

Návrh a optimalizace výrobního procesu koncového efektoru robotického pracoviště v rámci svařovací linky

Bc. Daniel Mahdal

Diplomová práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Daniel Mahdal**

Osobní číslo: **T17567**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh a optimalizace výrobního procesu koncového efektoru robotického pracoviště v rámci svařovací linky**

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. Optimalizace jednotlivých dílů z hlediska výroby, příprava vyráběných dílů pomocí CAM softwaru
5. Porovnání efektivity výroby se standardním výrobním postupem

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

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

2. 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.

3. *Automatika: trendy v automatizaci a průmyslové robotice*. Brno: Vydavatelství Nová média, s.r.o., 2016-. ISSN 2464-7179.

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

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Filip Tomanec

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 1. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

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 15.5.2019

.....

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 nevydělečně 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 vzdělávacímu 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

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a optimalizací výrobního procesu koncového efektoru robotického pracoviště v rámci svařovací linky.

V teoretické části jsou popsány základní druhy robotů používaných v automobilovém průmyslu. Dále jsou probrány technologické a manipulační koncové efekторы pro různé a často využívané aplikace a jejich rozdělení.

V praktické části je nejprve popsán objekt manipulace, pro který je následně navržen koncový efektor. Dále je vybrán průmyslový robot pro navržený koncový efektor a také je provedena kontrola kolizí s okolními pracovišti. V poslední části jsou zhotoveny CAM programy pro vymodelované součásti. Praktická část je propojení konstrukčního a výrobního procesu.

Klíčová slova: koncový efektor, manipulátor, robot, CAM, Automotive

ABSTRACT

This thesis deals with the design and optimization of the manufacturing process of the robotic workplace effector within the welding line.

The theoretical part describes the basic types of robots used in the automotive industry. Furthermore, technological and manipulation end effectors for various and frequently used applications and their division.

In the practical part, manipulation objects are described first, for which the end-effector is subsequently designed. Further, an industrial robot is selected for the proposed end effector and there is a check for collisions with the surrounding workplaces. In the last part CAM programs for modeled parts are made. In the practical part a mechanical design and manufacturing process are linked together.

Keywords: end-effector, manipulator, robot, CAM, automotive

Rád bych poděkoval Ústavu výrobního inženýrství za umožněné vzdělání, které mi velmi pomohlo při psaní této diplomové práce. Především bych rád poděkoval panu Ing. Filipu Tomancovi za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a čas, který mi během zpracování této diplomové práce věnoval.

Tato práce a projekt je realizován s finanční podporou interního grantu UTB ve Zlíně IGA/FT/2019/004 financovaného ze zdrojů specifického univerzitního výzkumu.

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

Dále prohlašuji, že na diplomové práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval a zmínil na konci této DP. Výkresová dokumentace a modely, které jsou předmětem této DP, byly vytvořeny v softwaru s platnou licencí.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SVAŘOVACÍ LINKY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	12
1.1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY	13
1.1.1 Průmyslové roboty se sériovou kinematikou	13
1.1.2 Průmyslové roboty s paralelní kinematikou.....	15
1.2 TYPICKÝ SVAŘOVACÍ ROBOT	16
1.2.1 Svařovací roboty KUKA.....	16
2 KONCOVÉ EFEKTORY	17
2.1 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA KONCOVÝCH EFEKTORŮ.....	19
3 ROZDĚLENÍ KONCOVÝCH EFEKTORŮ	21
3.1 KONCOVÉ EFEKTORY MANIPULAČNÍ	21
3.1.1 Koncové efekty manipulační – mechanické	22
3.1.2 Koncové efekty manipulační – podtlakové	23
3.1.3 Koncové efekty manipulační – magnetické.....	23
3.2 KONCOVÉ EFEKTORY TECHNOLOGICKÉ	24
3.2.1 Koncové efekty technologické – dělení materiálu.....	25
3.2.2 Koncové efekty technologické – obrábění materiálu	25
3.2.3 Koncové efekty technologické – spojování materiálů.....	26
3.2.4 Koncové efekty technologické – povrchová úprava.....	26
3.3 KONCOVÉ EFEKTORY KOMBINOVANÉ.....	27
3.4 KONCOVÉ EFEKTORY SPECIÁLNÍ	27
3.5 KONCOVÉ EFEKTORY KONTROLNÍ A MĚŘICÍ	28
3.6 MODULÁRNÍ SYSTÉMY FIRMY TŮNKERS	28
3.6.1 Systém kulatých trubek (TRR).....	28
3.6.2 Euro – Greifer systém (EGT).....	29
3.6.3 Systém jednoho šroubu (TOS).....	30
3.6.4 Systém kompozitních trubek (TCR)	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI	32
4.1 EFEKTIVITA VÝROBY	32
5 NÁVRH KONCOVÉHO EFEKTORU	34
5.1 OBJEKT MANIPULACE	34
5.2 NÁVRH KONCOVÝCH ÚHELNÍKŮ (UPÍNEK).....	35
5.3 VOLBA UPÍNACÍCH PRVKŮ	36
5.4 URČENÍ STŘEDÍCÍCH KOLÍKŮ	40
5.4.1 Středící kolík	40
5.5 ZÁKLADNÍ RÁM	42
5.5.1 Nosný systém	44
5.6 PROPOJENÍ SOUČÁSTÍ	44
5.6.1 Konstrukce levé strany u propojení tří upínačů	46

5.6.2	Konstrukce samostatných upínačů	47
5.6.3	Konstrukce středících kolíků	47
5.7	PNEUMATICKÝ BLOK	49
6	VÝBĚR PRŮMYSLOVÉHO ROBOTA PRO NAVRŽENÝ EFEKTOR	50
7	KONTROLA KOLIZÍ KONSTRUKCE S OKOLNÍMI PRACOVNÍMI POZICEMI	53
8	CAM PROGRAM JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ	55
8.1	POSTUP CAM PROGRAMU VINKLŮ (ÚHELNÍKŮ)	55
8.1.1	První upnutí	55
8.1.2	Druhé upnutí	57
8.2	POSTUP CAM PROGRAMU STŘEDÍČÍHO KOLÍKU 1	59
8.2.1	První upnutí	59
8.2.2	Druhé upnutí	60
8.2.3	Třetí upnutí	60
8.3	POSTUP CAM PROGRAMU STŘEDÍČÍHO KOLÍKU 2	61
8.3.1	První upnutí	62
8.3.2	Druhé upnutí	63
8.3.3	Třetí upnutí	63
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK	76
	SEZNAM PŘÍLOH	77

ÚVOD

V současné době je významnost průmyslových robotů a manipulátorů stále větší. Koncové efekty jsou používány v mnoha průmyslových odvětvích, kde svou činností ovlivňují velkou část výrobního procesu. Koncový efektor navržený v této diplomové práci se používá výhradně v automobilovém průmyslu. Koncové efekty byly použity do robotických linek jako náhrada za lidskou práci a také, aby bylo zabezpečeno plynulosti výrobního procesu. Na koncové efekty jsou kladeny vysoké požadavky v podobě plné automatizace výrobního zařízení, bez zásahu lidského faktoru na přerušení výrobního procesu.

Použitím koncových efektorů v různých odvětvích průmyslu se často předchází problémům jako je nízký počet zaměstnanců a také zlepšením produktivity a bezpečnosti práce. Jednou z výhod koncových efektorů je také přesná a bezchybná práce, která je dána softwarovým programem. Efekty se využívají především při sériové výrobě, kdy v automatizované montážní lince během jednoho pracovního cyklu může robot vystřídat i několik koncových efektorů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SVAŘOVACÍ LINKY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

Odporové bodové svařování je důležitý proces používaný v automobilovém průmyslu. Po vylišování jsou kovové plechy převážně svařeny dohromady pro stavbu karoserie vozidla. Robotické linky pro bodové svařování používají koordinované roboty k sestavování kovových panelů bodovým svařováním pomocí řízených robotů, například při konstrukci dveří automobilů. Návrh linek zahrnuje výběr zdrojů (například roboty a svářečské pistole) a konfiguraci podkladů, a to s ohledem na produktivitu, náklady, flexibilitu a rekonfiguraci buněk. Plánování pohybu zahrnuje přidělování bodů svařování každému zdroji a výpočet plánu pohybu bez kolize pro každý robot. V současné době je návrh linek a plánování pohybu v pracovišti řízeno různými průmyslovými funkčními jednotkami. Než se návrh shoduje s proveditelným řešením, je zapotřebí předtím provést několik zkoušek. Navrhovaný postup zavádí jednotnou metodu zaměřenou na optimalizaci návrhu a plánování pohybu, která snižuje dobu návrhu. Výsledek těchto zkoušek zlepšuje nejmodernější technologii, snižuje dobu návrhu a pohybu po současných technologiích. Metoda byla navíc začleněna do počítačového přístupu, který má možnost urychlit celý proces plánování a plánování pohybu a omezit lidské úsilí. [1]

Robotické obloukové svařovací linky se skládají z různých typů zařízení a různých svařovacích robotů. Tato zařízení jsou poskytována několika různými výrobci a lze je nalézt ve velkém množství kombinací.



Obrázek. 1. Robotická svařovací linka [3]

1.1 Průmyslové roboty

Průmyslové roboty jsou počítačem ovládaný mechanismus, který umožňuje pohybovat s pracovní jednotkou, která je připojena na propojovací přírubu. Kinematický mechanismus průmyslového robotu je složen z jednotlivých os, které vykonávají buď translační pohyb, nebo rotační pohyb.

Průmyslové roboty osvobozují člověka od namáhavé, monotónní a nebezpečné práce. Průmyslové roboty rozdělujeme podle stavby kinematického řetězce na průmyslové roboty s paralelní kinematikou a na průmyslové roboty se sériovou kinematikou. Dále se můžou průmyslové roboty dělit například podle pracovních os, velikosti pracovního prostoru, nosnosti, přesnosti, rychlosti a zrychlení v jednotlivých osách.

1.1.1 Průmyslové roboty se sériovou kinematikou

Šestiosé průmyslové roboty

Šestiosé roboty jsou v dnešní době nejrozšířenějším typem v průmyslové robotice. Jednotlivá ramena jsou spojena rotačními klouby, využívají základní řetězec RRR. Vynikají svou flexibilitou a úsporou prostoru. Pracovní prostor je tvořen kruhovými segmenty. Uplatnění

nacházejí například při řezání, lakování nebo svařování. Moderní šestiosé průmyslové roboty mají již v sobě zabudovány pneumatické a elektrické obvody k připojení pracovních hlavic. [8] [9]



Obrázek. 2. Šestiosý průmyslový robot KUKA [10]

Paletizační průmyslové roboty

Konstrukce paletizačních robotů jsou odvozeny z šestiosých průmyslových robotů, kde se vynechává šestá osa popřípadě i osa pátá z kinematického řetězce. Jsou určeny k paletizačním a k manipulačním úkonům. Hlavním aspektem je maximální nosnost a maximální pracovní prostor. Paletizační roboty jsou vybaveny oproti šestiosým navíc pákovým mechanismem, který zvyšuje jejich tuhost. [8]



Obrázek. 3. Paletizační průmyslový robot [11]

SCARA roboty

SCARA roboty umožňují pohyb ve čtyřech svislých osách. Horizontální pohyb je realizován pomocí tří rotačních kloubů a vertikální pohyb je realizován posledním ramenem. Jedná se o základní řetězec RRT. Tyto roboty umožňují vysoké rychlosti pohybu a vynikají svou přesností polohování. Slouží k manipulaci s nižší hmotností oproti šestiosým nebo paletizačním robotům. Využívají se jako montážní průmyslové roboty. [8]



Obrázek. 4. SCARA robot [12]

1.1.2 Průmyslové roboty s paralelní kinematikou

Konstrukce průmyslových robotů s paralelní kinematikou se vyznačuje vysokou tuhostí, která snižuje vibrace a zvyšuje přesnost polohování a rychlost pohybu oproti průmyslovým robotům se sériovou kinematikou. Tyto roboty mají tři až šest stupňů volnosti. Nejčastěji bývají umístěny nad linkou a využívají se k manipulačním úkonům [9]



Obrázek. 5. Delta robot [13]

1.2 Typický svařovací robot

Typický průmyslový robot pro svařování se skládá z ramena a svařovacího zařízení. Řídící jednotka robota řídí umístění mechanického ramena. Řídící jednotka spouští program robota a nastavuje žádané hodnoty poloh umístění ramene. Řídící jednotka robota také odesílá nastavení parametrů na napájecí jednotku a umožňuje spuštění a zastavení procesu svařování.

Kromě robota a svařovacího stroje může robotická svařovací linka obsahovat další senzory pro měření procesu svařování. Tyto snímače mohou být snímače zraku, akustické snímače nebo snímače prostředí, které měří teplotu nebo vlhkost. [2]

1.2.1 Svařovací roboty KUKA

Díky vynikající přesnosti dráhy robotů odpadají dokončovací operace – bez ohledu na to, zda se jedná o svařování MIG/MAG, WIG, svařování plazmou nebo speciální metody. Volitelný software KUKA.TRACC TCP navíc nabízí možnost automatické kontroly a případné aktualizace TCP hořáku v průběhu výrobního cyklu. Jednotlivé svary budou aplikovány do odpovídající polohy.

Vysoké rychlosti os a možnost nekonečného otáčení šesté osy zaručují u robotů obzvláště krátké doby taktu, protože se minimalizuje trvání neproduktivních pohybů mezi dvěma svary. Díky vynikající přesnosti opakování, která je dána stabilní mechanikou robota, je zaručeno přesně zacílené polohování na začátek svaru. Systémy KUKA.RoboTeam a ArcTech Advanced umožňují současnou práci několika robotů na jedné součásti, čímž se opět výrazně zvyšuje produktivita. [4]

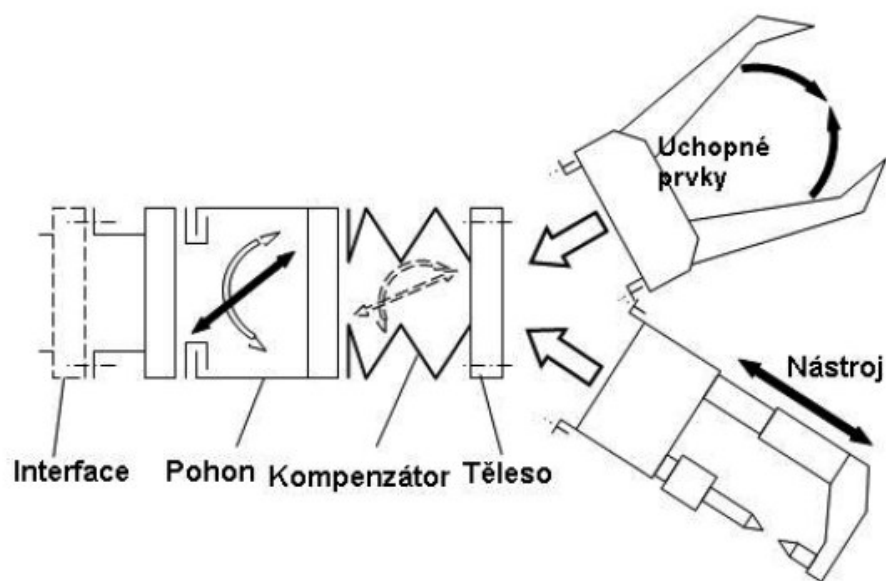


Obrázek. 6. Svařovací robot KUKA [5]

2 KONCOVÉ EFEKTORY

Efektor (obr. 7) je výkonným subsystémem servisního robotu. Účelem efektoru je vlastní realizace úkolů, pro které je robot předurčen, to znamená manipulace s různými objekty. Nejjednodušší způsob jak popsat efektor je pomocí lidské ruky. Efektor je podobný lidské ruce, protože podobně jako lidská ruka umožňuje držení, utahování, manipulaci a uvolňování objektu. Efektor většinou je připojen k ramenu robotu, nebo může být součástí pevného automatizačního systému. [6]

Efektory nejčastěji pracují pomocí pneumatických, hydraulických, magnetických nebo elektrických pohonů, ty zajišťují hlavní hnací pohyb, který je předváděn pomocí potřebných mechanismů na pohyb čelistí, či jinak specializovaných upínacích prvků. Můžou to být různé tvarové čelisti, přísavky, elektromagnety a jiné prvky.



Obrázek. 7. Obecné schéma efektoru [6]

Interface (propojení)

Umožňuje propojení koncové části ramena robotu s efektozem. Interface se skládá ze dvou částí, jedna je připevněna k efektozem a druhá k ramenu robotu. Obě části si musí tvarově, rozměrově a parametricky odpovídat. V dnešní době jsou interface normalizovány. [6]

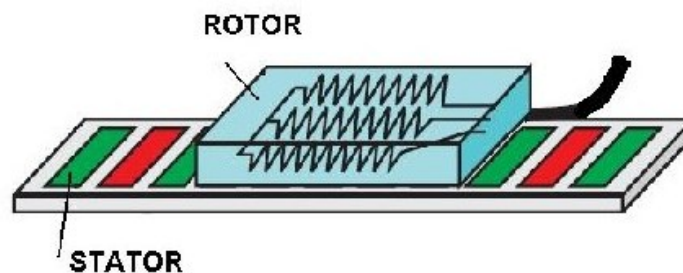
Pohon

Chápeme ve dvojitým smyslu, v prvním případě jako zdroj pohybu čelistí u úchopových efektorů a v druhém případě jako systém pro zajištění mikropohybu – doplňkový stupeň volnosti. V dnešní době je velká škála pohonů, která se stále rozrůstá. Pro servisní roboty se nejčastěji používají elektromotory. Elektromotory mohou být rotační nebo lineární. [6]

Rotační:

- Servomotory
- Stejnoseměrné motory
- Střídavé motory
- Krokové motory

Lineární: je to klasický synchronní stroj (může být i asynchronní) s permanentními magnety (obr. 8), které jsou rozloženy místo na kružnici na přímce [7]



Obrázek 8. Schéma funkce lineárního motoru [7]

Kompenzátor

Slouží k eliminaci nepřesností, které nastávají při kontaktu úchopných částí efektoru s objekty manipulace. Můžou pracovat na různých principech, pružin, pryží apod. [6]

Těleso

Je základním nosným stavebním prvkem s rozhodujícím podílem pro dosažení požadované tuhosti a přesnosti efektoru. Současně musí vytvářet předpoklady pro kompaktnost a minimální vnější rozměry efektoru a připojení ostatních stavebních prvků i technologičnost konstrukce. [6]

Úchopné prvky

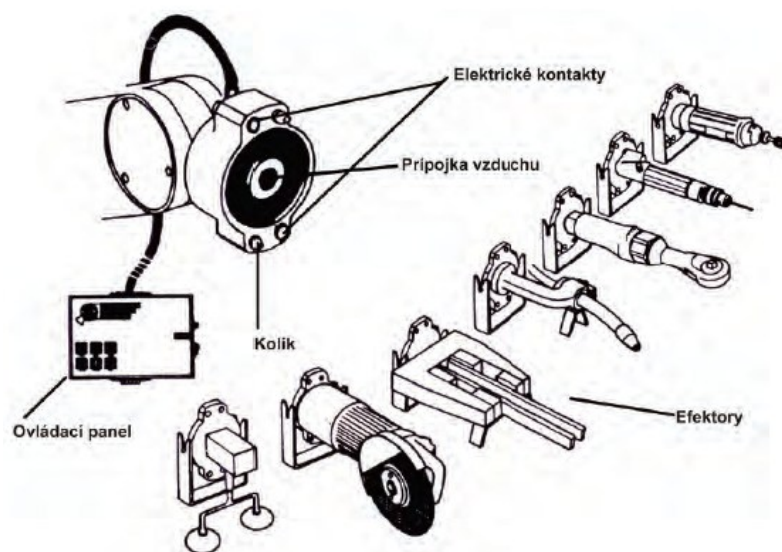
Hrají rozhodující roli pro dosažení parametrů, závisících na kontaktu s dotykovými plochami efektoru a do značné míry také předurčují volbu struktury efektoru. Jejich tvar, rozměry, materiálové složení závisí na mnoha faktorech, jako je pracovní prostředí, charakter přenášeného dílu a parametry samotné manipulace. [6]

Čidla, snímače a jiná elektronická zařízení

K efektoru mohou být také připojeny různá čidla, snímače a jiná elektronická zařízení zajišťující kontrolu nad efektozem. Efektory jsou také často vybaveny kamerovým systémem s osvětlením pro lepší viditelnost v prostoru manipulace. Kamera je důležitá při práci v prostoru, kde obsluha robotu nemůže. [6]

