

Návrh manipulátoru portálového typu s podtlakovou uchopovací hlavicí

Bc. Jiří Gergel

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Gergel**
Osobní číslo: **T11847**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh manipulátoru portálového typu s podtlakovou uchopovací hlavici**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte manipulátor portálového typu s pracovním prostorem 1000 x 1500 mm pro výrobky o hmotnosti 1 kg.
3. Jako uchopovač použijte podtlakovou uchopovací hlavici.
4. Zhodnoťte výhody a nevýhody.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:


Dle pokynů vedoucího diplomové práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Sámek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **8. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Bc. GERGEL JIŘÍ


Obor: KTZ

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 8.5. 2013



.....

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

Diplomová práce se zabývá konstrukcí portálového manipulátoru s podtlakovou uchopovací hlavicí. Popisuje jednotlivé základní komponenty navrhovaného manipulátoru.

Klíčová slova: manipulátor, robot, pneumatika, motor, dopravník, pohon.

ABSTRACT

This thesis deals with the construction of the portal manipulators with vacuum grippers. It describes the each components of the proposed manipulator.

Keywords: manipulator, robot, pneumatics, motor, conveyor, drive.

Za pomoc při realizaci této práce bych rád poděkoval mému otci Ing. Jiřímu Gergelovi, který mi poskytl praktické rady a vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi v průběhu zpracování tématu poskytl.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY	13
1.1 ROZDĚLENÍ MANIPULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ.....	14
1.1.1 Manipulátory	14
1.1.2 Průmyslové roboty 1. generace	15
1.1.3 Průmyslové roboty 2. generace	16
1.1.4 Kognitivní roboty 3. generace	17
1.2 ZÁKLADNÍ TYPY KINEMATICKÝCH ŘETĚZCŮ	18
1.2.1 Typ „K“ (TTT).....	18
1.2.2 Typ „C“ (RTT).....	18
1.2.3 Typ „S“ (RRT)	19
1.2.4 Typ „A“ (RRR)	20
1.3 KARTÉZSKÝ MANIPULÁTOR.....	20
1.3.1 Aplikace portálových manipulátorů	21
1.3.1.1 Manipulační úlohy	22
1.3.1.2 Montážní úlohy	22
1.3.1.3 SMT osazovací automaty.....	22
1.3.1.4 CNC obrábění	22
1.3.1.5 Rapid prototyping	22
1.3.2 Konstrukční řešení	23
1.3.2.1 Manipulační systém kantilévru	23
1.3.2.2 Manipulační systém gantry	24
1.3.2.3 Manipulační systém bridge.....	25
2 POHONY ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	26
2.1 MECHANICKÉ POHONY	27
2.2 ELEKTRONICKÉ POHONY	28
2.2.1 Stejnoseměrné motory	28
2.2.2 Asynchronní motory.....	29
2.2.3 Krokové motory	30
2.2.4 Elektromagnety	30
2.3 HYDRAULICKÉ POHONY	31
2.4 PNEUMATICKÉ POHONY	32
3 POJEZDOVÉ MECHANISMY OS	33
3.1 LINEÁRNÍ MOTOR	33
3.2 ROTAČNÍ MOTOR S PŘEVODOVKOU A KULIČKOVÝM ŠROUBEM S MATICÍ.....	34
3.3 ROTAČNÍ MOTOR S PŘEVODOVKOU A OZUBENÝM ŘEMENEM.....	34
3.4 ROTAČNÍ MOTOR S PŘEVODOVKOU A OZUBENÝM HŘEBENEM	35
4 PRACOVNÍ HLAVICE MANIPULÁTORŮ	37
4.1 ÚCHOPNÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ.....	38
4.1.1 Mechanické úchopné hlavice	40
4.1.1.1 Pasivní úchopné mechanické hlavice	40
4.1.1.2 Aktivní úchopné mechanické hlavice	40

4.1.2	Magnetické úchopné hlavice.....	42
4.1.2.1	Pasivní úchopné magnetické hlavice	42
4.1.2.2	Aktivní úchopné magnetické hlavice.....	43
4.1.3	Pneumatické úchopné hlavice	44
4.1.3.1	Pasivní úchopné pneumatické hlavice	44
4.1.3.2	Aktivní úchopné pneumatické hlavice.....	46
4.2	TECHNOLOGICKÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	49
4.3	KOMBINOVANÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ.....	49
4.4	SPECIÁLNÍ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ.....	50
5	PNEUMATICKÉ PRVKY	51
5.1	ZDROJE STLAČENÉHO VZDUCHU	51
5.2	ZÁKLADNÍ DISPOZICE ROZVODU STLAČENÉHO VZDUCHU	54
5.2.1	Regulace kompresorů.....	55
5.3	ÚPRAVA STAČENÉHO VZDUCHU	55
5.3.1	Vlhkost	56
5.3.2	Mechanické nečistoty.....	58
5.3.3	Olejovač	58
5.4	VENTILY.....	60
5.4.1	Šoupátkové rozvaděče.....	60
5.4.2	Sedlové rozvaděče.....	61
5.5	PNEUMOTORY	63
5.5.1	Přímočaré pneumatické motory	63
5.5.2	Úderné pneuválce.....	64
5.5.3	Membránové válce	65
5.5.4	Bez pístnicové válce s magnetickým přenosem síly	65
5.5.5	Bez pístnicové válce s mechanickým přenosem síly	66
5.5.6	Kombinované pneumatické válce – suporty	66
II	PRAKTICKÁ ČÁST	67
6	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	68
6.1	MYŠLENÝ PROBLÉM	68
6.2	POPIS PRACOVIŠTĚ	69
7	KONCEPČNÍ NÁVRH CELKU.....	70
8	PORTÁLOVÝ MANIPULÁTOR.....	72
8.1	NÁVRH OSY Z.....	73
8.1.1	Pracovní podtlaková úchopná hlavice.....	74
8.1.1.1	Přísavka ESS-30-BN (katalogové č. 189382).....	74
8.1.1.2	Ejektory VN-10-M-I3-PQ2 (katalogové č. 193554).....	78
8.1.1.3	Tlakový spínač	80
8.1.1.4	Držák přísavek	81
8.1.2	Pohon osy Z.....	82
8.1.2.1	Servomotor pro osu Z	84
8.1.3	Kotevní deska pohonu.....	85
8.1.4	Uchycení pracovní podtlakové hlavice	86
8.1.5	Energetický řetěz.....	87

8.2	NÁVRH OSY Y	89
8.2.1	Pohon osy Y	90
8.2.1.1	Servomotor pro osu Y	94
8.2.1.2	Převodovka	94
8.2.1.3	Axiální sada	95
8.2.2	Uchycení jednotky osy Z k vozíku pohonu.....	95
8.2.3	Energetický řetěz.....	97
8.2.3.1	Vodící koryto	98
8.3	NÁVRH OSY X	99
8.3.1	Pohon osy X	100
8.3.1.1	Servomotor pro osu X.....	103
8.3.1.2	Převodovka	103
8.3.1.3	Axiální sada	103
8.3.1.4	Spojovací hřídel	103
8.3.2	Uchycení osy Y k ose X.....	104
8.3.2.1	Deska vozíku.....	104
8.3.2.2	Základna.....	105
8.3.2.3	Opěrná deska.....	105
8.3.2.4	Žebro	106
8.3.3	Energetický řetěz.....	107
8.3.3.1	Držák energetického řetězu	108
8.3.3.2	Vodící koryto	109
8.4	RÁM MANIPULÁTORU	110
8.4.1.1	Kontrola stojiny na vzpěr.....	111
8.4.1.2	Úhlové spojky	112
8.4.1.3	Výztuhy.....	112
8.4.1.4	Stavěcí nohy.....	113
8.5	ŘÍDICÍ STANICE MANIPULÁTORU	114
8.6	ZDROJ STLAČENÉHO VZDUCHU.....	115
8.7	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK KRABIČEK	116
8.7.1	Pásový dopravník	117
8.7.2	Naváděcí klec	118
8.7.3	Stojiny pásového dopravníku	118
8.8	PALETOVÝ DOPRAVNÍK	119
9	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO 3OSÉHO MANIPULÁTORU	120
	ZÁVĚR	121
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	123
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	124
	SEZNAM OBRÁZKŮ	126
	SEZNAM TABULEK.....	132
	SEZNAM PŘÍLOH.....	133

ÚVOD

Snahy o zhotovení různorodých zařízení a strojů, které by člověku usnadnily jakoukoliv činnost, ať už fyzickou či psychickou, sahají do dávné minulosti. Nejdříve to byla primitivní zařízení založena na jednoduchých principech. Později, s rostoucím poznáním fyzikálních zákonů je k nejrůznějším cílům vynalézáno stále složitějších a komplikovanějších zařízení, jako jsou např. roboty a manipulátory, které zejména v poslední době díky používání nových a vyspělejších technologií zaznamenaly obrovské uplatnění ve výrobní činnosti v nejrůznějších oblastech průmyslových i jiných odvětvích, jako např. zdravotnictví, kosmonautice či armádě.

S požadavky na rozvoj průmyslových robotů a manipulátorů se stupňují i požadavky na vývojové práce v této problematice. Ve světě je jich dnes nasazeno obrovské množství. Od nejjednodušších typů schopných vykonávat jednoduché manipulační pohyby s předměty různých velikostí, až po relativně velmi složité systémy schopné zabezpečovat realizaci i komplikovaných úkolů. Zavádění robotů a manipulátorů do výroby je nejčastěji podmíněno úsporou lidské práce, případně vyloučením lidské činnosti z míst se škodlivými účinky, nebo nahrazením lidské činnosti na výrobních linkách, kde lidé často trpí psychickými potížemi stále se opakujících úkonů. Jednou z dalších výhod, proč jsou manipulátory a roboti stále užívanější, je také jejich přesná a neomylná práce. Neméně důležitým problémem je ovšem také bezpečnost práce.

Zavádění robotů a manipulátorů není vždy jen výhodou, na druhou stranu v některých případech se může zdát, že pořizovací náklady na jednoúčelové manipulátory a roboty jsou poměrně vysoké. Jednou z dalších nevýhod může být také to, že berou lidem práci a ti, pokud nenajdou jiné uplatnění, končí bez zaměstnání.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY

„Historie průmyslových robotů sahá do dob, kdy se lidé pokoušeli sestrojít sebejednodušší automaty vykonávající posloupnost elementárních pohybů, a tím nahradit činnost člověka. Zpočátku to byly především vačkové hřídele, poté přišly bubny s hroty, jichž se dodnes používá na příklad ve zvonkohrách. Po roce 1920 dostal poprvé robot svůj název v Čapkově hře RUR.

Prvotní myšlenky na konstrukci robotů byly kopie živých organismů, ať už funkčností či podobou. Stejně tak jako pokusy sestrojít létající stroj mávající křídly skončily i ostatní pokusy nezdarem. Ukázalo se, že není nezbytně nutná fyzická podoba s živými organismy. Tak si konstruktéři začali všimnout spíše podstaty pohybů, pokoušeli se obecné pohyby rozložit na elementární a realizovat je jednoduchými mechanismy.

Tak vznikly první manipulátory, které však ještě vyžadovali přesné vedení lidskou rukou operátora, který však už byl mimo nebezpečí prostředí, v němž se manipulátor pohyboval. Toto řešení odstranilo lidskou práci v nebezpečném prostředí a fyzickou náročnost výkonu operace, neodstranilo však monotónní práci člověka.

Teprve bouřlivý rozvoj výpočetní techniky umožnil nahradit řídicí činnost člověka. Byly zkonstruovány první moderní samostatně pracující průmyslové roboty, které jsou schopny s vysokou přesností vykonávat předem dané stereotypně se opakující činnosti, které jsou pro člověka velmi únavné a nezajímavé. Jejich hlavní nevýhodou je, že nedisponují takovými prostředky, aby se plně přizpůsobily výrobnímu procesu. Vyžadují, aby předmět, který má být uchopen byl přesně orientován a byl přesně uložen na předem dané pozici. Jakoukoli odchylku není robot schopen akceptovat.

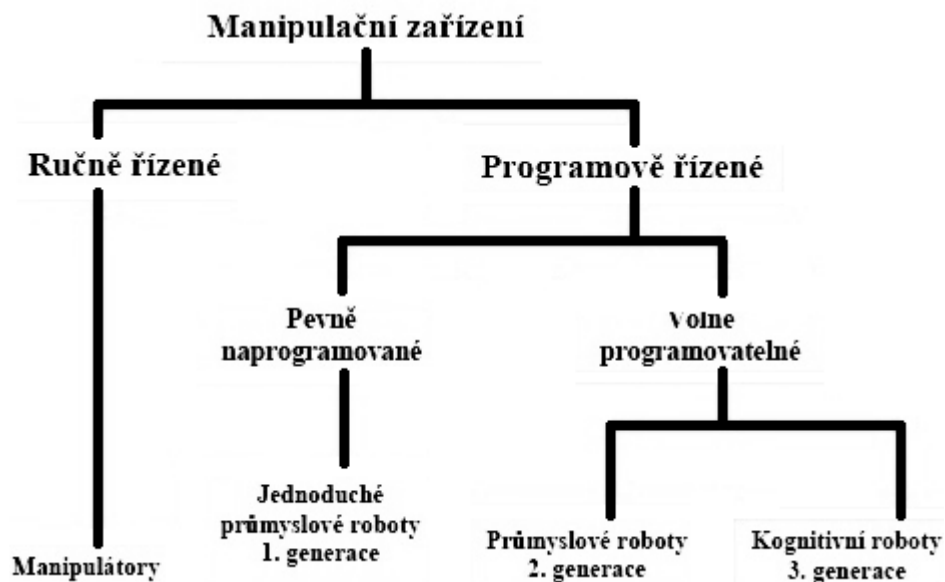
Pouze nejmodernější roboty jsou vybaveny kamerami a různými systémy čidel, které robotům umožňují orientaci v prostoru a zajišťují případnou korekci odchylky manipulovaného předmětu. Řídicí systém opatřený umělou inteligencí pak dokáže z dat, z těchto periferních zařízení, zpracovat a vygenerovat takovou posloupnost pohybů, aby byl předmět bezpečně uchopen, provedena na něm příslušná technologická operace a následně byl dopraven do určeného místa. Vnímání, chápání, uložený model a modul pro řešení úloh, plánování, případně optimalizaci práce se souhrnně nazývá kognitivní systém robota. Součástí kognitivního systému robota je i modul zajišťující obsluhu zadávání požadované trasy manipulace, případně parametry operací, které má robot vykonat. Takové vkládání cíle se provádí buď již ve výrobě, kde je pevně naprogramovaná činnost robota, nebo

přímo na pracovišti jednoduchým programováním. U některých robotů se používá režim učení robota, kdy operátor vede robota malou rychlostí, a provedené úkony jsou zapisovány do paměti. V pracovním režimu pak robot opakuje naučené pohyby samostatně a podstatně vyšší rychlostí bez přítomnosti obsluhy.“ [7]

1.1 Rozdělení manipulačních zařízení

„V různých publikacích najdeme různorodé dělení robotů a manipulátorů. Jedním z kritérií mohou být jejich schopnosti (tj. například kvalita řídicího systému, nosnost, dosah, přesnost, kinematika apod.“ [1]

Uvedené dělení manipulačních zařízení je bráno s ohledem na způsob řízení.



Obr. 1 – Rozdělení manipulačních zařízení

1.1.1 Manipulátory

„Ručně řízené manipulátory (teleoperátory) jednoúčelové i víceúčelové, jsou manipulační zařízení, ovládané člověkem. Jejich úkolem je zesilovat síly, respektive moment a pohybové možnosti operátora. Rozdíl mezi jednoúčelovými a univerzálními je v konstrukčním provedení. Jednoúčelové synchronní manipulátory mají omezenou možnost použití pro jiné případy manipulace. Jako příklad lze uvést jednoúčelové teleoperátory (balancéry), pro zdvihání těžkých předmětů (Obr. 2).“ [14]



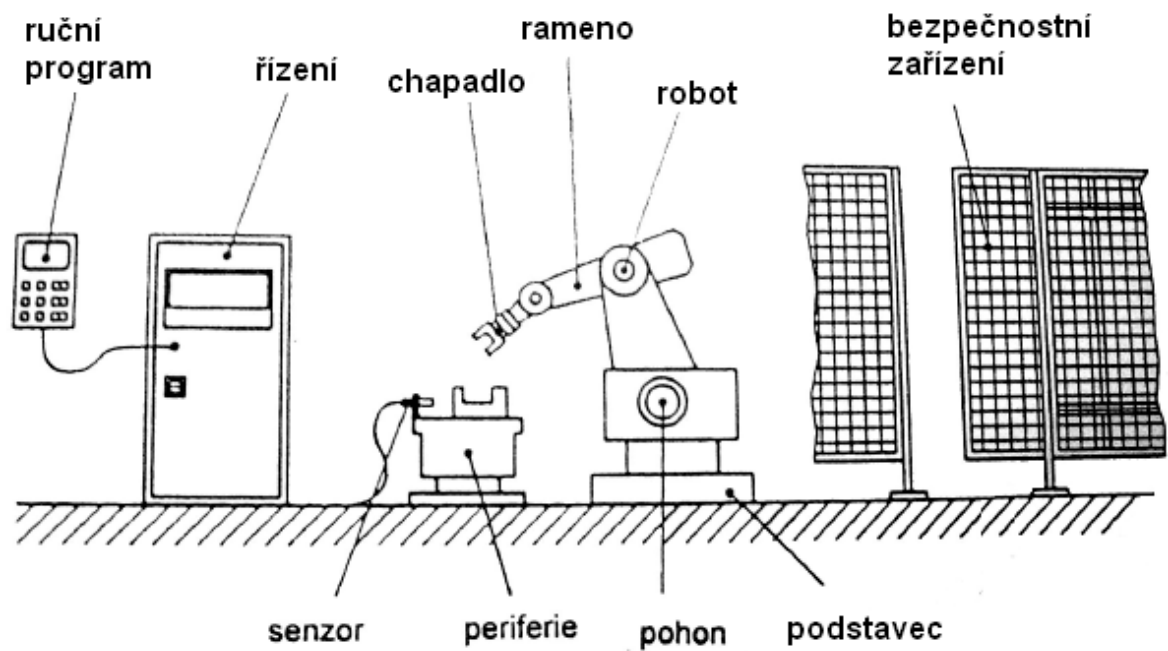
Obr. 2 – Jednoučelový synchronní manipulátor [14]

„Univerzální synchronní manipulátory jsou konstrukčně složitější, kopírují pohyby člověka (řídícího pracovníka). Manipulátor a člověk tvoří vlastně uzavřenou regulační smyčku. Jsou nazývány zařízeními pracujícími na principu master-slave. Na obsluhovaném stroji jsou nezávislé. Manipulátor a člověk (řídící pracovník) tvoří uzavřenou smyčku. Tato zařízení přenášejí na dálku příkazy člověka.“

Současná představa automatizace manipulačních cyklů je spojována jen s uplatněním univerzálních manipulátorů a robotů, které jsou poměrně komplikované a tedy i drahé. Potom je jejich nasazení v jednodušších případech nevýhodné z ekonomického hlediska, ale i z hlediska malého využití jejich celkových možností. Při současné úrovni výroby je možné řadu problémů, spojených s její automatizací, řešit pomocí jednoučelových manipulátorů.“ [14]

