál, který chceme přesunout musí mít magnetické vlastnosti. Přidržovací síla závisí na počtu magnetů. Tvar magnetů odpovídá tvaru součástí. Konstrukční problematika však nastává při odejmutí materiálu. Řešíme ji dorazovými koliky, které překonají magnetickou sílu a přenášený materiál oddělí od magnetu. Dalším řešením jsou dorazové kolíky, kdy se přenášený materiál oddělí od magnetu. Nevýhodou magnetického efektoru je, že přichycuje malé magnetické částečky, které způsobují nedokonalé upnutí. Výhoda je však ta, která že jej můžeme použít ve výbušném prostředí.

Aktivní magnetické efektory jsou místo permanentního magnetu poháněny elektromagnetem, který je poháněn stejnosměrným elektrickým proudem. Pro odejmutí přenášeného materiálu stačí vypnout dodávaný proud. Pokud přenášíme menší díly tak po vypnutí proudu nemusí dojít k odejmutí materiálu. Je to způsobeno tím, že materiál zmagnetizoval. Zamezíme tomu tím, že do efektoru přivede proud opačného smyslu. Tím dojde k odmagnetizování přenášené součásti. [28,29]



Obr. 14 Přichycení materiálu pomocí magnetů [10]

2.2.4 Koncové efektory – počet úchopových prvků

Úchopový prvek je součástka, která přichází do styku s přenášeným objektem. Například jsou to mechanické čelisti, přísavky nebo magnety. Tyto prvky vytvářejí funkci efektoru, která slouží k uchycení nebo zavěšení objektu. Počet úchopových prvků závisí na tuhosti, velikosti kontaktních ploch a na hmotnosti přenášeného předmětu. Je konstruován nosný rám, který lze podle počtu prvků rozdělit na jednoprvkové a více prvkové manipulační koncové efektory.

Jednoprvkové manipulační efektory jsou konstruovány pouze na jednu operaci. Konstrukce se skládá z hlavního rámu a vedlejších částí. Vedlejší části jsou nositeli dílčích funkčních prvků. Jak už jest výše uvedeno rám je konstruován pouze na jednu operaci, poté je pro další aplikace nepoužitelný. Jedinou výhodou jednoprvkového efektoru je možnost si vše volně navrhnout podle svých potřeb bez ohledu na katalogové díly.

Více prvkové jsou flexibilní. Obvykle jsou sestaveny podle výrobce a jsou zcela kompletně propracovány. V případě, kdy dojde k ukončení aplikace dochází k demontování rámu. Jelikož máme všechny části rámu od výrobce tak je možné je použít k sestavení rámu sloužící k jiné aplikaci. [28,29]

2.3 Rozdělení efektoru z hlediska účelu použití

2.3.1 Koncové efektory – universální

Univerzální efektor má schopnost se přizpůsobit tvaru přenášeného objektu. Čelisti jsou vyrobeny z pružných materiálů nebo segmentových částí. Hlavní výhodou universálních koncových efektorů je plynulost chodu linky. To znamená, že dokáže obsluhovat více strojů zároveň, může zároveň manipulovat s objekty o různé velikosti, aniž by došlo k výměně hlavice nebo k její přeměně nastavení. [29]

2.3.2 Koncové efektory – speciální

Speciální efektory jsou navrhnuty tak aby uchopily daný materiál. Využívá se ve velkosériové výrobě, a to z hlediska spolehlivosti a vysoké přesnosti polohování. Protože je v dnešní době kladen velký důraz na přesnost a kvalitu. Tak je nutné kontrolovat například karoserii auta, kvalita spoje nebo svaru a geometrické rozměry jednotlivých produktů. Právě proto do speciálních koncových efektorů patří efektory, které jsou opatřeny měřícími přístroji nebo kamerovými systémy. V praxi se často používají senzory neboli čtečky. Senzory se nazývají čtečky a uvádí, zda je materiál přítomný. [29]

2.3.3 Koncové efektory – víceúčelové

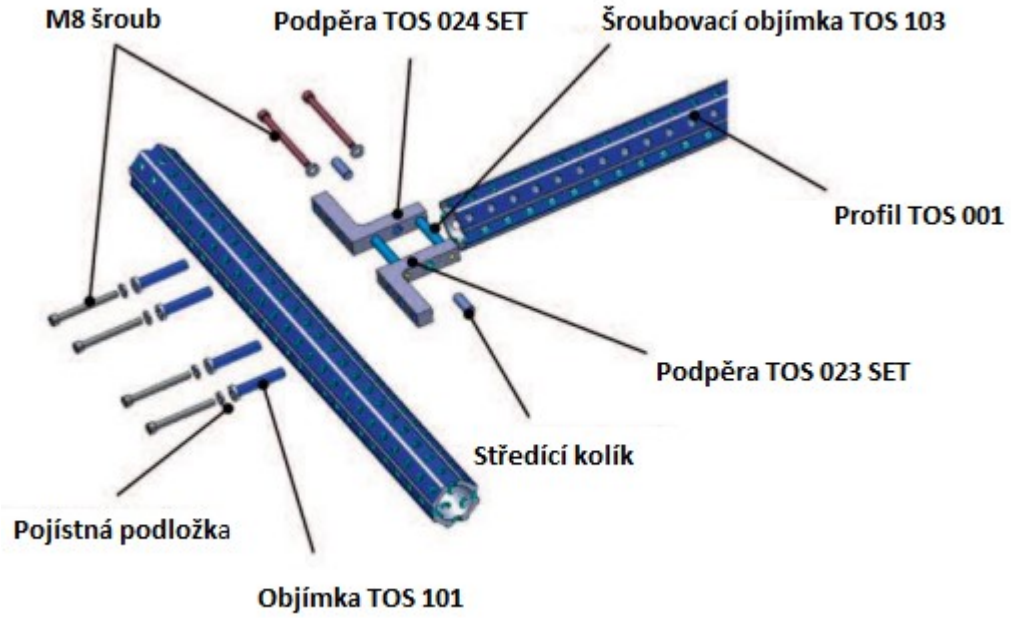
Víceúčelové efektory jsou specifické tím, že mají podobný tvar a geometrii jako přenášený objekt. Například efektor, který slouží jako podavač. Má na sobě dvě čelisti, které se pohybují lineárně. Mohou obsahovat více než dvě čelisti, vyskytují se i tří nebo čtyř čelisťové efektory. To nám zabezpečuje dokonalé upnutí objektů kruhovitého tvaru. Víceúčelové efektory jsou schopny regulovat úchopovou sílu.[29]

2.4 Stavební díly výrobce Tünkers

2.4.1 Jedno šroubový systém Tünkers (TOS)

Tento systém kombinuje výhody uzavírací formy a uzavírací síly v koncovém efektoru nebo v mechanické ruce. Využívá se osmibokých profilů, ve kterém jsou konstruovány díry. Aby bylo možné zaručit předem definované upínací situaci, tak každý otvor má závit, do kterých se vkládá šroub. V určitých aplikacích je rychlost montáže šetří čas. Díry jsou vytvořeny vždy ve vzdálenosti 30 mm mezi sebou a 15 mm od kraje trubky. TOS (Tünkers One Screw

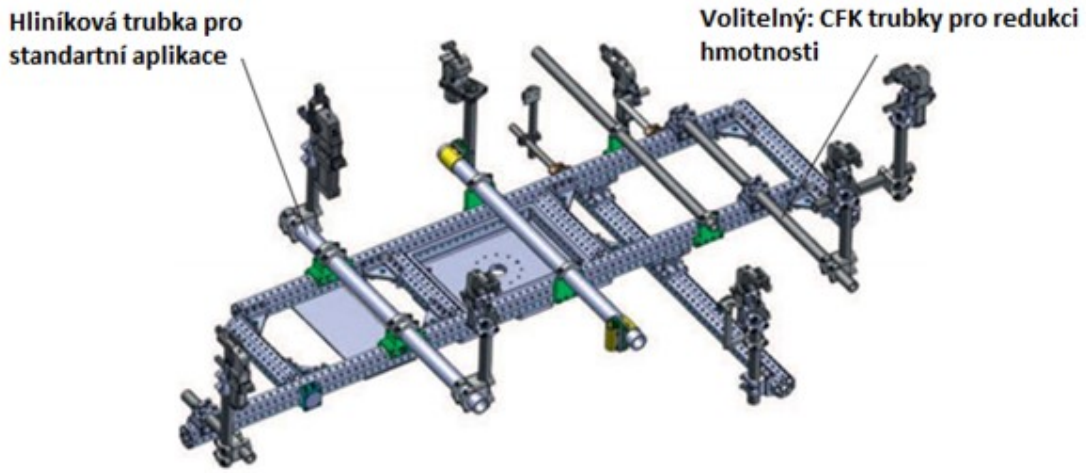
System) je výhodný vůči snadné a rychlé instalaci. Má malý počet součástí, nepotřebuje žádné speciální nástroje potřebné k montáži, neobsahuje nerozebíratelné nýty a je variabilní skrze spojení šroubu a trubky. Jedná se o nejvíce používaný systém v automobilovém průmyslu.[31]



Obr. 15 Jednoduchá ukázka konstrukce [31]

2.4.2 Systém upínání nástrojů (EGT)

Tato technologie EGT (Euro-Gripper-Tooling System) byla vynalezena pomocí Euro-Gripper-Working Group což jsou automobilové firmy jako je například BMW, Audi, Daimler, Porsche a Volkswagen. Nyní se používá pouze pro tyto společnosti. Princip je založen na osmibokém profilu, který spolu s konektory adaptéry a trubic usnadňuje upínací zařízení pro centrování jednotek pro upínací chapadla. Kromě několik společných standardní součástí mají i specifické verze, které se liší od výrobce k výrobci. Proto firma Tünkers je licencovaným poskytovatelem služeb pro stavbu těchto systémů. Konstrukční součásti jako jsou osmiboké profily, které bývají z hliníku a jsou spojovány pomocí trhacích nýtů a šroubů. [31]



Obr. 16 Ukázka konstrukce EGT [31]

2.4.3 Systém s využití uhlíkových vláken (TCR)

Z technického hlediska, uzavíratelná síla TCR (CarbonFibre Tube Systems) využívá optimálního momentu setrvačnosti trubek a zároveň speciální vlastnosti uhlíkových vláken. Hned na počátku fáze projektu bez znalosti materiálu nebo hmotnosti chapadla, maximální přípustná hmotnost kategorie je určována typem robota. Na *Obr. 17* je zobrazena praktická ukázka robota při přenosu 115 kilogramů. Pokud tato hmotnost navrhovaného chapadla je překročena, kromě vybraných opatření ke snížení hmotnosti, musí se konstruktér uchýlit k použití většího robota s negativními důsledky z hlediska investice, prostorových požadavků a dobu cyklu. Potenciální úspory až 50% hmotnosti na TCR je skutečnou alternativou a vytváří nový prostor pro nový design, pro celý systém tak pro hybridní řešení, v němž hliník, ocel a karbon jsou komponenty, které lze pružně kombinovat do jednoho produktu. [31]

Obr. 17 TCR v praxi [31]

Obr. 18 Detailní zobrazení TCR [31]

2.5 Automatická výměna efektorů

Při automatické výměně efektorů se snažíme zkrátit prodlevu ve výrobě a zcela automatizovat výrobní proces. Abychom tuhle výměnu mohli použít, jak je nutné, aby koncové efektory například fréza, vrták nebo mechanické kleště tak musí obsahovat stejný spojovací systém a komunikační rozhraní, co nám zaručí výměnu nástrojů. Mezi praktické řešení můžeme zahrnout velké čelisti, mechanismus s otočným palcem a palec s kulisou.