2.1 Automatická výměna koncových efektorů

Automatická výměna koncových efektorů přispívá k flexibilnímu využití průmyslových robotů. Automatická výměna koncových efektorů představuje hlavní proces pro průmyslové roboty, které jsou založeny na koncepci jednoho robotu, který vykonává několik manipulačních a technologických operací. Výhodou tohoto systému je možnost přizpůsobit se změně rozměrů a tvarů manipulovaných objektů nebo změně technologických operací bez přerušení automatického pracovního cyklu. Podle programu si sám robot upne požadovaný nástroj a po vykonání operace provede opět automatickou výměnu koncového efektoru. [8]

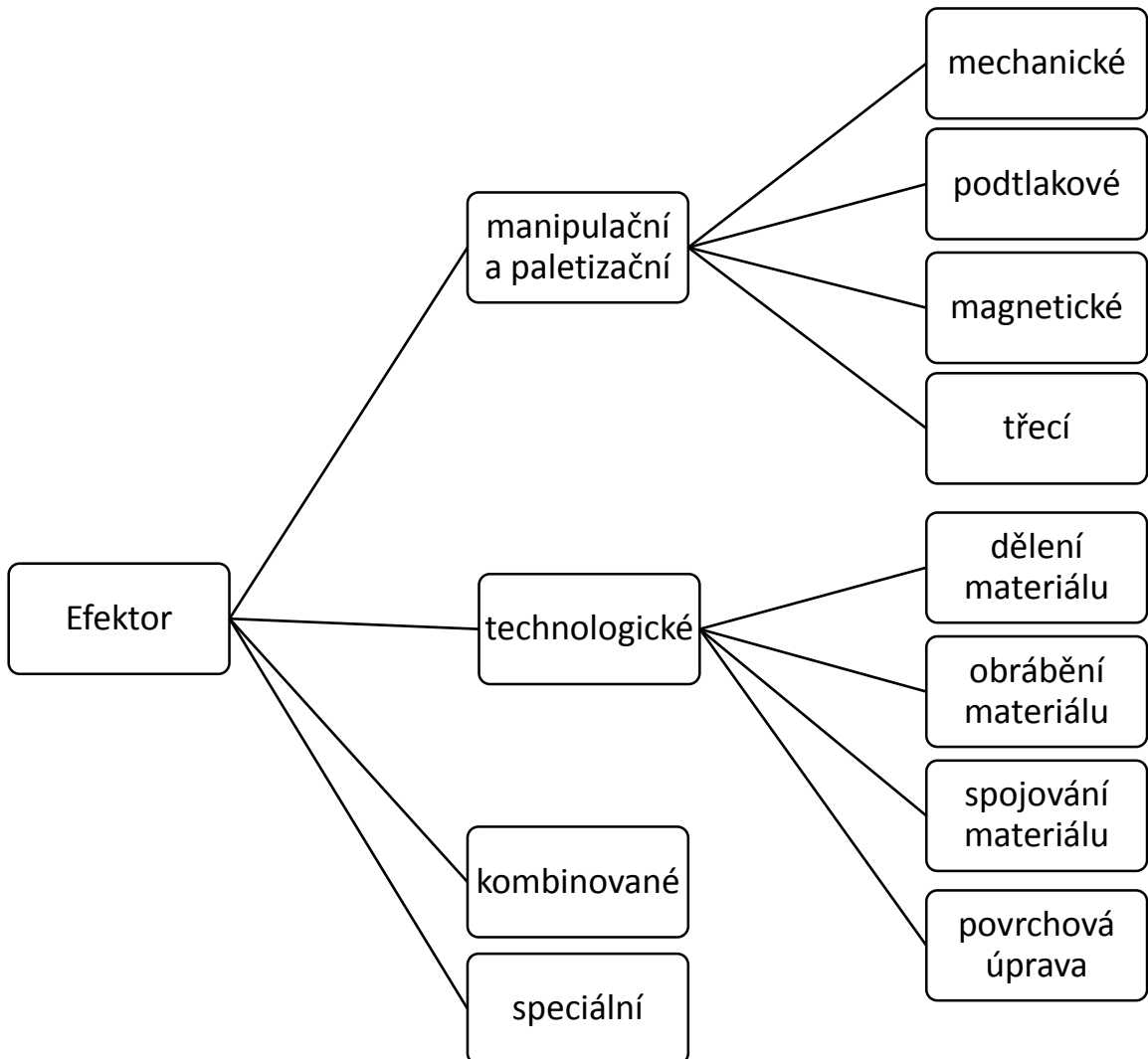


Obrázek. 9. Princip automatické výměny koncových efektorů [8]

Princip spočívá v tom, že každý jednotlivý koncový efektor je opatřen připojovací přírubou koncového efektoru, která se shoduje s jednotnou připojovací přírubou, umístěnou na konci kinematického řetězce průmyslového robotu. Příruby musí současně zabezpečit připojení silových a ovládacích médií pro potřeby funkce samotného mechanismu automatického upínání, a také pro funkce aplikovaných koncových efektorů. Dotyková plocha jejich čel musí být podle potřeby vybavena konektory, resp. automatickými spojkami pro přivedení talkového média (hydraulika, pneumatika), pro přivedení silového elektrického proudu, pro přivedení elektrických signálů pro řízení a potřeby funkce samotného mechanismu automatického upínání a potřeby funkce aplikovaných koncových efektorů. [8]

3 ROZDĚLENÍ KONCOVÝCH EFEKTORŮ

Konstrukce koncového efektoru je závislá na druhu operace, kterou průmyslový robot nebo manipulátor vykonává. Proto koncové efekty rozdělujeme na manipulační – paletizační, technologické, kombinované a speciální.



Obrázek. 10. Rozdělení koncových efektorů

3.1 Koncové efekty manipulační

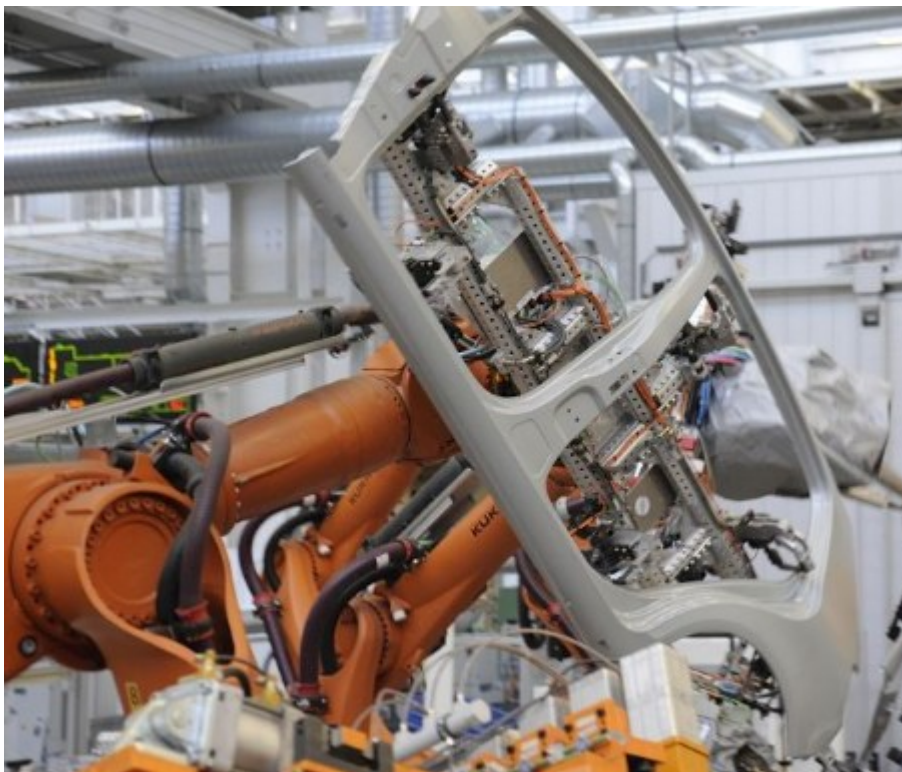
Koncové efekty manipulační se používají k uchopení a manipulaci s objektem manipulace. Podle provedení uchopení objektu manipulace rozdělujeme manipulační koncové efekty na mechanické, podtlakové, magnetické a třecí.

Dále můžeme dělit manipulační efektory na aktivní a pasivní. Aktivní manipulační koncové efektory dokáží ovládat uchopovací sílu na rozdíl od pasivních. Pasivní manipulační efektory nedokáží samovolně uvolnit objekt manipulace. Uvolnění objektu manipulace se provádí působením vnější síly proti úchopové síle.

3.1.1 Koncové efekторы manipulační – mechanické

Nejjednoduššími pasivní mechanickými prvky jsou prizmatická lůžka a podpěry, které slouží k podebrání a následně přenesení objektu manipulace. Uchopení se provádí najetím pružných čelistí na vnější nebo vnitřní plochu objektu manipulace. K uchopení se používá pohyb ramene robota. K uvolnění dojde při zpětném pohybu ramene po upnutí ve sklíčidle stroje nebo použitím vyhazovače.

Aktivní mechanické koncové efekторы určené k manipulaci jsou vybaveny pohyblivými čelistmi. K uchopení objektu dojde při sevření čelistí a při zpětném pohybu čelistí dojde k jejich uvolnění. Čelisti mohou vykonávat otočný nebo posuvný pohyb. Pro běžné manipulační úkony se používají koncové efekторы s dvěma nebo třemi aktivními prvky. Aktivní prvky se pohybují rotačně nebo lineárně. [14] [15]



Obrázek. 11. Mechanický manipulační koncový efektor[16]

3.1.2 Koncové efekty manipulační – podtlakové

Pasivní podtlakové koncové efekty využívají k přemístění objektu manipulace deformační přísavky. Přísavka se přitlačí k povrchu objektu manipulace. Dojde k deformaci přísavky, čím se zmenší vnitřní prostor přísavky. Po snížení přitlačné síly působící na přísavku se přísavka kvůli své pružnosti snaží vrátit do původního tvaru, čímž vznikne podtlak mezi přísavkou a objektem manipulace. Uchopovací síla vyvozena podtlakem závisí na tvaru a povrchu plochy objektu manipulace a na pružnosti deformační přísavky. Uvolnění objektu manipulace od přísavky se provádí stejným způsobem jak u mechanického pasivního koncového efektoru k manipulaci a paletizaci nebo použitím ventilu, který při uvolnění vyrovná tlak ve vnitřním prostoru přísavky s okolím. [14]



Obrázek. 12. Pasivní podtlakový manipulační koncový efektor [17]

Aktivní podtlakové koncové efekty využívají k přemístění objektu manipulace podtlakové komory. K podtlakovým komorám jsou navulkanizovány pryžové manžety, které slouží k utěsnění. K vyvození podtlaku v podtlakových komorách se používají vývěvy nebo ejektory. Ejektory se používají pro menší koncové efekty. Velikost úchopné síly je dána podtlakem v podtlakové komoře. Úchopná síla závisí podobně jako u pasivních podtlakových efektorů na povrchu a tvaru plochy objektu manipulace, ale tak dokonalá těsnost není nutná jak u pasivních podtlakových koncových efektorů. [14] [18]

3.1.3 Koncové efekty manipulační – magnetické

Pasivní magnetické koncové efekty využívají k přemístění objektu manipulace permanentní magnety. Objekt manipulace musí být z magnetického materiálu. Úchopná síla závisí

na síle a počtu magnetů. Uvolnění objektu manipulace od magnetu se provádí stejně jako u ostatních pasivních koncových efektorů a to působením vnější síly na objekt manipulace proti uchopovací síle. Nevýhodou pasivních magnetických koncových efektorů je možnost přichycení drobných magnetických předmětů na magnetickou plochu efektoru, což způsobí nepřesné uchopení předmětu manipulace. [14] [15]

Aktivní magnetické koncové efekty využívají k přemístění objektu manipulace elektromagnety. Nejčastěji napájeny stejnosměrným proudem. Přerušením přívodu proudu do elektromagnetu se od něj uvolní objekt manipulace. U menších objektů manipulace nemusí dojít k uvolnění po přerušení přívodu proudu do elektromagnetu, protože při uchopení došlo k zmagetizování objektu manipulace. Proto se po přerušení přívodu proudu do elektromagnetu provádí odmagnetování objektu manipulace. [14]



Obrázek. 13. Magnetický manipulační koncový efektor [19]

3.2 Koncové efekty technologické

Technologické koncové efekty jsou tvořeny přímo nástrojem, který vykonává danou technologickou operaci. Technologické koncové efekty rozdělujeme podle druhu operace, kterou vykonávají: obrábění, dělení, spojování materiálů, povrchová úprava atd. [14]

3.2.1 Koncové efekty technologické – dělení materiálu

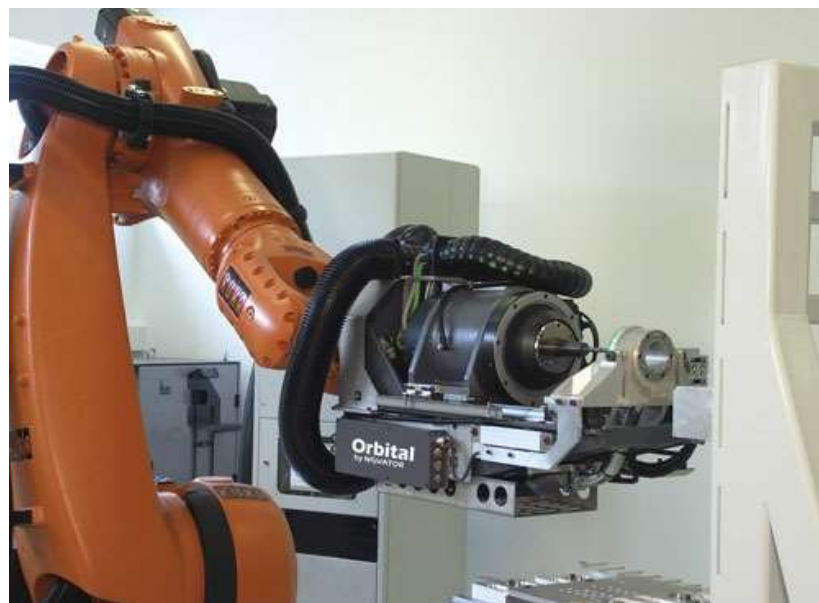
Pro dělení materiálu se používají koncové efekty s mechanickým dělením, laserovým paprskem, vodním paprskem, plazmovým paprskem, atd.



Obrázek. 14. Koncový efektor k dělení materiálu [20]

3.2.2 Koncové efekty technologické – obrábění materiálu

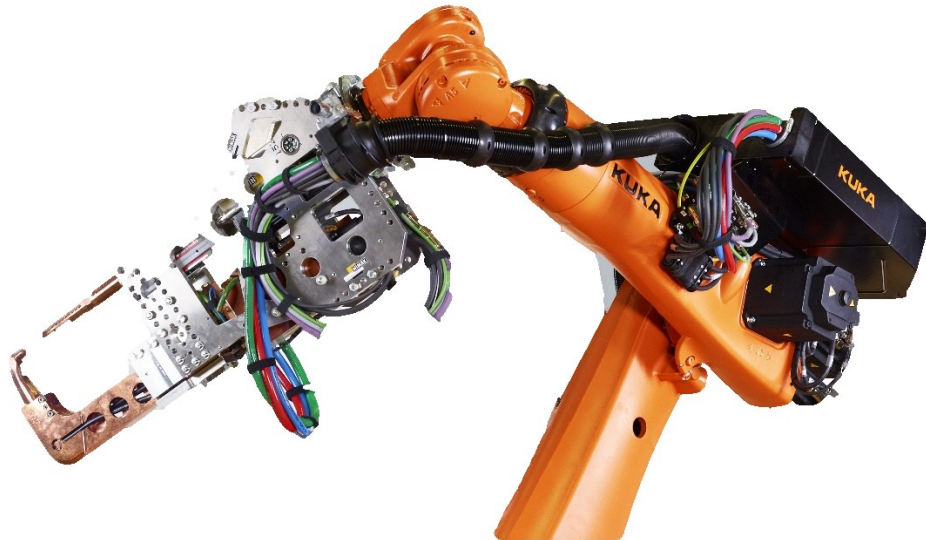
Tyto efekty se mohou používat buď k frézování, vrtání, soustružení atd. Tento efektor nedosahuje takové přesnosti jako obráběcí stroj, kvůli své nižší tuhosti.



Obrázek. 15. Koncový efektor k obrábění materiálu [21]

3.2.3 Koncové efekty technologické – spojování materiálů

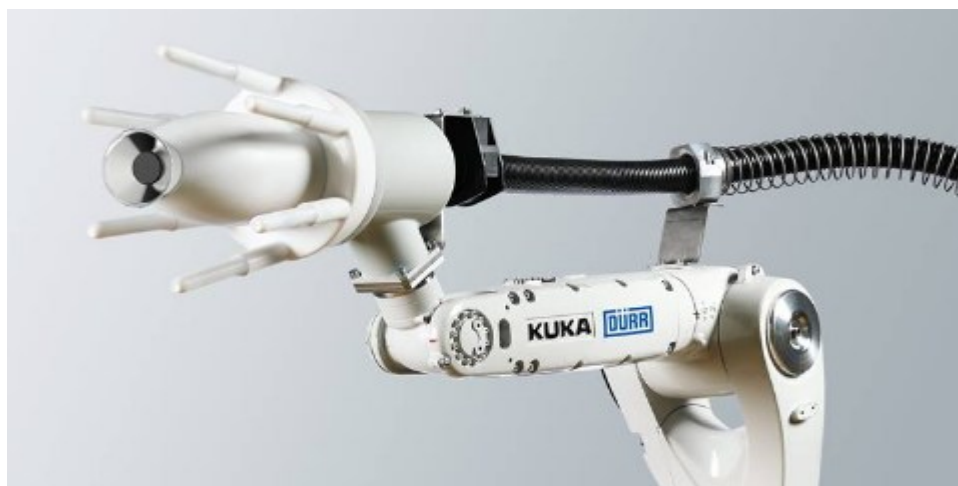
Technologickými efekty určenými pro spojování můžeme spojovat materiály pomocí svařování, pájení, lepení, nýtování atd. Nejčastěji se používá ke spojování materiálu tavné elektrické svařování (obloukové svařování a odporové bodové svařování). [14]



Obrázek. 16. Koncový efektor ke spojování materiálu (bodové svařování) [22]

3.2.4 Koncové efekty technologické – povrchová úprava

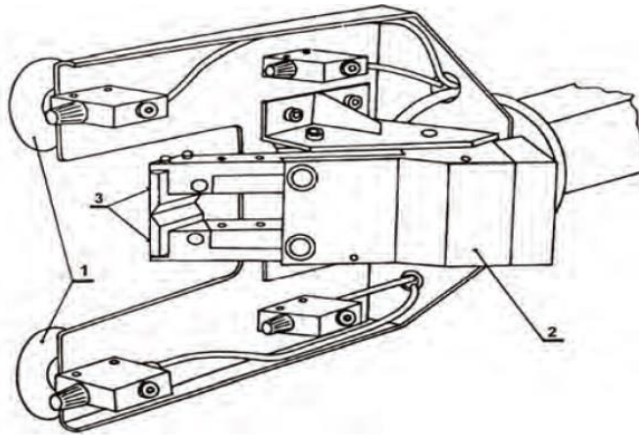
Technologické efekty se nejvíce využívají v oblasti povrchových úprav například při lakování v automobilovém průmyslu.