1.1.2 Průmyslové roboty 1. generace

„Jsou to manipulační zařízení s programovým řízením, určené pro vykonávání pevně naprogramovaných postupných operací. Program je sestaven k dosažení cíle činnosti pro určenou výrobní operaci, která je stálá (Obr. 3). Při změně cíle nebo situace se uskuteční změna programu. Jednoduchost změny programu je činí dostatečně univerzálními v systému „zdvihni a umísti“.“ [8]

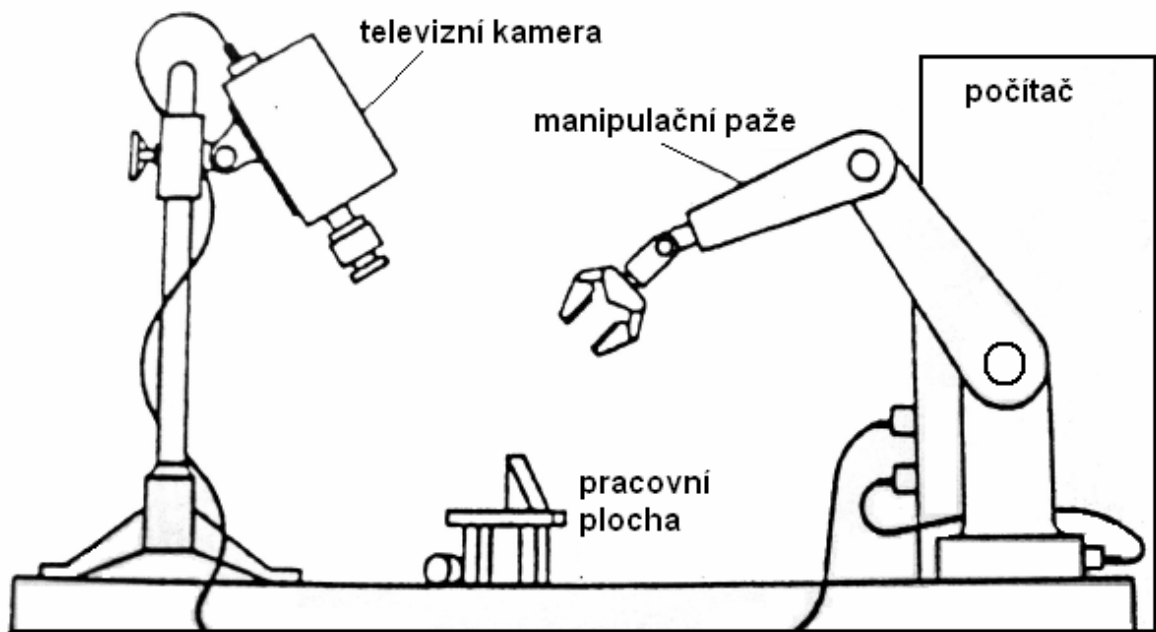


Obr. 3 – Schéma průmyslového robota 1. generace [8]

1.1.3 Průmyslové roboty 2. generace

„Průmyslový robot je automatický anebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí (Obr. 4).“ [2]

„Tyto průmyslové roboty mají možnost změny programu během své činnosti v kterémkoliv cyklu (větvení programu). Mohou disponovat i adaptivním řízením. K tomu ovšem potřebují vnímat. Na rozdíl od jednoduchých průmyslových robotů 1. generace jsou vybaveny velkým počtem senzorů. Sensory jsou vnější (optické, hmatové apod.), ale i vnitřní (snímače tlaku, polohy, zrychlení apod.). Jsou také vybaveny o mnoho složitějším řídicím programem. Zvládají koordinaci označovanou „oko-ruka“.“ [8]



Obr. 4 – Schéma průmyslového robota 2. generace [2]

1.1.4 Kognitivní roboty 3. generace

„Jsou to roboty, jež jsou schopné samostatné tvorby programu, neboť se dokáží učit z nabytých zkušeností. Zde se předem zadává pouze cíl činnosti (úkol), přičemž způsob jeho splnění je ponechán na inteligenci řídicího systému, který si sám vytvoří program.“ [14]

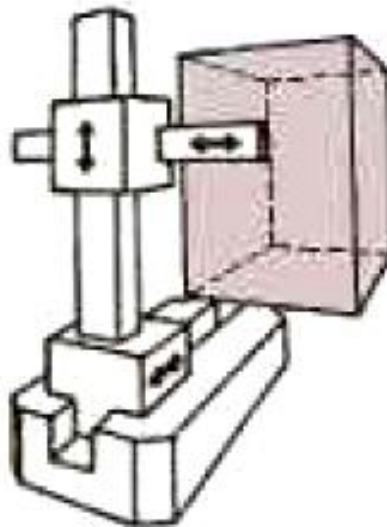
„Principiálně se liší od robotů 2. generace složitostí a objemem řídicího systému, zahrnujícího prvky umělé inteligence. Intelligentní roboty nejsou určené pouze k napodobení fyzické činnosti člověka, ale i pro automatizaci intelektuální činnosti. Jednou z charakteristických vlastností inteligentních robotů je schopnost učit se a adaptace (autonomnost) v procesu řešení úloh. Toto autonomní chování je důležité například v kosmickém výzkumu, kde musí řídicí systém rozhodovat samostatně. Třetí generace robotů má mít i základní inteligenci pro manipulaci s díly, hlavně při montáži.“ [8]

1.2 Základní typy kinematických řetězců

Základní typy průmyslových robotů a manipulátorů jsou odvozeny od kinematických dvojic řetězce, který je použit jako základní pohybovací ústrojí. Pohyb průmyslových robotů a manipulátorů je založen na dvou pohybech – translace (T) a rotace (R). Jejich vzájemná kombinace umožňuje různé způsoby pohybu v pracovním prostoru. Nejčastěji se jedná o trojrozměrný prostor. [9]

1.2.1 Typ „K“ (TTT)

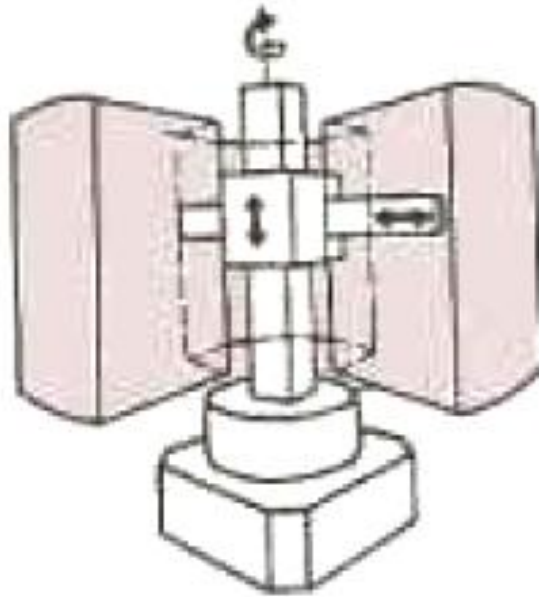
Využívá pravoúhlý (kartézský - K) souřadnicový systém (Obr. 5). Je založen na pohybu pomocí trojnásobné translace pro pohyb v trojrozměrném prostoru, který nejčastěji bývá krychle nebo kvádr. Hlavními představiteli jsou PRaM, které splňují tuto podmínku a předmět, s kterým je manipulováno, nemění svoji orientaci vůči základním souřadnicím. [9]



Obr. 5 – Kinematický řetězec typu „K“ [9]

1.2.2 Typ „C“ (RTT)

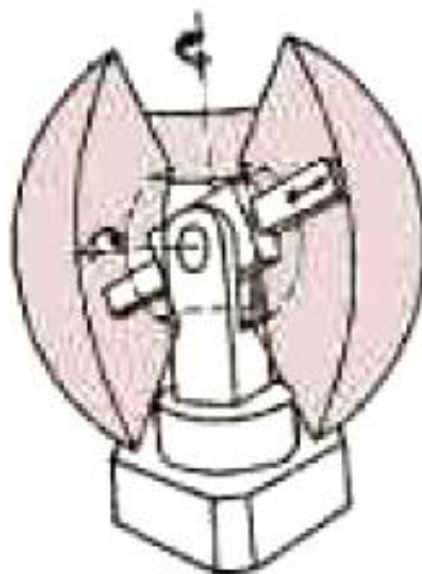
Používá válcový (cylindrický - C) souřadnicový systém (Obr. 6). Je založen na pohybu dvojnásobné translace a jedné rotaci v trojrozměrném prostoru. Pracovní prostor má tvar válce. Nejtypičtější představitel je robot, který koná rotaci kolem své osy a jeho rameno umožňuje pohyb vertikální a horizontální, kdy se teda rameno se vysouvá nebo naopak. [9]



Obr. 6 – Kinematický řetězec typu „C“ [9]

1.2.3 Typ „S“ (RRT)

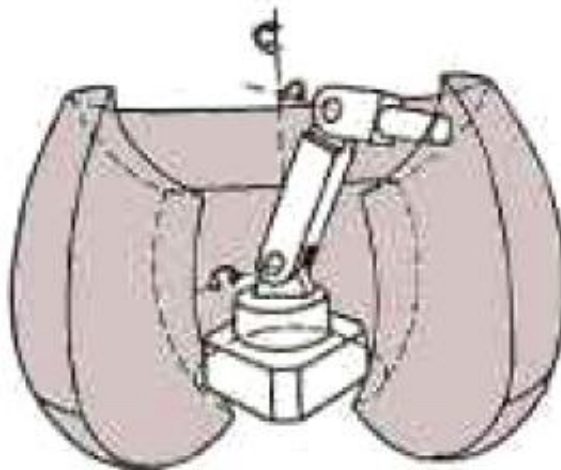
Využívá kulový (sférický - S) souřadnicový systém (Obr. 7). U robotů tohoto typu je hlavní pohyb založen na dvounásobné rotaci a jedné translaci. Pracovní prostor je část nebo celý válcový prstenec. Translace zde bývá nejčastěji jako vysouvání/zasouvání hlavního ramene. Robot dále rotuje kolem vertikální osy a přitom se může naklápět kolem této osy. [9]



Obr. 7 – Kinematický řetězec typu „S“ [9]

1.2.4 Typ „A“ (RRR)

Používá složený kulový (jinak nazýván také torusový, antropomorfní, multiúhlový nebo angulární) souřadnicový systém (Obr. 8). Základní kinematické pohyby jsou odvozené od trojnásobné rotace. Pracovním prostorem je kulový segment. Výhodou těchto robotů je dobrý pohyb ve svém pracovním prostoru s možností práce i blízko své konstrukce. Díky kinematice se dokáží snadno vyhýbat v prostoru překážkám. [9]



Obr. 8 – Kinematický řetězec typu „A“ [9]

1.3 Kartézský manipulátor

„Kartézský manipulátor využívá pouze lineárních vazeb. Tato vlastnost definuje jeho konstrukci, kinematiku a možnosti využití.

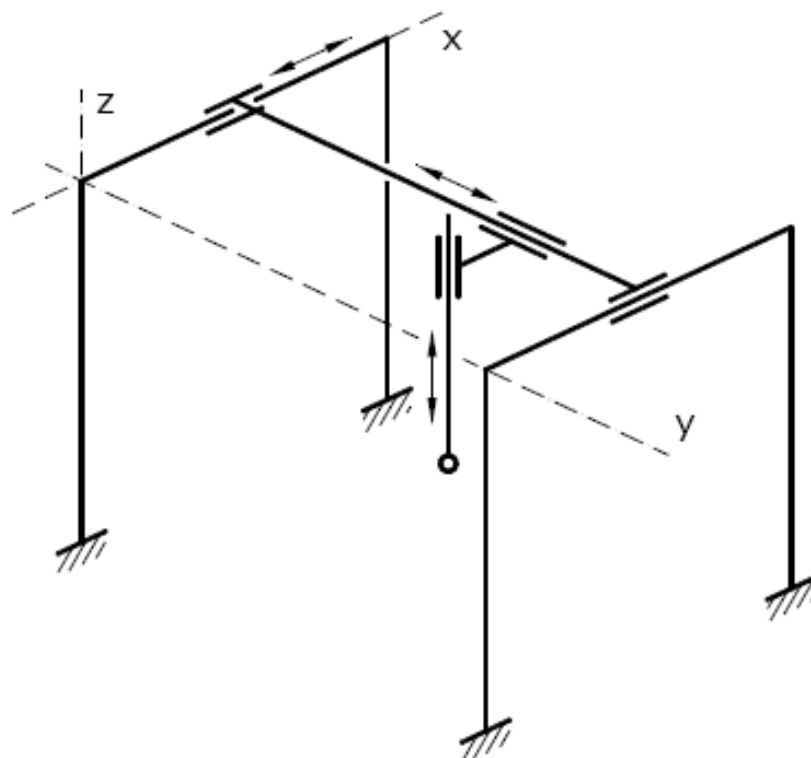
Z kinematického pohledu se jedná o sériový manipulátor. Sériový (otevřený) manipulátor je takový řetězec, mezi jehož vazbami existuje vždy maximálně jedna cesta. Pohyb v jednotlivé vazbě není vázán na pohyby v dalších vazbách, jako u manipulátorů paralelních.

Maximální i operační prostor tříosého kartézského manipulátoru je tvaru hranolu a je dán třemi lineárními vazbami (Obr. 9). Každá lineární vazba odebírá po jednom stupni volnosti (rotace kolem os x , y , z), proto má kartézský manipulátor tři stupně volnosti. U některých aplikací kartézského manipulátoru jsou doplněny navíc rotace kolem os. Přidáním tří rotačních vazeb pro rotaci kolem každé z os lze dosáhnout konfigurace univerzálního manipulátoru s šesti stupni volnosti. Této konfigurace využívají CNC obráběcí stroje.

Lineárních pohybů kartézského manipulátoru lze docílit elektrickými, hydraulickými nebo pneumatickými pohony. Jednotlivé pohony se mohou mezi sebou různě kombinovat a vytvářet tak hybridní systém těžící z výhod jednotlivých řešení.

Výběr pohonu definuje přesnost, plynulost a rychlost polohování manipulátoru. Z těchto důvodů na pohon vyplývají požadavky na velký výkon a minimální moment setrvačnosti. Z montážního hlediska je podstatná hmotnost a tvarové rozložení.

Realizace přímočarého pohybu elektrickým motorem využívá točivých strojů nebo lineárních motorů. Pro převod točivého pohybu na lineární lze využít valivých šroubů, ozubených řemenů nebo hřebenu. Lineární elektrický motor je elektromotor, který vznikne rozložením statoru a rotoru do roviny.“ [10]



Obr. 9 – Kartézský manipulátor [10]

1.3.1 Aplikace portálových manipulátorů

Kartézský manipulátory mají široké spektrum využití. Lze se s nimi setkat v úlohách s vysokými požadavky na přesnost a rychlost, nebo v úlohách pro manipulaci s těžkými břemeny. Kartézský manipulátor je možné pro speciální případy vyrobit v portálovém provedení, což zvedá jeho mechanickou pevnost a nosnost. Mezi aplikace kartézského manipulátoru patří. [10]

1.3.1.1 Manipulační úlohy

Portálový manipulátor je určen pro přemísťování, skladování nebo třídění výrobků u zpracovatelských strojů a zařízení. Jsou většinou provedeny jako samostatné jednotky s potřebou určité zastavěné plochy.

1.3.1.2 Montážní úlohy

Manipulátory mohou být v rámci automatizace nasazovány i do montážních úloh. Pracovní hlavice bývají vybaveny potřebnými nástroji a někdy mohou být přidány pohyby nebo rotace kolem dalších os. Příkladem může být vkládání spojovacího materiálu do montovaného celku a jeho následné zajištění.

1.3.1.3 SMT osazovací automaty

„SMT je technologie, při níž se pájí vývody elektrosoučástek přímo na povrch tištěného spoje. Na SMT osazovací automaty jsou díky miniaturizaci a integraci co nejvíce součástek na malou plochu kladené vysoké nároky na přesnost a rychlost montáže. Nejrychlejší SMT automaty osadí přes 100 000 součástek za hodinu. Dosahované přesnosti jsou v řádech mikrometrů. Přesnost natočení součástky se pohybuje v řádech desetin až setin stupně.“ [10]

1.3.1.4 CNC obrábění

CNC (Computer numerical control) obráběcí stroje se využívají pro frézování, vrtání, soustružení a řezání. CNC stroje bývají doplněny o rotace kolem jednotlivých os, které usnadňují manipulaci s obrobkem. Řízení CNC strojů se realizuje programovacími jazyky, které jsou navrženy přímo pro řízení pohybů a koncových efektorů pro obrábění. [10]

1.3.1.5 Rapid prototyping

Rapid prototyping (3D tisk) je aplikace kartézského manipulátoru, která se využívá pro rychlý návrh součástí. Koncovým efektozem je tryska, která nanáší pojivo po jednotlivých vrstvách na sebe a tím tvoří 3D model (tato metoda se označuje inject). Předlohou pro tisk je model vytvořený v 3D návrháři nebo 3D scan objektu, který má být modelován. [10]

1.3.2 Konstrukční řešení

Manipulátor, využívající kartézský souřadnicový systém, může mít mnoho různých podob. V praxi si některé aplikace vyžadují speciální řešení, kdy bývají manipulátory obohaceny v případě potřeby o další vedlejší osy, ať už posuvné nebo rotační. V jiných případech lze snadno využít jednoduchých normalizovaných stavebnicových konstrukcí, které vyrábí mnoho firem.

Společnými znaky pro různé podoby manipulátorů jsou dvě výchozí konstrukční řešení.

- Manipulační systém kantilévr.
- Manipulační systém gantry (portálový).
- Manipulační systém bridge (mostový).

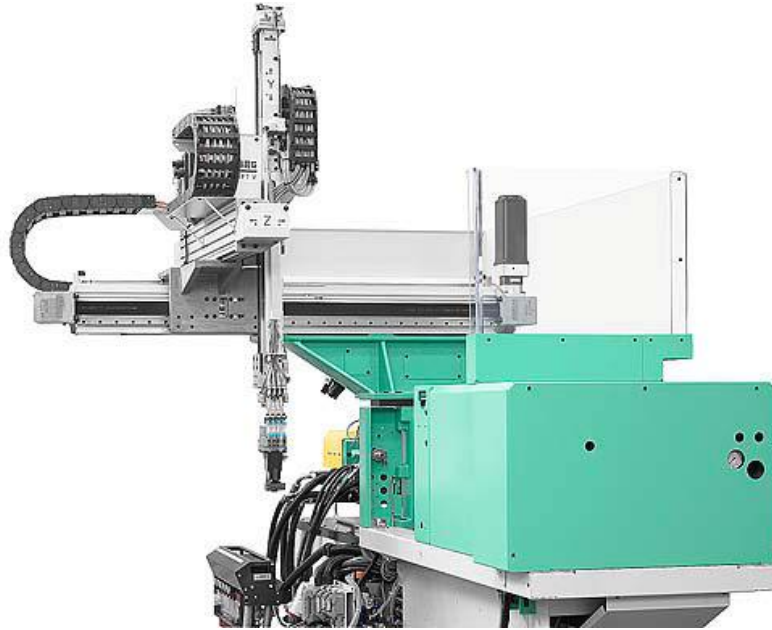


Obr. 10 – Manipulátor typu gantry a kantilévr

1.3.2.1 Manipulační systém kantilévr

Toto kompaktnější řešení manipulátoru poskytuje větší manipulační prostor, menší zástavbovou plochu nebo dokonce nulovou, kdy je montován přímo na rám stroje. Pojezdové hlavní osy manipulátoru jsou poháněny nejčastěji servo-elektricky, což přináší pohybu jednotlivých os vysokou dynamičnost a reprodukovatelnost.