Princip velkých čelistí spočívá v tom, že uchycují daný efektor. Mohli bychom o velkých čelistí říct, že je to také koncový efektor. Musíme zajistit upevnění koncového

efektoru a zajistit přenos energie. Pohyb čelistí je realizován pomocí servopohonu. K zajištění proti pohybu používáme kolíky. Na koncovém efektoru jsou konstruované zarážky, do kterých kolíky zapadnou. Nelze spoléhat pouze na třecí a přítlačnou sílu. Z tohoto důvodu přidáváme kolíky.

Mechanismus s otočným palcem využívá drážky, ve kterých se palec pohybuje. Drážky jsou vyfrézované na efektoru a mají specifický tvar, který umožňuje pohyb palce, avšak po otočení 180° dojde k úplnému upnutí. Samotné protikusy nejsou vybaveny vodícími prvky, protože samotným vodícím prvkem je palec.

Další případ praktického řešení je palec s kulisou. V tomto případě je nutné překonat silu valivého tření ložiska. Výhodou tohoto systému je že se elektrická energie může vést středem a tím dochází ke krytí. Jako ve výše uvedeném odstavci palce tvoří vodící prvky. [26]

Obr. 19 Návrh automatické výměny efektorů konkrétně palec s kulisou [26]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

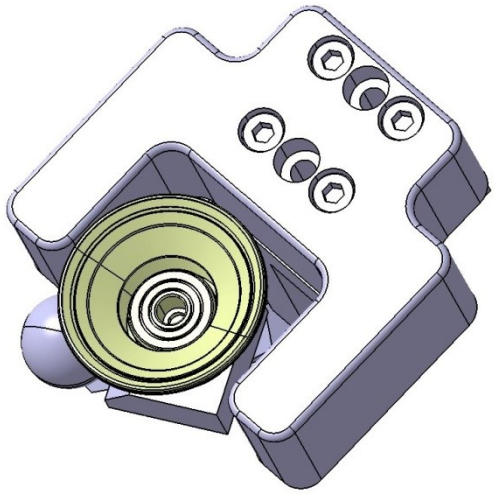
3 NÁVRH KONCOVÉHO EFEKTORU

Návrh koncového efektoru je výsledek analýzy dat a prostorové představivosti, který se ztvární do podoby 3D modelu v dané aplikaci. Pro tvorbu modelu jsme použili program CATIA V5, která nám sloužila pro virtuální zobrazení navrhovaného efektoru. V dalších podkapitolách budeme popisovat postup, jaký jsme použili pro zhotovení modelu.

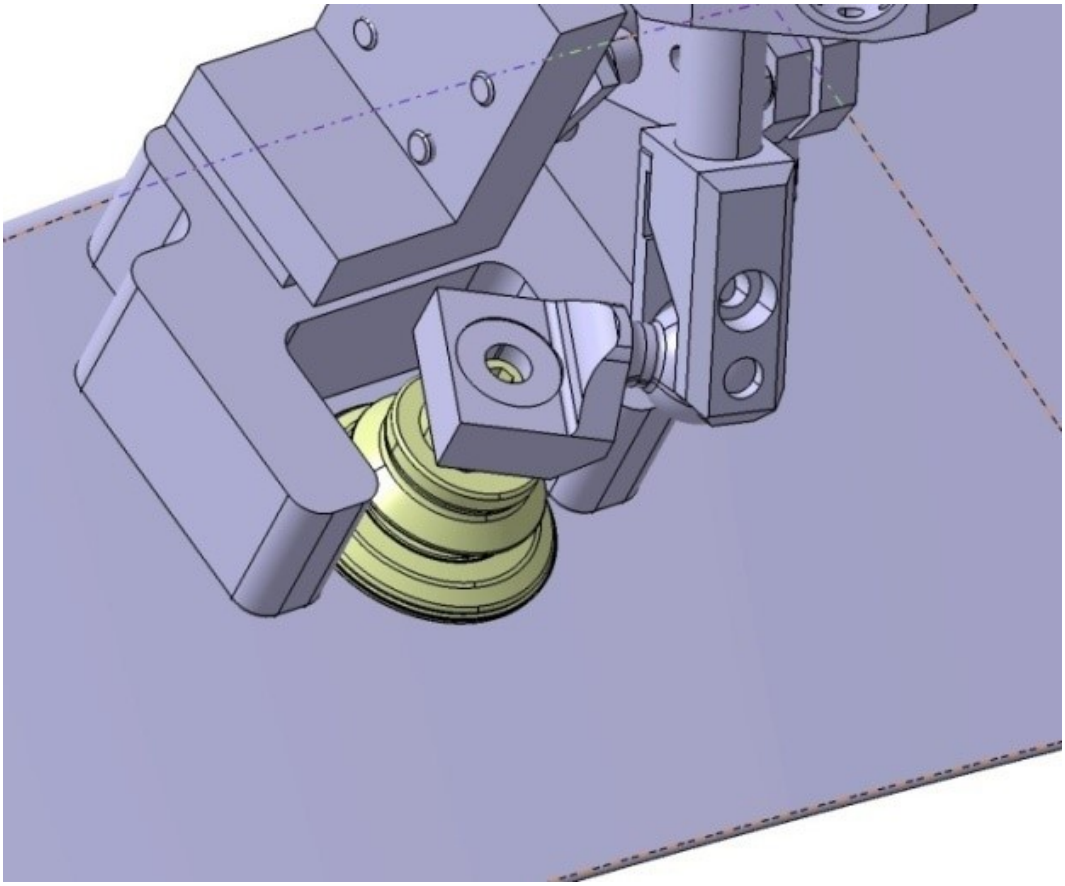
3.1 Způsob uchycení dveří

Základní funkční prvky pro manipulaci s přenášeným objektem využíváme základních aktivních prvků mechanických tak i pneumatických. Aktivní prvky z toho důvodu, že se nepožaduje zásah obsluhy do výroby. Od výrobce Tünkers jsou použity veškeré součástky. Tyto konstrukční prvky jsou normalizované a výrobce je uvádí v katalozích. Z počátku procesu uchycení dochází k vycentrování přenášeného objektu. Objekt je navržen tak, že obsahuje středící otvory. Středící kolíky, které umístěny v pneumatickém motoru, který je z konstrukčního hlediska přímočarý. Pomocí středících kolíků se objekt vycentruje a následně je nachystán k úplnému uchycení.

V zadání také bylo za úkol využít stlačený vzduch, proto je pro přenášení objektů zvoleno uchycení pomocí čtyř přísavek, které jsou doplněné konstrukčním plastem ve tvaru písmene “U“. Po vytvoření podtlaku a následnému přilnutí přísavky k plechu se plech může zdeformovat. Plast je umístěn okolo přísavky a zabraňuje k případné deformaci způsobené vytvořením podtlaku. V horní části zadních dveří, které jsou na *obr.22* označené žlutou barvou. Z důvodu konstrukčního hlediska jsem využil šrouby zapuštěné v plastové součástce.

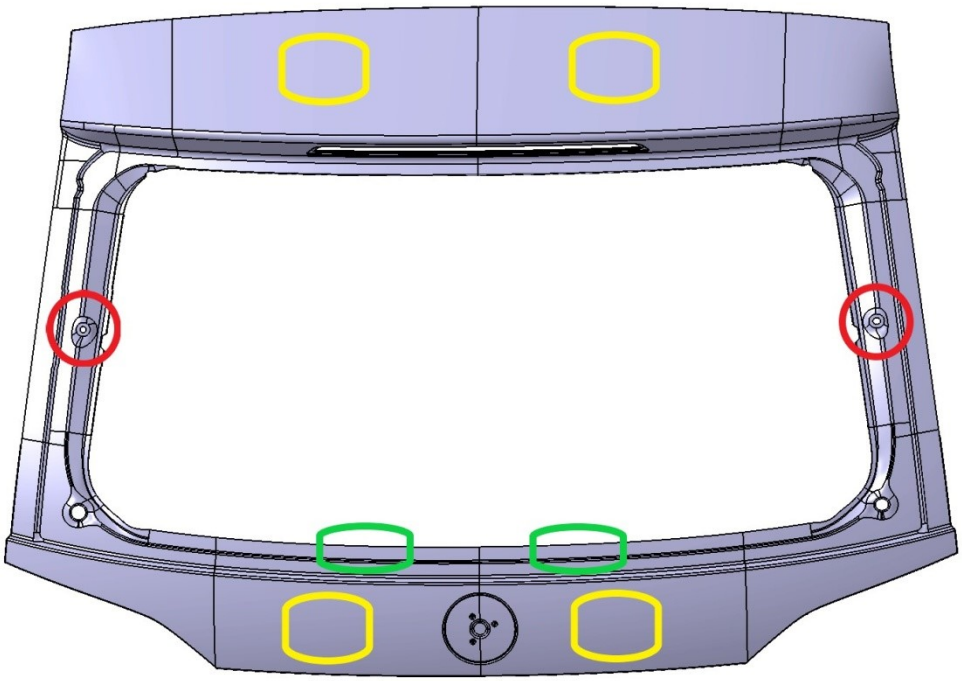


Obr. 20 Zobrazení plastového dílu



Obr. 21 Zobrazení plastového dílu

Mezi další upínací prvky jsou využity mechanické upínače, které se skládají z pohyblivé a pevné části. Pomocí těchto dvou částí dojde k sevření plechu předepsanou silou. Většinou se používá na nepohledové straně na rozdíl od přísavek, které se mohou použít na stranách pohledových. U přísavek se výrobek nepoškodí.