Obrázek. 17. Koncový efektor – lakování [23]

3.3 Koncové efekty kombinované

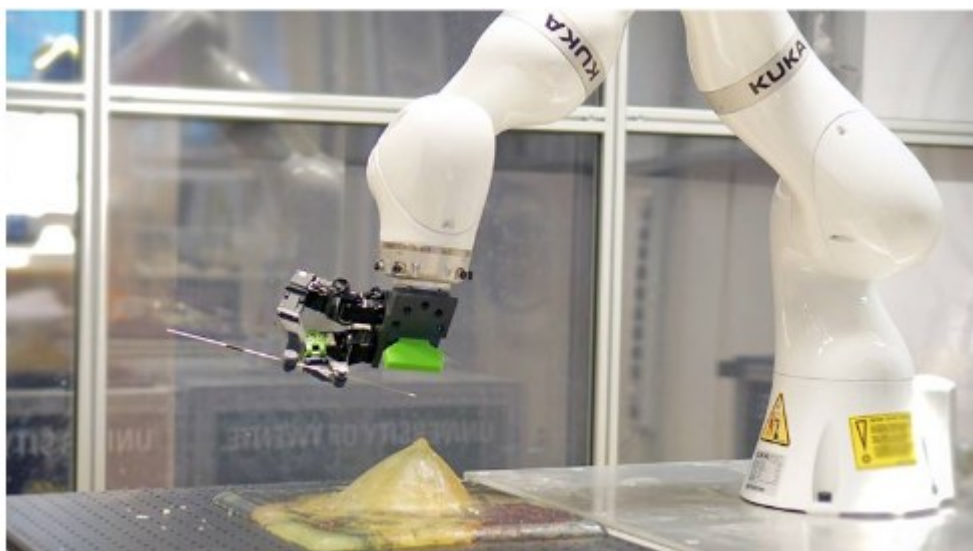
Kombinované koncové efekty jsou různé kombinace předchozích efektorů, které umožňují vykonávat současně dvě a více operací. Například manipulaci s objektem manipulace a technologickou operaci. [14]



Obrázek. 18. Kombinovaný koncový efektor [8]

3.4 Koncové efekty speciální

Speciální koncové efekty jsou ta specifické, že nejdou zařadit do žádné z předchozích skupin. Patří sem efekty používané například v medicíně. Na obrázku 19. lze vidět asistovaný robotický efektor používaný k diagnostice rakoviny prsu.



Obrázek. 19. Koncový efektor používaný v medicíně [24]

3.5 Koncové efekty kontrolní a měřicí

Koncové efekty pro kontrolu a měření jsou osazeny čidly pro sledování různých veličin. Například mohou být použity pro měření tloušťky stěny trubek.



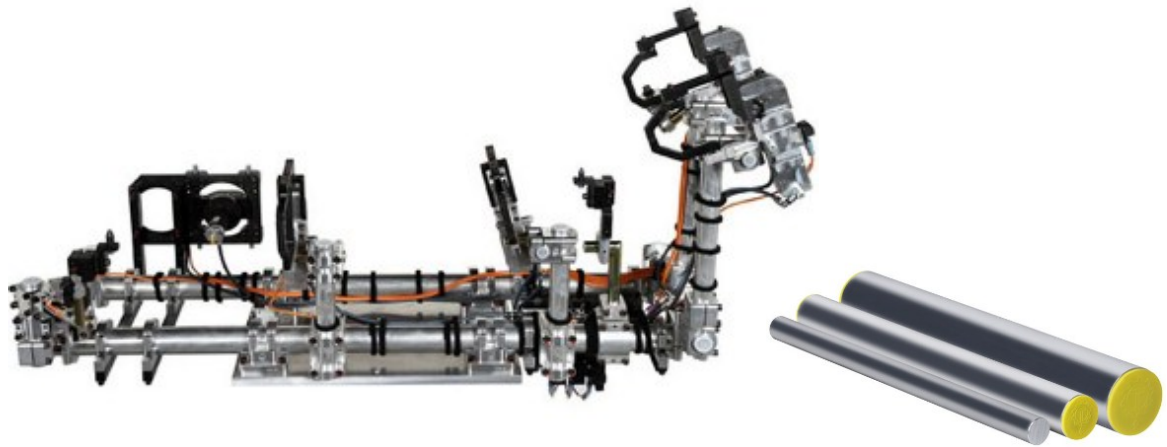
Obrázek. 20. Měřicí kontrolní efektor [25]

3.6 Modulární systémy firmy Tünkers

Německá společnost Tünkers nabízí více modulárních systémů koncových efektorů, které se nejčastěji používají v automobilovém průmyslu.

3.6.1 Systém kulatých trubek (TRR)

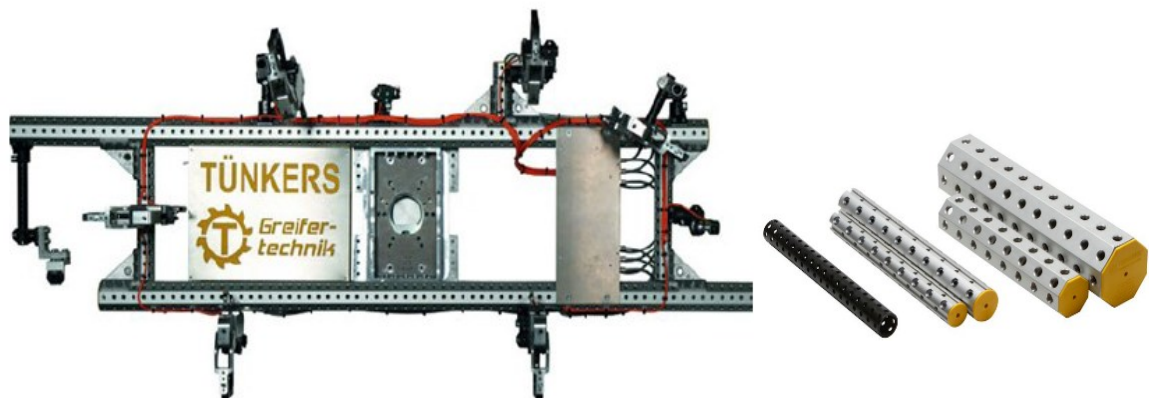
Modulární systém postavený na kruhových nosných trubkách. Rundrohr Systém využívá technicky optimálního momentu setrvačnosti trubek a výhody dosažené ve srovnání s pravoúhlými profily optimálního poměru mezi nízkou hmotností, vysokou tuhostí a nízkými vibracemi. [16]



Obrázek. 21. Rundrohr systém [16]

3.6.2 Euro – Greifer systém (EGT)

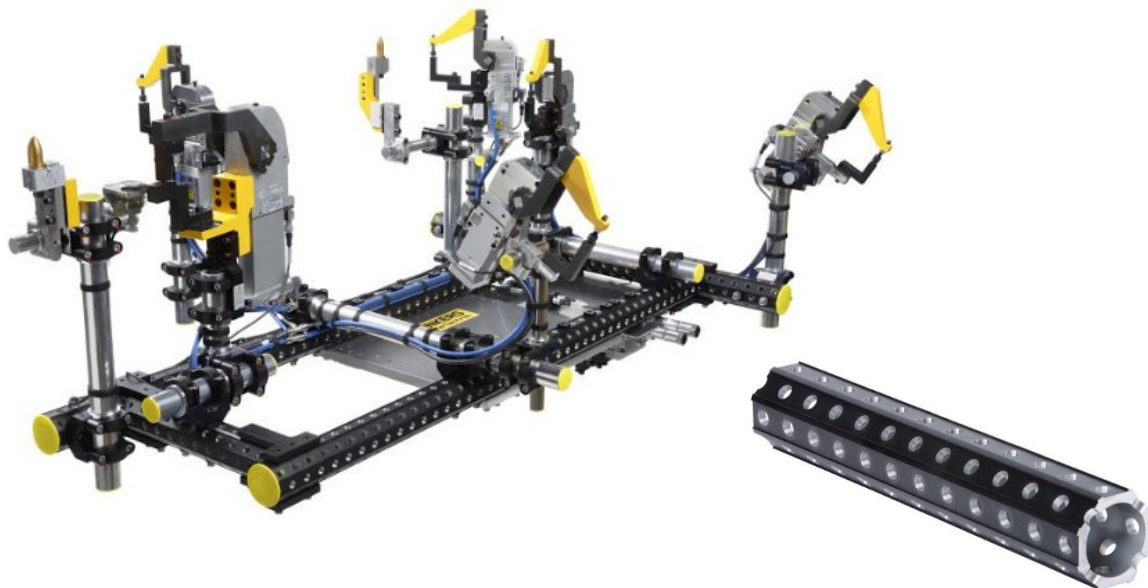
Euro Greifer systém byl vyvinut v automobilovém průmyslu s účastí firem BMW, VW, Audi a Porsche. Základem systému je osmiboký hliníkový profil s rastrem. Společnost TÜNKERS je licencovaným poskytovatelem služeb pro stavbu Euro Greifer systému. Komponenty a kompletní systémy založené na standardu Euro Greifer mohou být použity pouze u projektů výše uvedených výrobců.[16]



Obrázek. 22. Euro – Greifer – Tooling systém [16]

3.6.3 Systém jednoho šroubu (TOS)

Základní rám systému je založen na oktogonální profilu se střídavým vzorem otvorů, čímž se vytváří spojení s tvarovým stykem. Tyto spoje jsou založeny na standardu TÜNKERS trubkových prvků a jsou pevně navzájem spojeny. Všechny komponenty a prvky jsou pečlivě projektovány a vzájemně koordinovány. Kromě trubek je každý díl specifickým číslem a logem výrobce. [16]



Obrázek. 23. Tünkers One Screw Systém [16]

3.6.4 Systém kompozitních trubek (TCR)

Nosné prvky v tomto systému jsou trubky kruhového tvaru z kompozitu, jehož výztuž tvoří uhlíková vlákna. Tento systém umožňuje dosáhnout snížení hmotnosti koncového efektoru a tím dosáhnout snížení nároků na nosnost robota, zástavbové rozměry celého systému atd. Všechny rozměry nosních částí jsou standardizovány firmou Tünkers, tudíž je možné tyto díly kombinovat dle potřeby s dalšími prvky z jiných systémů – např. TRR [16]



Obrázek. 24. Carbon Tube Systém [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části byly stanoveny cíle:

- Navrhnout koncový efektor pro dveře automobilu v programu CATIA V5R19
- Dle parametrů efektoru zvolit vhodný průmyslový robot
- Kontrola kolizí s okolními pracovišti
- CAM program obrobených tvarových částí
- Efektivita výroby

Veškeré zadání praktické části včetně objektu manipulace, okolních pozic a CAM programu je vytvořeno pro účely této diplomové práce, nejedná se o úlohu proveditelnou v praxi. Svým charakterem se snaží být co nejblíže podobna úloze, která je realizovaná v praxi.

Koncový efektor obsahuje všechny nezbytné prvky, pro manipulaci s objektem. Robotické pracoviště, pro které je navržen koncový efektor slouží v rámci svařovací linky. Objektem manipulace byl zadán jako typický představitel součásti karoserie automobilu – boční dveře.

Zhotovení tvarových upínek a středících kolíků je zhotoveno v CAM systému programu EdgeCAM pro frézování. Jedná se o části, které se přímo dotýkají dveří. Tyto polotovary jsou ve formě výpalků, ze kterých se tvarová část obrábí, aby správně dosedala na tvar dveří. Rozměry výpalků jsou znázorněny v 2D dokumentaci, vše v souladu se zásadami technického kreslení.

4.1 Efektivita výroby

Celá praktická část je zhotovena jako celek konstrukčního a výrobního procesu. Je to soubor dat, který je připraven přímo k výrobě. Podle vytvořeného návrhu modelu efektoru se standardně sestavuje, neboli montuje ve výrobě efektor. Další částí, která se realizuje, jsou úhelníky a tvarové části středících kolíků pomocí CNC obrábění. Může se stát, že při velkém vytížení efektoru v lince se části, které byly zhotoveny na CNC strojích opotřebí nebo poškodí, a proto je nutné pro konstruktéra vyhledat nejrychlejší možné řešení, aby provoz linky nebyl zastaven na dlouhou dobu. Proto celá praktická část je zhotovena tak, že konstruktér má možnost otevřít soubor dat a vyhledat díl, který byl poškozen a následně vyřešit problém. Všechny vyráběné části musí být řádně popsány. Konstruktér má možnost otevřít model efektoru, zjistit název dílu, jenž je poškozen a následně díl podle názvu vyhledat na výkresové dokumentaci a dát jej znovu zhotovit ve formě výpalku. Poslední úlohou konstruktéra je vybrat NC kód patřičného dílu a předat jej technologovi nebo seřizovači, který daný díl

zhotoví na CNC stroji. NC kód obsahuje také nástroje, kterými byl daný díl dříve zhotoven. Proto má technolog usnadněnou práci v tom, že nemusí vytvářet znovu NC kód, volit nástroje a řezné podmínky. V praktické části lze vidět propojení konstrukční a výrobní částí v jeden celek. Toto propojení hlavně zrychluje efektivitu výroby a také aby při případných problémech bylo co v nejkratší době realizováno vhodné řešení.

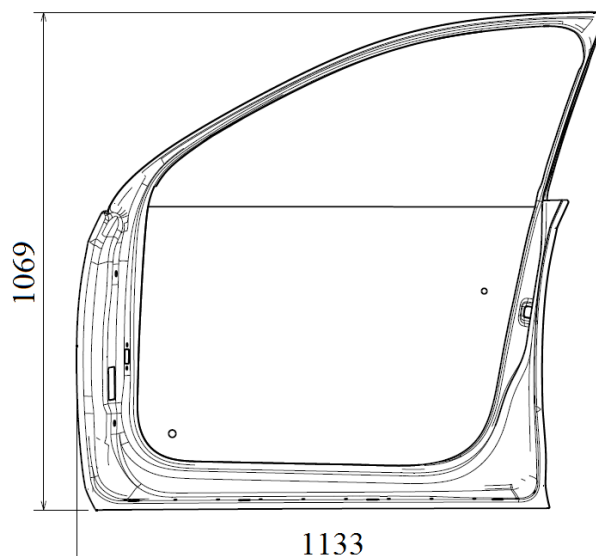
5 NÁVRH KONCOVÉHO EFEKTORU

Návrh koncového efektoru je zaměřen na manipulaci s objektem ve svařovací lince. Daný objekt manipulace jsou boční dveře automobilu. Mechanické prvky byly vybrány od společnosti Tünkers. Nosné části jsou použity taktéž od společnosti Tünkers systému Euro Greifer tooling. Návrh koncového efektoru je popsán v následujících kapitolách. Základní požadavky lze shrnout do těchto bodů.

- Minimální hmotnost – efektor spolu s hmotností objektu manipulace musí odpovídat nosnosti robotu udávané výrobcem a přímo ovlivňuje jejich využití
- Rozměry a prostorové uspořádání – přímo ovlivňují manipulační možnosti robotu a to zejména ve stísněných provozních podmínkách
- Pracovní bezpečnosti – je předpokladem pro co největší omezení možnosti zranění pracovníků nebo poškození okolních zařízení
- Spolehlivé uchopení a manipulace objektu
- Ustavení přesné polohy objektu před upnutím
- Středící kolíky pro vystředění objektu
- Aktivní mechanické prvky hnané tlakovým vzduchem
- Využití Tünkers systému pro nosné části efektoru

5.1 Objekt manipulace

Boční dveře automobilu jsou tvořeny tvarovým plechem s velký otvorem pro okno, ale také se ve dveřích nachází další řada menších otvorů. Celé dveře jsou hliníkové, bližší materiál není specifikován.



Obrázek. 25. Zobrazení objektu s rozměry



Obrázek. 26. Objekt manipulace – dveře automobilu

5.2 Návrh koncových úhelníků (upínek)

Pro uchopení dveří koncovým efektem je využito tvarových upínek, které jsou pomocí šroubů následně spojeny s čelistmi upínačů. Dosedací část upínky, která se dotýká dveří a přímo kopíruje dosedající plochu tak, aby došlo k bezpečnému uchopení dveří. Bylo standardizovaného postupu zvoleno pět párů koncových upínek, což je zobrazeno na obr. č. 27.



Obrázek. 27. Rozmístění tvarových upínek

5.3 Volba upínacích prvků

Základní funkční prvky manipulačního koncového efektoru slouží k upnutí požadovaného objektu. V automobilovém průmyslu se používá pro uchopení části karoserií buď efekторы na bázi mechanických upínačů, nebo pneumatických přísavek. Pro manipulaci koncovými efekторы s mechanickými upínači s pohonem stlačeným vzduchem se nejvíce používá pro nosné součásti karoserie, které nejsou pohledové. Přísavky se využívají především u pohledových částí karoserií, kde je nutné zachovat vysokou kvalitu povrchu.

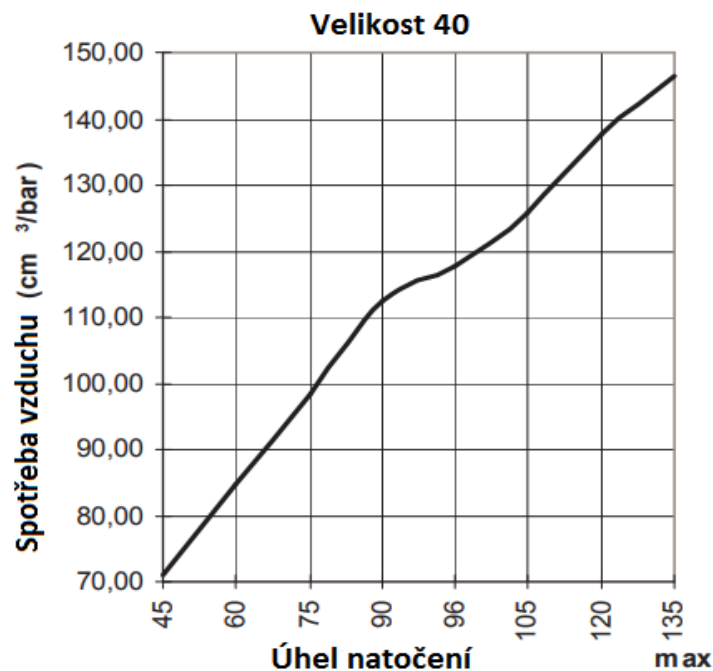


Obrázek. 28. Modulární pneumatický upínač APH 40,5 B A60 [26]

Ke každému páru koncových tvarových upínek byl zvolen modulární pneumatický upínač od firmy Tünkers sériovým číslem APH 40,5 B A60. Většina součástí tohoto upínače je z hliníkového materiálu. Základní součástí tohoto upínače je pneumatický válec, který pomocí stlačeného vzduchu rozpíná nebo upíná čelisti upínače. Tento upínač má výhodu toho, že má možnost různé nastavení úhlů upínacích čelistí.

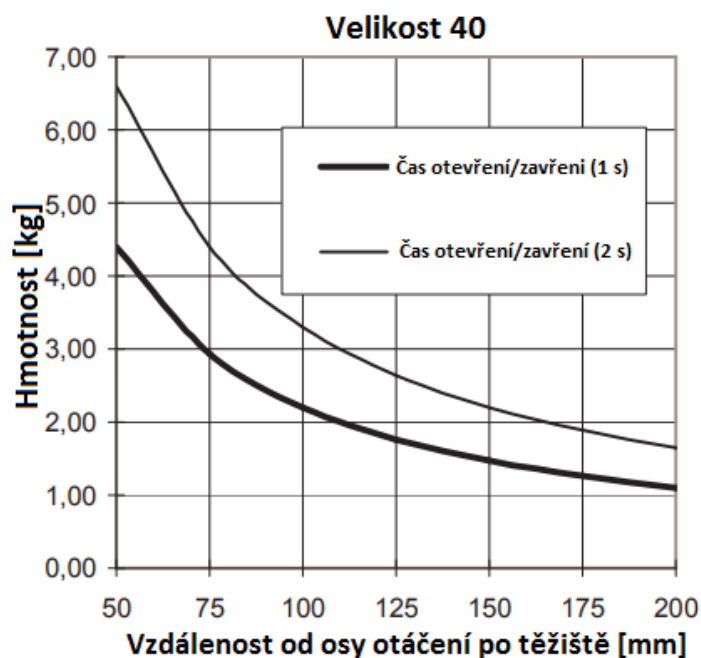
Základní informace pneumatického upínače:

- Úhel rozevření nastavitelný od 10° do 135°
- Pneumatická regulace
- Rozměry připojení kompatibilní se systémem Euro Greifer tooling
- Ruční rozevření v případě ztráty tlaku vzduchu [26]



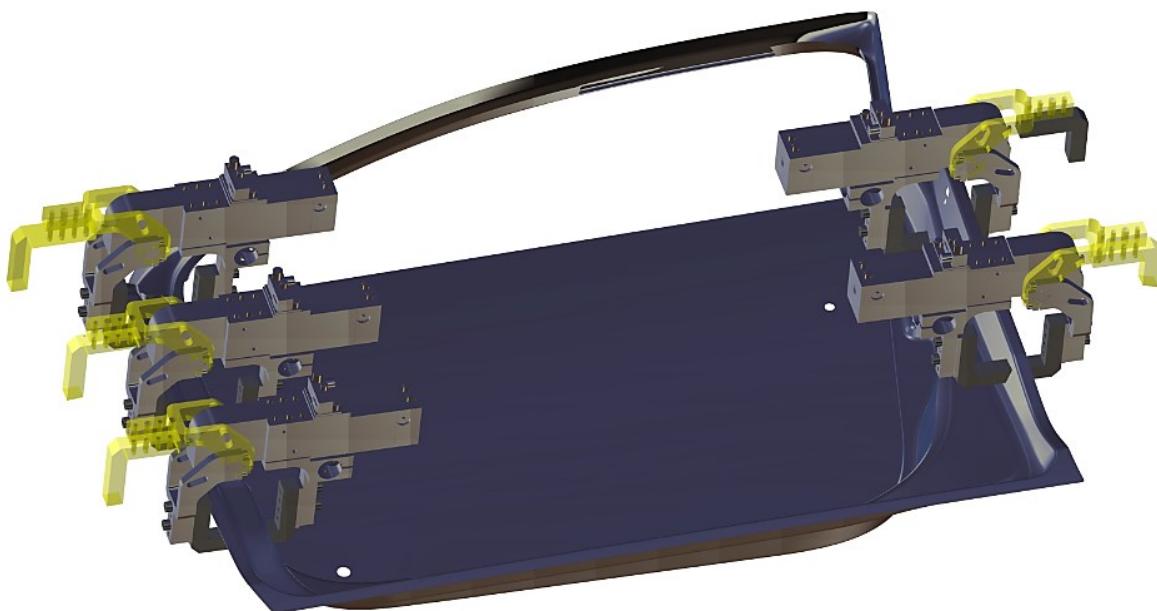
Obrázek. 29. Závislost spotřeby vzduchu na úhlu otočení

U mechanického upínače s velikostí pneumatického válce 40 lze na obr. 29 vidět, že čímž je vyšší úhel natočení, tím vyšší je spotřeba stlačeného vzduchu, proto je vhodnější zvolit polohu mechanického upínače tak, aby byl úhel natočení co nejmenší. V potaz se musí brát také fakt, že na zvoleném koncovém efektoru je pět mechanických upínačů. U všech upínačů v navrhovaném efektoru jsou úhly natočení čelistí stejné.