Mnohdy tato koncepce bývá přímo integrovaná do obsluhovaného výrobního stroje či zařízení. Příkladem může být vstříkovací lis, kde manipulátor slouží k odebírání výstřiků (Obr. 11). Nevýhodou tohoto řešení však je omezený funkční rádius manipulátoru, daný maximální délkou ramen jednotlivých os tak, aby byla zachována jeho dostatečná tuhost a přesnost.



Obr. 11 – Kantilévr manipulátor MULTILIFT V vsřikovacího lisu ARBURG

1.3.2.2 Manipulační systém gantry

Tento typ manipulátoru má oproti předchozímu nosnou konstrukci, připomínající portál, která bývá pevně ukotvena nebo může být pohyblivá po vlastní dráze (Obr. 12). Díky tomu je schopný pokrýt velký prostor, spolu s vysokou přesností opakovatelnosti polohování díky vysoké tuhosti nosné konstrukce. Stabilita zaručuje pracovat na ose Z s většími zatíženími a zátěž je i lépe fixovaná.



Obr. 12 – Portálový manipulátor

1.3.2.3 Manipulační systém bridge

Od portálového se liší pouze tím, že nemá samostatnou nosnou konstrukci. Horizontální pojezdové osy jsou na vyvýšené manipulační dráze (Obr. 13). Tato konstrukce je velmi používaná u rozměrných manipulátorů, jako jsou halové mostové jeřáby. Díky jejich vyvýšené dráze pojezdů je minimalizována jejich zástavbová plocha a také nebezpečí úrazu pracovníků pod ním.



Obr. 13 – Mostový manipulátor

2 POHONY ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

„Pohony pracovních součástí robotů a manipulátorů ve směru jednotlivých os zabezpečují pohony, které zajišťují přeměnu vstupní energie na mechanickou práci. Hlavní části pohonu jsou buď přímo nebo přes převodové ústrojí spojeny s robotem, nebo manipulátorem. Pohony průmyslových robotů či manipulátorů musí splňovat tyto požadavky:

- Zajištění vysoké pracovní rychlosti.
- Plynulý, bez rázový rozběh a zastavení.
- Vysoká přesnost polohování.
- Dostatečná tuhost.
- Velký poměr výkonu k vlastní hmotnosti.

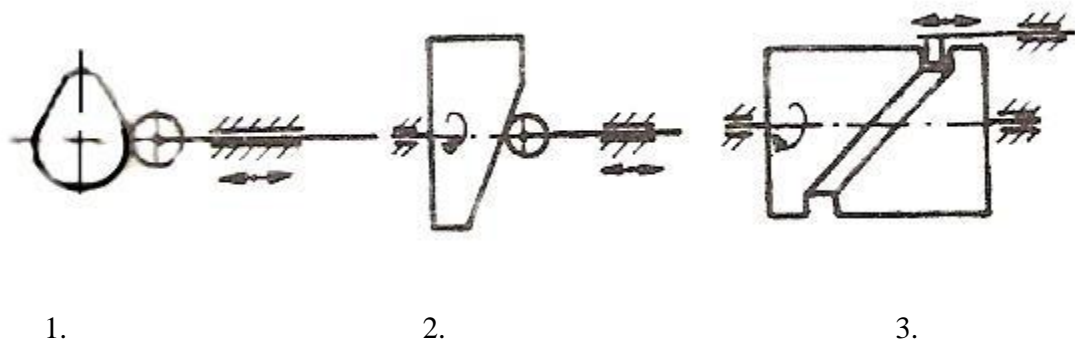
Mezi nejrozšířenější patří tyto druhy pohonů:

- Mechanický.
- Elektrický.
- Pneumatický
- Hydraulický.

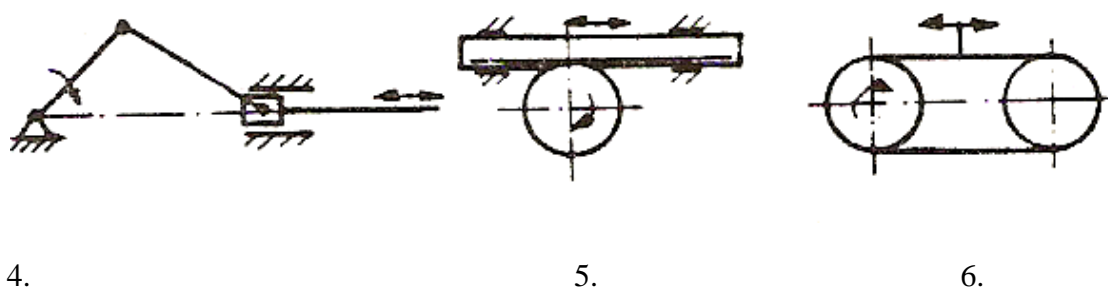
Použitý pohon ovlivňuje konstrukci robotu a provozní vlastnosti. Z těchto důvodů je třeba věnovat jeho výběru náležitou pozornost. Při analýze požadavků na pohon je nutné brát v úvahu, že přednosti a nedostatky jednotlivých pohonů se projevují různou mírou důležitosti.“ [11]

2.1 Mechanické pohony

„Mechanické pohony se využívají zejména u jednodušších manipulátorů především u jednoúčelových podavačů polotovarů u obráběcích strojů konstruovaných obvykle jako součást stroje. Jejich předností je především principiální jednoduchost a spolehlivost. Nevýhodou bývá obvykle značná konstrukční složitost manipulátoru jako celku. Mechanické pohony jsou charakteristické tím, že pohybový mechanismus pracovní hlavičky manipulátoru není opatřen vlastním pohonem, ale je spojen s pohonem jiného zařízení. Tím bývá nejčastěji pohon výrobního stroje, který je manipulátorem obsluhován. Pohon vlastního pohybového mechanismu bývá realizován prostřednictvím spojovacích hřídelí, převodů ozubenými koly, řemeny nebo řetězy pomocí pákových převodů a vaček.“ [11]



Obr. 14 – Druhy mechanických pohonů A. 1. kotoučová vačka 2. čelní vačka 3. válcová vačka [11]



Obr. 15 – Druhy mechanických pohonů B. 4. Klikový mechanismus 5. Ozubená tyč 6. Řetězový převod [11]

S mechanickými pohony se mohou stavět i poměrně složité manipulátory určené pro dlouhodobé použití ve velkosériové výrobě. Předností těchto systémů je jednoduchost a provozní spolehlivost.

2.2 Elektronické pohony

„Elektrické pohony mají celou řadu nevýhod, které způsobují, že se při stavbě průmyslového robota, nebo manipulátoru významně neuplatňují tak jako pneumatické či hydraulické pohony. Mezi nedostatky, zejména v porovnání s pneumatickými, patří především hmotnost a rozměry a obtížnější realizace přímočarých pohybů. Na druhou stranu mají také řadu výhod a předností, z nichž nejdůležitější jsou:

- Dostupnost energie a její snadný přívod k motoru.
- Jednoduché propojení.
- Výhodné dynamické vlastnosti.
- Nízké provozní náklady a snadná údržba.

Elektrické motory mají obvykle velmi vysoké otáčky. To vyžaduje zabudovat mezi motor a pohonnou část vhodný mechanický člen, který umožňuje vzájemné propojení a změnu otáček v požadovaném převodovém poměru. Tyto mechanické členy musí mít velmi malé rozměry a musí pracovat s minimální vůlí. Nejčastěji se používají spojky, ložiska a převody. Pro elektrické pohony robotů a manipulátorů se používají elektromotory střídavé (indukční) i stejnosměrné. Střídavé elektromotory mohou být asynchronní a synchronní (pro manipulátor nepoužitelný). Krokové motory a elektromagnety.“ [11]

2.2.1 Stejnosměrné motory

„Rozdělují se podle způsobu zapojení budícího vinutí na derivační, sériové a s cizím buzením. Mají otáčkovou charakteristiku danou závislostí otáček na momentu. Při nízkých otáčkách (např. rozběhu) vzniká velký moment a obráceně. Při řízení stejnosměrných motorů lze použít strojní měniče vstupního trojfázového proudu na stejnosměrný nebo řízené usměrňovače, které umožňují plynulou změnu otáček bez ohledu na změnu zatížení.“ [11]



Obr. 16 – Stejnoseměrný motor

2.2.2 Asynchronní motory

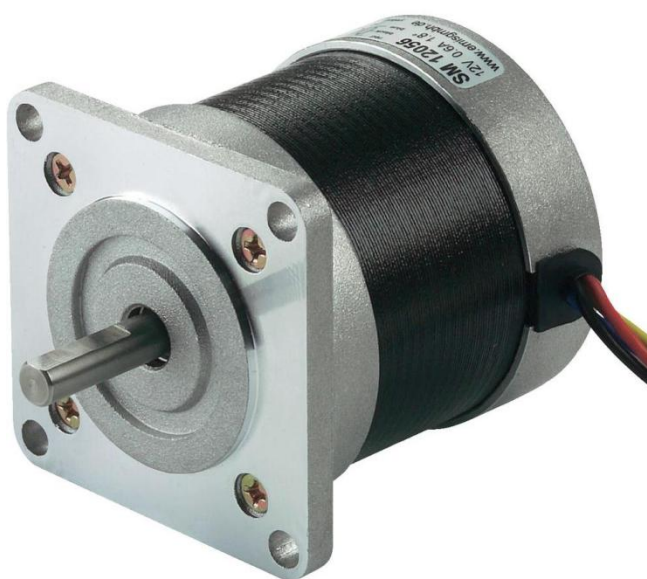
„Asynchronní motory se vyznačují jednoduchou konstrukcí a vysokou spolehlivostí i životností. Podle konstrukce se rozlišují s kotvou na krátko a kotvou kroužkovou. Funkce obou konstrukčních variant spočívá v tom, že statorové vinutí při napájení trojfázovým proudem vytváří točivé magnetické pole se synchronní úhlovou rychlostí nebo synchronními otáčkami.“ [11]



Obr. 17 – Asynchronní motor

2.2.3 Krokové motory

„Jsou dalším druhem elektrických pohonů. Umožňují jednoduché řízení rychlosti pohybu změnou frekvence vstupních impulsů a jednoduché řízení polohy registrací počtu impulsů. Při zvyšujícím se počtu impulsů klesá krouticí moment. Proto se krokové motory používají pouze pro pohon jednotek malých výkonů anebo ve spojení s polohovým mechanicky hydraulickým systémem. Přesnost polohování a rychlost pohybu závisí na počtu kroků na jednu otáčku a pracovní frekvenci.“ [11]



Obr. 18 – Krokový motor

2.2.4 Elektromagnety

Využívají se k realizaci některých pohybů. Uplatnění nacházejí například při ovládní úchopných prvků. Elektromagnety se dají rozdělit:

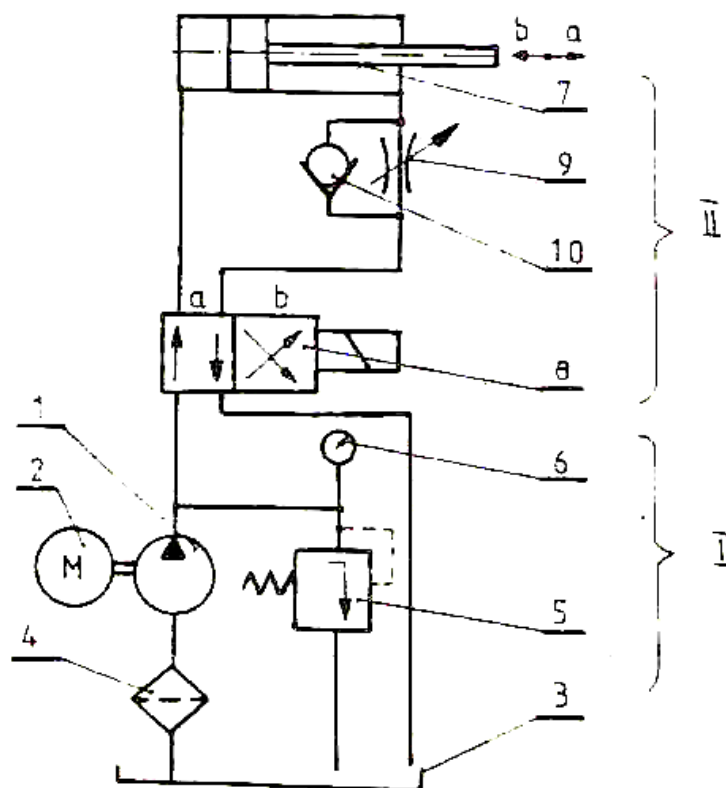
- Podle pohybu:
 - přímočaré.
 - rotační.

- Podle druhu budícího proudu:
 - stejnosměrný.
 - střídavý.

[11]

2.3 Hydraulické pohony

Hydraulické pohony patří díky svým výborným vlastnostem k základním typům pohonů u robotů a manipulátorů. Mezi přednosti hydraulických pohonů patří zejména velký výkon při malých rozměrech a malé hmotnosti, nízká hmotnost pohybujících se částí, snadná regulace rychlosti, plynulý chod, vysoká spolehlivost a možnost přímého připojení motoru s výkonnými součástmi. Jeho nevýhodou je potřeba odděleného energetického bloku zajišťujícího přípravu tlakové hydraulické kapaliny, obtížné dosažení vysokých pohybových rychlostí a závislost hydraulické kapaliny na vnějších podmínkách zejména na teplotě. [5]

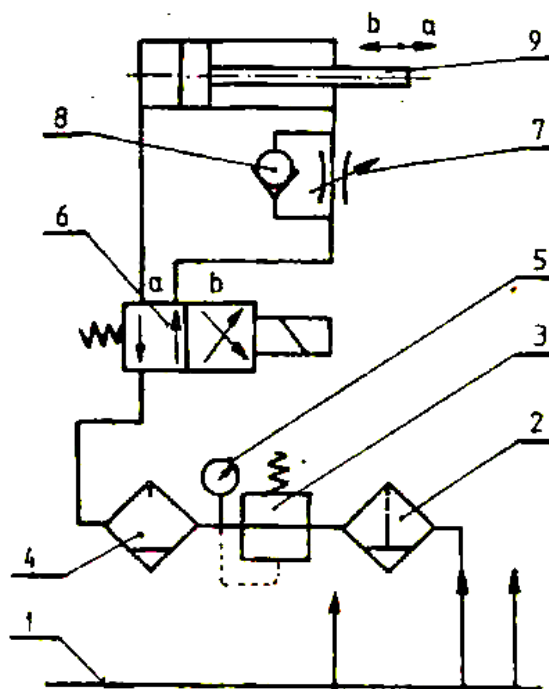


Obr. 19 – Hydraulický obvod (1 – hydrogenerátor, 2 – elektromotor, 3 – nádrž, 4 – filtr, 5 – pojistný ventil, 6 – manometr, 7 – hydromotor, 8 – rozvaděč, 9 – škrťací ventil, 10 – zpětný ventil) [5]

Lze tedy říct, že hydraulický pohon tvoří dvě základní části (Obr. 3). Část I. je tvořena vstupními výkonnými prvky - hydrogenerátorem 1 včetně pomocných a řídicích prvků (zásobník nádrže 3, filtr 4, pojistný ventil 5, tlakoměr 6). Vlastní hydrogenerátor je poháněn elektromotorem. U hydraulických pohonů se používají ve funkci hydrogenerátorů zubová, lamelová nebo šroubová čerpadla, popřípadě rotační pístová čerpadla. Část II. tvoří výstupní výkonové prvky (hydromotory) a řídicí prvky pro řízení rychlost a směru toku proudu hydraulické kapaliny (rozvaděč 8, škrťací ventil 9, jednosměrný ventil 10). [5]

2.4 Pneumatické pohony

Pneumatické pohony lze využít u průmyslových robotů a manipulátorů, ale i u jiných zařízení menšího výkonu. Je to dáno zejména nižším pracovním tlakem, který se pohybuje většinou kolem 0,6 MPa. Pneumatický pohon je zpravidla zásobován stlačeným vzduchem z centrálního zdroje 1 na, který navazuje skupina prvků tvořící zařízení pro úpravu vzduchu odlučovač vody s filtrem 2, redukční ventil 3, maznice 4 a tlakoměr 5. Další část tvoří řídicí prvky (rozvaděč 6, škrťací ventil 7 a zpětný ventil 8). [5]



Obr. 20 – Pneumatický obvod (1 – centrální rozvod, 2 – filtr s odlučovačem vody, 3 – redukční ventil, 4 – maznice, 5 – manometr, 6 – rozvaděč, 7 – škrťací ventil, 8 – zpětný ventil, 9 – pneumatický ventil) [5]

3 POJEZDOVÉ MECHANISMY OS

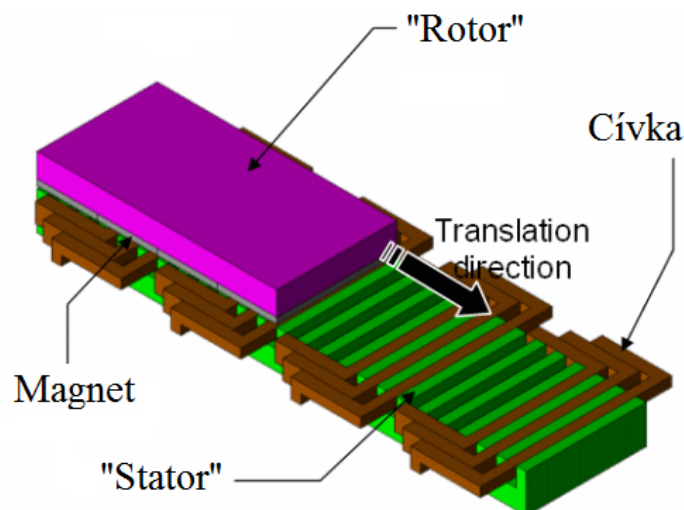
Pojezdový mechanismus, který tvoří klíčovou část 3osého manipulátoru, jež zprostředkovává translační pohyb jednotlivých os, může být vytvořen principiálně různými způsoby:

- Lineární motor.
- Rotační motor + ozubený řemen.
- Rotační motor + kuličkový šroub a matice.
- Rotační motor + ozubený hřeben.