Obr. 22 Označení upínacích přípravků (žlutá – přísavky, červená – středící kolíky, zelená – mechanické upnutí)

3.2 Snímače

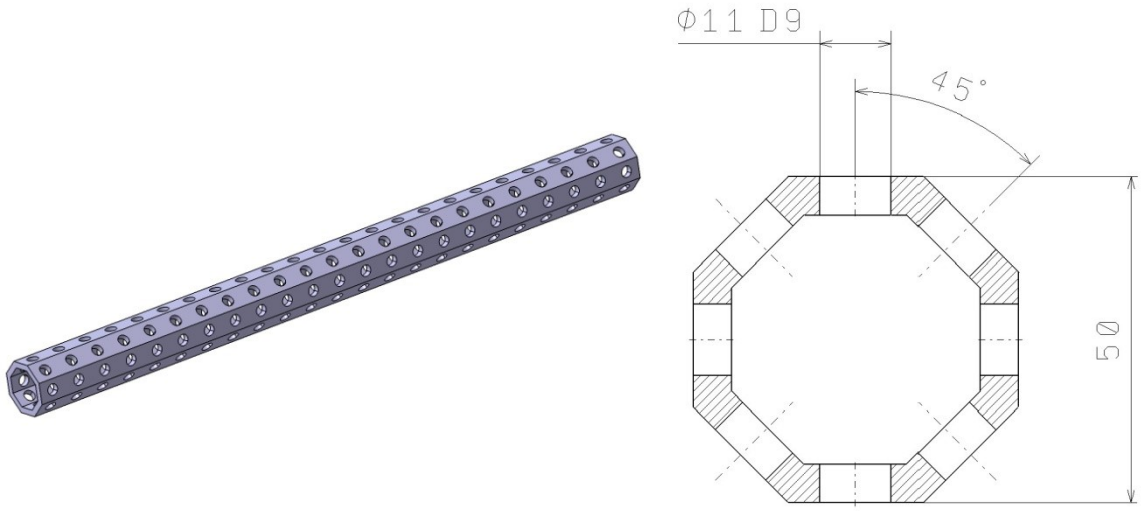
Pomocí snímačů lze stanovit další počáteční podmínku neboli zkontrolovat, zda je přenášený objekt ve správné poloze. Je možno využít mnoha druhů snímačů jako je optický, indukční nebo přímo na snímání plechů. Indukční snímač je z ekonomického hlediska levnější než snímač na snímání plechů podle firmy INFRASENZOR, a také je lepší jak snímač optický, a to z důvodu, že se může vyskytovat v prašném prostředí a nedochází k chybnému spínání. Indukční snímače jsou schopny snímat materiál na vzdálenosti od 0,6 mm po 40 mm. Tělo snímače je opatřeno závitem pro usnadnění montáže.

3.3 Návrh nosných rámů a prvků

Všechny nosné konstrukce, rámy a prvky jsou ze slitin hliníku, a to z důvodu snížení hmotnosti oproti oceli a také z hlediska ekonomického pří výběru optimálního robota. Tvarové podložky a jiné vymodelované součásti jsou realizovány pomocí laseru nebo frézováním. U plastového dílce ve tvaru písmene “U“ který je řezán pomocí vodního paprsku. Dílec je navrhován s určitými rádiusy. Rádius je vytvořen i na spodní straně plastového dílce.

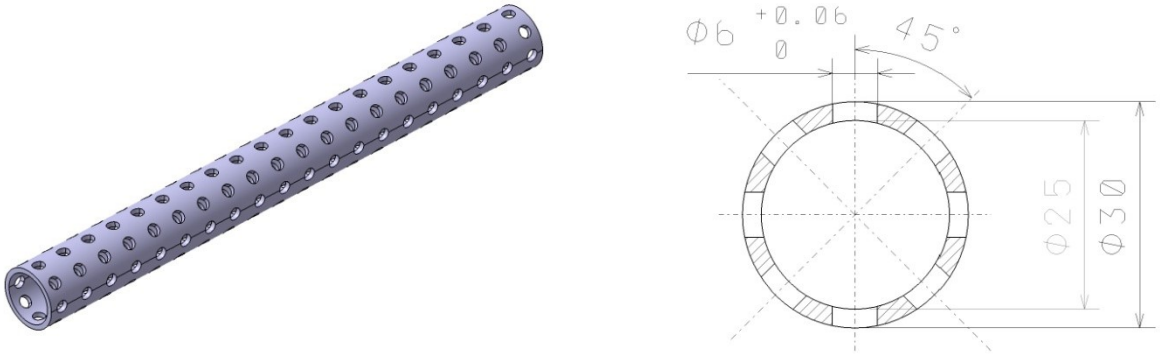
Protože se vyvarovat poškození pohledové části zadních dveří, které by mohlo být způsobeno nárazem plastového dílce s ostrou hranou. Snažíme se vyhnout trhaným pohybům paprsku a dosáhnout co největší plynulosti. Pro řezání laserem platí stejné podmínky.

Pro konstrukci nosného rámu, který je upnut na koncový efektor, se využívá hliníkových osmibokých trubek viz *Obr. 23*. Materiál trubek je označován EN AW 6063 T66 o vnějším rozměru 50 mm a rozteč mezi konstrukčními dírami je 30 mm. Hmotnost trubky na délce jednoho metru je 2,05 kg. Plošný materiál, na který jsou trubky upevněny je označován TOS 011. Trubky se dodávají od výrobce v předepsaných délkách, tyto délky však můžeme upravit, a to využití pásové pily, kde trubku zařízneme na požadovanou délku. Trubky se spojí pomocí úhelníků, které jsou přišroubované k trubkám, a je vytvořený obdélníkový rám. Plošný materiál se vkládá dovnitř trubek a je připevněn pomocí šroubů.



Obr. 23 Trubka ETG 002 a zobrazení profilu

Abychom upevnily upínací prvky, jako jsou přísavky, mechanické úchyty a středící kolíky s nosným rámem tak je spojíme pomocí hliníkových trubek z materiálu E355-N Trubky jsou označovány EGT 006 a mají kruhový profil o vnějším průměru 30 mm a tloušťka stěny je 2,5mm rozteč konstrukčních děr 15 mm. Váha trubky 1,45 kg/m. Na trubky se nasadí upínky, které jsou zajištěné čepy. Při konstrukci se snažíme dosáhnout, co nejmenšího počtu trubek, nejčastěji se využívají dvě trubky. Poté se využívá distančních podložek a úhelníků k vytvoření kompletního ramene pro upínací prvek.

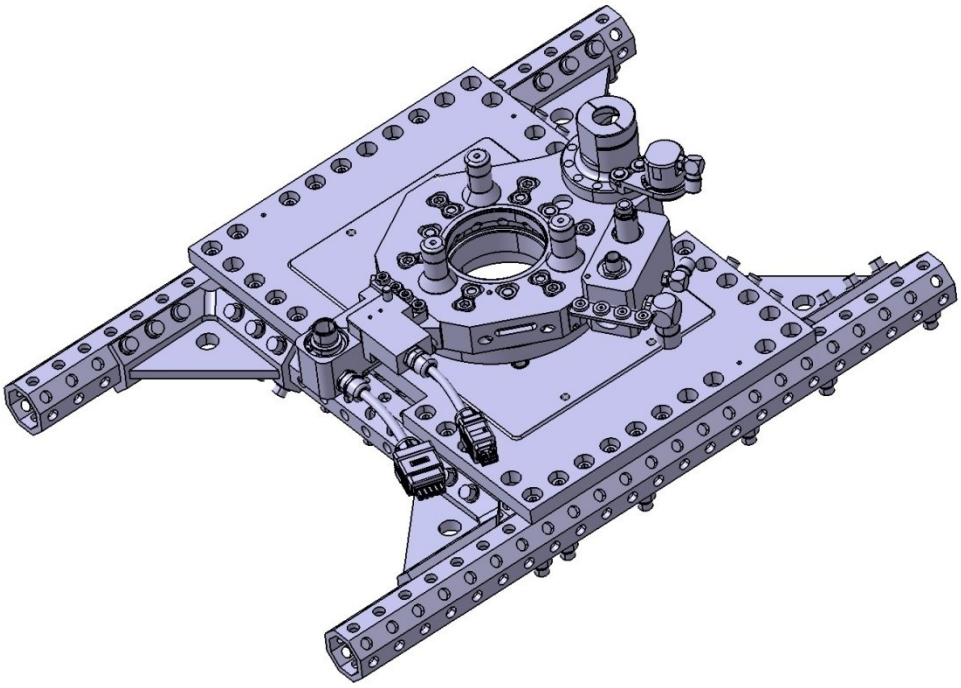


Obr. 24 Trubka EGT 006 a zobrazení profilu

3.4 Postup modelování

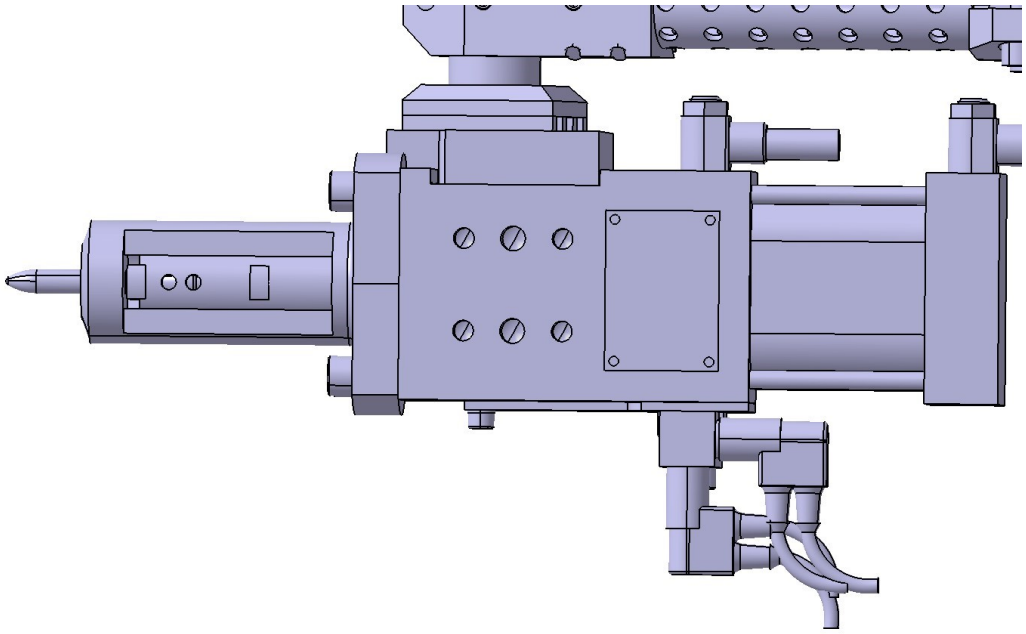
Pro konstruování celé sestavy koncového efektoru je použit program CATIA V5. Zadní dveře automobily byl vložen do základního kartézského rozdělení. Aby byla práce jednodušší tak je využita symetrie zadních dveří. Uprostřed dveří je vytvořena plocha orientovaná ve směru ZX. Přes vytvořenou pomocnou plochu jednotlivé prvky zrcadlíme.