Obrázek. 30. Graf maximální hmotnosti nástroje upínače APH 40,5 B A60

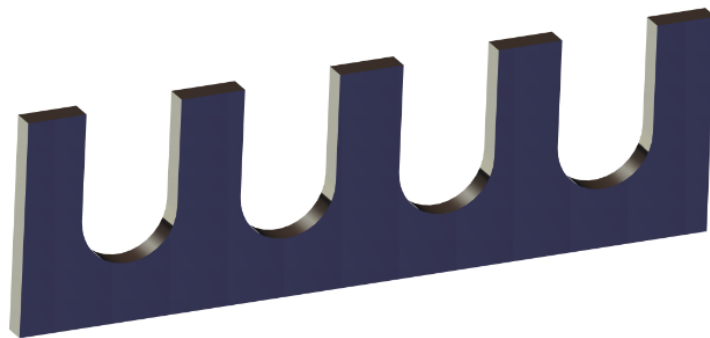
Celková hmotnost upínače je dle vytvořeného modelu 3,76 kg. Podle naměřené hmotnosti lze z grafu vyčíst, že upínače danou váhu unesou.



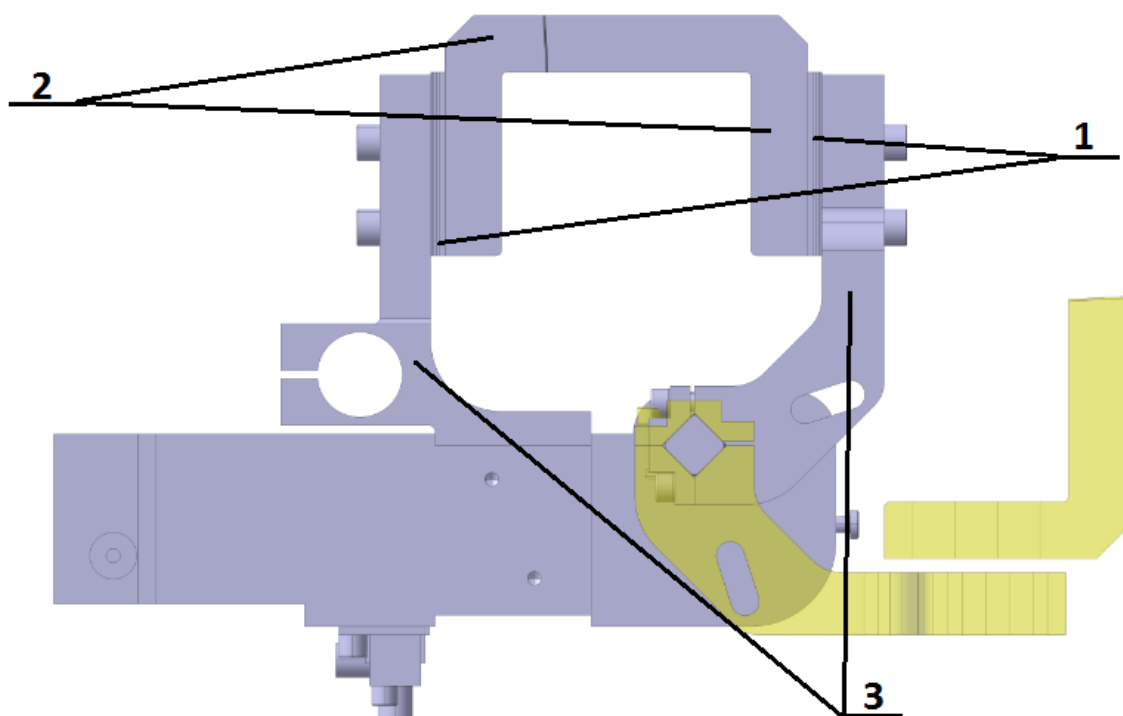
Obrázek. 31. Rozmístění upínacích prvků

Každý modulární upínač byl umístěn tak, aby se jeho pohyblivá část čelisti, rozevírala z vnější strany dveří. Koncová poloha je na obrázku. 31 znázorněna žlutě. Hlavním důvodem navržení takto umístěných modulárních upínačů bylo to, že u výsledné varianty byly použity

kratší nosné součásti, méně spojovacích prvků a celá konstrukce byla jednodušší a tím pádem i hmotnost celého efektoru byla nižší, což je jeden ze základních požadavků pro návrh koncového efektoru. Spojení čelistí upínače a tvarových koncových upínek je zajištěno pomocí šroubů. Mezi tyto spoje se vkládají několik podložek, které jsou znázorněny na obrázku. 32 a 33. Při návrhu efektoru se musí s podložkami počítat, protože při následné výrobě se některé podložky vyjmou, aby nedošlo při sevření čelistí k deformaci plechu, nebo se podložky naopak přidají, aby došlo ke správnému uchopení dveří.



Obrázek. 32. Distanční podložka



Obrázek. 33. Podsestava upínače

1 – distanční podložky, 2 – tvarové upínky, 3 – čelisti upínače

5.4 Určení středících kolíků

Pro přesné ustavení polohy dveří před jejím upnutím jsou modelovány dva středící kolíky. Oba středící kolíky byly navrženy až po návrhu upínačů a základního rámu, proto je ke každému kolíku vymodelovaný tvar, díky kterému kolík přímo zapadá do středu otvoru ve dveřích. Díry jsou znázorněny na obr. 34 červeně.



Obrázek. 34. Znázornění otvorů pro středící kolíky

5.4.1 Středící kolík

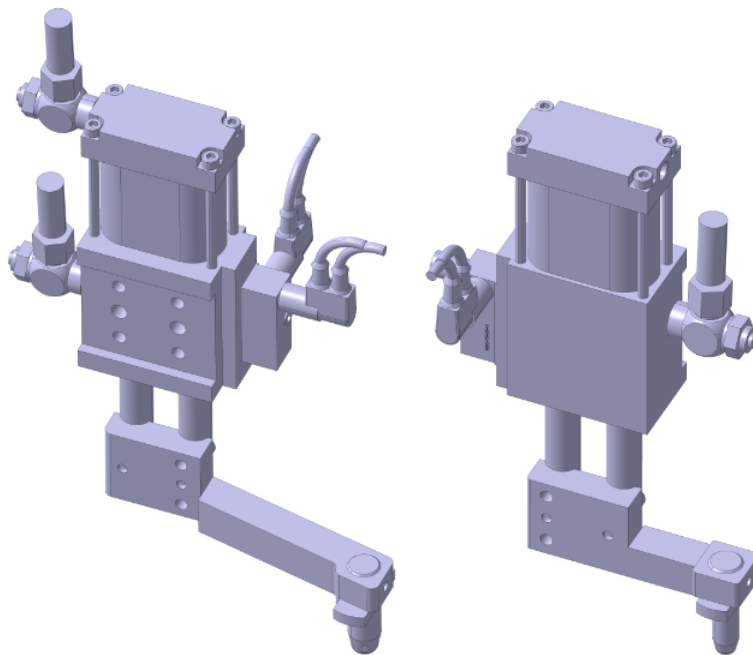
Byl zvolen středící kolík od firmy Tünkers se sériovým číslem SZKD 40. Skládá se ze dvou pneumatických válců velikosti 40, které zajišťují přesné vedení středícího kolíku do otvoru ve dveřích. Pneumatické válce jsou zajištěny oproti otáčení. Na bočních stranách jsou umístěny závitové díry pro montáž pro adaptéry. Celé pouzdro je z vysoce pevného hliníkového materiálu. Pohon s plochým oválným válcem o průměru 40 pro smykové a tahové síly 600/500 N.

Vlastnosti středícího kolíku

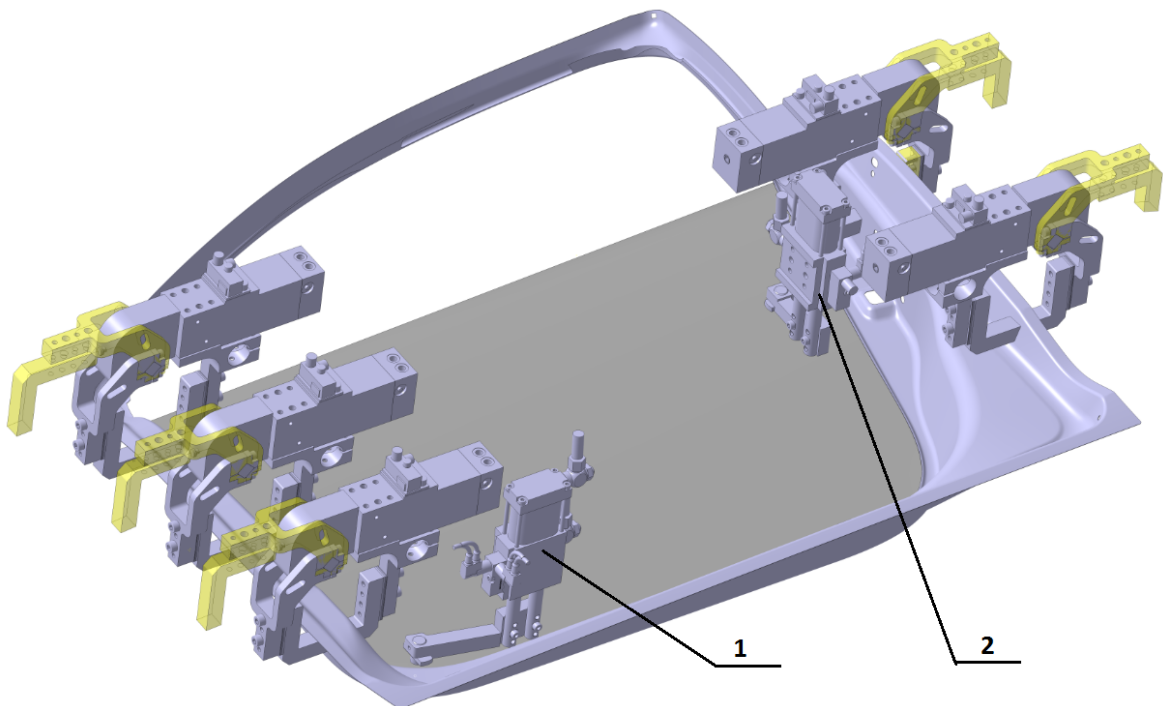
- Vysoká přesnost polohování
- Upevnění polohy kolíku během upínání
- Překonání vysokých tahových sil při vytahování kolíku během upínání
- Anti-rotáční zařízení pro přesné vystředění



Obrázek. 35. Pouzdro středícího kolíku



Obrázek. 36. Dva upínače se středícími kolíky a tvarovými díly

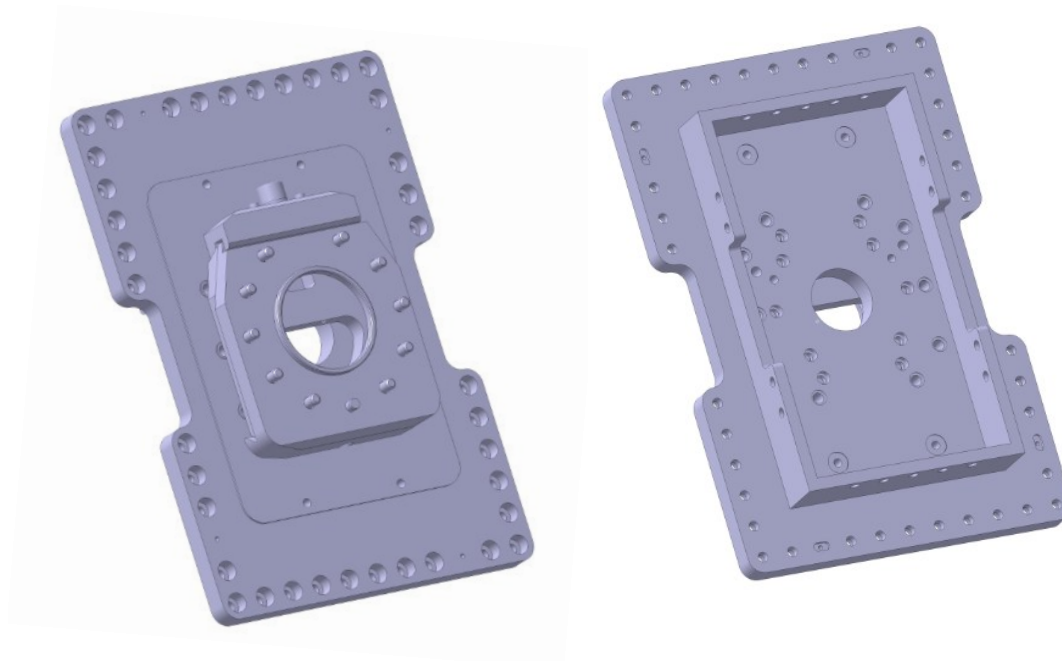


Obrázek. 37. Umístění středících kolíků 1 – Středící kolík 1, 2 – Středící kolík 2

Ustavení středících kolíků závisí na poloze okolních upínacích prvků. Celá sestava středících kolíků nesmí zasahovat do okolních sestav, proto se sestava středícího kolíku vloží do konceptu tak, aby následné propojení se základním rámem bylo co nejjednodušší. Tvarová část, která vyšla z výpalku a následně se obrobila, je totiž složitějšího tvaru. Na středícím kolíku 1 jde vidět, že tvarová část je vyosená oproti středícímu kolíku 2 a to z důvodu, aby středící kolík přímo seděl v otvoru ve dveřích a došlo ke správnému ustavení koncového efektoru.

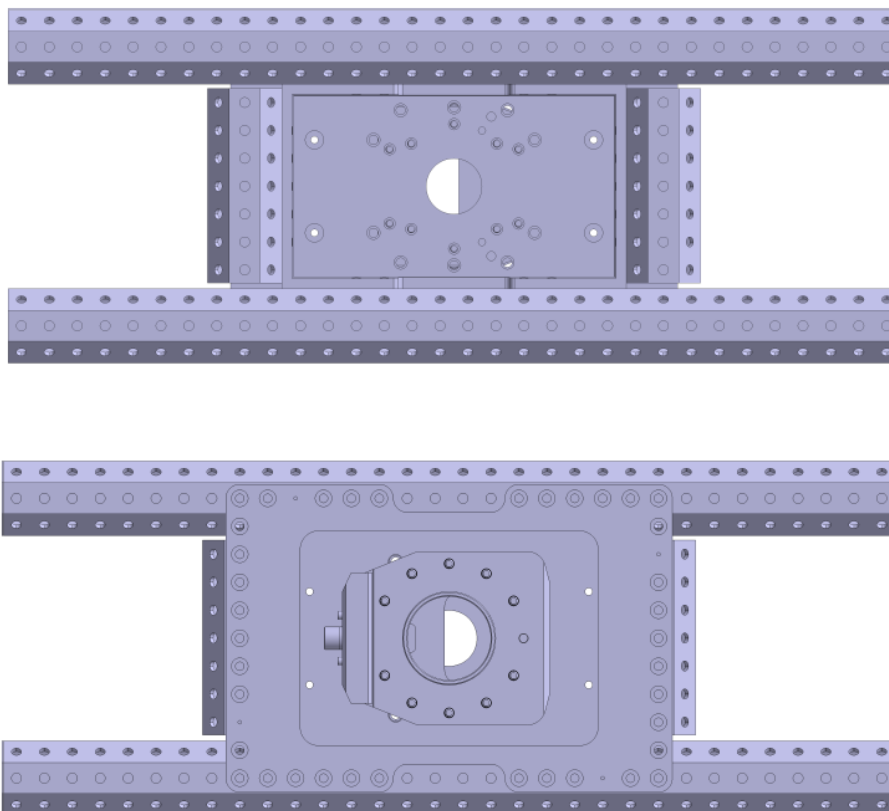
5.5 Základní rám

Všechny konstrukční díly byly zvoleny z konceptu Euro – Greifer tooling. Jedná se především o standardizované díly, jejímž úkolem je spojit základní rám s upínači a středícími kolíky. Základní rám a propojení mezi upínači a středícími kolíky musí splňovat určitá kritéria a to, aby celá konstrukce byla co nejjednodušší a z toho vyplívá, že se použije méně nosných a spojujících prvků a tím pádem se sníží celá hmotnost efektoru, která je z nejdůležitějších požadavků při návrhu efektoru.



Obrázek. 38. Příruba pro robota

Jednou z primárních částí, od které se vyvíjí návrh základního rámu, je příruba pro robota. Příruba spojuje koncový efektor a průmyslového robota.

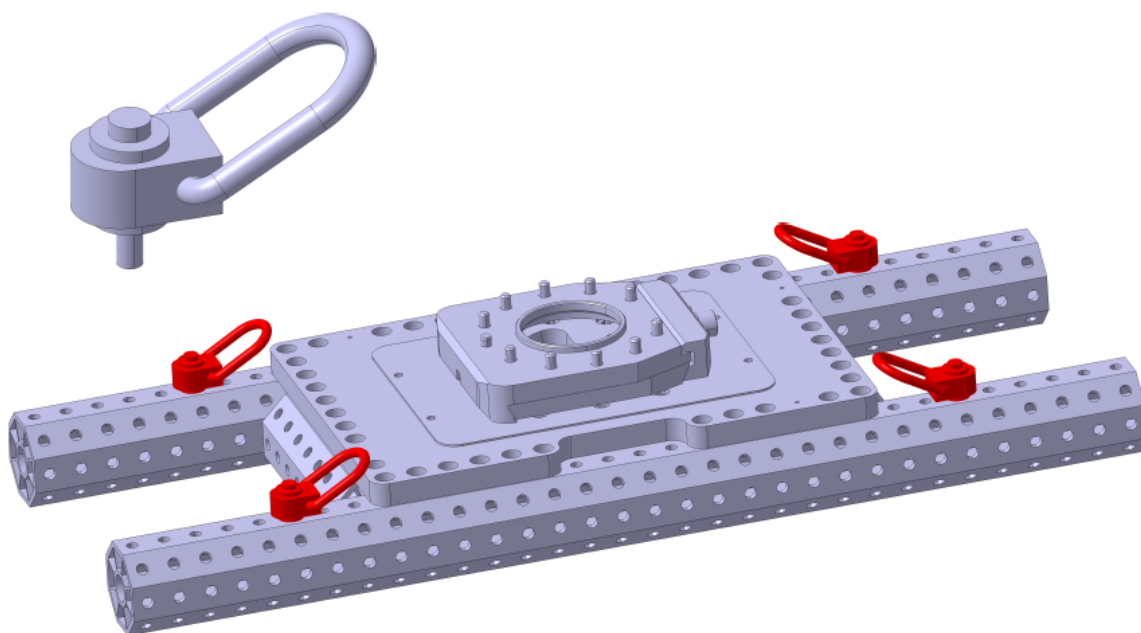


Obrázek. 39. Základní rám

Další částí základního rámu jsou nosné součásti neboli osmistěnné profily o průměru 80 mm. Byly použity dva profily o velikosti 958 mm a dva profily 209 mm. Rozměr dvou delších profilů je zvolen tak, aby následné části k propojení s upínači a středícími kolíky vyhovovalo ke správnému dosažení a spojení se základním rámem.