3.1 Lineární motor

Lineární motory generují plynulou přímou lineární sílu. Lineární motor pracuje na indukčním principu a lze si ho tak představit jako klasický rotační motor rozvinutý do roviny, který umožňuje přímočarý pohyb bez zprostředkujícího převodu, jímž může být ozubený řemen, ozubený hřeben, anebo kuličkový šroub. [12]

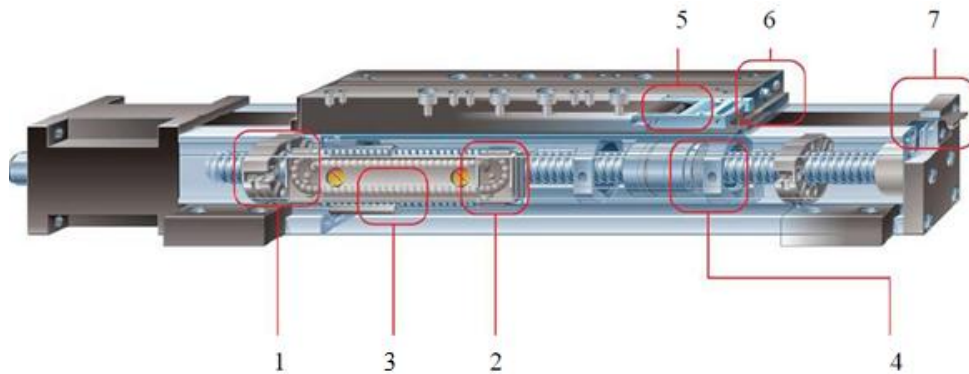
Lineární synchronní motory mají dvě části - magnetická dráha - „rotor“ (sekundární díl) a paket s třífázovým vinutím - „stator“ (primární díl) (Obr. 21). Tyto motory je možno využít v aplikacích vyžadujících vysokou tuhost, rychlost, dynamiku a téměř nulovou vůli. Používají se lineární motory synchronní, asynchronní, krokové a reluktanční v široké škále konstrukčních uspořádání, přičemž mnohé z nich jsou určeny pouze k úzce specializovanému využití. Lineární motor, zejména s delší drahou je však v porovnání s rotačním motorem o stejném výkonu finančně náročnější a vyvozuje menší posuvná síla v porovnání s jinými typy lineárních pohonů. [12]



Obr. 21 – Lineární servomotor

3.2 Rotační motor s převodovkou a kuličkovým šroubem s maticí

Lineární pohyb je u tohoto způsobu vyvozen maticí a kuličkovým šroubem, jež uvádí do pohybu rotační motor (Obr. 22). Výhodou tohoto řešení je vysoká účinnost, tuhost lineárního pohonu, vysoká přesnost polohování a vysoké akční síly avšak při menších posuvných rychlostech a omezené délce lineárního posuvu. [12]

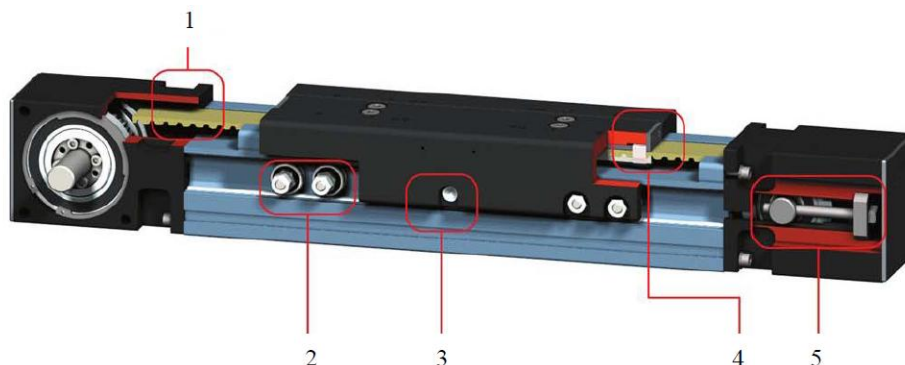


Obr. 22 – Lineární pohon vytvořen pomocí rotačního motoru a KŠM

(1 – uložení šroubu, 2 – systém vedení kuliček, 3 – klec, 4 – kuličkový šroub, 5 – mech. přesměrování krycí lišty, 6 – přívod maziva z centrálního mazání, 7 – napínací mechanismus) [12]

3.3 Rotační motor s převodovkou a ozubeným řemenem

Tato varianta předpokládá transformaci rotačního pohybu vyvozeného pohonnou jednotkou dané osy na pohyb lineární tím, že rotační motor rozpojuje ozubený řemen (Obr. 23). Toto řešení lineárního pohybu nevyžaduje mazání, a má tichý chod. V případě dlouhých pojezdových drah ale může docházet k rozvibrování dlouhého řemene. [12]



Obr. 23 – Lineární pohon vytvořen pomocí rotačního motoru a ozub. řemene (1 – ozubený řemen, 2 – valivá vodící kolejnice, 3 – přívod centrálního mazání, 4 – napínací mechanismus) [12]

3.4 Rotační motor s převodovkou a ozubeným hřebenem

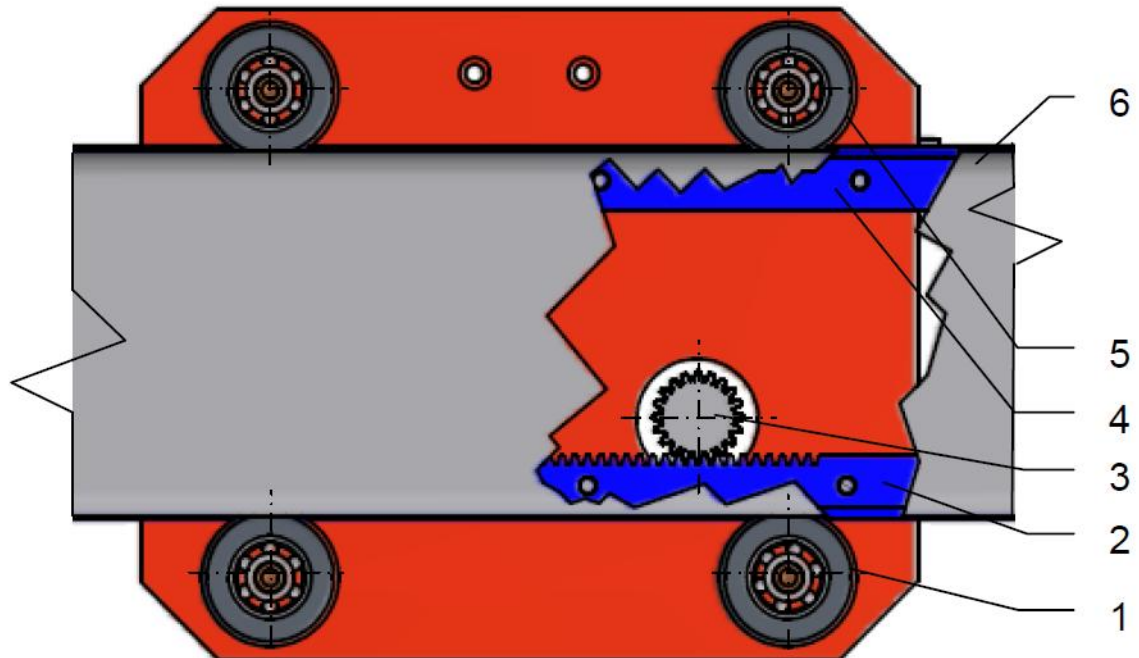
Tento případ transformace rotačního pohybu pastorku pohonné jednotky na lineární pohyb ozubeného hřebene (Obr. 24) je v oblasti pojezdových mechanismů manipulačních zařízení jeden z nejpoužívanějších především pro svou dobrou účinnost, značnou jednoduchost a relativně nízkou cenu. Lze ho použít takřka pro neomezeně dlouhé pojezdy. Rotační motor je v i v tomto případě doplněn téměř vždy o převodovku, která redukuje vysoké otáčky motoru na otáčky potřebné pro danou rychlost jednotlivé osy, čímž se navíc navyšuje velikost točivého momentu na výstupní hřídeli z převodovky (na pastorku) a rotační motor tak vychází pro požadované hodnoty krouticího momentu na danou osu menší, což je z hlediska finančních nákladů výhodné (to platí téměř výhradně pro elektrické rotační motory, které pracují s vysokými otáčkami). Tyto převodovky jsou nejčastěji buď planetové a nebo kuželočelní či šnekové, které umožňují navíc i vzájemné pootočení os výstupního hřídele převodovky vůči vstupnímu hřídeli o 90°. [12]



Obr. 24 – Transformace rotačního pohybu na lineární pomocí planetové převodovky a ozubeného hřebenu

Mechanismus zprostředkovávající převod rotačního pohybu na lineární je výrobcem buď implementovaný v nosném profilu dané osy a tvoří kompaktní celek s nosným profilem (lineární motor, rotační motor + ozubený řemen, rotační motor + kuličkový šroub a matice), nebo je nosný profil dané osy jako v případě rotačního motoru v kombinaci s ozubeným hřebenem dodáván a dimenzován zvlášť (Obr. 25). Přesnost tohoto způsobu

lineárního posuvu je potom dána součtem vůlí v ozubení hřebene a vůlí v převodovce. Dosahovaná opakovatelná přesnost výrobcem 3osých manipulátoru je až 0,05mm. [12]



Obr. 25 – Příklad lineárního posuvu manipulátoru pomocí ozubeného hřebene a pastorku, kde je lineární posun veden kladkami po kolejnici (1 – spodní vodící kladka, 2 – ozubený hřeben/vodící kolejnice, 3 – pastorek, 4 – vodící kolejnice, 5 – horní vodící kladka, 6 – nosný profil) [12]

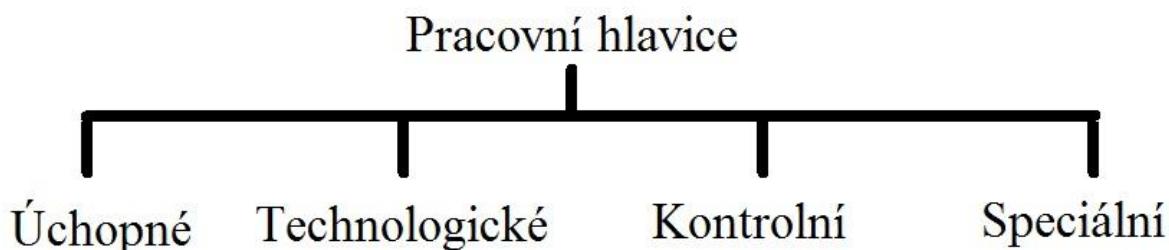
4 PRACOVNÍ HLAVICE MANIPULÁTORŮ

Pracovní hlavicí se rozumí ta část konstrukce robotu nebo manipulátoru, která bezprostředně realizuje příslušnou operaci. Tvoří výstup celého zařízení.

Průmyslové roboty a manipulátory mohou být nasazeny pro realizaci nejrůznějších úkolů, a proto se může provedení jejich pracovních hlavic navzájem výrazně lišit. Nejčastěji jsou roboty a manipulátory určeny pro tyto funkce:

- Vkládání předmětu do prostoru výrobního zařízení, jejich vyjímání a ukládání do palety nebo k dalšímu zpracování.
- Přemísťování předmětů mezi jednotlivými pracovišti při realizaci technologického postupu – tzv. mezioperační manipulace.
- Realizace technologických operací, popř. celých procesů. Zde patří např. montážní operace, svařování.

Pracovní hlavice se podle uplatnění průmyslových robotů a manipulátoru ve výrobě dělí na čtyři skupiny. [4]



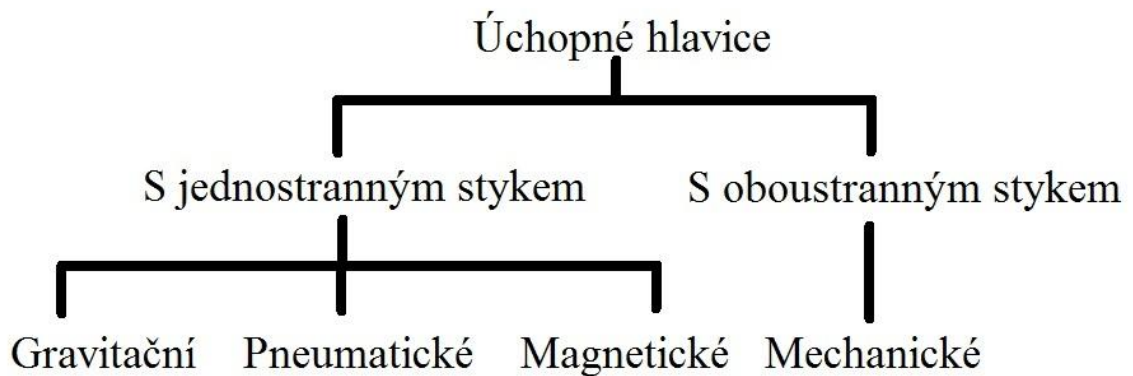
Obr. 26 – Dělení pracovních hlavic

Jsou obvykle na konci hlavního pohybového systému nebo jsou ovládány pomocným pohybovým systémem, označovaným jako pohybový systém zápěstí. Konstrukční řešení pracovní hlavice musí umožňovat kompenzaci nepřesností pohybu vlastního PR a M i nepřesnosti vlivem polohy a orientace přenášených předmětů. Tento úkol bývá řešen vložením vhodného, obvykle mechanického, deformačního členu. [4]

4.1 Úchopné hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

„Při zachycení objektu v úchopné hlavici jsou v rovnováze vnější síly, působící na objekt. Síly, jejichž působením je držen objekt, označujeme jako úchopné síly.

Uchopení objektu je doprovázeno mechanickým stykem tzv. úchopných prvků hlavice s povrchem objektu a prakticky použitelné technické prostředky umožňují uchopení objektu dvěma způsoby.“ [14]



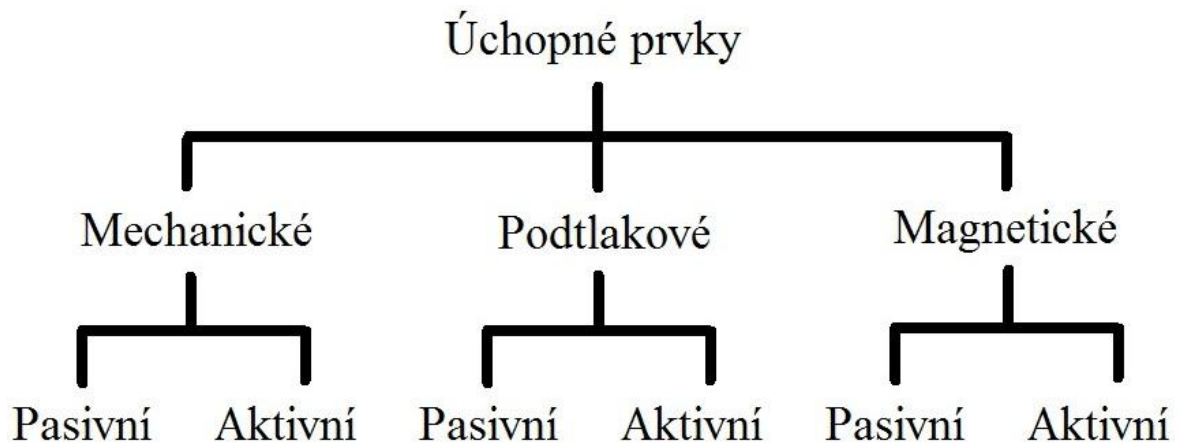
Obr. 27 – Rozdělení úchopných hlavic

„Při uchopení s jednostranným mechanickým stykem s hlavicí se využívá působení gravitačních, magnetických a podtlakových sil. V druhém případě jsou úchopné síly vyvozeny mechanickými prostředky a působí proti sobě v protilehlých částech povrchu tělesa. Jde o stejný princip mechanického uchopení, jaký je s velkou rozmanitostí využíván lidskou rukou. U technických realizací jde o konstrukce úchopných hlavic s mechanickými čelistmi.

Úchopná hlavice realizuje v rámci manipulačního cyklu funkci, která se projevuje dvěma stavy: "uchopení - uvolnění"; přitom tyto dva stavy, vztažené k objektu mohou být zajištěny buď přímým řízením úchopné síly vyvozené vlastní hlavicí, nebo je uchopení popřípadě uvolnění objektu vázáno na vnější silové působení na objekt nebo hlavici. V prvním případě je funkce úchopné hlavice řízena řídicím systémem manipulátoru, v druhém případě je bezprostředně mechanicky vázána na polohu hlavice vzhledem k spolupracujícímu zařízení. Jako příklad lze uvést kleštinu, která musí najet na povrch součásti, aby došlo k uchopení. Na druhé straně se uvolnění provede nuceným stažením součásti z kleštiny třeba působením jednosměrných západek na zásobníku. Podobným způsobem pracují hlavice s permanentními magnety, s deformačními přísavkami, volnými prizmatickými lůžky apod.“ [14]

„Hlavními částmi struktury úchopné hlavice jsou tzv. úchopné prvky, které jsou umístěny na nosné části hlavice. Úchopné prvky přicházejí do styku s povrchem objektu a realizují zachycení objektu v hlavici.

Úchopné prvky, jejichž funkce může být bezprostředně ovládána řídicím systémem, se označují jako aktivní úchopné prvky. Obdobně pod označením pasivní úchopné prvky se rozumí prvky, které umožňují uchopení objektů při manipulaci, ale úchopnou sílu nelze přímo ovládat řídicím systémem - (úchopné prvky bez přímého ovládacího vstupu). V souvislosti s principy uchopení objektů a s uvažováním rozdělení podle možnosti ovládnutí úchopné síly budeme rozlišovat úchopné prvky:



Obr. 28 – Rozdělení schopných prvků

Úchopné hlavice sestavené jen z mechanických prvků se označují jako mechanické úchopné hlavice a z prvků magnetických magnetické úchopné hlavice. Kombinací úchopných prvků různého druhu vznikají úchopné hlavice mechanicko-podtlakové, mechanicko-magnetické apod. V rámci naznačených typů hlavic mohou být použity v různé kombinaci aktivní i pasivní prvky.

Počet úchopných prvků v konstrukci úchopné hlavice závisí na prostorové členitosti, rozměrech, tuhosti a hmotnosti objektu, podíl počtu pasivních a aktivních prvků v celkovém počtu úchopných prvků je určován především požadavky na přesnost zachycení objektu v hlavici. Podle počtu úchopných prvků se rozlišují úchopné hlavice jednovprvkové nebo více prvkové.“ [14]

4.1.1 Mechanické úchopné hlavice

Mechanické úchopné hlavice mají nejméně dva úchopné prvky. Oba úchopné prvky mohou být pohyblivé nebo je pohyblivý jenom jeden a druhý je pevný. Pohyblivé prvky mohou vykonávat pohyby otočné, posuvné nebo obecné. V závislosti na způsobu vyvození upínací síly rozlišujeme pasivní a aktivní mechanické úchopné hlavice.

4.1.1.1 Pasivní úchopné mechanické hlavice

„Pasivní mechanické hlavice se vyznačují konstrukční jednoduchostí a používají se při manipulaci s lehčími objekty jednoduchého tvaru. Jde tedy zejména o malé příruby, kroužky, hřídele apod. Jsou sestaveny z pevných a odpružených prvků bez pohonu.

Pro minimální rozsah struktury pasivní úchopné hlavice - tj. tedy pro hlavici se dvěma úchopnými prvky - přicházejí v úvahu dvě koncepce (Obr 29).“ [14]



Obr. 29 – Dva odpružené úchopné prvky (čelisti) / jeden pevný, jeden odpružený prvek (čelist) [14]

Počet prvků těchto pasivních mechanických úchopných hlavice je obecně určen především tvarem a rozměry manipulovaného předmětu, popřípadě na základě požadavků na přesnost jeho polohy v hlavici.