V první řadě byl pro prostorovou představivost zkonstruován základní rám, který se odsadí od zadních dveří ve směru osy X. Ve výsledku se rám upevní na průmyslového robota, a pro jednodušší manipulaci se spojovacími prvky je rám zafixován pevnou vazbou.



Obr. 25 Základní rám

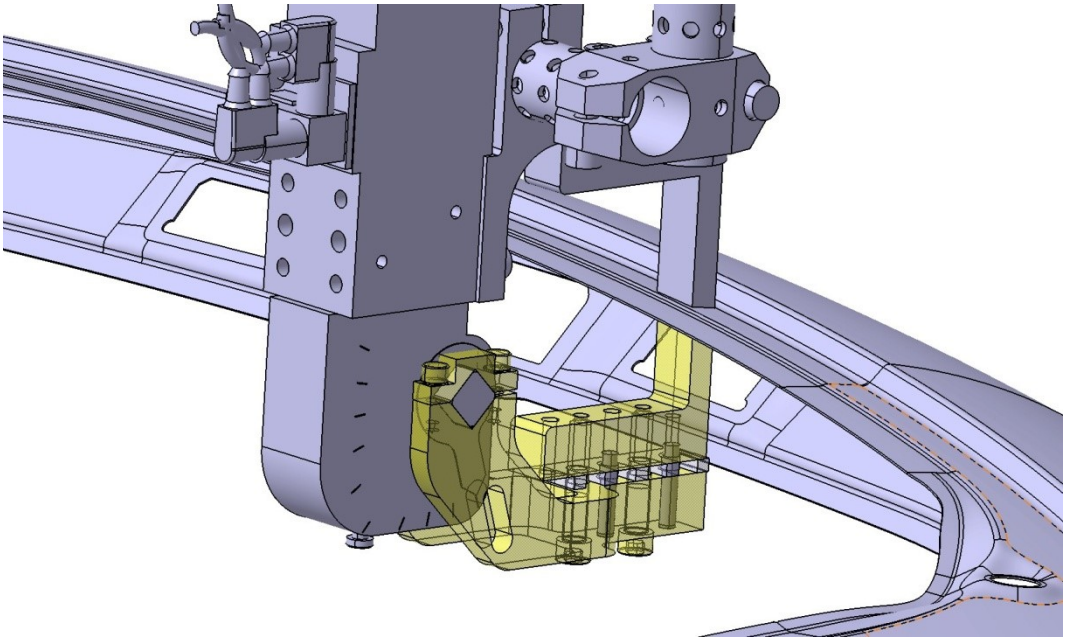
Pro přesné vycentrování dveří před finálním upnutím se využívá středících kolíků, které jsou umístěny v pneumatickém válci. Poté je celá sestava vycentrována do otvoru pomocí bodu uprostřed otvoru.



Obr. 26 Sestava pro vystředění dveří

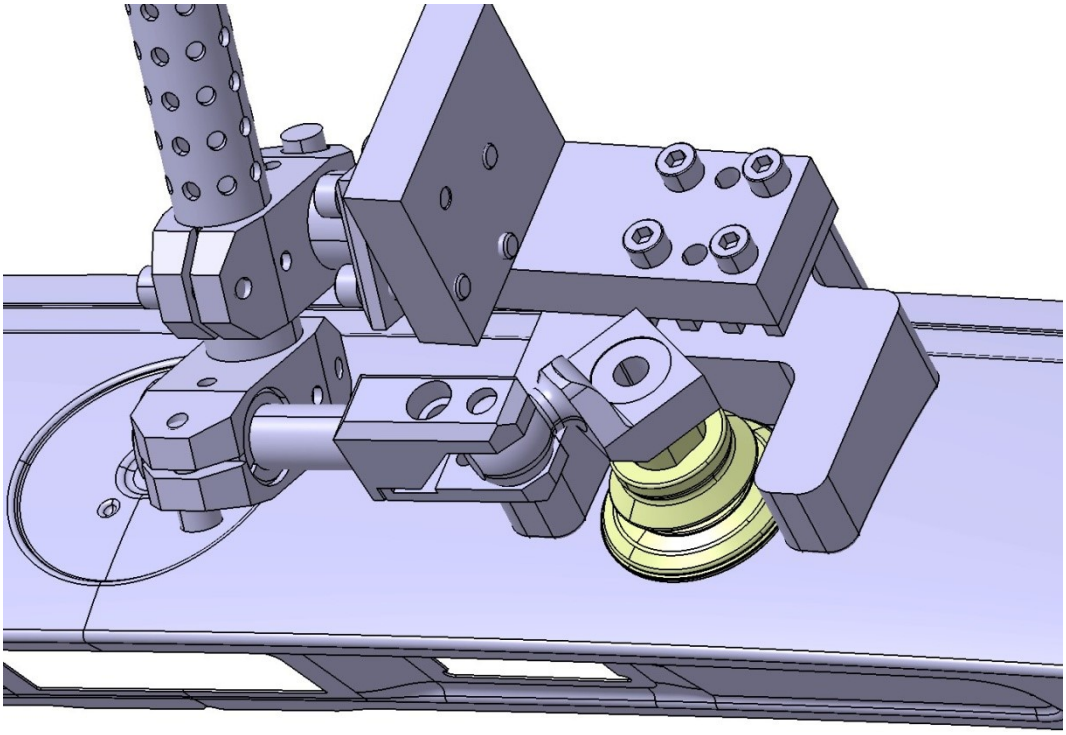
U mechanického řešení je použit přípravek na, který se následně nasadí pevná upínací část a část pohyblivá. Upínací části jsou nastavitelné pomocí distančních podložek,

které mají vidlicovitý tvar a zajišťují dodatečné a přesné nastavení jednotlivých dílů vůči přenášenému plechu. Přítlačná síla určená k sevření plechu je volena podle přípravku, parametry jaké je přípravek schopen vytvořit udává výrobce.

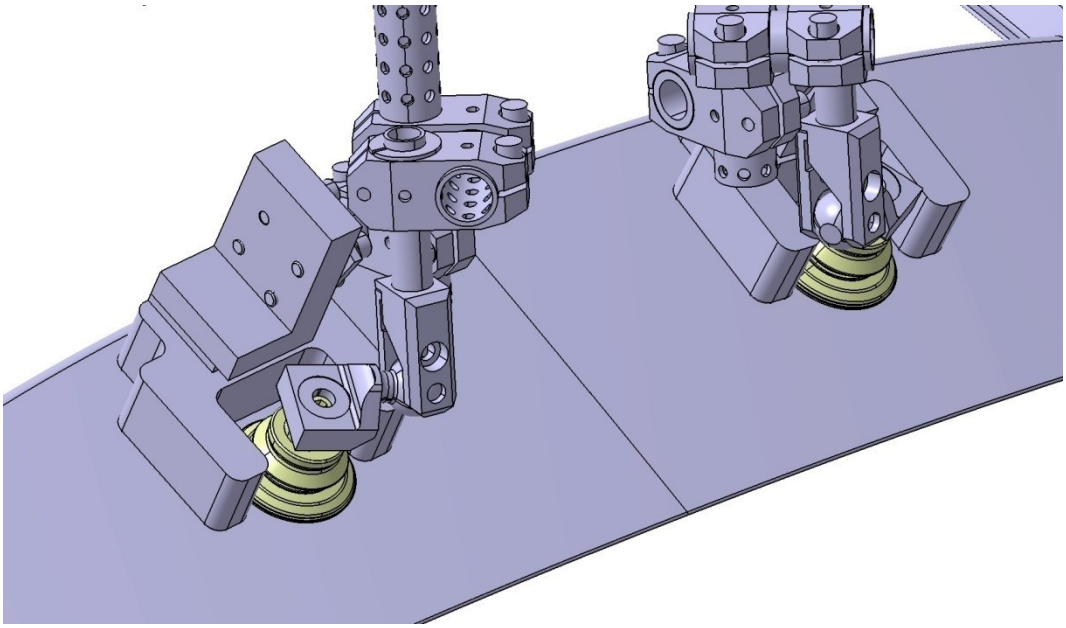


Obr. 27 Mechanické upnutí plechu (žlutá – pohyblivá upínací část)

Poslední ze tří skupin upínacích prvků jsou přísavky, které pomocí podtlaku přichytí přenášený objekt. Přísavky, které jsou zobrazené na *Obr.28 a 29* patří do kategorie měchových. Konkrétně na *Obr.28* byl postup řešení plastového dílce následující. Pomocí funkce *Remove,* je vytvořen spodní rádius na dílci. Poté se dílec vloží do softwaru, který vygeneruje cestu pohybu vodního paprsku a dojde k realizování dílce.