5.5.1 Nosný systém

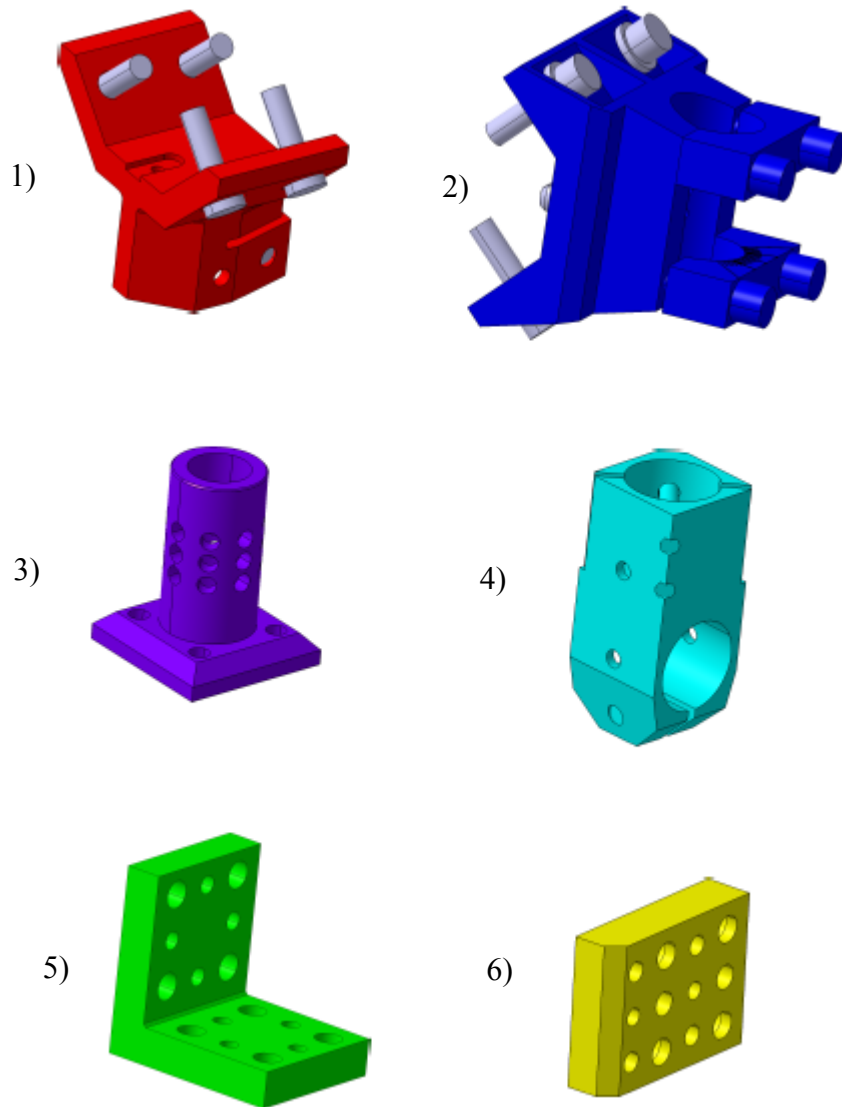
Manipulace s koncovým efektozem je řešena pomocí čtyř transportních ok, které slouží k uchopení efektoru hákem. Nosný systém slouží ke snadnější a rychlejší manipulaci v celé lince, nejčastěji se však používá v automatizované lince, kde jeden robot během pracovního cyklu vystřídá několik efektozů. Na obrázku 40. lze vidět rozmístění transportních ok na základním rámu efektozu.



Obrázek. 40. Nosný systém

5.6 Propojení součástí

Propojení základního rámu s úchopovým systémem a středícími kolíky bylo řešeno pomocí kulatých profilů průměru 30 mm. Dalšími součásti jsou spoje, které slouží ke spojení profilů průměru 30 mm a profilů průměru 30 mm a 80 mm, spoje které spojují profil 30 a středící kolík. Všechny použité spoje jsou znázorněny na obrázku 41.

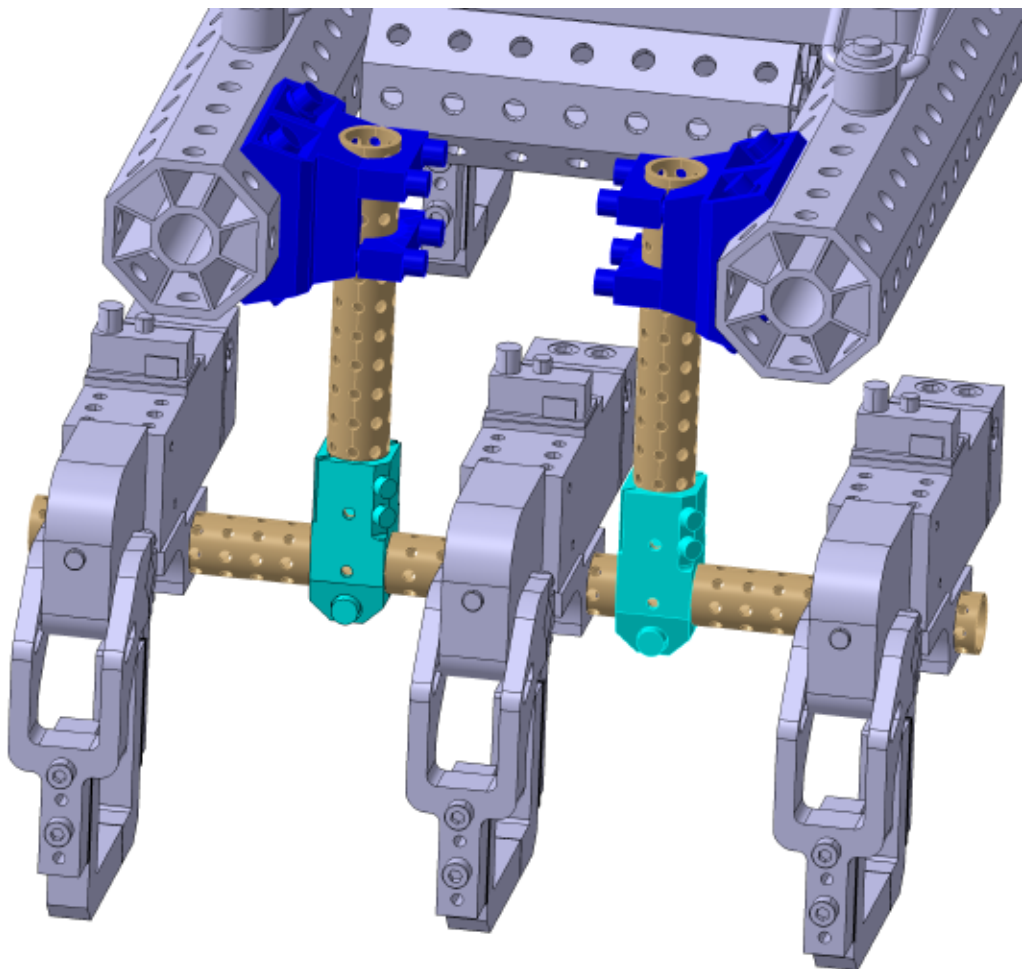


Obrázek. 41. Použité standardizované spoje

- 1) Kolmý spojovací prvek sloužící ke spojení profilu 30 mm a profilu 80 mm
- 2) Boční spojovací prvek ke spojení profilu 30 mm a profilu 80 mm
- 3) Spoj ke spojení středícího kolíku a spoje, který navazuje na profil 30 mm
- 4) Spoj spojující spoj č. 3 a profil 30 mm
- 5) Úhelník použitý jen u středících kolíků s návazností na spoj č. 3
- 6) Podložka, sloužící pro vymezení nepřesností mezi středícím kolíkem a úhelníkem č. 5

5.6.1 Konstrukce levé strany u propojení tří upínačů

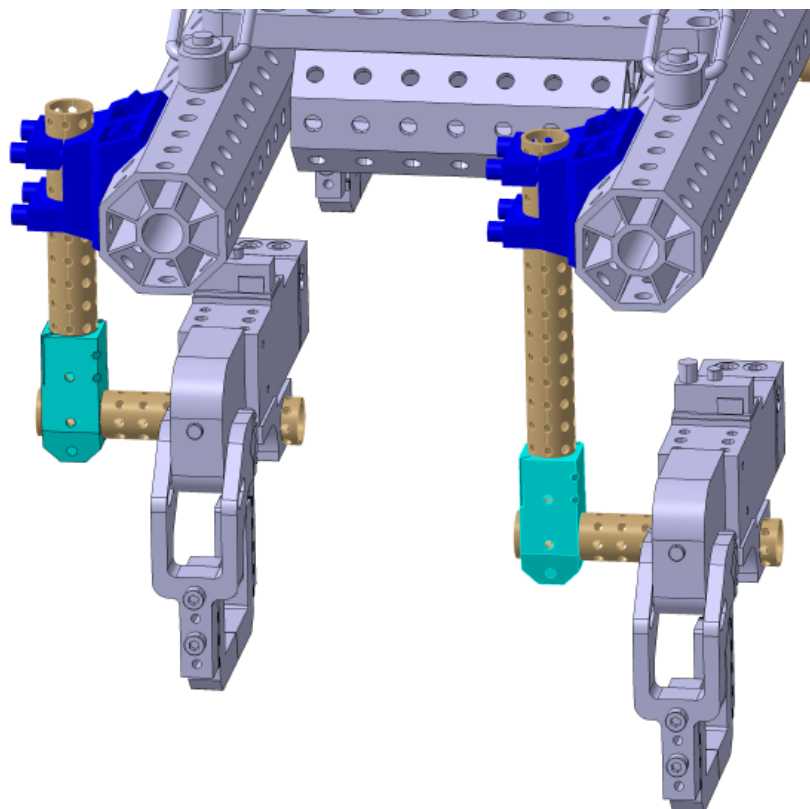
U levé strany koncového efektoru, skládající se ze tří upínačů, byla navržena varianta, u které upínače byly zarovnané tak, aby je spojoval jenom jeden profil. Tato varianta nám prodloužila tvarové části upínačů, jenž uchopují dveře, ale usnadnila nám návrh propojení mezi upínači a základního rámu tak, že byly použity jen dvě sestavy spojující upínače a základního rámu. Jednou z variant bylo navržení sestav propojení každého upínače zvlášť se základním rámem. U této varianty by bylo zapotřebí použít daleko více součástí, tudíž by tato varianta byla komplikovaná jak vzhledem obtížnosti návrhu konstrukce efektoru, tak také její celková hmotnost by byla daleko těžší.



Obrázek. 42. Návrh konstrukce levé strany

5.6.2 Konstrukce samostatných upínačů

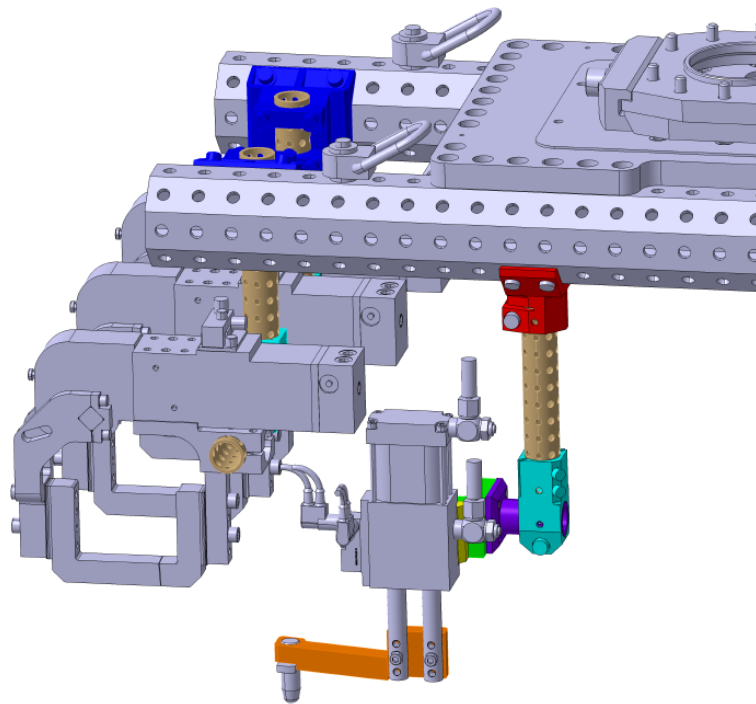
Na rozdíl od druhé strany, kde všechny tři upínače tvoří jednu sestavu, tak na pravé straně jsou sestavy dvě, ke každému upínači byla navrhována samostatná sestava a to z důvodu takového, že tvarové plochy upínače jsou umístěny v odlišné rovině, ale také proto, protože druhá strana má upínače tři a tato strana upínače dva, tudíž k vzhledem k hmotnosti efektoru bude lepší varianta dvou samostatných sestav.



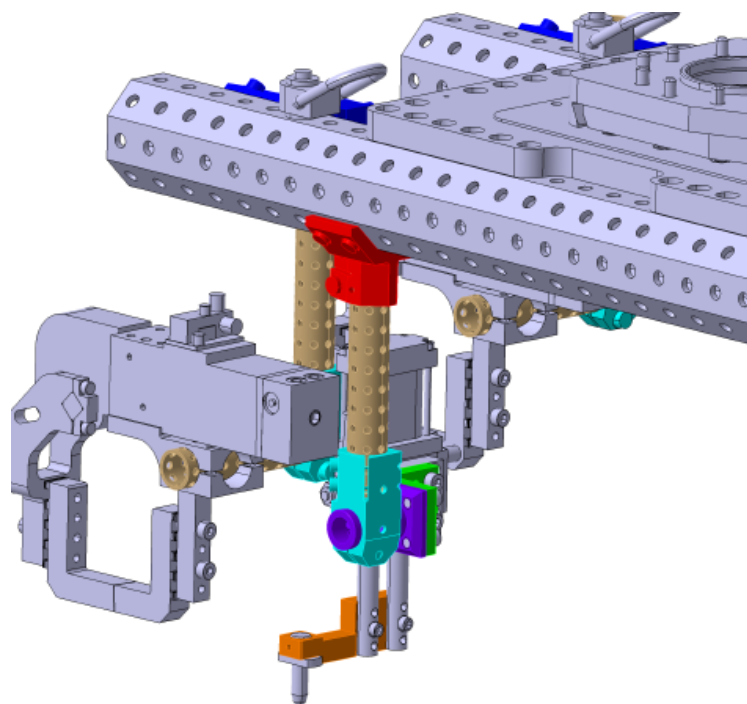
Obrázek. 43. Návrh konstrukce pravé strany

5.6.3 Konstrukce středících kolíků

Sestava středících kolíků byla navrhována jako poslední, proto jsou oba centrovače umístěny tak, aby nezasahovali do okolních sestav upínačů. K otvorům do níž zapadá čep středícího kolíku jenž středí celý koncový efektor jsou navrhnuty tvarové díly na obr. 44 a 45 znázorněné oranžovou barvou, díky kterým se lze vyhnout kolizím mezi sestavami středících kolíků a upínačů.



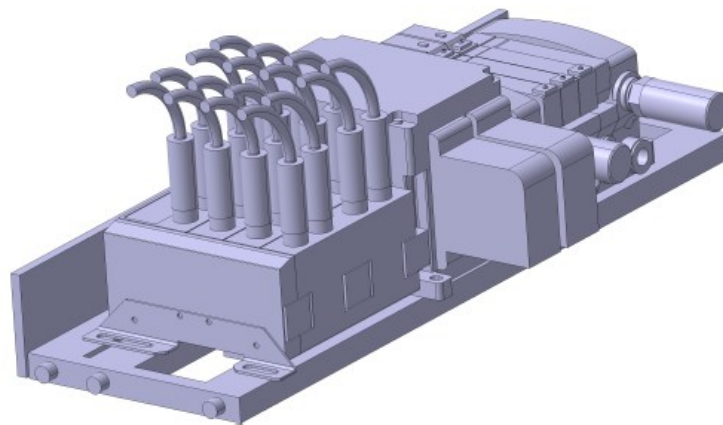
Obrázek. 44. Umístění sestavy středícího kolíku č. 1



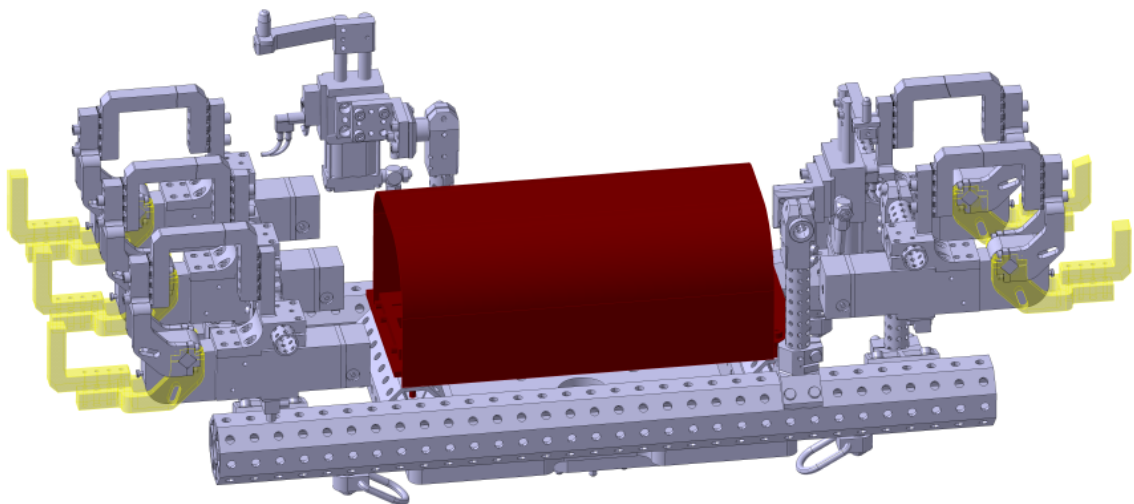
Obrázek. 45. Umístění sestavy středícího kolíku č. 2

5.7 Pneumatický blok

Z dostačujícího místa pod přírubou pro robota byl umístěn pneumatický blok na obrázku 47. znázorněn červeně. Výhodou ležící krabice ve středu koncového efektoru neboli také v těžišti je taková, že příruba, která spojuje robota a koncový efektor je méně namáhána. Pneumatická krabice je chráněna proti poškození plechovým obalem. Slouží k ovládní pneumatického rozvodného systému.