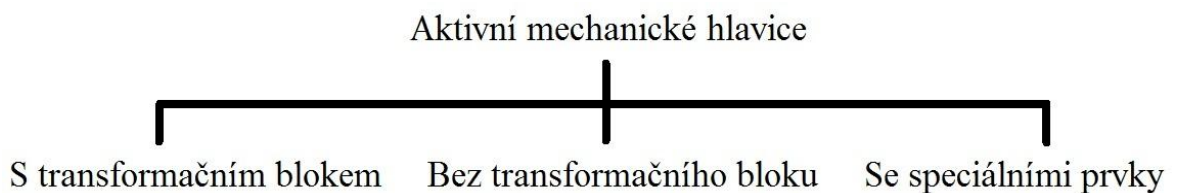
Nejjednodušší hlavice s otevřenými lůžky se používají jen při manipulaci v horizontální rovině a pohyb musí být plynulý, aby nedošlo k vypadnutí manipulovaného předmětu z lůžka.“ [14]

4.1.1.2 Aktivní úchopné mechanické hlavice

Aktivní mechanické hlavice obsahují alespoň jeden pohyblivý prvek s vlastním pohonem. Jsou tedy charakterizovány možností ovládní pohyblivých čelistí způsobem obdobným, jako je uchopení manipulovaného předmětu lidskou rukou. Podle toho jsou rovněž tyto hlavice nazývány jako mechanická chapadla a mimo nosnou část jsou složeny

z tzv. aktivních úchopných prvků, tvořících ovládané pohyblivé čelisti a prvků pasivních (opěrných).

Vzhledem k velkému počtu a rozmanitosti typů a tvarů manipulovaných polotovarů je i velký počet použitelných úchopných hlavic. Pro každý typ a druh předmětu je možné zvolit většinou několik způsobů uchopení, kterým odpovídá rovněž různé konstrukční uspořádání a varianty řešení hlavic.



Obr. 30 – Rozdělení aktivních mechanických hlavic

V obecném případě je vnitřní struktura částí hlavice s aktivním prvkem (aktivními prvky) tvořena třemi bloky: motor, transformační blok (mechanický převod) a aktivní úchopný prvek (čelist, prst).

U hlavic bez transformačního bloku je výstup motoru přímo spojen s úchopným prvkem. Toto řešení má význam především u hlavic s jedním aktivním prvkem, neboť je zřejmé, že v případě několika aktivních prvků má každý prvek samostatný motor a protože je prakticky nemožné zajistit jejich synchronní činnost, je neurčitá i poloha uchopeného objektu v hlavici.

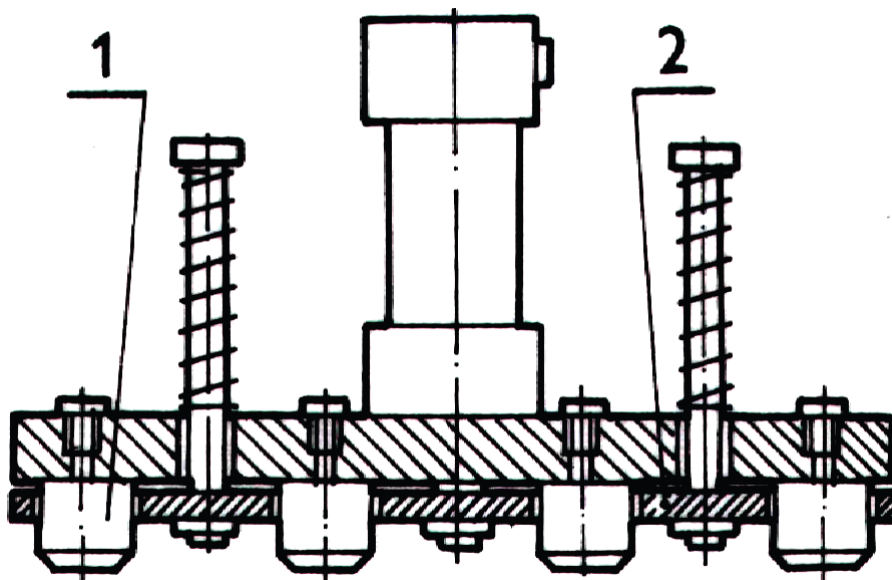
V případě integrované struktury bez transformačního bloku, nelze oddělit pohon od úchopného prvku, neboť spolu splývají. Jde o prvky většinou speciálně vyvinuté pro konstrukce úchopných hlavic a lze je tedy označit jako nekonvenční. Úchopné prvky tohoto typu konají často obecný pohyb a přitom se přizpůsobují tvaru objektu. [14]

4.1.2 Magnetické úchopné hlavice

Používají se při manipulaci s předměty z feromagnetických materiálů.

4.1.2.1 Pasivní úchopné magnetické hlavice

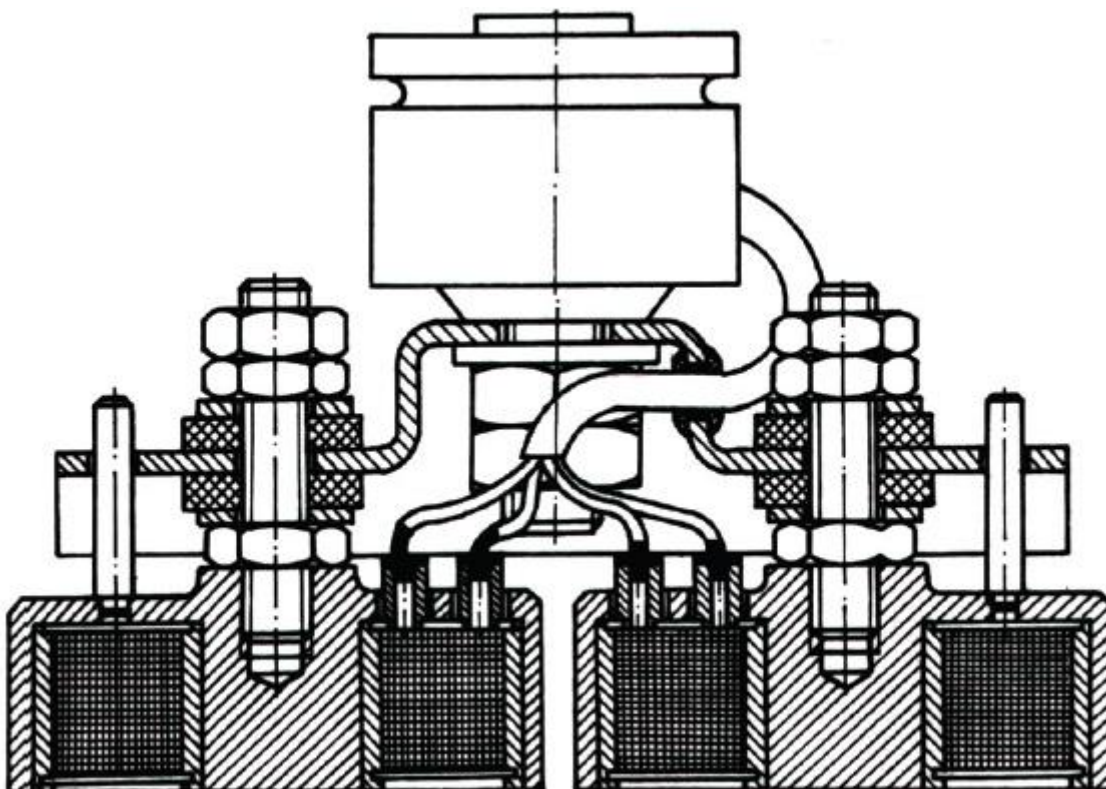
„Jedná se o úchopné prvky s permanentními magnety. Používají se při manipulaci s magnetickými předměty většinou menších rozměrů a hmotností. Jde například o plechové výlisky, kroužky, podložky apod. Jejich velkou předností je především jednoduchá konstrukce, představující většinou soustavu, složenou ze vsazených tyčových permanentních magnetů. Počet a rozmístění magnetů se jednoduše přizpůsobí tvaru předmětu a požadované úchopné síle. Nevýhodou pasivních magnetických chapadel jsou zvýšené požadavky na přídatné mechanismy pro oddělení uchopených předmětů od chapadel. V nejjednodušších případech se uvolnění uchopených předmětů realizuje tangenciálním stáhnutím chapadla z předmětu pohybem ramene robotu, přičemž předmět je zadržený nárazkou, dorazem, nebo zachycený spolu komunikujícím zařízením. Převážná část magnetických chapadel s permanentními magnety využívá vlastní mechanismus k uvolnění uchopených předmětů. Tato přídatná funkce je programově řízená, čímž se fáze uvolování stává aktivní. Řešení chapadla (obr) má permanentní magnety uložené v samostatných pouzdrech, připevněných k nosnému rámu chapadla. Pro vyhazování je použitý pneumatický válec, orientovaný kolmo na uchopované předměty, jehož pístnice je spojená s výsuvnou deskou, uloženou v posuvných vedeních nosného rámu.“ [15]



Obr. 31 – Magnetické chapadlo s výsuvným vyhazovačem (1 – pouzdro s permanentními magnety, 2 – výsuvná deska) [15]

4.1.2.2 Aktivní úchopné magnetické hlavice

„Aktivní magnetické úchopné hlavice využívají elektromagnetů, ponejvíce napájených stejnosměrným proudem, při čemž jejich funkce je obdobná, jako u pasivních hlavice, využívajících permanentních magnetů, pouze k uvolování součástí není třeba strhávacího pohybu, ale mělo by stačit vypnutí proudu do elektromagnetu, jehož budící vinutí bývá někdy uloženo přímo ve stykové desce. Působením stejnosměrného magnetického pole se objekt při uchopení zmagnetuje, což může působit potíže při jeho uvolování. Proto se většinou po přerušení přívodu proudu provádí odmagnetování krátkodobým obrácením směru proudu v magnetických cívkách. Tím se zruší remanentní magnetismus v objektu a usnadní se uvolnění objektu z hlavice.“ [15]



Obr. 32 – Elektromagnetické chapadlo s dvojicí uchopovacích jednotek [15]

4.1.3 Pneumatické úchopné hlavice

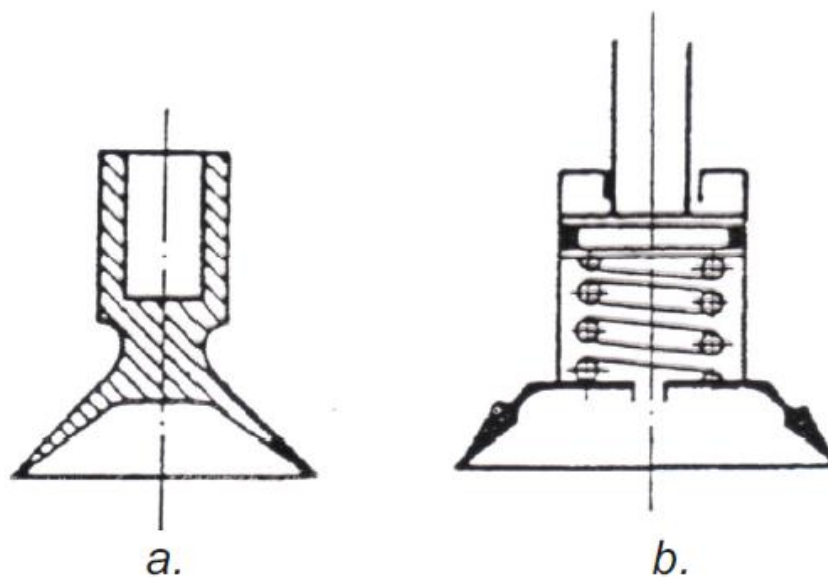
Do této skupiny patří přetlakové a podtlakové úchopné hlavice.

4.1.3.1 Pasivní úchopné pneumatické hlavice

Pasivními podtlakovými úchopnými prvky jsou pružné deformační přísavky. K uchopení předmětu dochází přitlačením přísavky na jeho povrch, nebo se deformací přísavky zmenší objem jejího vnitřního prostoru, který se pružností stěn po uchopení opět do určité míry zvětší, čímž vznikne žádoucí podtlak. Vyvozená úchopná síla závisí vedle plochy styku s předmětem též na tvaru a tuhosti přísavky. Definitivní stanovení úchopné síly se neobejde bez experimentu, při čemž je nutno vycházet z údajů výrobce přísavek.

Podstatnou podmínkou pro bezpečné uchopení předmětu je vysoká těsnost styku. Ta je podmíněna především hladkým a kvalitním povrchem. Z těchto důvodů se deformačních přísavek používá u úchopných hlavic při manipulaci s předměty typu rovných desek, například plechových a skleněných tabulí apod. K zaručení těsného přilnutí přísavky na povrch předmětu se někdy používá viskózních tekutých látek, které se před najetím přísavky rozstříkují do prostoru styku.

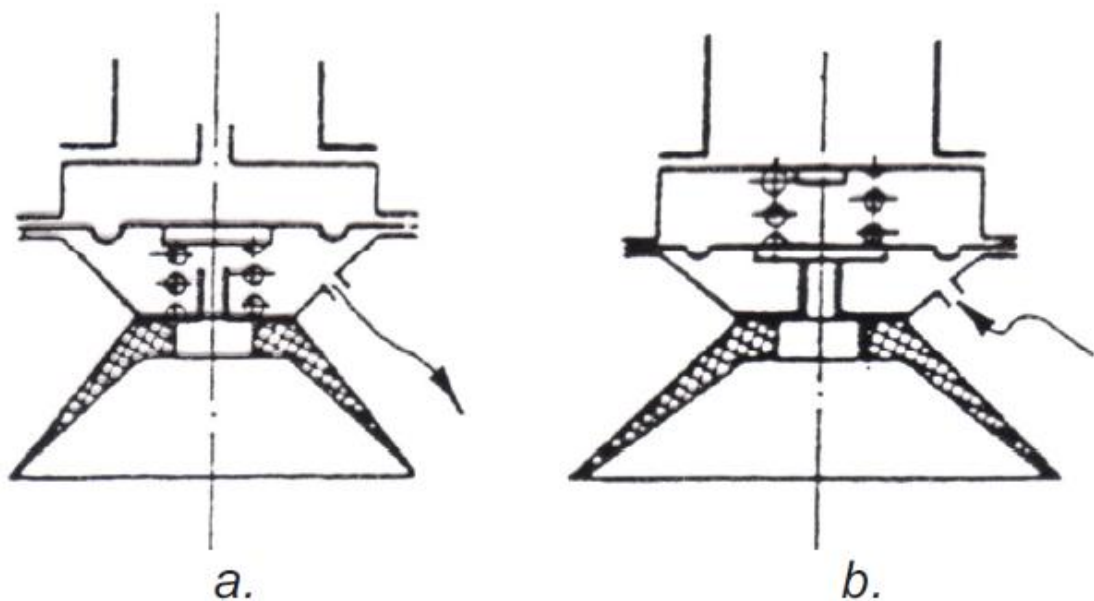
Používají se dvě základní provedení deformačních přísavek. Příklad řešení pryžové deformační přísavky a) s uchycením na čep (Obr. 33). Delší poddajná válcová část umožňuje přizpůsobení i mírně zakřivenému povrchu manipulovaného objektu. [15]



Obr. 33 – Základní provedení deformačních přísavek: a) pryžová deformační přísavka s uchycením na čep, b) přísavka s odpruženým pístem) [15]

Není-li zaručen dostatečně hladký povrch objektu, je možno použít provedení b) (Obr. 33). Proměnný vnitřní objem je vytvořen jako válec s odpruženým pístem. V závislosti na velikosti proměnného objemu je možno udržovat podtlak i při určitých netěsnostech styku pryžové planžety s povrchem objektu. Velikost úchopné síly se dá nastavit při stejné činné ploše manžety změnou tuhosti pružiny.

Uvolování objektu z přísavky se provádí stejným způsobem jako u ostatních typů pasivních úchopných prvků, nejlépe pohybem v tangenciálním směru. U deformačních přísavek je možno řešit uvolnění objektu i jiným způsobem. [15]

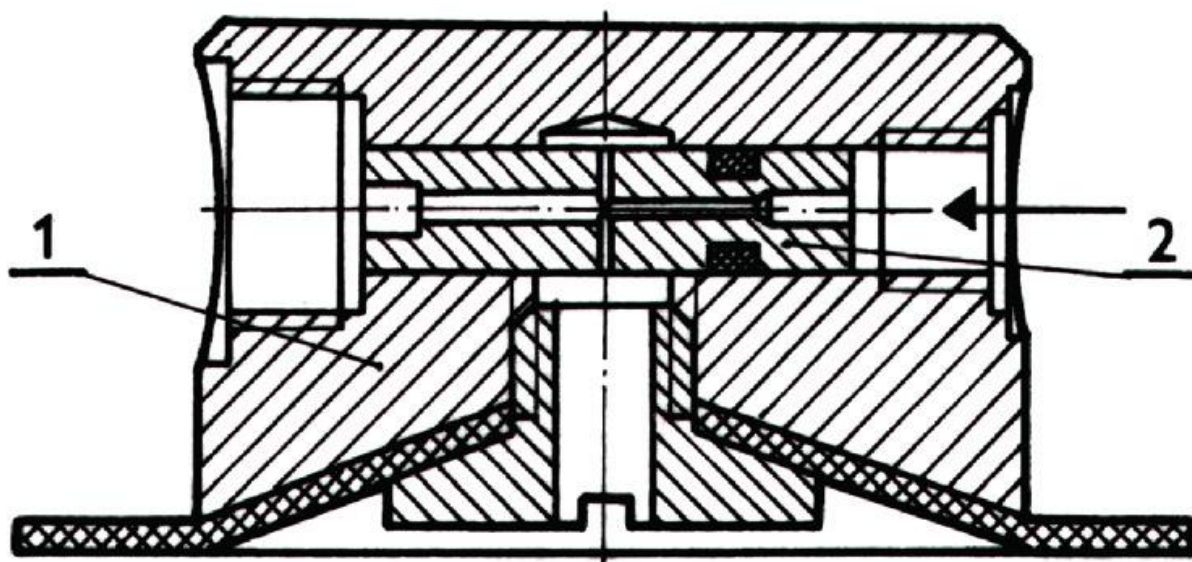


Obr. 34 – Deformační přísavky s pomocnými ventily: a) uvolnění objektu zrušením ovládacího signálu, b) uvolnění objektu přivedením ovládacího signálu) [15]

Přísavka a. (Obr. 34) doplněná pomocným ventilem, ovládaným prostřednictvím membrány, která je tlakem vzduchu (ovládacím signálem) prohnutá směrem dolů a uzavírá tak proti síle pružiny podtlakovou komoru přísavky. Při zrušení pneumatického ovládacího signálu nad membránou se tato vyrovná, čímž se otevře šipkou naznačená cesta pro vyrovnání tlaku uvnitř přísavky s okolím a dojde ke zrušení úchopné síly bez nutnosti odtrhávání přísavky. Obdobným způsobem může být provedeno toto řešení s ventilem, ovládaným elektromagnetem. U provedení b. (Obr. 34) se při uvolování objektu zavede pneumatický tlakový impuls pod membránu. Kromě zrušení podtlaku uvnitř přísavky se zároveň dosáhne stržení zejména lehčích předmětů, které mohou jinak na přísavce ulpět. [15]