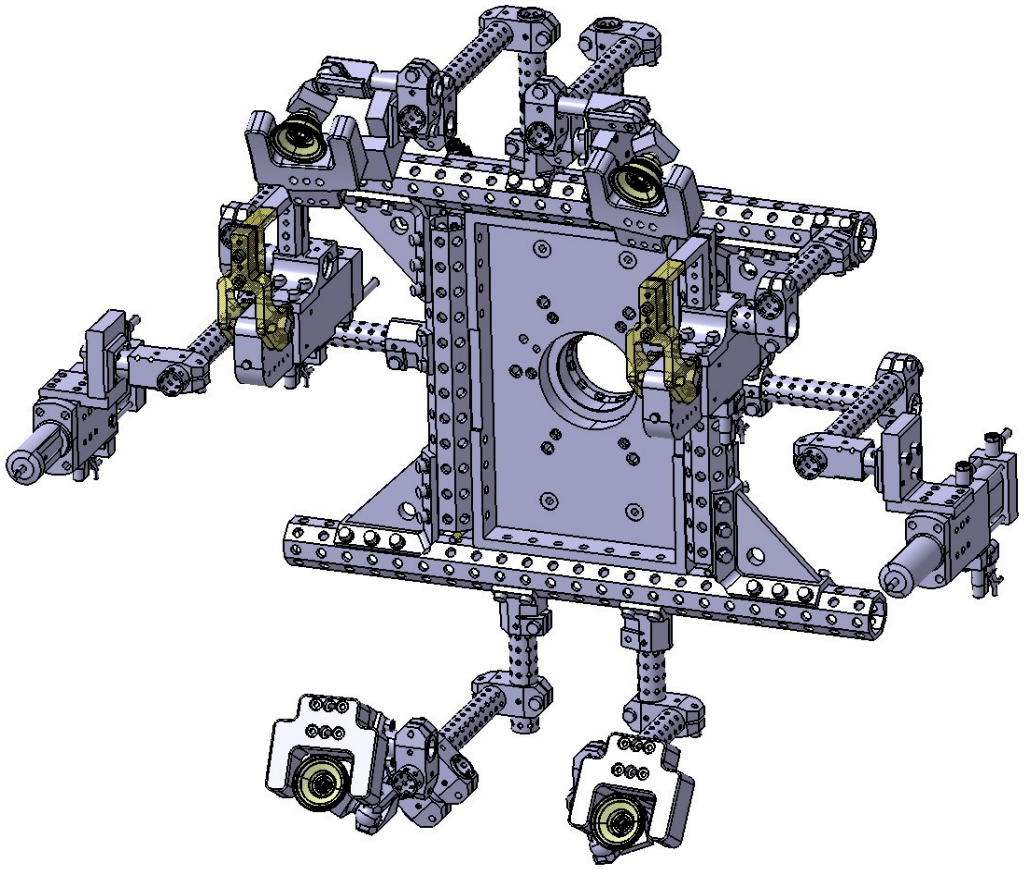


Obr. 28 Přísavka na straně s rádiusem (spodní strana zadních dveří)

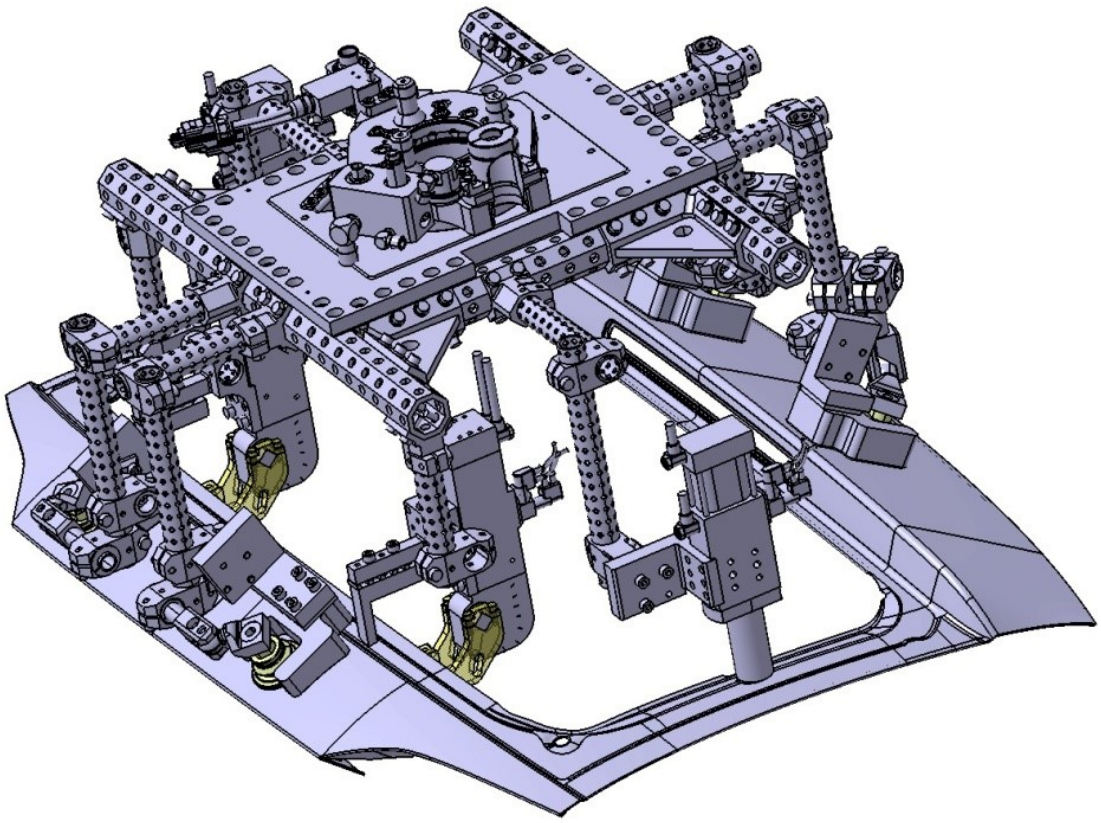


Obr. 29 Přísavka na rovinné ploše (horní strana zadních dveří)

Dále jsou vytvořeny sestavy mechanických upínačů, pneumatického uchycení a také centrovacího zařízení. V následujících krocích dochází k hledání optimální konstrukce a upnutí sestav na základní rám. Mezi hlavní parametry konstrukce celého upínacího efektoru patří jeho hmotnost. Proto se hliníkové trubky krátí a cesty mezi prvky, které slouží k uchycení objektu, a základního rámu co nejkratší.



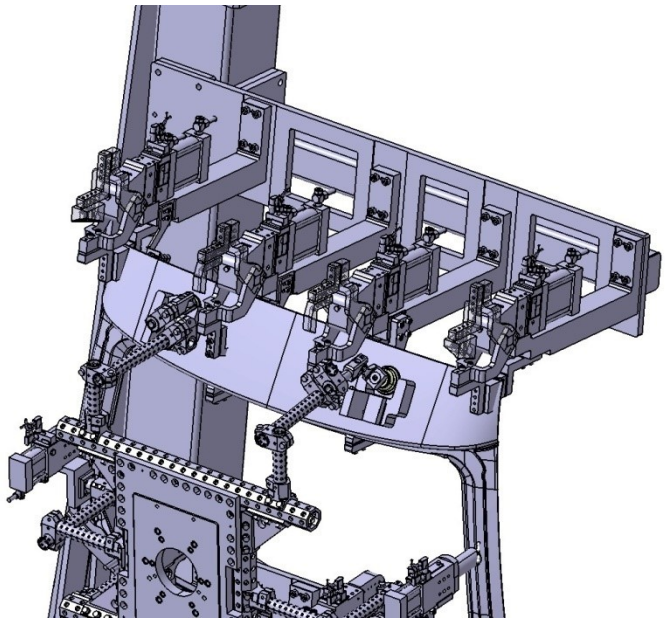
Obr. 30 Pohled na kompletní sestavu koncového efektoru (1)



Obr. 31 Pohled na kompletní sestavu koncového efektoru (2)

4 KONTROLA KOLIZÍ

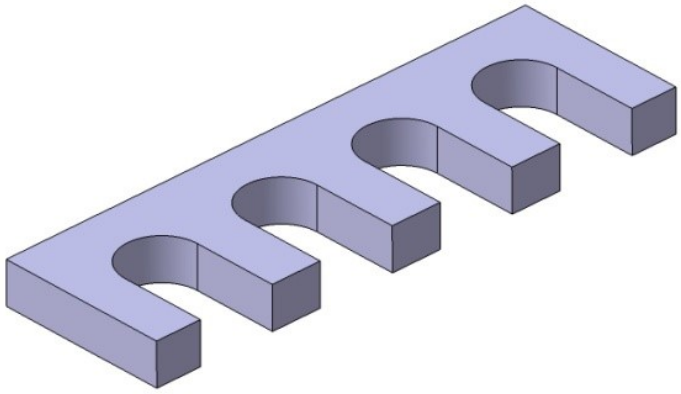
Součástí zadání bakalářské práce je navrhnout koncový efektor tak, aby byl schopen vyjmout přenášené zadní dveře automobilu ze zásobníku. Efektor je navrhnut tak, aby nedošlo ke kolizím v pracovní oblasti, také se snažíme, aby oblast byla co nejmenší. Vše se zatím pohybuje okolo funkčních prvků, nesmíme také opomenout na hadičky pro stlačený vzduch, trubky, ochranné prvky a také kabeláž díky, které jsou ovládány některé funkční prvky. Kontrolu koncového efektoru lze určit v programu CATIA V5 a to pomocí funkce *"CLASH"*, neboli měření průniku hmot. U této funkce je program schopen určit, kde se součásti a jednotlivé prvky překrývají, hledá tzv. kontakty (Contact) a kolize (Clash). Při kontrole závitových šroubů se chyba vyskytuje vždy. Je to z důvodu, že do modelované soustavy se závity nezobrazují a nejsou pro výsledky podstatné. Následně se zkontroluje trajektorie po, které se objekt pohybuje s objektem a konečná poloha kde se dveře nasadí na rám auta.



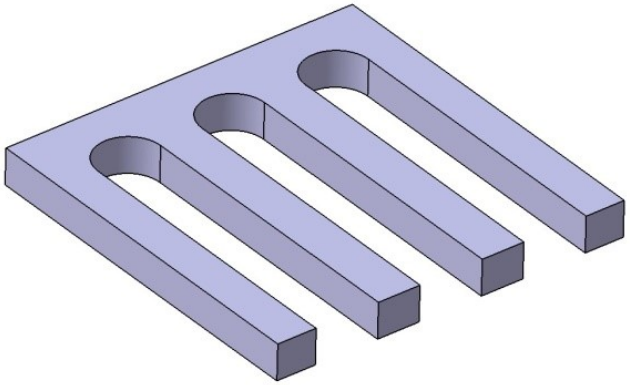
Obr. 32 Kontrola kolizí ve stojanu.

5 SYSTÉM DODRŽENÍ PŘESNOSTI

U aktivních mechanických upínacích prvků se navrhují ocelové úhelníky, které slouží k přidržení materiálu. Úhelníky se výrobně nedělají ve vysoké přesnosti. Na plastové dílce také není kladen vysoký nárok na přesnost výroby. Tolerance se pohybuje u těchto součástí okolo +/- 0,1 mm. Vše se pak nastavuje a dolaďuje pomocí distančních podložek, které mají rozměry od 0,1 do 5 mm. Distanční podložky jsou vidlicovitého tvaru viz *Obr. 33 a 34*.