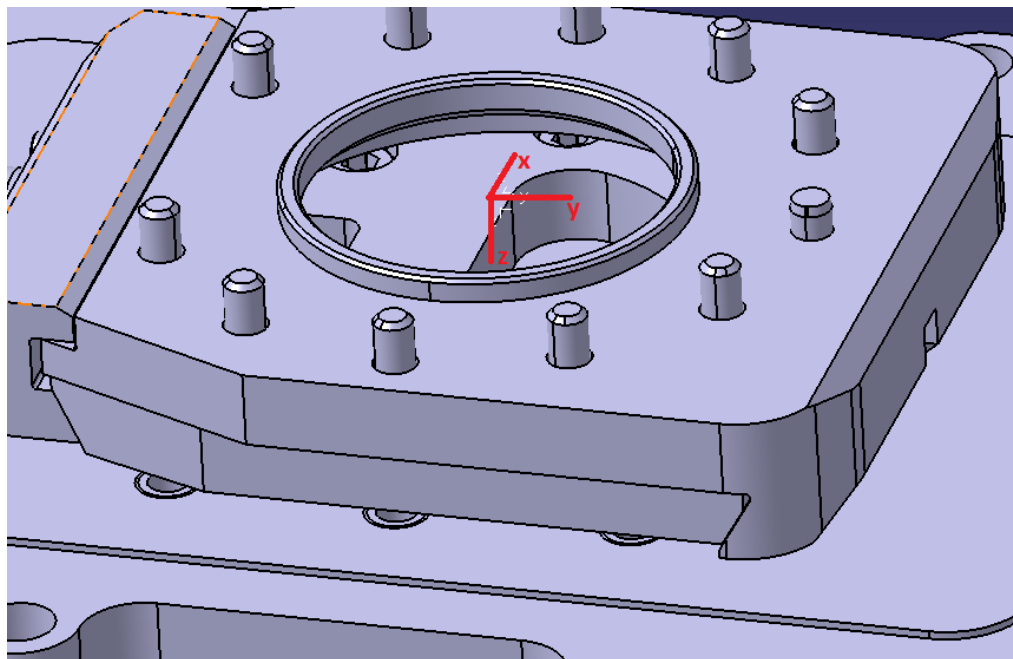
Obrázek. 46. Pneumatický blok



Obrázek. 47. Umístění pneumatické krabice

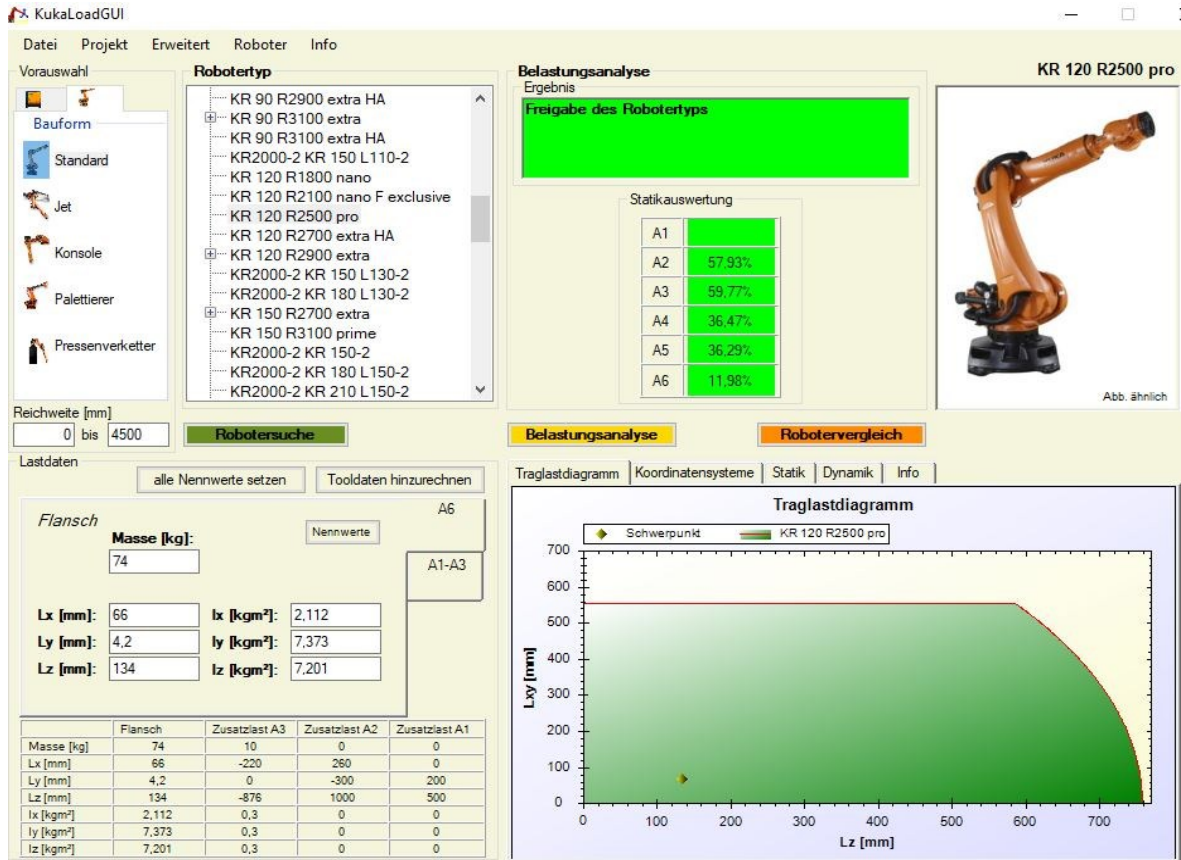
6 VÝBĚR PRŮMYSLOVÉHO ROBOTA PRO NAVRŽENÝ EFEKTOR

Na základě odměřených údajů z vytvořeného modelu efektoru v programu Catia V5 byl vybrán průmyslový robot. Potřebnými údaji pro určení robota je celková hmotnost efektoru včetně objektu manipulace, poloha těžiště a momenty setrvačnosti vzhledem k jednotlivým osám souřadného systému, jež je ve středu plochy úchopné příruby.



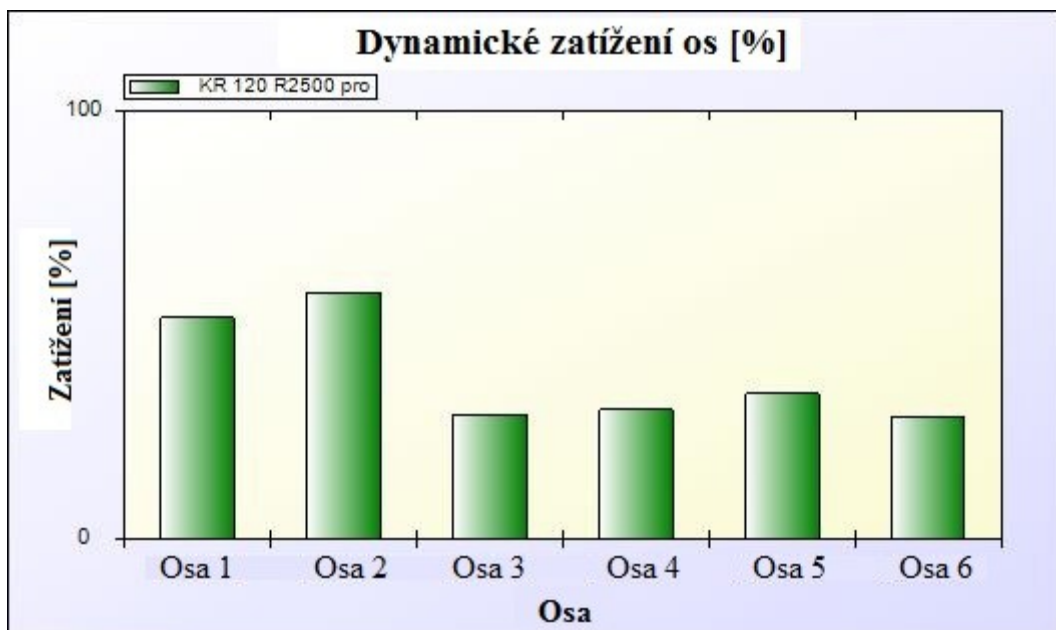
Obrázek. 48 Příruba robota – Osový kříž souřadného systému pro odměření hodnot zátěže robota

Do programu KukaLoad od výrobce průmyslových robotů jsou zadány odměřené hodnoty. Při návrhu efektoru byl kladen důraz, aby byla příruba pro uchycení robota, co nejblíže těžišti efektoru. Dosažené parametry zadané do programu KukaLoad jsou znázorněny na obrázku 49, přičemž hodnoty $L_{x,y,z}$ jsou vzdálenosti těžiště od os a $I_{x,y,z}$ jsou momenty setrvačnosti koncového efektoru k osám.

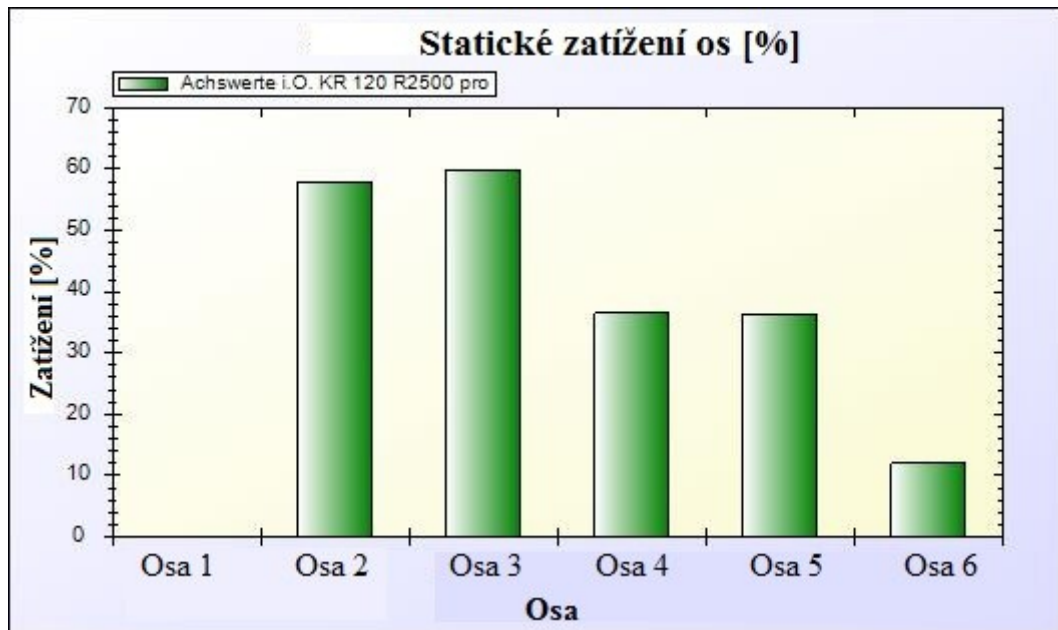


Obrázek. 49. Kuka Load – výběr robota dle zadaných parametrů.

Průmyslový robot byl zvolen KUKA 120 R2500 pro a níže jsou uvedeny grafy dynamického a statického zatížení při používání navrženého koncového efektoru s uchopeným objektem manipulace.



Obrázek. 50. Dynamické zatížení os robota KUKA KR 120 R2500 pro

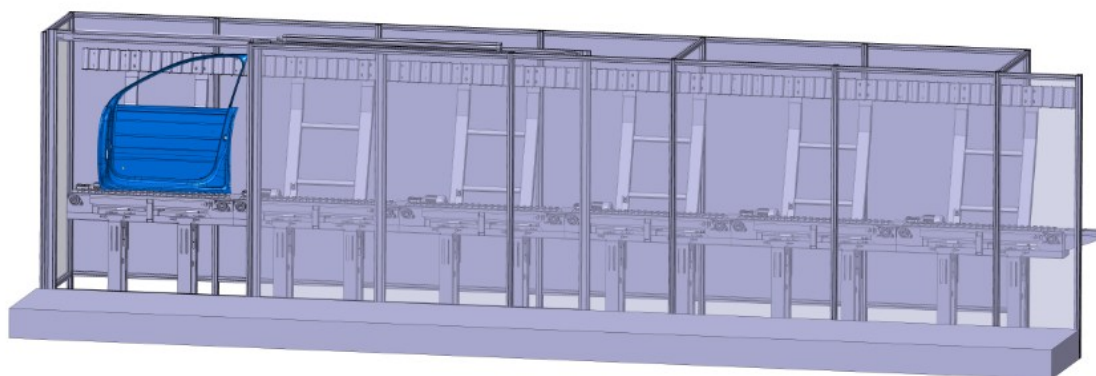


Obrázek. 51. Statické zatížení os robota KUKA KR 120 R2500 pro

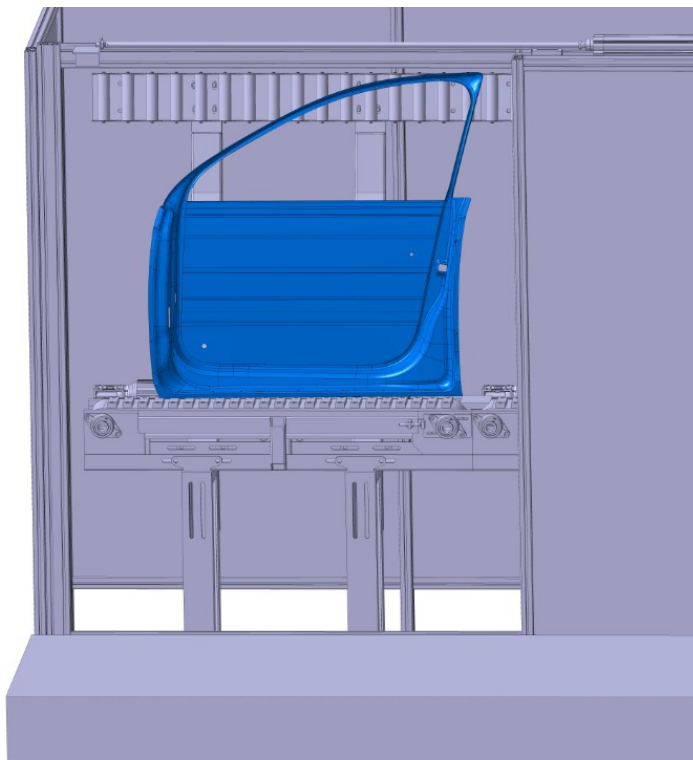
Na grafech z programu KukaLoad jsou uvedeny hodnoty v procentech. Zvolený robot vyhovuje požadovaným parametrům. Nejvyšší zatížení na osách je statické zatížení na osách 2 a 3 s téměř 60% dovoleného maximálního zatížení.

7 KONTROLA KOLIZÍ KONSTRUKCE S OKOLNÍMI PRACOVNÍMI POZICEMI

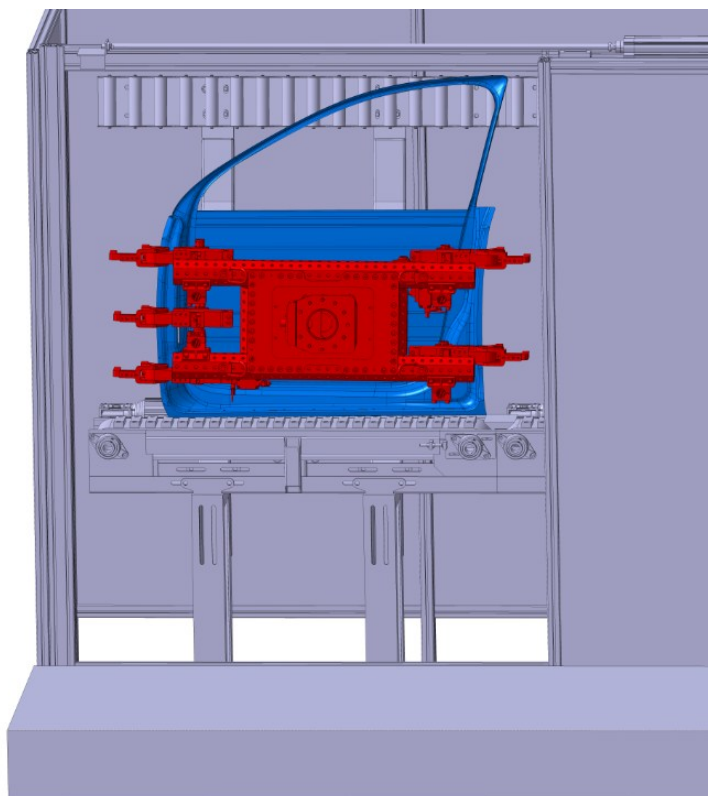
Jednou ze součástí zadání praktické části je pásový dopravník, po kterém se dopravují plechové dveře a na výstupu dopravníku je navržený koncový efektor odebere. Navržený koncový efektor musí odpovídat požadovaným prostorovým možnostem výstupního otvoru z dopravníku. Na navrženém efektoru byly vymodelovány koncové polohy všech upínačů a to z důvodu toho, že při najíždění robota s efektem je poloha upínačů v otevřeném stavu. Bylo kontrolováno celkové rozpětí efektoru v neupnutém stavu a rozměr otvoru na výstupu z dopravníku. Rozměr na výstupu z dopravníku je 1520 mm, navržený koncový efektor má rozměr 1335 mm. Koncový efektor nevykazuje žádné kolize vůči výstupnímu otvoru z dopravníku. Na obrázcích níže jsou uvedeny náhledy koncového efektoru v otvoru pro odebraní z dopravníku.



Obrázek. 52. Pásový dopravník



Obrázek. 53. Výstupní otvor z dopravníku



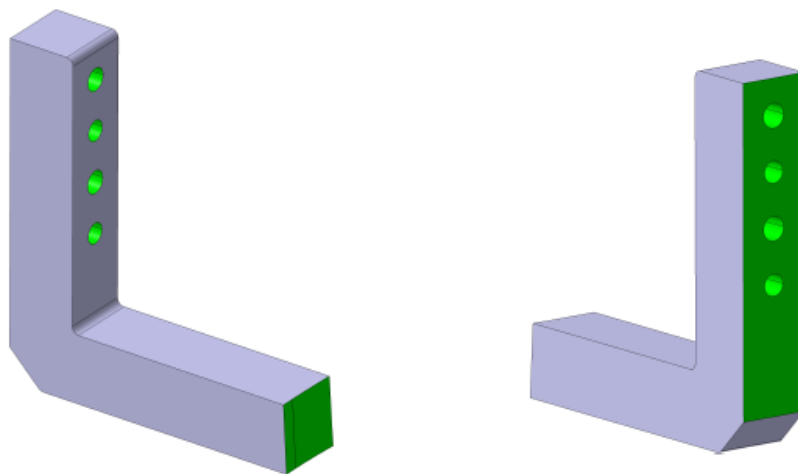
Obrázek. 54. Kontrola kolizí koncového efektoru na výstupu z dopravníku

8 CAM PROGRAM JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ

V této kapitole je znázorněn postup CAM programu vyráběných dílů, jedná se o dva navržené tvary středících kolíků a deseti vinklů (úhelníků). Všechny programy včetně NC kódů byly zhotoveny v softwaru EdgeCAM. Všechny použité frézy jsou vybrány od firmy LMT FETTE a vrtáky, závitníky, záhlubníky jsou od firmy WMT. Od každé firmy byl převzat katalog, podle kterého se volily řezné podmínky nástroje. Všechny polotovary jsou z oceli. Z hlediska úspory materiálu a tedy i snížení ceny dílu byly tvary polotovaru navrženy s požadavkem na co nejmenší množství odpadového materiálu.

8.1 Postup CAM programu vinklů (úhelníků)

Vinkl je polotovar, který vzešel z výpalku, tudíž není zapotřebí obrábět všechny strany vinklu. Na obrázku 55 jsou obráběné plochy vyznačeny zeleně. Jedná se o tvarovou plochu, která se dotýká dveří a plochu spojující upínač a vinkl pomocí šroubů.



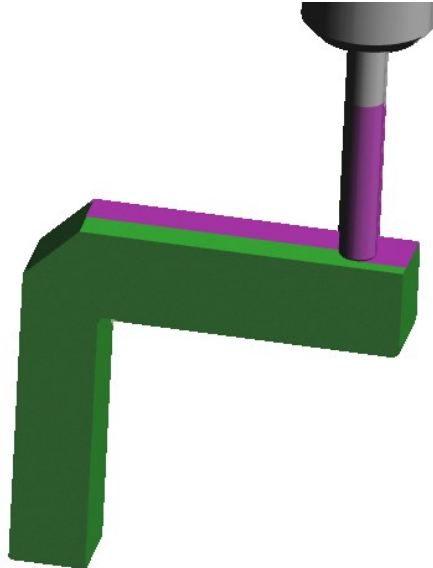
Obrázek. 55. Obráběné plochy vinklů

8.1.1 První upnutí

První upnutí těchto polotovarů je stejné, protože část, která spojuje upínač a vinkl je u všech vinklů totožná a to znamená, že byl vytvořen jeden program, který lze použít u všech vinklů. Příklad na této straně je 4 mm.

1) Frézování čela plochy

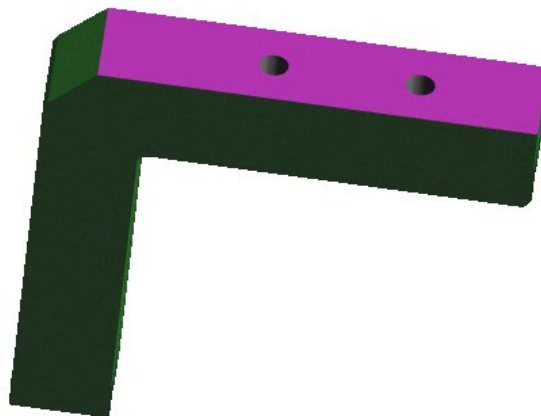
K frézování byl použit nástroj T01 frézovací hlava D10R1 osazená 4 vyměnitelnými břitovými destičkami.