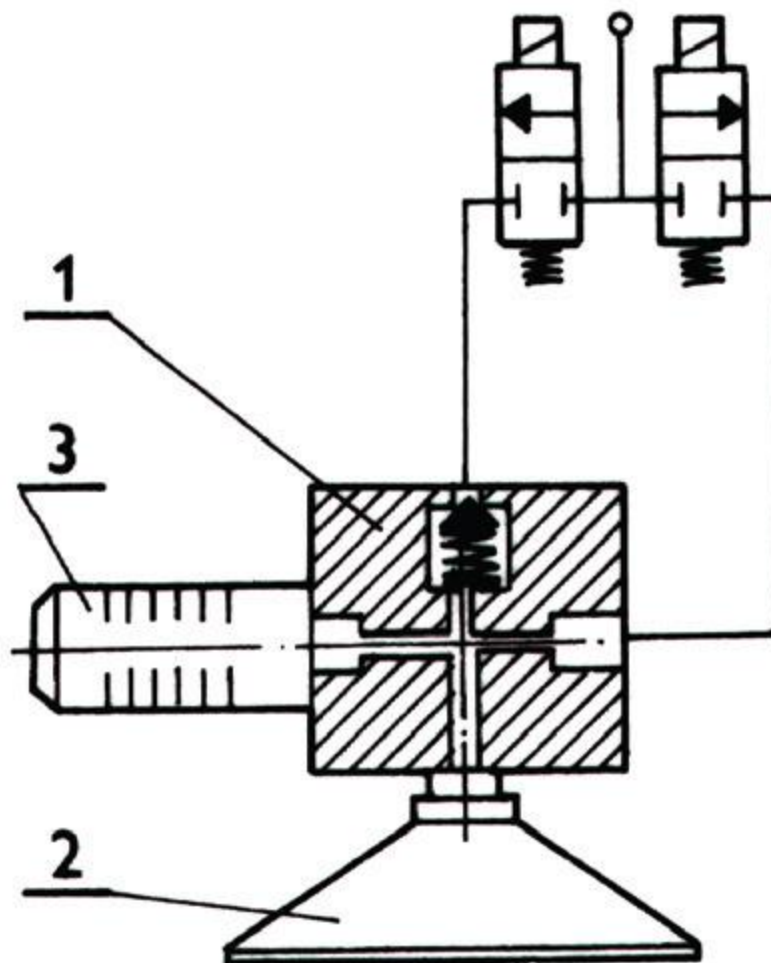
4.1.3.2 Aktivní úchopné pneumatické hlavice

Mezi aktivní úchopné výstupní hlavice PRaM patří podtlakové systémy, které jsou označovány také jako podtlakové komory, využívající ke své činnosti vývěv nebo ejektorů. Ejektor je odsávací nebo čerpací tryskové zařízení, které je poháněno proudem vody, plynu nebo páry. Při použití vývěvy se připojuje na společné odsávací vedení i více podtlakových komor. Velikost podtlaku je dána typem vývěvy, běžný je rozsah 30 až 80 kPa. U úchopných hlavice s ejektorem se používá jednak připojení několika podtlakových komor na společný ejektor, nebo je každá komora vybaveny samostatným ejektorem. V druhém případě tvoří většinou podtlaková komora s ejektorem jeden celek (Obr. 35). [15]



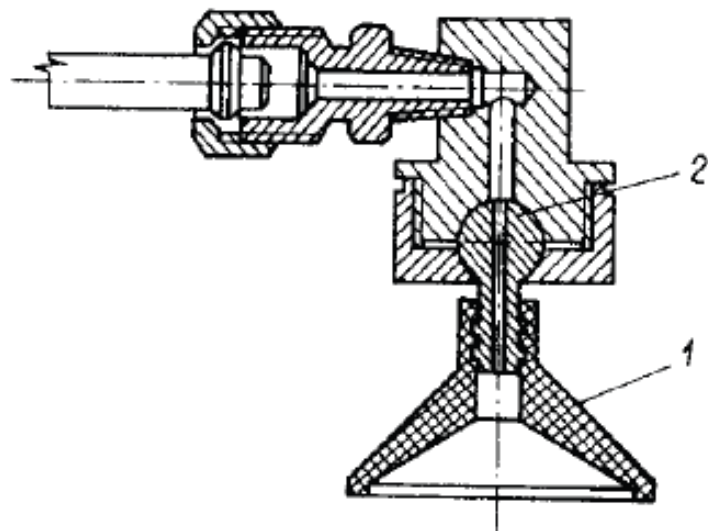
Obr. 35 – Integrovaná podtlaková přísavka s ejektorem [15]

Předností ejektorových podtlakových hlavice vzhledem k řešení s vývěvou je nesrovnatelně nižší cena, na druhé straně je ale nepříznivá velká spotřeba stlačeného vzduchu. Ejektory jsou tedy vhodné pro menší úchopné hlavice. Ovládání ejektorové podtlakové hlavice, vybavené na výfuku tlumičem hluku, ejektorový blok (Obr. 36) je doplněný o další vstup, kterým je možné přivádět do podtlakové komory tlakový vzduch a to v případě potřeby rychlého uvolování uchopených objektů. [15]



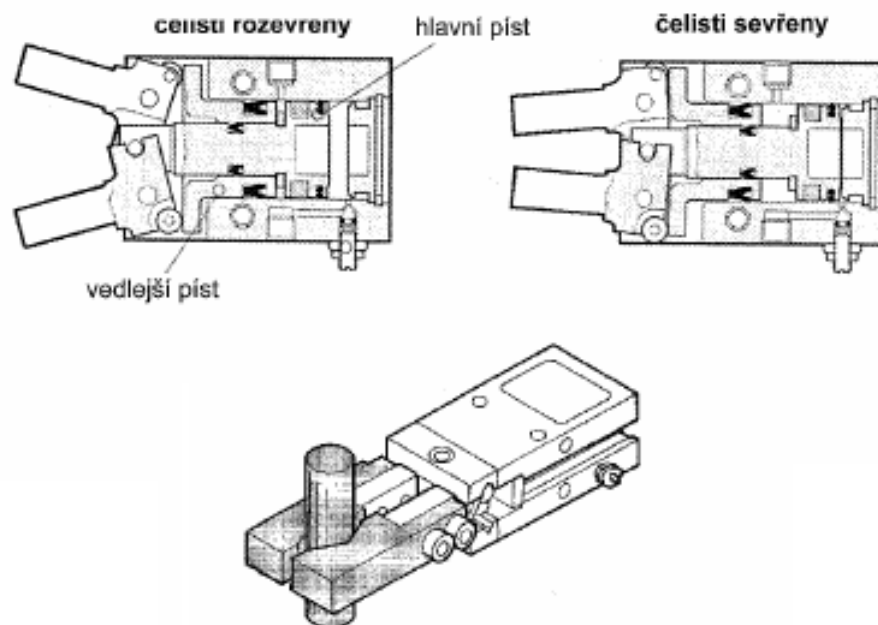
Obr. 36 – Příklad ovládání ejektorové přísavky (1 – ejektorová hlavice, 2 – uchopovací manžeta, 3 – tlumič hluku) [15]

Vlastní konstrukce podtlakových komor je jednoduchá. U jednodušších provedení je možné podtlakovou komoru vytvořit z pryžového kotouče, který se stažením mezi kovové vložky zdeformuje do nálevkovitého tvaru. Odsávací vedení se připojí na montážní šroub s průchozím otvorem. Dokonalejší, zejména pokud jde o těsnost, jsou podtlakové komory vytvarované průmyslově ve vulkanizačních formách. Podtlaková úchopná hlavice sestává z jedné, nebo více podtlakových komor s příslušným uložením a vybavením. Příklad provedení podtlakového prvku (Obr. 37). Hlavní částí je podtlaková komora 1, která je v tomto případě řešena jako pryžová manžeta, nasazená na dřívku kulového čepu 2, který umožňuje přizpůsobení polohy povrchu předmětu. [15]



Obr. 37 – Provedení aktivního podtlakového prvku s vyrovnáním polohy na kulovém čepu
(1 – přísavka, 2 – kulový čep) [15]

Základním prvkem schopných hlavic (Obr. 38) jsou čelisti vhodného tvaru a počtu pro daný uchopovací předmět. [13]



Obr. 38 – Schopná hlavice [13]

4.2 Technologické hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

Technologické hlavice jsou výstupní pracovní částí především průmyslových robotů a bezprostředně realizují příslušnou technologickou operaci. Podle charakteru prováděné operace se rozlišují technologické hlavice svařovací, stříkací, montážní aj.

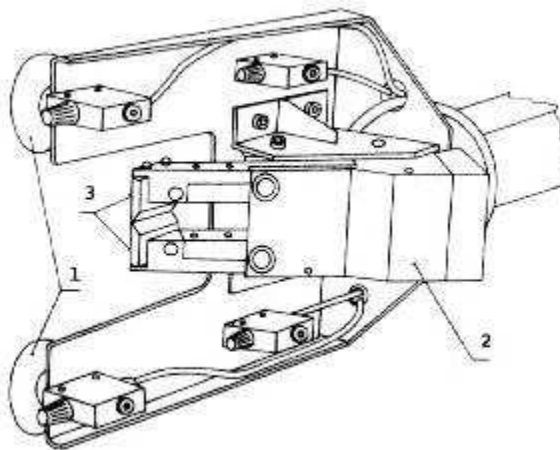
Konstrukce robotu zajišťuje nastavování polohy technologické hlavice v prostoru podle požadavků technologické operace. Vlastní funkce technologické hlavice je zajišťována zpravidla samostatným systémem. Například při vybavení robotu svařovací hlavici pro obloukové svařování je součástí této hlavice systém pro přísun svařovacího drátu a hlavice je spojena s regulačním systémem pro udržování optimálních parametrů při svařování.

Velká pozornost se věnuje realizaci automatické montáže s využitím průmyslových robotů. Tato automatizace montáže klade vysoké nároky na konstrukci speciálních montážních hlavic. Montážní hlavice se řeší při respektování těchto podmínek:

- Schopnost přizpůsobení relativní polohy při montážním pohybu součástí.
- Řízení montážní síly. [6]

4.3 Kombinované hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

Kombinované hlavice mohou zajišťovat v rámci jedné konstrukce dvě i několik funkcí. Jde například o kombinaci úchopné a technologické funkce (Obr. 39). [8]



Obr. 39 – Příklad kombinované hlavice (1 – přísavky, 2 – schopná hlavice, 3 – stříhací čelisti) [8]

„Tato hlavice umožňuje manipulaci s výstřiky s paralelní realizací technologické operace odstřížení vtoku. Úchopná část je opatřena čtyřmi podtlakovými ejektorovými komorami 1, technologickou část tvoří pneumaticky ovládané nůžky 2, zakončené břity 3. Popsaný typ kombinované pracovní hlavice se projeví v dané aplikaci na jedné straně ve zkrácení pracovního cyklu, neboť se překrývá čas pro manipulaci při vyjímání výstřiku ze stroje s časem pro oddělení vtoku. Druhým efektem je zjednodušení struktury pracoviště, u kterého je ostříhovací stanice nahrazena integrací technologické části do pracovní hlavice. Významná je i skutečnost, že odpadá nutnost řešení zakládání výstřiku do ostříhovací stanice a jeho vyjímání.“ [8]

4.4 Speciální hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

Speciální pracovní hlavice jsou určeny pro činnosti, které nejsou zastoupeny u předcházejících kategorií. Může jít o činnosti, které by ohrožovaly zdraví člověka (např. manipulace s radioaktivními látkami, doplňování paliva letadel atd.)



Obr. 40 – Příklad speciální hlavice

5 PNEUMATICKÉ PRVKY

Pneumatické prvky se v dnešní době v oblasti průmyslové automatizace, ale i jiných odvětvích prosazují hlavně díky užití poháněcího media – vzduchu. Výsledným řešením jsou jednoduché konstrukce s praktickým, bezpečným a životní prostředí neničícím efektem. Následkem absence odpadní větve, kterou potřebují hydraulické systémy, jsou také efektivnější z pohledu cena / výkon. [13]

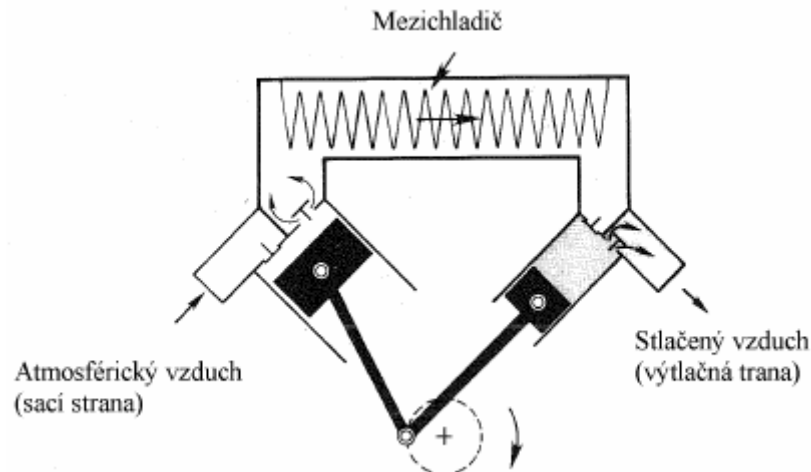
Základní rozdělení pneumatických prvků podle jejich zařazení a funkce v pneumatickém obvodu:

- Pneumatické motory přímočaré a rotační mění energii stlačeného vzduchu na mechanickou práci a jsou výkonným prvkem pneumatického pohonu.
 - Prvky pro úpravu stlačeného vzduchu jako jsou čističe, regulátory tlaku, tlakové maznice zabezpečují optimální kvalitu stlačeného vzduchu jeho čišněním, tlakovou stabilizací a v případě potřeby přimazáváním olejem.
 - Prvky pro řízení směru pohybu, rozvaděče, které plní funkci řízení směru pohybu pneumatických motorů a řízení jednotlivých částí pracovních fází pracovních cyklů pneumatických obvodů
 - Pomocné prvky slouží k zabezpečení správné a spolehlivé funkce pneumatické soustavy, případně vykonávají další požadované funkce, které jsou z hlediska činnosti hodnocené jako pomocné funkce.
 - Příslušenství k pneumatickým prvkům tvoří hadice, rozvodné desky, šroubení apod.
- [11]

5.1 Zdroje stlačeného vzduchu

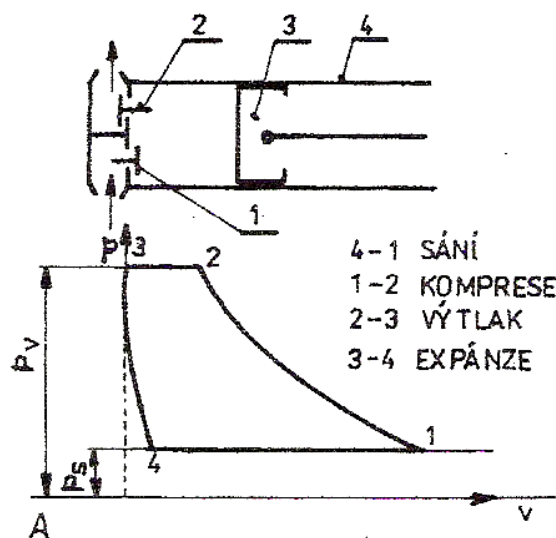
„Stroje neboli kompresory stlačují atmosférický tlak na požadovaný. Pro výběr konkrétního druhu kompresoru je rozhodující požadovaný tlak a požadované množství stlačeného vzduchu.

V pneumatice se tlak udává většinou v barech ($1 \text{ bar} = 105 \text{ N/m}^2 = 0,1 \text{ MPa}$) a požadované množství v litrech za minutu (l/min) nebo za sekundu (l/sec). Je třeba připomenout, že vzduch je směs dusíku (78 %), kyslíku (20 %) a dále malého množství vodíku, neonu, argonu a vodních par.“ [13]



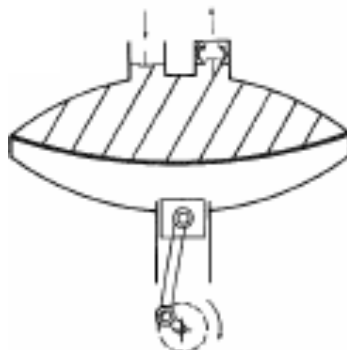
Obr. 41 – Pístový kompresor [13]

Pístové kompresory (Obr. 41) se používají jako jednostupňové (asi do tlaku 10 barů) dále jako dvoustupňové. Hlavní části jsou samočinné ventily s klikovým mechanismem opatřeným většinou trubkovým pístem. Ventily se otvírají přetlakem a podtlakem nad pohybujícím se pístem. Pro vyšší tlaky klesá účinnost, roste teplota stlačeného vzduchu, a proto se užívají dále dvoustupňové stroje, které mají mezi prvním a druhým stupněm mezichladič. Výstupní teplota z takového kompresoru je asi $120 \text{ }^\circ\text{C}$. Pístovými kompresory můžeme dosáhnout až 1000 barů.



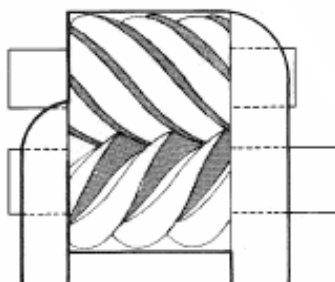
Obr. 42 – Charakteristika pístového kompresoru

Mezi další nejpoužívanější kompresory se řadí membránový kompresor (Obr. 43), který se využívá pro tlaky do 5 barů a dodává čistý stlačený vzduch bez stop oleje. Používá se v potravinářství, farmacii. [13]



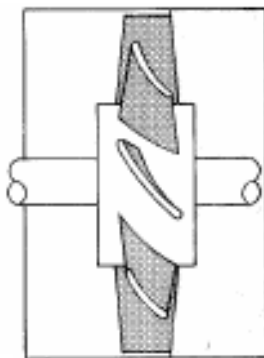
Obr. 43 – Membránový kompresor [13]

Mezi další zástupce patří šroubový kompresor (Obr. 44). Užívá se do 10 barů, pracuje s olejem, který se na výtlačné straně musí opět odloučit. (Klimeš, 2009, s. 59)



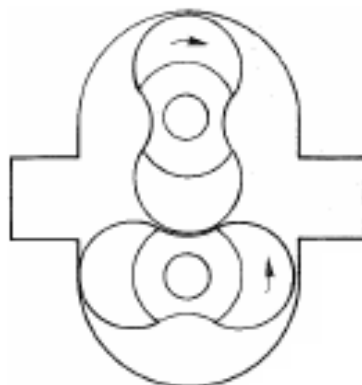
Obr. 44 – Šroubový kompresor [13]

Plyny lze stlačovat i průtokem lopatkovým kolem (axiálním), stroj se pak nazývá lopatkový kompresor (Obr. 45). Tlaky až 14 barů pro axiální kola, 80 barů pro radiální kola. [13]



Obr. 45 – Lopatkový kompresor [13]

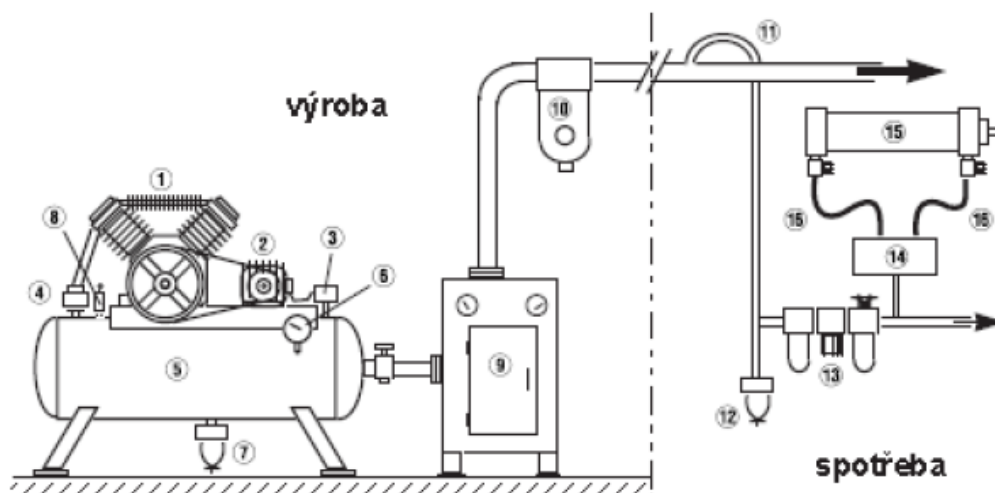
Posledním je potom Rootsovo dmychadlo (Obr. 46). Jeho výhodou je jednoduchost a spolehlivost, tlaky jsou do 3 barů. [13]



Obr. 46 – Rootsovo dmychadlo [13]

5.2 Základní dispozice rozvodu stlačeného vzduchu

Základní obvod (Obr. 47) se skládá ze dvou hlavních úseků. Výroba a spotřeba stlačeného vzduchu. Do výrobního úsek patří: kompresor 1, elektromotor 2, tlakový spínač 3 (v závislosti na tlaku ve vzdušníku zapíná a vypíná pohon), zpětný ventil 4 (brání průtoku od vzdušníku k kompresoru), vzdušník 5 (zásobník stlačeného vzduchu), manometr 6 (měří hodnotu tlaku vzduchu ve vzdušníku), automatické odpouštění kondenzátu 7 (ten se vylučuje ze vzduchu ochlazením ve vzdušníku, závisí na rosném bodu a relativní vlhkosti vzduchu), přetlakový pojistný ventil 8 (zařízení jistící funkci tlakového spínače, které chrání vzdušník proti překročení provozního tlaku), vysoušení stlačeného vzduchu vymrazováním 9 (odloučí kondenzát a tím se dosáhne nízkého rosného bodu a lze tak odstranit až 70% vlhkosti obsažené v stlačeném vzduchu), filtr hlavní větve potrubí 10. [13]



Obr. 47 – Základní obvod [13]

V úseku spotřeby už bývají připojeny různé spotřebiče. Zde (Obr. 47) je pohon pneuválce. 11 spotřební odbočka 11 (musí být uspořádána tak, aby do ní nemohl stékat kondenzát z hlavní větve, takže hlavní větev má mít sklon asi 2%), automatické odpouštění kondenzátu spotřební větve 12, úprava stlačeného vzduchu 13 (nejčastěji kombinace filtru, regulačního ventilu a olejovače), ventil 14 (ovládací prvek pro pneuválec, který určuje jeho pohyb), pneuválec 15 (obecně výkonový prvek pro posuvný, kyvný, rotační pohyb), škrťací ventil se zpětným ventilem 16 (obecně řídicí prvek). [13]

5.2.1 Regulace kompresorů

„U malých kompresorů dochází k vypnutí pohonu (nejčastěji elektromotoru). Po poklesu tlaku (např. o 0,2 až 0,4 bar) se pohon opět zapne.