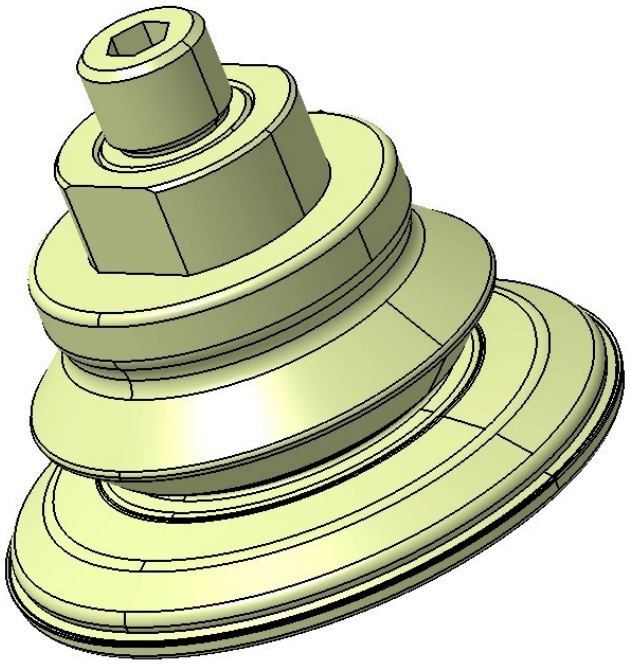
Obr. 33 Distanční podložka pro ocelový úhelník



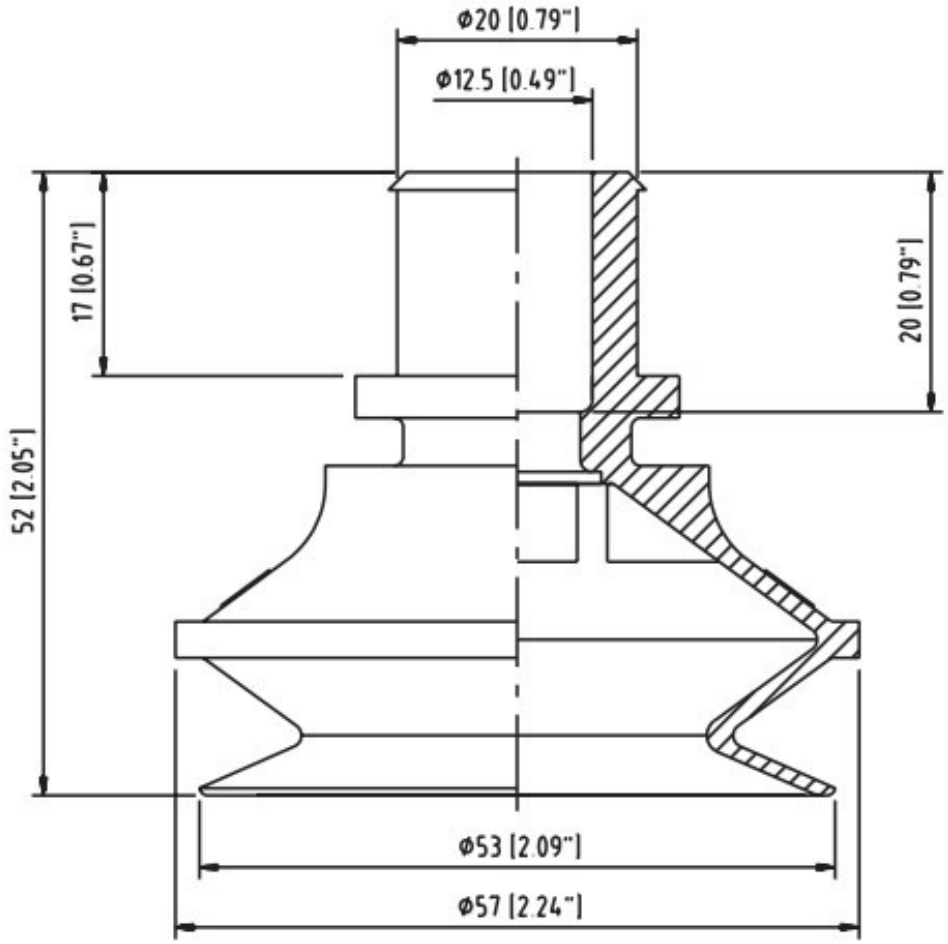
Obr. 34 Distanční podložka pro plastový dílec

6 VÝBĚR PŘÍSAVKY

V zadání bakalářské práce je požadováno, aby byly využity pneumatické prvky. Pro výběr optimální přísavky musíme vzít v potaz několik faktorů. Mezi hlavní parametry patří schopnost přísavky dokonale přilnout k přenášenému materiálu a přenést objekt o určité hmotnosti. Zadní dveře automobilu, které jsou v zadání bakalářské práce mají hmotnost v rozmezí 7 až 8 kg. Pomocí materiálových listů od firmy PIAB je zvolena přísavka s krátkým vlnovcem typu B-MF. Materiál přísavky je termoplastický polyuretan (TPU). Jelikož jsou přísavky konstrukčně navrženy tak, že se dotýkají pohledové části dveří tak i z toho důvodu je použita přísavka z materiálu TPU, která nezanechává otisk na přenášeném objektu. Mezi další výhody přísavky B-MF patří, vyrovnání výškových rozdílů a také ji lze použít pro paralelní přenos, podmínka je nízká hmotnost přenášeného materiálu.



Obr. 35 Přísavka v programu CATIA V5



Obr. 36 Rozměrové zobrazení přísavky

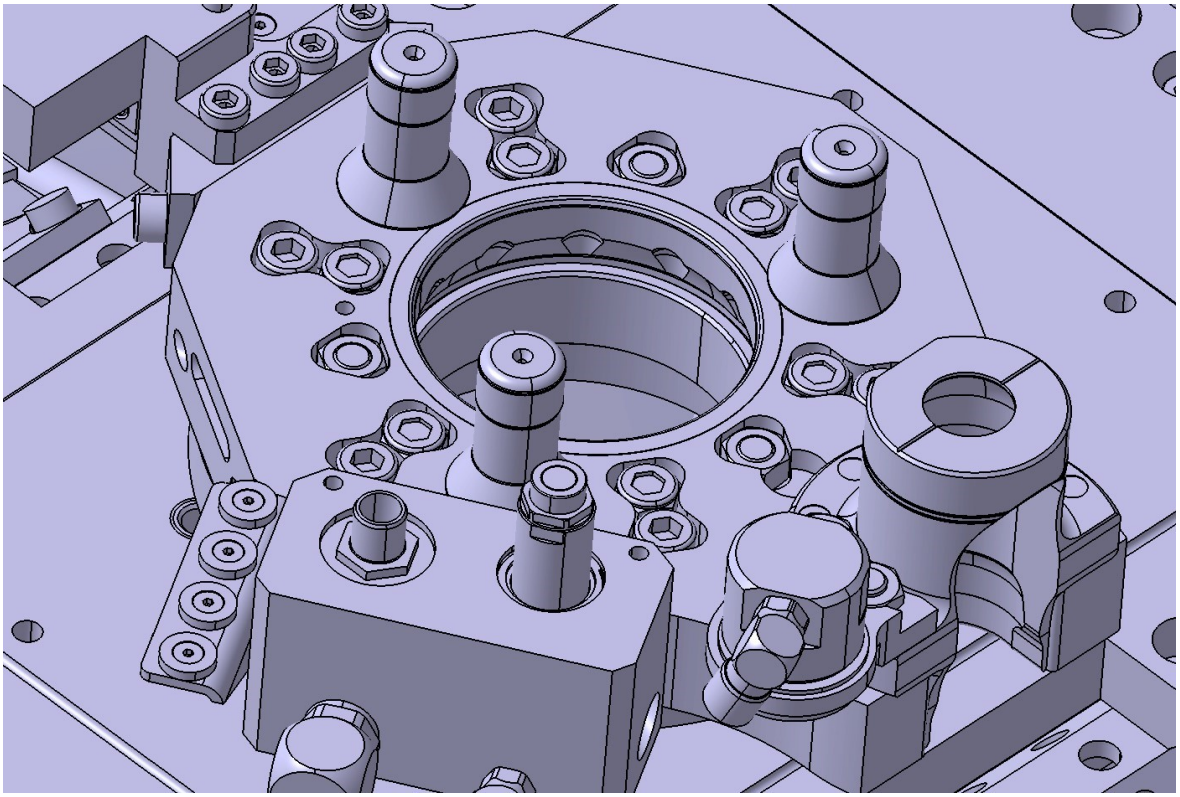
Typ	Přídržná síla v N kolmá k ploše			Přídržná síla v N paralelní s plochou			Vnitřní objem přísavky	Min. rádius manipul. předmětu	Max. zdvih přísavky	Hmotnost
	-20 kPa	-60 kPa	-90kPa	-20 kPa	-60 kPa	-90kPa	cm³	mm	mm	g
B50	33	65	82	—	—	—	32	30	13	20
B50-2 (filtr)	33	65	82	—	—	—	32	30	13	20
B50-M	32	77.6	103.8	—	—	—	32	20	12	27
B50MF	30	93	136	23	63	97	32	26	13	20
B50MF-M	30	93	136	23	63	97	32	26	13	20
BL50-2	1.7/17*	4.3/43*	—	—	—	—	55	15	34	20
D50	36	78	98	—	—	—	15	25	10	16
U50-2	35	73	92	20	37	44	12	35	6	10
F50-2	36	74	96	24	40	50	10	55	3	12
F50MF	24.5	92	141	31	82	107	10	95	2	14
F50MF-M	24.5	92	141	31	82	107	10	95	2	14
FC50	35	85	125	35	85	110	10	75	5.6	30
P60	60	150	220	—	—	—	20	—	3	64

Obr. 37 Přehled parametrů při volbě přísavky

Přísavka s krátkým vlnovcem, může být doplněna příslušenstvím, které zvýší efektivitu přísavky. Mezi tyto doplňky patří dotykový ventil, zpětný škrtící ventil a přípoje. Přípoje jsou z hliníkového materiálu a jsou opatřeny vnějším či vnitřním závitem.