Obrázek. 56. Frézování čela plochy

2) Vyvrtání děr průměr 6 mm

Pro vyvrtání otvorů byl použit vrták T05 o průměru 6 mm.



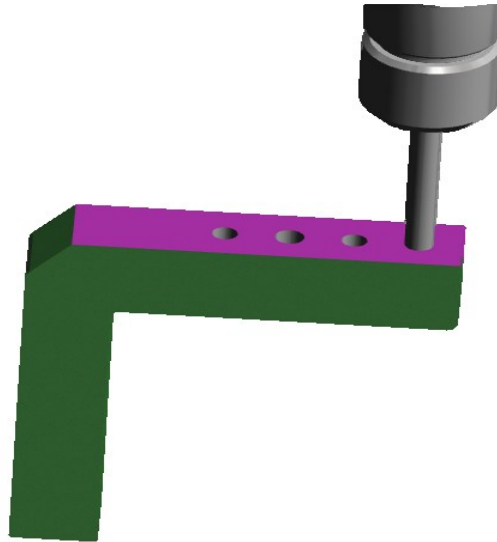
Obrázek. 57. Vyvrtání děr průměr 6 mm

3) Vyvrtání děr průměr 6.8 mm

Pro vyvrtání otvorů byl použit vrták T06 o průměru 6,8 mm, který odpovídá svou velikostí požadavku pro následné zhotovení závitu M8.

4) Zkosení hran děr

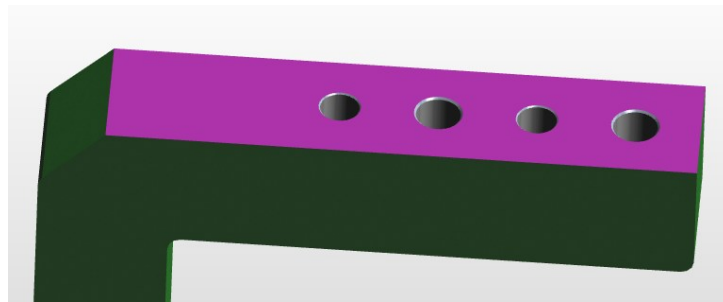
Pro zkosení hran děr byl použit záhlubník T08 D8 90°.



Obrázek. 58. Vyvrtání děr pro závit M8

5) Závit M8

Do děr o průměru 6,8 mm se zhotovil závit M8 pomocí závitníku T07.



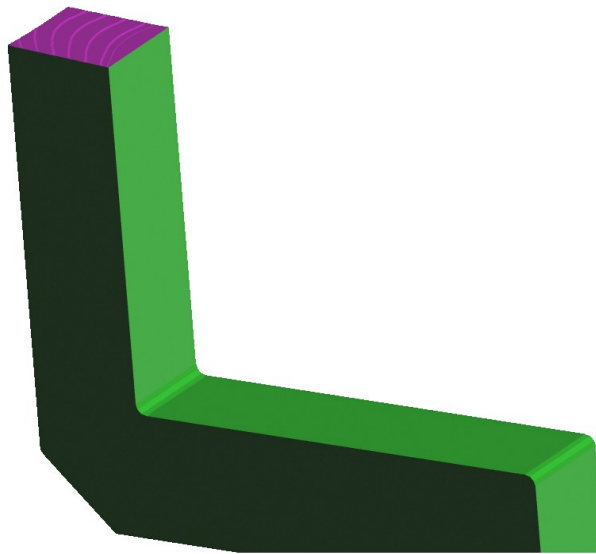
Obrázek. 59. Zkosení hran

8.1.2 Druhé upnutí

U všech deseti vinklů je plocha, která se dotýká dveří odlišná, ale pouhým okem málo rozpoznatelná, tak proto je zde znázorněn jen jeden případ CAM programu. Postup CAM programu je u všech vinklů stejný a také zde byly použity stejné nástroje. Přídavek je 5 mm.

1) Nahrubování

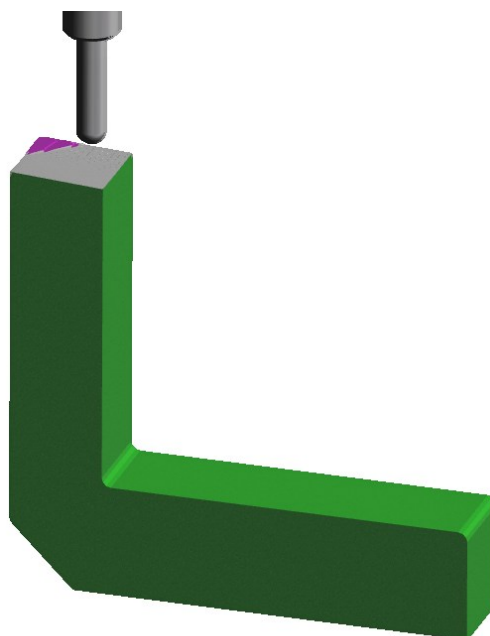
K frézování byl použit nástroj T01 frézovací hlava D10R1.



Obrázek. 60. Nahrubování dotykové plochy

2) Řádkování

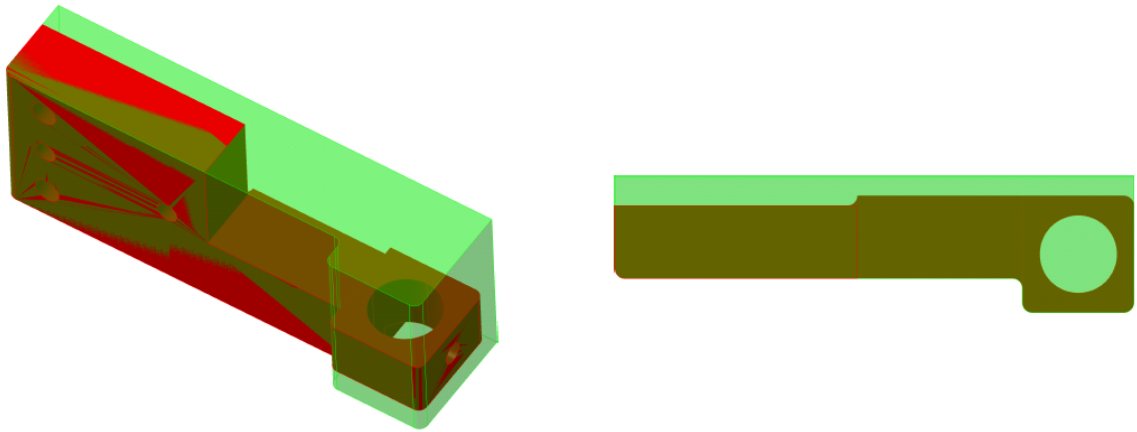
K řádkování neboli frézování na čisto byla použita kulová fréza T02 D6 R3.



Obrázek. 61. Řádkování dotykové plochy

8.2 Postup CAM programu středícího kolíku 1

Polotovar rovněž jako vinkl vzešel z výpalku, tudíž není zapotřebí všechny strany obrábět. Zde bylo použity tři upnutí, které jsou znázorněny v postupu níže.



Obrázek. 62. Polotovar středícího kolíku 1

8.2.1 První upnutí

1) Frézování

K frézování byla použita válcová fréza T03 D6.



Obrázek. 63. První upnutí středícího kolíku 1

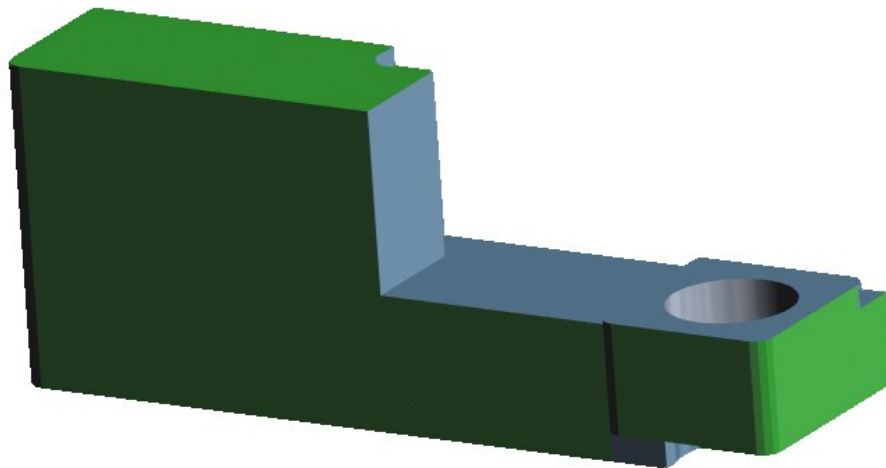
8.2.2 Druhé upnutí

1) Frézování

Nástrojem pro frézování druhého upnutí, taktéž zvolena válcová fréza T03 D6.

2) Vrtání otvoru

K vyvrtání otvoru o průměru 16 mm zvolen nástroj T09 vrták D16.

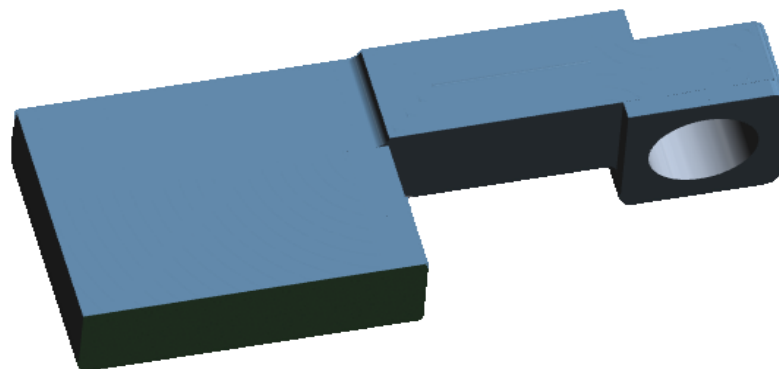


Obrázek. 64. Druhé upnutí středícího kolíku 1

8.2.3 Třetí upnutí

1) Frézování

Z důvodu zaoblení jednoho rohu byl použit nástroj T04 válcová fréza D6 R2, kde poloměr zaoblení frézy odpovídá tvaru zaoblení na obráběné součásti.



Obrázek. 65. Třetí upnutí středícího kolíku 1 – frézování čela

2) Vrtání děr D5/D6

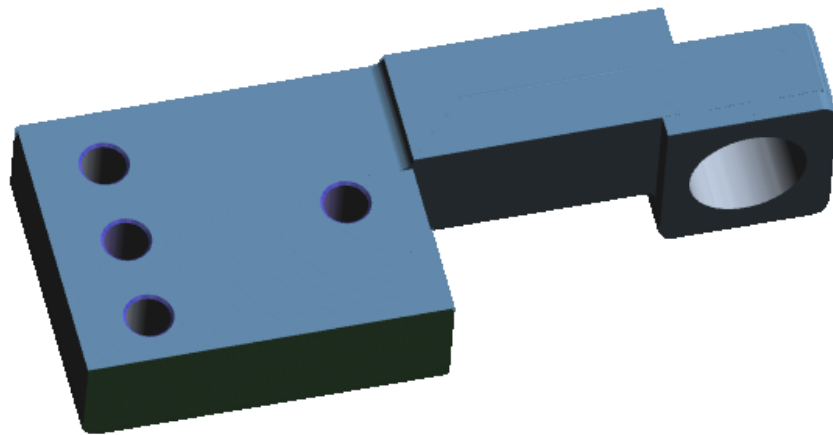
Pro vyvrtání průchozích děr byl použit vrták T05 o průměru 6 mm a vrták T10 o průměru 5 mm.

3) Zkosení hran děr

Pro zkosení hran děr rovněž použit záhlubník D8 90°.

4) Závitování M6

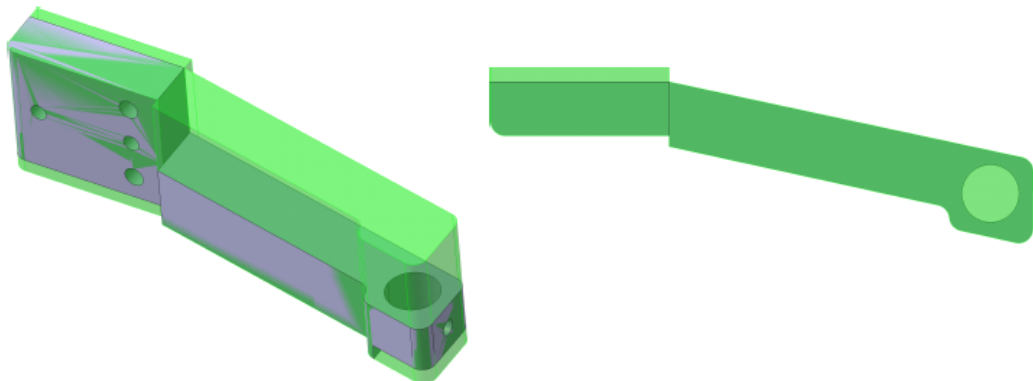
Pro zhotovení závitů M6 byl zvolen nástroj T11 závitník M6.



Obrázek. 66. Třetí upnutí středícího kolíku 1 – Vrtání, závitování

8.3 Postup CAM programu středícího kolíku 2

Tak jako u předešlých dvou případů i tento polotovar vzešel z výpalku.

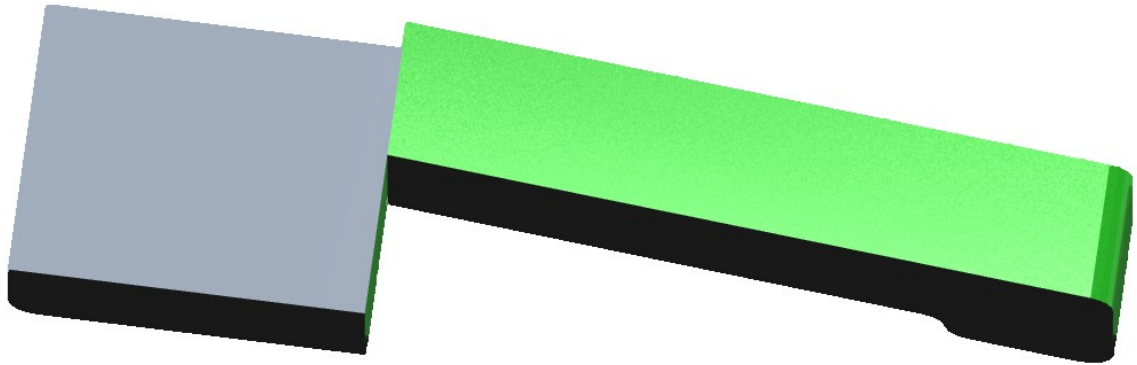


Obrázek. 67. Polotovar středícího kolíku 2

8.3.1 První upnutí

1) Frézování

Pro frézování čela je zvolena válcová fréza T03 D6.



Obrázek. 68. První upnutí středícího kolíku 2 – frézování čela

2) Vrtání děr D5/D6

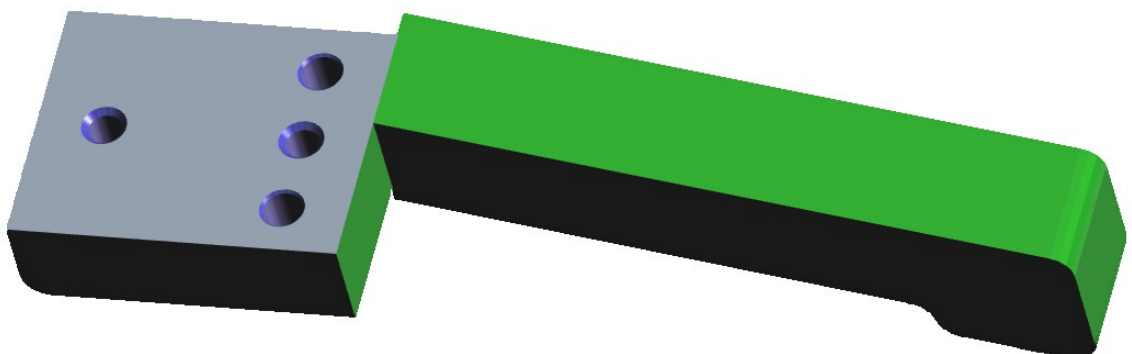
Pro vyvrtání průchozích děr byl použit vrták T05 o průměru 6 mm a vrták T10 o průměru 5 mm.

3) Zkosení hran děr

Pro zkosení hran děr rovněž použit záhlubník D8 90°.

4) Závitování M6

Pro zhotovení závitu M6 byl zvolen nástroj T11 závitník M6.

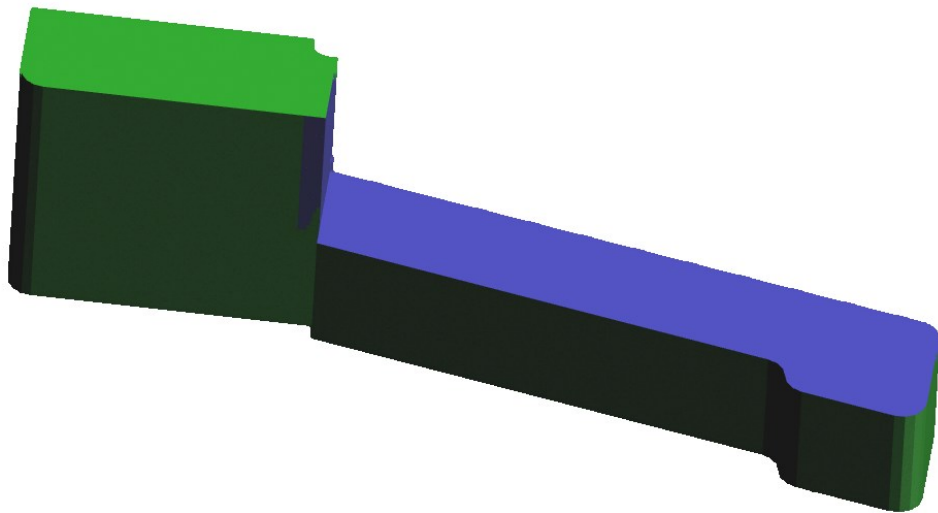


Obrázek. 69. První upnutí středícího kolíku 2 – vrtání, závitování

8.3.2 Druhé upnutí

1) Frézování

Jako u upnutí jedna použita stejná válcová fréza T03 D6.



Obrázek. 70. Druhé upnutí středícího kolíku 2

8.3.3 Třetí upnutí

1) Frézování

Frézování čela při třetím upnutí použita stejná fréza T03 jako v předchozích případech.



Obrázek. 71. Třetí upnutí středícího kolíku 2 – frézování

2) Vrtání otvoru D16

K vyvrtání průchozího otvoru o průměru 16 mm zvolen nástroj T09 vrták D16.