U velkých kompresorů dochází pouze k odpojení kompresoru od výtlačné větve, tj. výtlačný ventil může být odtlačován v době výtlaku, nebo sací ventil odtlačován v době komprese apod. Kompresor tedy běží tzv. „naprázdno“.“ [13]

5.3 Úprava stačeného vzduchu

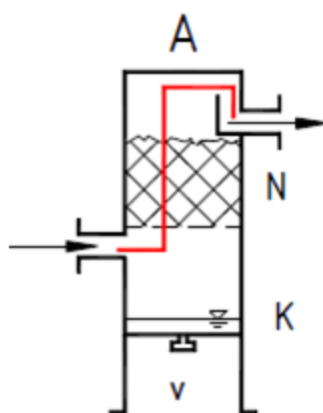
„Aby prvky pneusystémů dobře a bezporuchově pracovaly je třeba vzduch upravit. Je tedy potřeba:

- Odstranit vlhkost.
- Odstranit mechanické nečistoty (prach, produkty koroze, částice spojovacích prvků apod.).
- Odstranit bakterie, viry, zápachy.
- Aby se pohybující části mohly bezproblémově pohybovat a nezadíraly se, nenutné vzduch „namazat“.“ [13]

5.3.1 Vlhkost

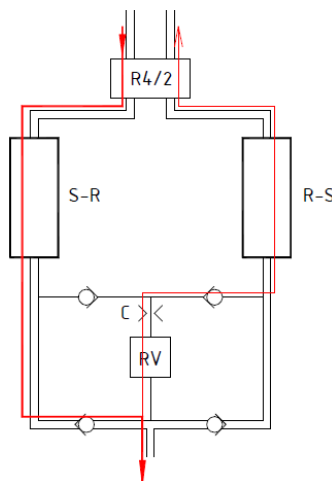
Vlhkost lze odstranit v chladičích. Ty mohou pracovat na principu vzduch - vzduch, nebo voda – vzduch (větší zařízení). Než se vzduch bude jímat do tlakových zásobníků, provádí se ještě vysoušení. Vysoušení může být provedeno:

- Absorpčním postupem (chemicky) (Obr. 48), kdy se vlhkost stlačeného vzduchu váže na odvodněný granulovaný vápník nebo magnesium per chlorát (zůstávají pevném stavu) nebo lithium chlorid případně kalcium chlorid (přecházejí do tekutého stavu a odvádí se ventilem v). Jednoduché řešení, ale látky se musí obměňovat 2x až 4x za rok. [13]



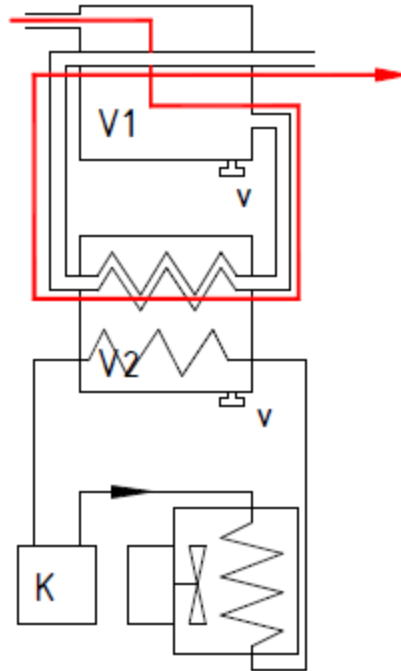
Obr. 48 – Absorpční postup chemický [13]

- Adsorpčním postupem (mechanicky) (Obr. 49), kdy se vlhkost zachycuje na povrchu pevných těles (nejčastěji silikátgel). Náplň lze regenerovat horkým vzduchem, topnými tělesy apod. a tak zařízení pracují tandemově, kde v jednom probíhá proces vysoušení V, v druhém regenerace R a procesy se střídají. Toto zařízení je poměrně drahé. [13]



Obr. 49 – Adsorpční postup mechanický [13]

- Kondenzačním vysoušením (Obr. 50), kde horký vzduch jde nejprve do prvního výměníku, ochladí se, a pak jde do kondenzačního výměníku, kde se chladí z oběhu „freonového“. Vráť se do prvního výměníku, jako ochlazený bez kondenzátu se mírně ohřeje. [13]



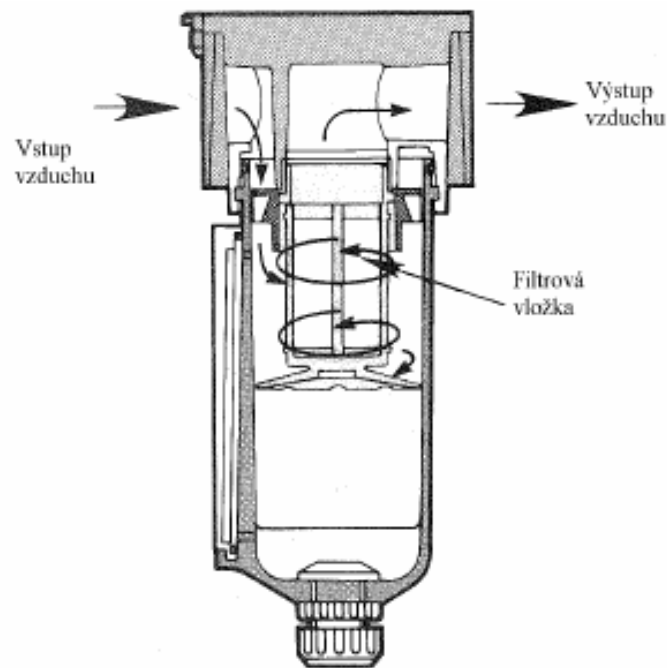
Obr. 50 – Kondenzační vysoušení [13]

- Molekulárním vysoušením, k jeho činnosti vysoušení se využívá makromolekulární membrány ve formě hadice (s podélnými dutými vlákny), přes kterou snadno projde vlhkost, ale vzduch jen velmi těžko. [13]

„Výsledkem vysoušení je snížení rosného bodu. Ten se uvádí jako postačující 3°C při tlaku 7 bar. To je teplota, při které se vodní páry ve vzduchu nasytí a začnou kondenzovat. S klesajícím tlakem se rosný bod snižuje, např. při tlaku atmosférickém (1 013 bar) odpovídá rosný bod -21°C.“ [13]

5.3.2 Mechanické nečistoty

Nečistoty, případné odstranění rzi, prachu, zbytků vlhkosti lze odstranit speciálním filtrem - odlučovačem. Ten pracuje na odstředivém principu a průchodu vzduchu filtrační vložkou. Těžké částičky jsou vírem odloučeny a klesnou po vnitřním obvodu a lehké částice se následně zachytí ve vložce (Obr. 51). [13]

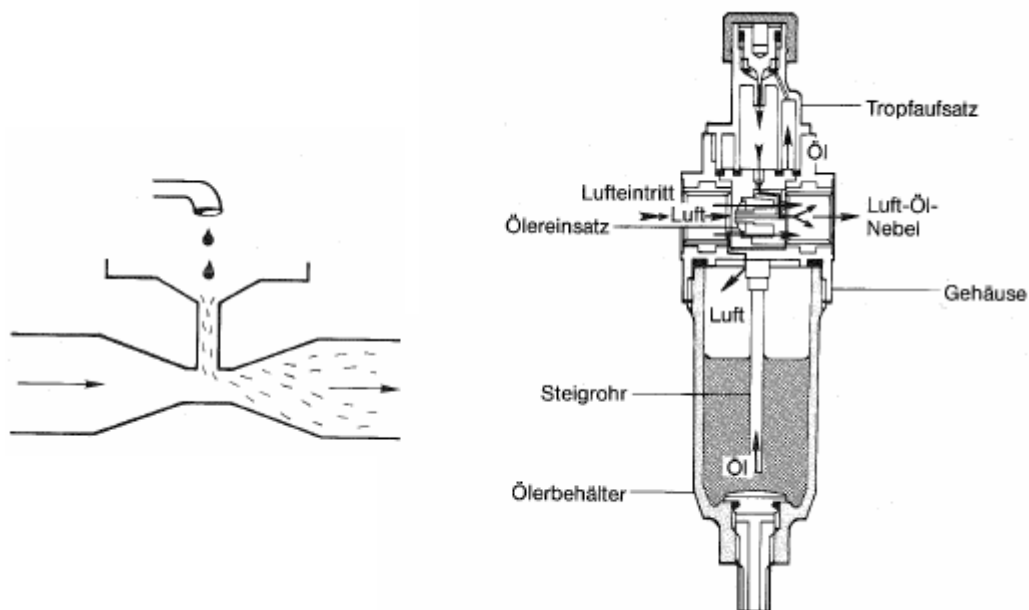


Obr. 51 – Odlučovač [13]

5.3.3 Olejovač

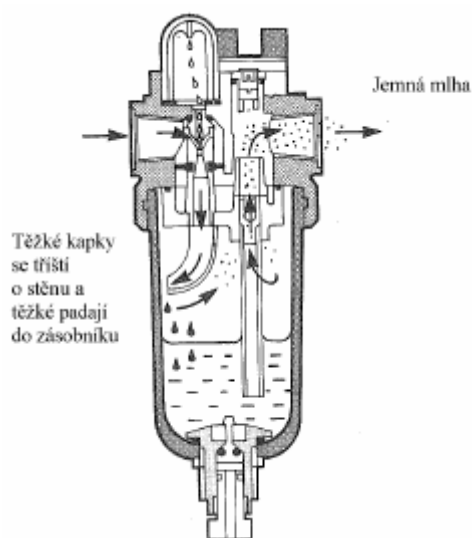
Olejovače (Obr. 52) slouží k přidání určitého množství oleje do stlačeného vzduchu. Podle principiálního provedení je rozdělujeme na přístroje mlhové, mikroolejovače a vstříkovací (nástríkové) olejovače.

Mlhové přístroje (mlhové rozprašovače) pracují na tzv. Venturiho sacím principu (Obr. 52). [13]



Obr. 52 – Venturiho princip a mlhový rozprašovač [13]

„Mikroolejovače (Obr. 53) vyrábí extrémně „jemnou olejovou mlhu“. Principiálně je to stejné zařízení, produkuje ale kapičky oleje v rozměrech mezi $0,01\mu\text{m}$ až $2\mu\text{m}$.“ [13]



Obr. 53 – Mikroolejovač [13]

„Za obecné pravidlo (uváděné v školicích materiálech fy SMC), které platí pro určení množství oleje, a které má být přidáno do proudu vzduchu se považuje a doporučuje 2 až 5 kapek oleje na 1000 litrů za minutu průtokového vzduchu. Olej musí být minerální, který odpovídá normě pro pneusystémy.“ [13]

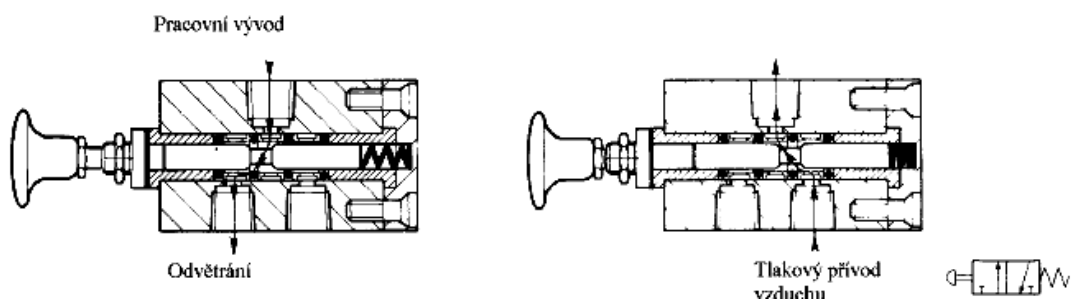
5.4 Ventily

Ventily a rozvaděče. Tímto pojmem se v pneumatice běžně označují prvky „k rozvodu média“. Je třeba podle konkrétního prvku ještě rozlišovat zpětné, škrťací, tlakové „ventily“.

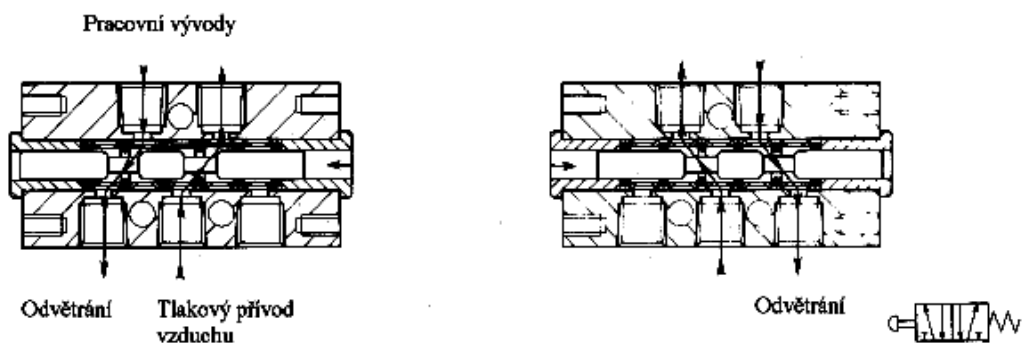
Podle konstrukce mohou být ventilové, šoupátkové (s rotačním šoupátkem nebo posuvným šoupátkem). Ventilové rozvaděče jsou někdy označovány jako sedlové. [13]

5.4.1 Šoupátkové rozvaděče

- Provedení s těsněním ve ventilovém tělese (Obr. 54) [13]

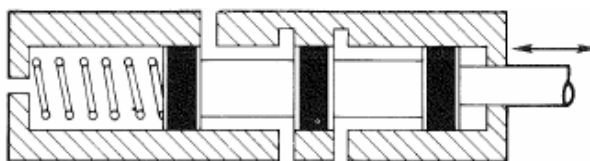


Obr. 54 – Šoupátkový rozvaděč 3/2 [13]



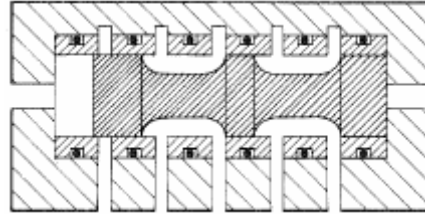
Obr. 55 – Šoupátkový rozvaděč 5/2 [13]

- Provedení s těsněním na šoupátku (Obr. 56) - těsnění je vsazeno do drážek. Může to být speciální elastické těsnění. Konstrukce takto tvořeného šoupátka je složitější. [13]



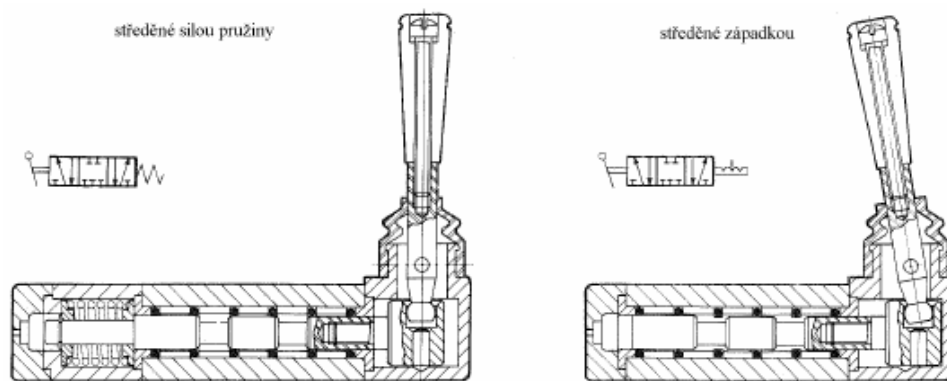
Obr. 56 – Šoupátkový rozvaděč s těsněním na šoupátku [13]

- Provedení s těsněním „kov/kov“ (Obr. 57) - koncepce je závislá na ta těsnosti skupiny šoupátko/tělo. Vlastní prostorové těsnění je provedeno jako „vnější“. [13]



Obr. 57 – Šoupátkový rozvaděč s těsněním „kov/kov“ [13]

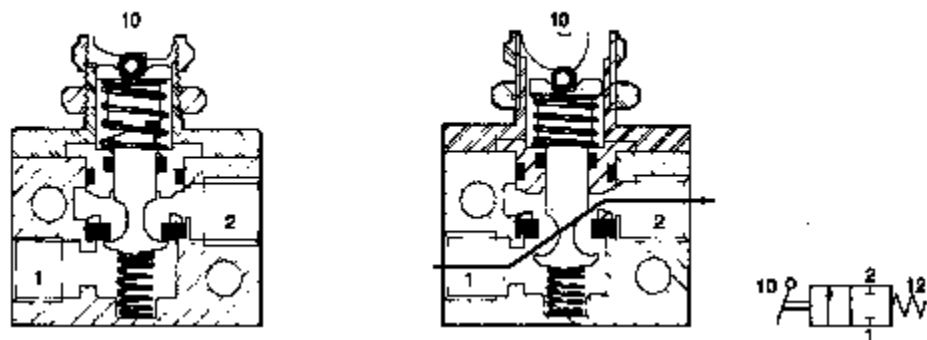
- Provedení rozvaděče se středovou polohou (Obr. 58) - je uplatněna stavebnicová konstrukce, takže lze malou záměnou dílců vytvořit provedení se středěním pružinou nebo pomocí aretace. [13]