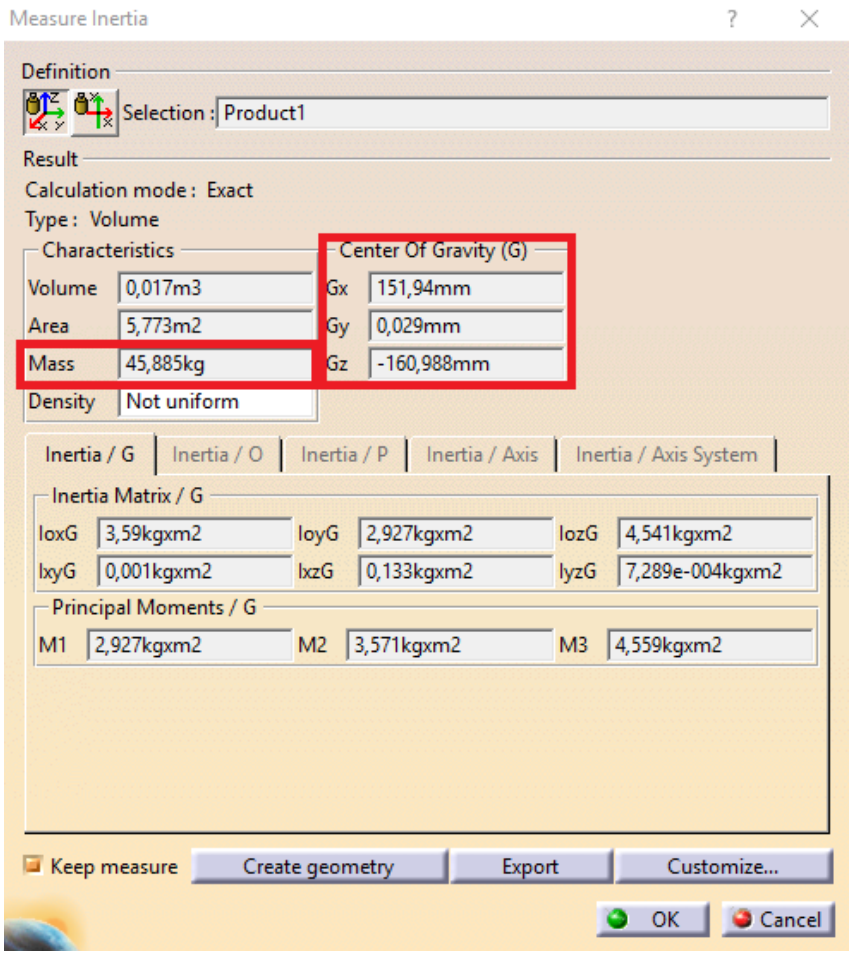
7 VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO PRŮMYSLOVÉHO ROBOTA

K určení výběru optimálního robota je potřeba znát hmotnost celého efektoru včetně objektu manipulace a také polohu těžiště včetně momentu setrvačnosti jednotlivých os jejíchž střed je uprostřed příruby. V programu CATIA V5 je přiřazen materiál ke všem prvkům. Je využit především hliník. Pro plastové dílce volíme silon a mechanické upínky jsou navrženy z oceli. Program je schopen vypočítat váhu celé soustavy.

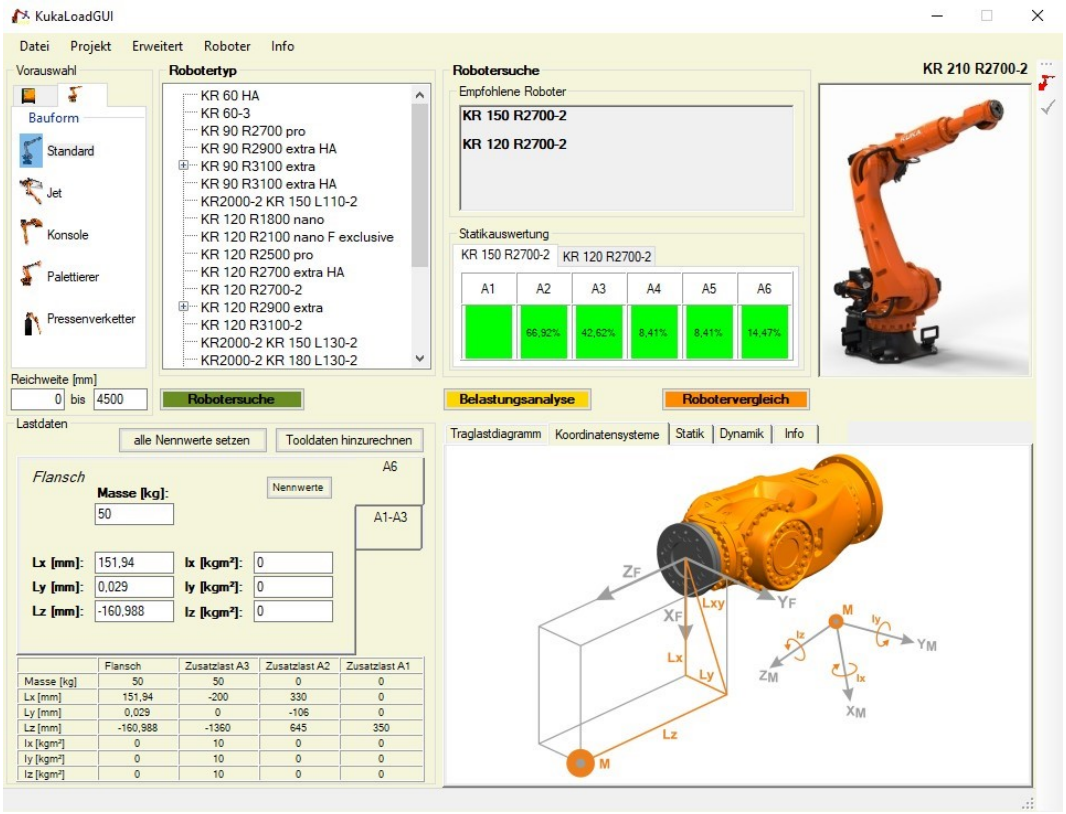


Obr. 38 Příruba umístěná na koncovém efektoru

Příruba je opatřena vodícími prvky, pneumatickou i elektrickou kabeláží. V pravé části příruby je vidět vyfrézovaná drážka. Drážka slouží k výměně koncových efektorů. Hodnoty, které jsou odměřeny v programu CATIA V5 jsou vloženy do programu KUKALOAD od společnosti výrobce robotů KUKA. Na *Obr. 39* je zobrazení parametrů, které jsou následně zapsány do programu.

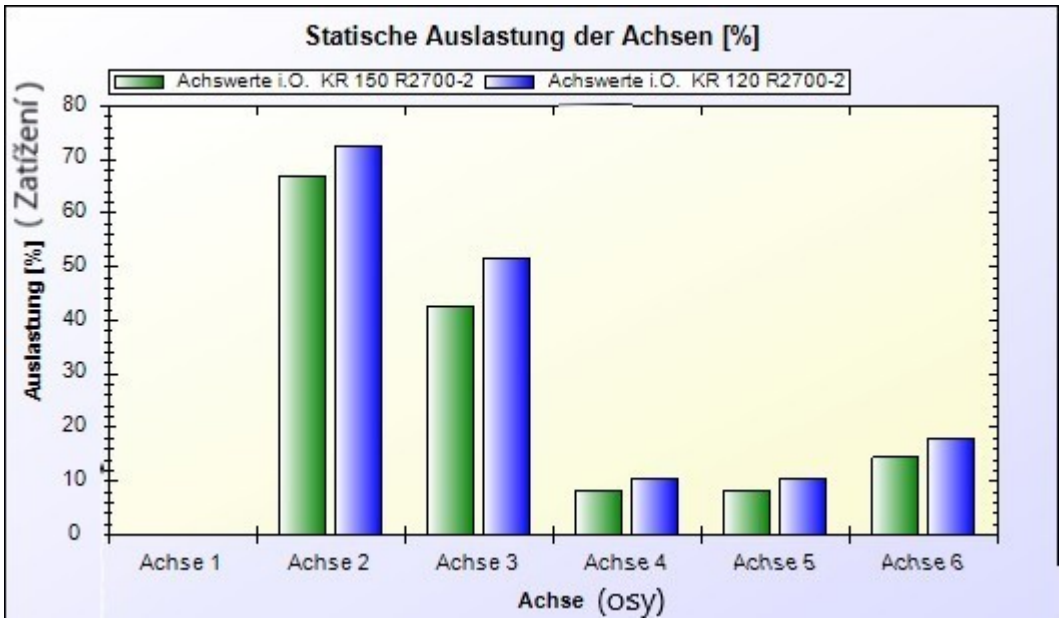


Obr. 39 Hodnoty z programu CATIA

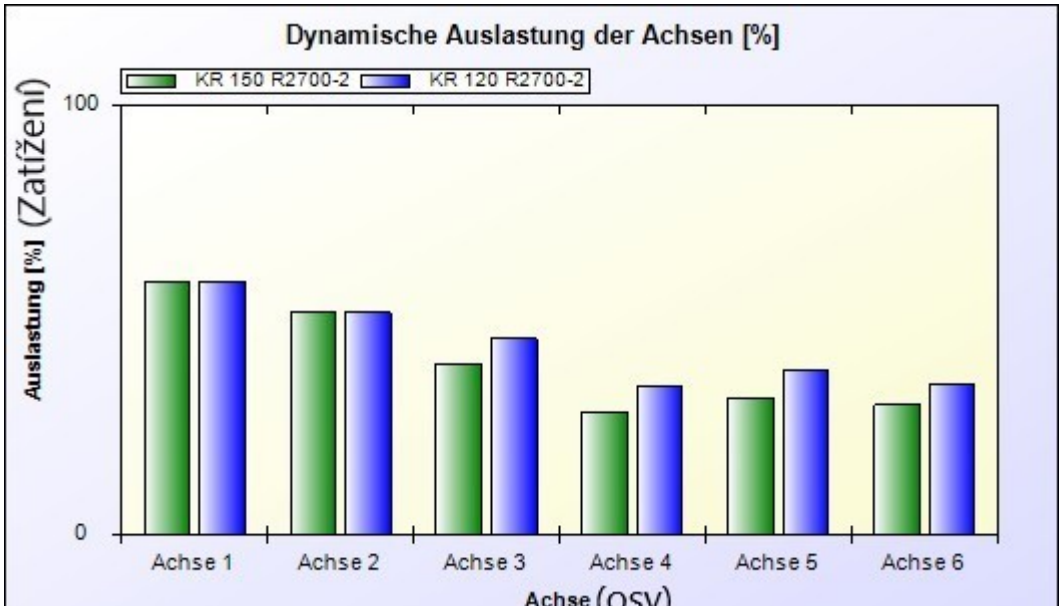


Obr. 40 Parametry vložené do programu KUKALOAD

Pomocí programu je vybrán robot KR 150 R2700-2. Z programu je zjištěno statické a dynamické namáhání i s upnutým objektem manipulace.



Obr. 41 Statické zatížení



Obr. 42 Dynamické zatížení

Z grafů lze vyčíst, že nejvíce je z pohledu statického zatížení, zatížena osa 2 kde zatížení roste k 70 %. U dynamického je nejvíce namáhána osa 1 a 2 kde se pohybuje zhruba okolo 50 %. Zeleně vybarvené sloupce je robot, který je vybrán a je srovnáván s robotem KR 120 R 2700–2, který lze také použít.