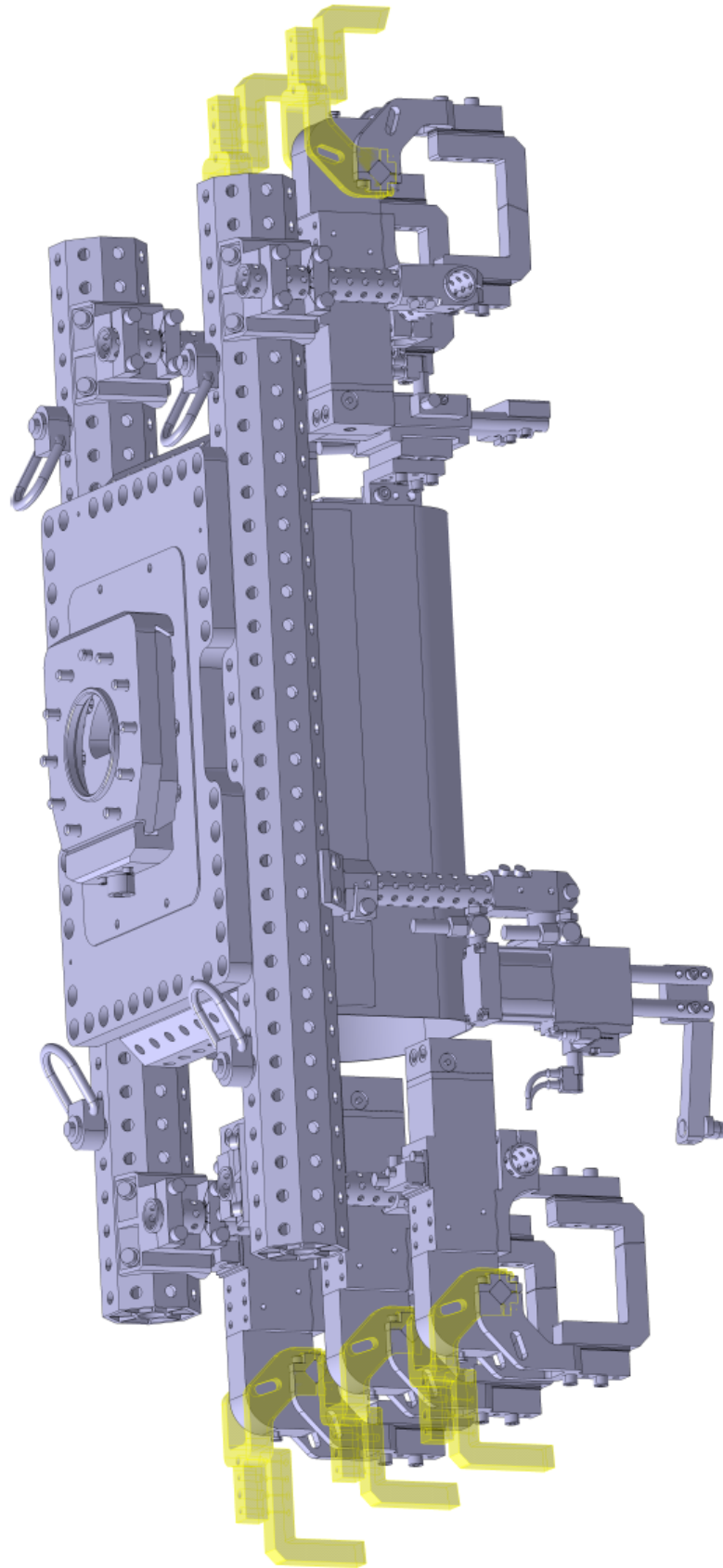
Obrázek. 72. Třetí upnutí středícího kolíku 2 - Vrtání

Tabulka 1. Řezné podmínky pro frézy zvolené z katalogu LMT FETTE

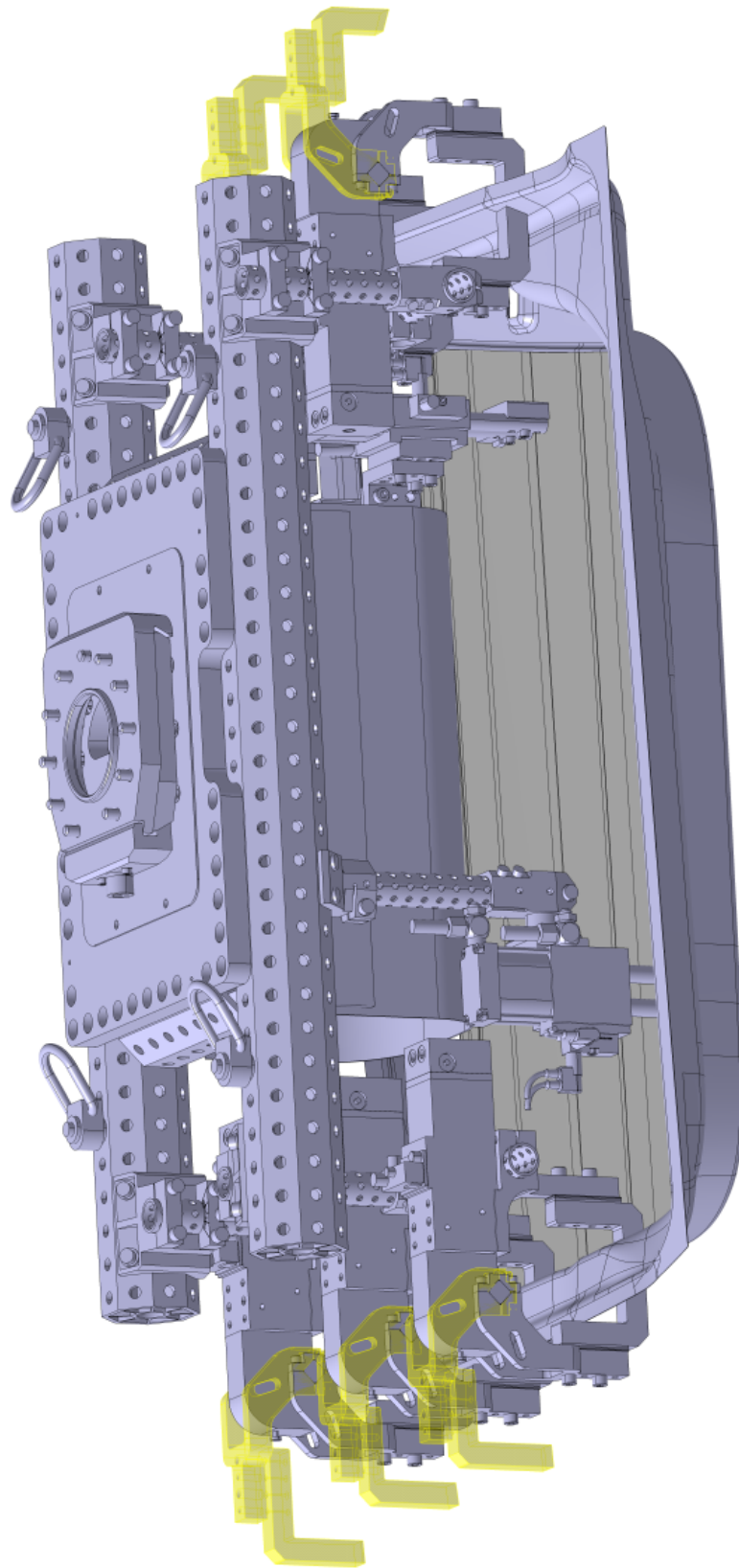
Číslo nástroje	Název nástroje	Otáčky nástroje S [ot/min]	Rychlost posuvu F [mm/min]	Hloubka záběru ap [mm]
T01	FR. D10 R1	7500	1400	0,3
T02	Kulová FR.D6 R3	6500	800	0,1
T03	FR. D6	6000	600	1
T04	FR. D6 R2	6000	600	1

Tabulka 2. Řezné podmínky pro vrtáky, závitníky a záhlubníky zvolené z katalogu WMT

Číslo nástroje	Název nástroje	Otáčky nástroje S [ot/min]	Rychlost posuvu F [mm/min]
T05	Vrták D6	6000	600
T06	Vrták D6,8	6000	600
T07	Závitník M8x1,25	200	225
T08	Záhlubník D8	3000	350
T09	Vrták D16	2800	1200
T010	Vrták D5	6000	600
T011	Závitník M6x1,25	250	168,75



Obrázek. 73. Navržený koncový efektor



Obrázek. 74. Navržený koncový efektor s objektem manipulace

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo propojit konstrukční část s výrobní částí v jeden soubor. V konstrukční části byl zhotoven model koncového efektoru a 2D dokumentace v programu CATIA V5R19 a výběr standardizovaných dílů byl použit ze systému Euro – Greifer tooling. Ve výrobní části byl použit software Edgecam pro zhotovení CAM programu vyráběných dílů.

Teoretická část diplomové práce se v první kapitole zabývá průmyslovými roboty používaných v automobilovém průmyslu, jedná se výhradně o roboty od firmy KUKA, ale také je zde uveden případ svařovacího robota používaného ve svařovacích linkách. V druhé kapitole lze najít koncové efektoru a jejich automatickou výměnu. Třetí kapitola se zabývá rozdělením koncových efektorů.

V praktické části byl řešen nejdříve objekt manipulace a také pracovní prostředí, kterým byl pásový dopravník, ze kterého navrhovaný efektor odebírá objekt manipulace. Na pásovém dopravníku je otvor, z kterého koncový efektor odebírá dveře, proto byl kladen důraz na rozměr efektoru tak, aby nepřekračoval rozměr výstupního otvoru z dopravníku. Při následném návrhu byly nejdříve určeny aktivní prvky pro upínání objektu manipulace. Dalším krokem bylo navržení středících kolíků, následné zhotovení základního rámu, ke kterému byly připojeny podsestavy upínačů a středících kolíku. Dále byl přidán nosný systém tvořený ze čtyř transportních ok a pneumaticky blok, který slouží k ovládní pneumatického systému.

V další kapitole byl vybrán průmyslový robot dle zátěžných parametrů. Na základě odměřených parametrů koncového efektoru v programu Catia a zadaných do výstupní části programu KukaLoad byl vybrán robot z nabídky od výrobce KUKA.

Po vytvoření modelu koncového efektoru byly ke každému upínači přimodelovány koncové polohy k provedení kontroly kolizí s okolními pozicemi. Koncové poloha je neupnutý stav upínače proto je rozměr efektoru v neupnutém stavu větší a musí se na něj klást důraz.

Na závěr praktické části byly zhotoveny v softwaru Edgecam CAM programy pro tvarové díly, jedná se o dva středící kolíky a vinkle. Nástroje byly zvoleny od společnosti LMT Fette a WMT a z jejich katalogů byly dohledány řezné podmínky pro daný nástroj.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] A generic data structure for the specific domain of robotic arc welding – ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2018 The Author [cit. 30.04.2019].
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118304414>
- [2] Multi-robot spot-welding cells for car-body assembly: Design and motion planning – ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 30.04.2019].
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584515300302>
- [3] BMW News, BMW Nachrichten, BMW Fotos, BMW 7er Forum, BMW Treffen [online]. [cit. 05.12.2018] Dostupné z: <http://www.7-forum.com/news/BMW-Group-erweitert-US-Werk-in-South-Ca-5941.html&ort=6>
- [4] Roboty KUKA pro svařování v ochranné atmosféře | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/odvětví/kovoprůmysl/roboty-kuka-pro-svařování-v-ochranné-atmosféře>
- [5] Industry_Brochure_Arc_Welding_en.pdf [online]. [cit. 05.12.2018]. Dostupné z: www.kuka.com
- [6] SKAŘUPA, Jiří; *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. Vydání. Ostrava: Editační středisko VŠB, 2007. 229 s. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [7] *Lineární motor* [online]. 2011 [cit. 05.12.2018]. Dostupný z WWW: <http://pavel.lasakovi.com/projekty/elektrotechnika/linearni-motor/>
- [8] BLECHA, P., KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R., POCHYLÝ, A., KUBELA, T., BLECHA, R., BŘEZINA, T. *Mechatronika, Modul 10: Robotika* [online]. 2008, [cit. 05.12.2018]. Dostupné z: <http://www.adameurope.eu/prj/3810/prd/1/7/Modul%2010%20Tschechisch%20komplett.pdf>.
- [9] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita. Ostrava, 2007, 1 CD-R [cit. 30.4.2019]. ISBN 978-80-248-15522-0. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivecd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf.

- [10] KUKA roboty speciální Praha – pro paletizaci a práci u lisů [online]. [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-119080-kuka-roboty-specialni-praha-pro-paletizaci-a-praci-u-lisu>
- [11] KR 300-2 PA | Paletovací robot | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. 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-300-pa>
- [12] Robot Fanuc SCARA [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/pl/pl/roboty/robot-strona-filtrowania/scara-series/scara-sr-3ia>
- [13] Robotics News - ABB will Feature Robotic RIA - Robotics Online - Industrial Robotics [online]. Copyright © 2008 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-News/ABB-will-Feature-Robotic-Picking-Packing-and-Palletizing-Demos-at-Pack-Expo-2016/content_id/6296
- [14] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periferií*. VUT Brno. Brno, 1993. 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [15] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. PRaM. VUT Brno. Brno, 1993. 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [16] TÜNKERS Maschinenbau GmbH. Home - TÜNKERS Maschinenbau GmbH [online]. Copyright © strait GmbH [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: https://www.tuenkers.de/publish/92342d91_da54_cb89_add9bde5c193b028.cfm?l1=Spannen.
- [17] Mini ventosas de la goma de silicona del vacaío para el robot [online]. [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://dgdeyu.manufacturer.spanish.global-sources.com/si/6008850235816/pdtl/Vacuum-suction/1160452296/Vacuum-Silicone-Rubber-Suction-Cups.htm>
- [18] SKAŘUPA, J., ZELINA, P. *Navrhování a výpočty efektorů PRaM*. 1. vyd. VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 1996. 107 s.
- [19] Automatisierung [online]. [cit. 30.04.2019] Dostupné z: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/magnetgreifer-zum-be-und-entladen-a-93386/>

[20] Řezání autogenem | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/technologie/process-technologies/2016/07/%C5%99ez%C3%A1n%C3%AD-autogenem>

[21] Effective Hole Making Via Robotic Orbital Drilling : Modern Machine Shop . Modern Machine Shop [online]. Copyright © Gardner Business Media, Inc. 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.mmsonline.com/articles/effective-hole-making-via-robotic-orbital-drilling>

[22] KUKA ready2_spot | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/ready2_use/kuka-ready2_spot

[23] KUKA ready2_spray | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/ready2_use/kuka-ready2_spray

[24] Lékařská robotika firmy KUKA: Projekty a studie | KUKA AG. industrial intelligence 4.0_beyond automation | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/odv%C4%Btv%C3%AD/zdravotn%C3%AD-p%C3%A9%C4%8De/1%C3%A9ka%C5%99sk%C3%A1-robotika-firmy-kuka/projekty-a-studie-v-oblasti-1%C3%A9ka%C5%99sk%C3%A9-robotiky-firmy-kuka>

[25] Measurement Solutions / Products / Metrolog X4 i-Robot - Harness The Power of Robot Inspection. Measurement Solutions / Welcome to Measurement Solutions [online]. Copyright © Copyright 2019 Measurement Solutions. All Rights Reserved. [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://measurement-solutions.co.uk/products/metrolog-x4-i-robot>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
Max	Maximálně
R	Rádus
mm	Milimetr
m	Metr
L	Délka
%	Procento
D	Průměr
CAD	Počítačem podporované projektování
CAM	Počítačová podpora obrábění
TRR	Tünkers Rundrohr System
EGT	Euro Greifer Tooling System
TCR	Carbon Tube System
TOS	Tünkers One Screw System
VW	Automobilka Volkswagen
BMW	Automobilka Bayerische Motoren Werke

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek. 1. Robotická svařovací linka [3]</i>	13
<i>Obrázek. 2. Šestiosý průmyslový robot KUKA [10]</i>	14
<i>Obrázek. 3. Paletizační průmyslový robot [11]</i>	14
<i>Obrázek. 4. SCARA robot [12]</i>	15
<i>Obrázek. 5. Delta robot [13]</i>	15
<i>Obrázek. 6. Svařovací robot KUKA [5]</i>	16
<i>Obrázek. 7. Obecné schéma efektoru [6]</i>	17
<i>Obrázek. 8. Schéma funkce lineárního motoru [7]</i>	18
<i>Obrázek. 9. Princip automatické výměny koncových efektorů [8]</i>	19
<i>Obrázek. 10. Rozdělení koncových efektorů</i>	21
<i>Obrázek. 11. Mechanický manipulační koncový efektor [16]</i>	22
<i>Obrázek. 12. Pasivní podtlakový manipulační koncový efektor [17]</i>	23
<i>Obrázek. 13. Magnetický manipulační koncový efektor [19]</i>	24
<i>Obrázek. 14. Koncový efektor k dělení materiálu [20]</i>	25
<i>Obrázek. 15. Koncový efektor k obrábění materiálu [21]</i>	25
<i>Obrázek. 16. Koncový efektor ke spojování materiálu (bodové svařování) [22]</i>	26
<i>Obrázek. 17. Koncový efektor – lakování [23]</i>	26
<i>Obrázek. 18. Kombinovaný koncový efektor [8]</i>	27
<i>Obrázek. 19. Koncový efektor používaný v medicíně [24]</i>	27
<i>Obrázek. 20. Měřicí kontrolní efektor [25]</i>	28
<i>Obrázek. 21. Rundrohr systém [16]</i>	29
<i>Obrázek. 22. Euro – Greifer – Tooling systém [16]</i>	29
<i>Obrázek. 23. Tüinkers One Screw Systém [16]</i>	30
<i>Obrázek. 24. Carbon Tube Systém [16]</i>	30
<i>Obrázek. 25. Zobrazení objektu s rozměry</i>	34
<i>Obrázek. 26. Objekt manipulace – dveře automobilu</i>	35
<i>Obrázek. 27. Rozmístění tvarových upínek</i>	36
<i>Obrázek. 28. Modulární pneumatický upínač APH 40,5 B A60 [26]</i>	36
<i>Obrázek. 29. Závislost spotřeby vzduchu na úhlu otočení</i>	37
<i>Obrázek. 30. Graf maximální hmotnosti nástroje upínače APH 40,5 B A60</i>	38
<i>Obrázek. 31. Rozmístění upínacích prvků</i>	38
<i>Obrázek. 32. Distanční podložka</i>	39

Obrázek. 33. Podsestava upínače	39
Obrázek. 34. Znázornění otvorů pro středící kolíky	40
Obrázek. 35. Pouzdro středícího kolíku.....	41
Obrázek. 36. Dva upínače se středícími kolíky a tvarovými díly.....	41
Obrázek. 37. Umístění středících kolíků 1 – Středící kolík 1, 2 – Středící kolík 2	42
Obrázek. 38. Příruba pro robota	43
Obrázek. 39. Základní rám	43
Obrázek. 40. Nosný systém	44
Obrázek. 41. Použité standardizované spoje	45
Obrázek. 42. Návrh konstrukce levé strany	46
Obrázek. 43. Návrh konstrukce pravé strany	47
Obrázek. 44. Umístění sestavy středícího kolíku č. 1	48
Obrázek. 45. Umístění sestavy středícího kolíku č. 2	48
Obrázek. 46. Pneumatický blok	49
Obrázek. 47. Umístění pneumatické krabice	49
Obrázek. 48. Příruba robota – Osový kříž souřadného systému pro odměření hodnot zátěže robota.....	50
Obrázek. 49. Kuka Load – výběr robota dle zadaných parametrů.....	51
Obrázek. 50. Dynamické zatížení os robota KUKA KR 120 R2500 pro.....	51
Obrázek. 51. Statické zatížení os robota KUKA KR 120 R2500 pro	52
Obrázek. 52. Pásový dopravník	53
Obrázek. 53. Výstupní otvor z dopravníku.....	54
Obrázek. 54. Kontrola kolizí koncového efektoru na výstupu z dopravníku.....	54
Obrázek. 55. Obráběné plochy vinklů	55
Obrázek. 56. Frézování čela plochy	56
Obrázek. 57. Vyvrtání děr průměr 6 mm	56
Obrázek. 58. Vyvrtání děr pro závit M8	57
Obrázek. 59. Zkosení hran.....	57
Obrázek. 60. Nahrubování dotykové plochy	58
Obrázek. 61. Řádkování dotykové plochy	58
Obrázek. 62. Polotovar středícího kolíku 1	59
Obrázek. 63. První upnutí středícího kolíku 1	59
Obrázek. 64. Druhé upnutí středícího kolíku 1	60

<i>Obrázek. 65. Třetí upnutí středícího kolíku 1 – frézování čela.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek. 66. Třetí upnutí středícího kolíku 1 – Vrtání, závitování</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek. 67. Polotovar středícího kolíku 2</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek. 68. První upnutí středícího kolíku 2 – frézování čela</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek. 69. První upnutí středícího kolíku 2 – vrtání, závitování</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek. 70. Druhé upnutí středícího kolíku 2.....</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek. 71. Třetí upnutí středícího kolíku 2 – frézování</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek. 72. Třetí upnutí středícího kolíku 2 - Vrtání.....</i>	<i>64</i>
<i>Obrázek. 73. Navržený koncový efektor.....</i>	<i>66</i>
<i>Obrázek. 74. Navržený koncový efektor s objektem manipulace</i>	<i>67</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 3. Řezné podmínky pro frézy zvolené z katalogu LMT FETTE.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 4. Řezné podmínky pro vrtáky, závitníky a záhlubníky zvolené z katalogu WMT.....</i>	<i>65</i>

SEZNAM PŘÍLOH

P I Výkresová dokumentace

- Výpalky vinklů
- Výpalky tvarů středících kolíků
- Sestava

P II CD disk obsahující

- Diplomová práce
- Model Efektoru
- Model sestavy dopravníku
- Výkresová dokumentace
- NC kódy