ZÁVĚR

V praktické části bakalářské práce bylo za úkol navrhnout koncový efektor na průmyslového robota, který bude přenášet zadní dveře automobilu ze stojanu na další výrobní operaci. Z počátku je řešeno, v jakých místech budou dveře automobilu upnuty. Je využíváno aktivních mechanických prvků, prvků pneumatických a také prvky pro vystředění dveří. Pro řízení pneumatických prvků, byl efektor doplněn o pneumatický terminál. Komunikační a montážní rozhraní zajišťuje plynulou výměnu efektoru za jiný. Je to díl, na kterým je upnut celý efektor a také dochází ke spojení pneumatických prvků a elektrických signálů. Koncový efektor je z hliníkovitého materiálu, především z důvodu ke snížení hmotnosti, abychom snížily nároky na robota. Avšak se zde vyskytuje materiál jako je PVC u plastového dílce a ocel u mechanického upnutí. Koncový efektor byl realizován v programu CATIA V5, výsledkem 3D model koncového efektoru pro upnutí zadních dveří. Elektrické a pneumatické rozvody nejsou v modelu řešeny, protože nemají zásadní vliv na zástavbu efektoru.

Po vytvoření 3D modelu byly zkontrolovány kolize efektoru v programu CATIA a také kolize mezi efektorem a stojanem, který drží zadní dveře. Nebyla zjištěna žádná kolize. Na závěr praktické části byly vybrány parametry koncového efektoru v programu CATIA a byly vloženy do programu KukaLoad, od výrobce robotů KUKA. Po vložení informací do programu, byl zvolen robot KR 150 R2700-2. Který má menší procento zatížení, než robot KR 120 R2700-2, který je v grafech porovnáván. Robot KR 150 R2700-2 má maximální jmenovité zatížení 215 kg, ale pouze na krátkou vzdálenost. Jmenovité napětí se pohybuje okolo 150 kg to odpovídá dosahu délek do 350 mm podle materiálových listů od výrobce KUKA. Při dynamickém namáhání jsou osy téměř rovnoměrně namáhány. Ve výsledku se podařilo navrhnout koncový efektor, který byl následně otestován v programu CATIA a na závěr zvolen optimální průmyslový robot, čímž se zpracoval kompletní konstrukční projekt.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] KOLÍBAL, Zdeněk. *Technologičnost konstrukce a retrofitting výrobních strojů*. V Brně: VUTIUM, 2010, 335 s. ISBN 978-80-214-3765-4.

[2] SOCHOR, Zdeněk, ed. Automatizace. Aplaus 22 [online]. 2019, 2014 - 2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://www.aplaus.cz/automatizace.html.

[3] Historie automatizace. Factory automation [online]. 2019, 2018(1) [cit. 2019-03- 13]. Dostupné z: https://factoryautomation.cz.

[4] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vydání šesté. Brno: CERM, Akademické nakladatelství, 2015, 230 s. ISBN 978-80-7204-921-9.

[5] Přehled průmyslových odvětvích. Rockwellautomation.com [online]. 2019, 2018(1) [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://www.rockwellautomation.com/cs_CZ/overview.page

[6] Svařovací robot. FERIER s.r.o [online]. 2019, 2019(1) [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://www.ferier.cz/svarovaci-roboty-cloos/system-robotizace-mechanika/

[7] Pneumatické prvky. Festo [online]. 2019, 2018(1) [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9461.htm

[8] Magnetické uchopové prvky. Goudsmit magnetics [online]. 2019, 2018(1) [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://www.goudsmitmagnets.com/cz/

[9] TICKOO, Sham. CATIA: kompletní průvodce. Brno: Computer Press, 2012, 696 s. ISBN 978-80-251-3527-3.

[10] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

[11] CHURÝ, Lukáš. Průmyslový robot. Robotika II. [online]. 2006 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://programujte.com/clanek/2006032007-robotika-ii/

[12] SLAVÍK, Jakub. Průmyslový robot - šestiosý. Proelektrotechniky.cz [online]. 2016, 2012 - 2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/prumyslova-automatizace/95.php

[13] HAVLÍČEK, Daniel. Průmyslový robot - Palezitační. Factory automation [online]. 2015, 2014 - 2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/prumyslova-automatizace/95.php

[14] Průmyslový robot. FANUC | The Factory Automation Company [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.fanuc.eu/cz/cs

[18] SCARA robot. Wikipedia The Free Encyclopedia [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA

[19] SCARA robot. FANUC | The Factory Automation Company [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/scara-series

[20] Robot s paralelní kinematikou. FANUC | Robotics Czech [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/9555.pdf

[22] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. Brno: VUT Brno, 1993. ISBN 80-214- 0526-0.

[23] Synchronní manipulátor. Esa.int [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2008/03/Dextre_is_the_third_and_final_component_of_the_Mobile_Servicing_System_developed_by_Canada

[24] BENEŠ, Pavel, Josef JANÁČEK, Jidřich KRÁL a Kolektiv autorů. Automatizace a automatizační technika, systémové pojetí automatizace 1. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.

[25] BENEŠ, Pavel, Jan CHLEBNÝ, Josef LANGER a Kolektiv autorů. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. Brno: Computer Press, 2014.

[26] MELČÁK, Jakub. Efektory modulárního manipulátoru a jejich automatická výměna [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/10084/109590. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

[27] Lacuš Industries [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://joomlacus.g6.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=6%3Akinematicka-struktura&catid=9&Itemid=117

[28] HRDILČKA, Filip. Robotické koncové efektory. Plzeň, 2013. Bakalářská práce. Západočeská universita v Plzni. Vedoucí práce Roman Čermák.

[29] KRATOCHVÍL, Tomáš. Koncové efektory průmyslových robotů pro manipulaci. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Lukáš Flekal.

[30] Průmyslový robot lakovací. Průmyslové roboty FANUC [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99ada-paint

[31] TÜNKERS Maschinebau GmbH [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://www.tuenkers.com/publish/92342d91_da54_cb89_add9bde5c193b028.cfm?l1=Gripping

[32] Rozdíly mezi kartezskými, šestiosými a SCARA roboty. E-Konstruktér [online]. 2014, (2), 1 [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://e-konstrukter.cz/novinka/rozdily-mezi-kartezskymi-sestiosymi-a-scara-roboty-2-dil

[33] Otevírání dveří v Alexandrii. In: Slide Player [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/2507449/

[34] Kr Cybertech Arc. KUKA [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/pr%C5%AFmyslov%C3%A9-roboty/kr%C2%A0cybertech%C2%A0arc

[35] MELČÁK, Jakub. Efektory modulárního manipulátoru a jejich automatická výměna. Ostrava, 2015. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Václav Krys.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NC	Numerical Control – Číslicové řízení
CNC	Computer Numerical Control – Počítačové číslicové řízení
PLC	Programmable Logic Controller - Programovatelný logický automat
HMI	Human machine interface – Rozhraní člověk - stroj
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm – Selektivní montážní rameno
TOS	Tünkers One Screw System
EGT	Euro-Gripper-Tooling System
TCR	CarbonFibre Tube Systems
TPU	Termoplastický polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
kg	Kilogram
mm	Milimetr
m/s	Metr za sekundu
3D	Trojrozměrný
µm	Mikrometr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Automatické otevírání dveří v Alexandrii [33] 11
Obr. 2 Náhled komplexní automatizace [5] 13
Obr. 3 Zobrazení kolizního a pracovního prostoru [27] 14
Obr. 4 Šestiosý průmyslový robot typu RRR [15] 15
Obr. 5 Paletizační robot [17] 16
Obr. 6 SCARA robot SR – 3iA [19] 17
Obr. 7 Robot Quattro s650 (paralelní kinematika) [21] 18
Obr. 8 Synchronní manipulátor v kosmu [28] 19
Obr. 9 Orientace SCARA robota [19] 20
Obr. 10 Koncový efektor technologický – lakování [30] 23
Obr. 11 Koncový efektor technologický – svařování [8] 24
Obr. 12 Způsoby přichycení materiálu pomocí přísavek [9] 26
Obr. 13 Mechanický prvek koncového efektoru [35] 26
Obr. 14 Přichycení materiálu pomocí magnetů [10] 28
Obr. 15 Jednoduchá ukázka konstrukce [31] 30
Obr. 16 Ukázka konstrukce EGT [31] 31
Obr. 17 TCR v praxi [31] 32
Obr. 18 Detailní zobrazení TCR [31] 32
Obr. 19 Návrh automatické výměny efektorů konkrétně palec s kulisou [26] 33
Obr. 20 Zobrazení plastového dílu 35
Obr. 21 Zobrazení plastového dílu 36
Obr. 22 Označení upínacích přípravků (žlutá – přísavky, červená – středící kolíky, zelená – mechanické upnutí) 37
Obr. 23 Trubka ETG 002 a zobrazení profilu 38
Obr. 24 Trubka EGT 006 a zobrazení profilu 39
Obr. 25 Základní rám 40
Obr. 26 Sestava pro vystředění dveří 40
Obr. 27 Mechanické upnutí plechu (žlutá – pohyblivá upínací část) 41
Obr. 28 Přísavka na straně s rádiusem (spodní strana zadních dveří) 42
Obr. 29 Přísavka na rovinné ploše (horní strana zadních dveří) 42
Obr. 30 Pohled na kompletní sestavu koncového efektoru (1) 43
Obr. 31 Pohled na kompletní sestavu koncového efektoru (2) 44

Obr. 32 Kontrola kolizí ve stojanu......45
Obr. 33 Distanční podložka pro ocelový úhelník 46
Obr. 34 Distanční podložka pro plastový dílec 46
Obr. 35 Přísavka v programu CATIA V5 47
Obr. 36 Rozměrové zobrazení přísavky 48
Obr. 37 Přehled parametrů při volbě přísavky.....48
Obr. 38 Příruba umístěná na koncovém efektoru.....50
Obr. 39 Hodnoty z programu CATIA.....51
Obr. 40 Parametry vložené do programu KUKALOAD.....52
Obr. 41 Statické zatížení 52
Obr. 42 Dynamické zatížení.....53

SEZNAM PŘÍLOH

Výkres 1-000-00 Sestava

Výkres 1-001-00 Horní rameno s přísavkou

Výkres 1-002-00 Základní rám

Výkres 1-003-00 Rameno se středícím kolíkem

Výkres 1-004-00 Rameno s mechanickým upnutím

Výkres 1-005-00 Dolní rameno s přísavkou

PŘÍLOHA P I: VÝKRES SESTAVY