Obr. 58 – Šoupátkový rozvaděč se středovou polohou 5/3 [13]

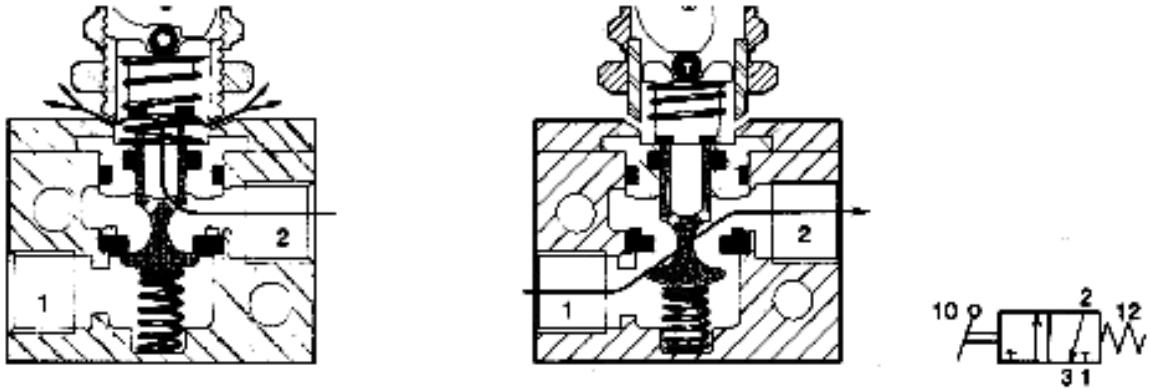
5.4.2 Sedlové rozvaděče

- Sedlové provedení (Obr. 59) - zavírací element je kovová kuželka, která uzavírá pracovní přívod. V základní poloze (levý obrázek) je průchod uzavřen. [13]



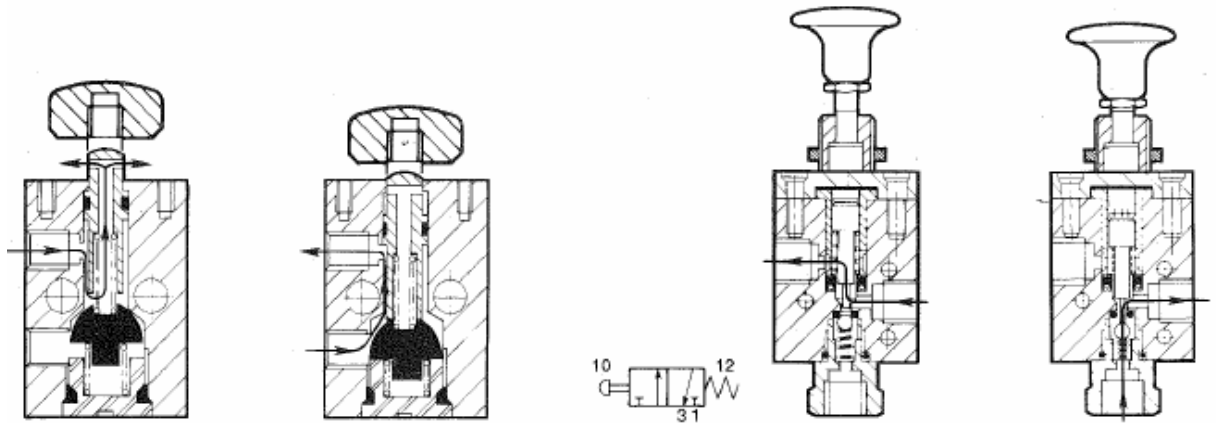
Obr. 59 – Sedlový ventil (10 – ovládání, 1 – přívod tlak. média, 2 – pracovní vývod, 3 – odvětrání) [13]

- Sedlové provedení s odvětráváním (Obr. 60) - v základní poloze může být ze sekundárního obvodu provedeno odvětrání, tzn. odvedení stlačeného vzduchu do ovzduší. [13]



Obr. 60 – Sedlový ventil s odvětráváním [13]

- Sedlové provedení s odvětráváním a pružnou kuželkou nebo O-kroužkem (Obr. 61) [13]



Obr. 61 – Sedlový ventil s odvětráváním a pružnou kuželkou nebo O-kroužkem [13]

Mezi pozitiva všech sedlových konstrukcí patří krátké taktovací časy, jednoduchost, dobrá životnost, elastické těsnění má vedlejší tlumící účinek, relativně odolné proti nečistému vzduchu, případné opravy jsou jednoduché (výměna těsnění). [13]

5.5 Pneumotory

Pneumatické motory přeměňují energii stlačeného vzduchu na energii mechanickou. Podle pohybu výstupního členu rozeznáváme motory rotační, přímočaré (pneumatické válce), kyvné.

Většina motorů je provedena jako stroje bez expanze, mají ale nepříznivé energetické poměry, které snižují jejich účinnost. Výpočtové vztahy pro základní určující veličiny (krouticí moment, síly) jsou stejné jak u hydrostatických motorů. V praxi se při výpočtech užívá nomogramů v produktových materiálech různých firem (a softwarové aplikace těchto firem). Výkonové prvky se v praktickém provedení v zásadě neliší od konstrukcí užitých pro hydrostatické prvky. [13]

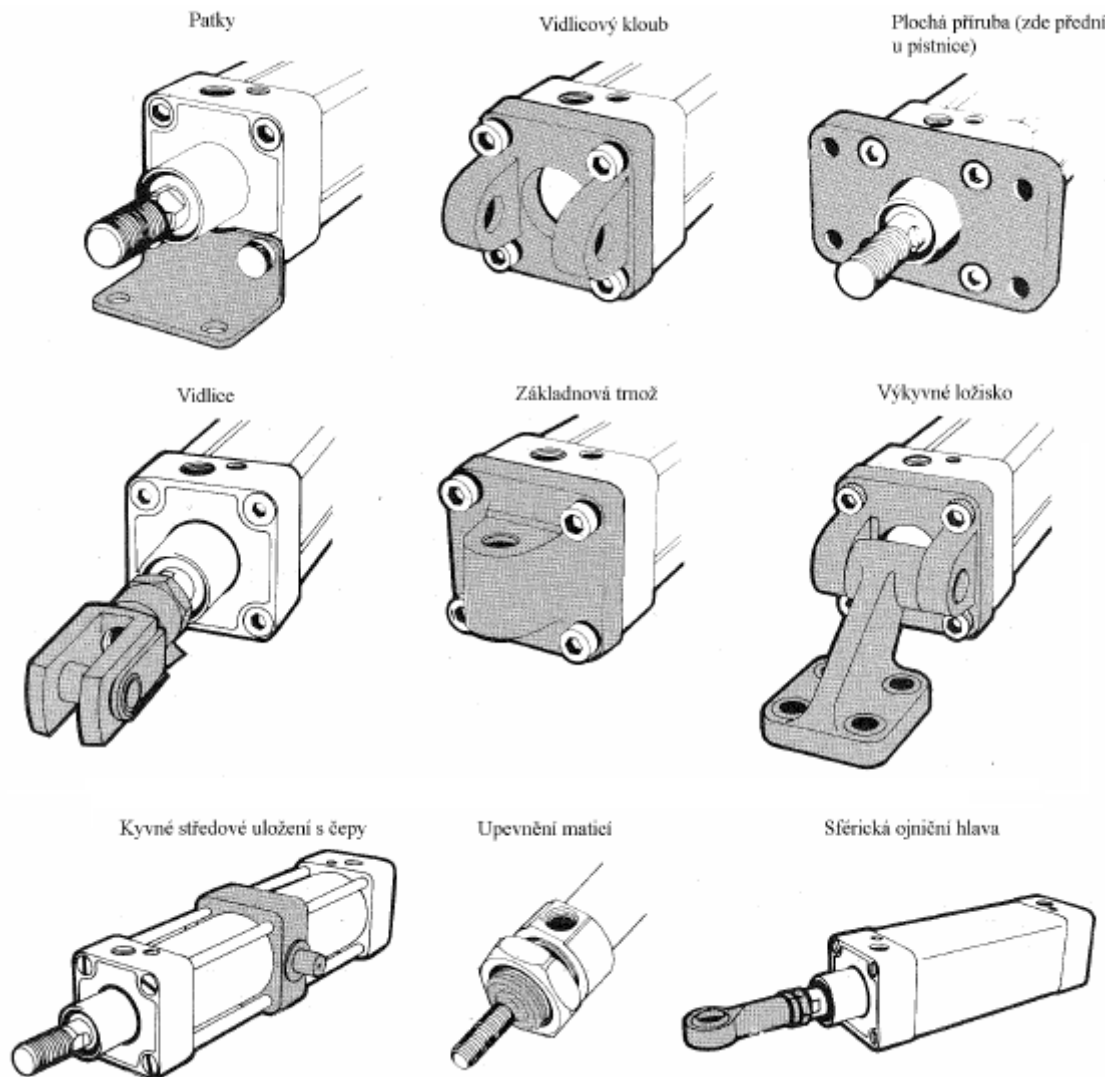
5.5.1 Přímočaré pneumatické motory

Představují hlavní skupinu pneumatického řízení. V zásadě je můžeme rozdělit na jednočinné (Obr. 62), dvojčinné, s jednostrannou pístnicí, s oboustrannou pístnicí, mohou být v provedení „duplex“, v provedení tandemovém. Mohou být i dvou pístnicové (je pojištěno neotáčení výstupního členu). [13]



Obr. 62 – Jednočinný přímočarý pístový motor

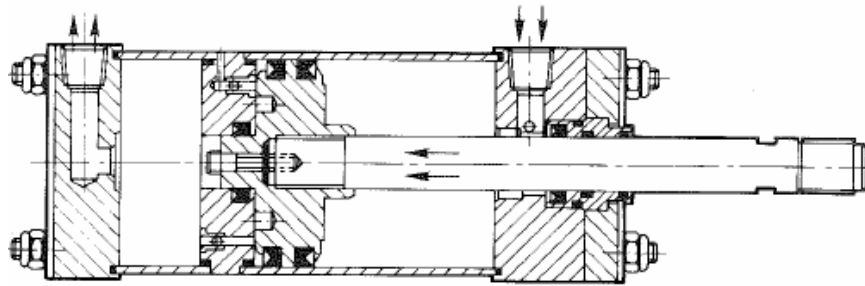
Většina pneumotorů má vyřešeno tlumení koncových poloh. Pneválce mohou být různým způsobem upevněny (obr). Pokud je válec pracovní silou namáhán na vzpěr, rozhoduje způsob upevnění k určení druhu vzpěrného případu a následného výpočtového způsobu. [13]



Obr. 63 – Uchycení pneumotorů [13]

5.5.2 Úderné pneuválce

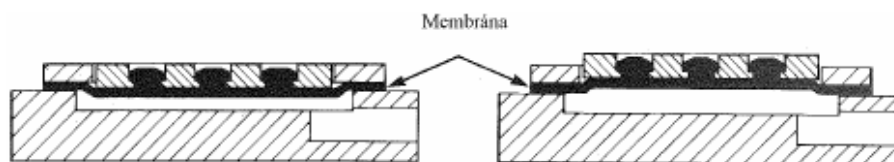
„Jsou používány tam, kde je potřeba provést silný úder. Ten je nutný použít například při značkování, nýtování, vysekávání, lisování, upichování, ražení, kalibrování a podobně. Základní princip tkví v zpoždění ovládacích ventilů (cca 0.5s). Zpočátku je pod tlakem pouze malá část plochy pístu, v dalším pohybu se činná plocha pístu dramaticky zvýší a získá se vysoké zrychlení (Obr. 64). Uvedeným způsobem lze dosáhnout kolem 45 zdvihů za minutu.“ [13]



Obr. 64 – Úderný pneuválec [13]

5.5.3 Membránové válce

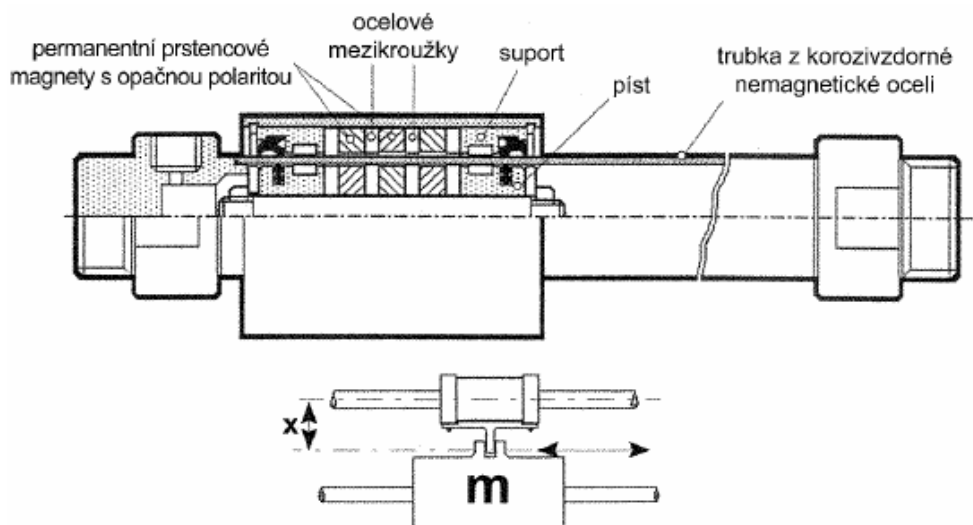
„Jsou v principu válce s extrémně krátkým zdvihem membrány, která nahrazuje píst (Obr. 65). Protože má membrána relativně velkou plochu, lze na krátkém zdvihu dosáhnout velké síly.“ [13]



Obr. 65 – Membránový píst [13]

5.5.4 Bez pístnicové válce s magnetickým přenosem síly

Tlak vzduchu na píst způsobí jeho pohyb a pohyb vnějšího dílu, suportu, je zajištěn silnými permanentními magnety. Suport válce nelze přímo spojit s poháněným mechanismem. Poháněný mechanismus musí mít vlastní vedení a je spojen se suportem ramenem. Čím je rameno „x“ delší, tím vznikají nepříznivé klopivé momenty způsobující zvýšené namáhání a povolená hmotnost mechanismu musí být menší (Obr. 66). [13]

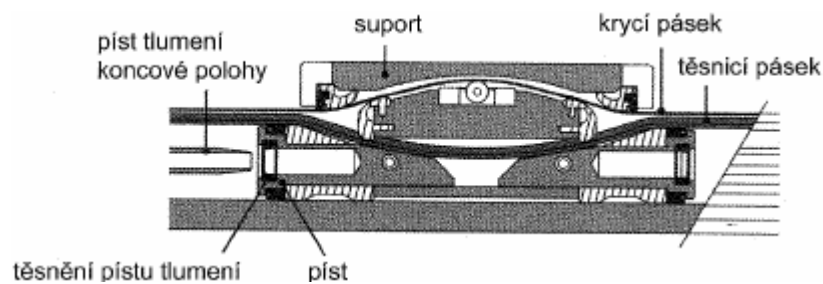


Obr. 66 – Bez pístnicový válec s magnetickým přenosem síly [13]

„Základní dobrou vlastností všech bez pístnicových řešení je získání většího zdvihu se srovnatelným válcem pístnicovým. Používajíce tedy tam, kde je na omezeném prostoru získat dlouhé zdvihy.“ [13]

5.5.5 Bez pístnicové válce s mechanickým přenosem síly

Píst a suport je mechanicky spojen (Obr. 67). Aby to bylo možné, musí být po celé délce válce drážka, ve které je suport veden. Aby neunikal vzduch z válce, postupně při pohybu pístu a suportu se odkrývá a zakrývá tato drážka těsnícím a krycím páskem. Konstrukce je poměrně složitá nezaručuje absolutní těsnost. [13]



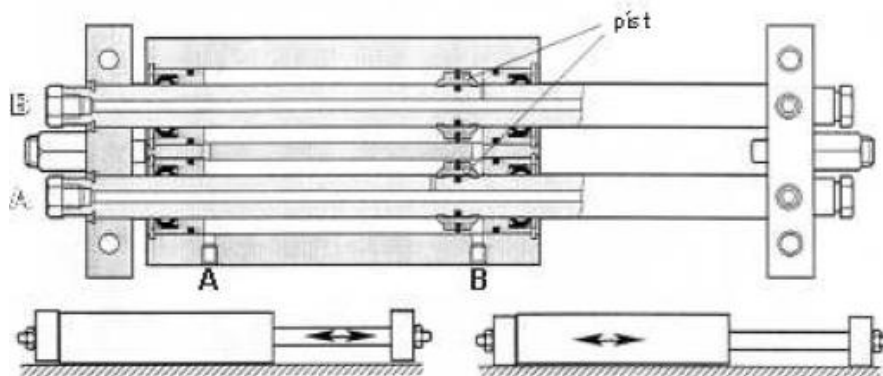
Obr. 67 – Bez pístnicový válec s mechanickým přenosem síly [13]

5.5.6 Kombinované pneumatické válce – suporty

Koncepce je provedena tak, že řešením vznikne ložná plocha pro další nadstavbu mechanismu. Vznikne tzv. lineární kombinovaný pohon (Obr. 68). Pístnice slouží jako vodící prvky. K dobrým vlastnostem patří také tuhá, kompaktní konstrukce.

Suport může být upevněn dvěma způsoby:

- Pevný suport/pohyblivé vedení.
- Pevné vedení/pohyblivý suport. [13]



Obr. 68 – Suport s pneuválci [13]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Úkolem této diplomové práce je vypracování návrhu manipulátoru portálového typu pohybujícího se v 3osém souřadném systému XYZ. Stanovené rozměry jsou pouze $X=1500$ mm a $Y=1000$ mm. Rozměr osy Z není definován.

Protože je toto zadání velmi obecné, bude řešení aplikované na myšlený problém, kdy bude pracovník skládat určité předměty, pohybující se pomocí dopravníku, na paletu.

Manipulátor by měl v tomto případě sloužit k automatizování, urychlení pracovního postupu a v neposlední řadě odstranění lidského faktoru, který je mnohdy pomalý, finančně náročný a také v některých případech omylný.

Konstrukční uspořádání manipulátoru vychází z požadavků na řešení daného problému a vyžaduje i návrh pomocných periférií, nutných k plné automatizaci procesu.

6.1 Myšlený problém

Popisovaná situace je v průmyslové praxi celkem běžnou záležitostí. Určitý předmět nebo hotový výrobek je nutné nějakým způsobem ukládat do větších celků, aby se s výrobky dalo lépe manipulovat při exportu, případně je po více kusech dávat do zásobníků strojů k dalšímu zpracování. Mnohdy tuto činnost vykonávají příslušní pracovníci. Ale jelikož si dnešní doba žádá stále větší objemy výrobků v kratším čase, je vhodné nahradit lidskou sílu automatizovanými manipulátory nebo roboty.

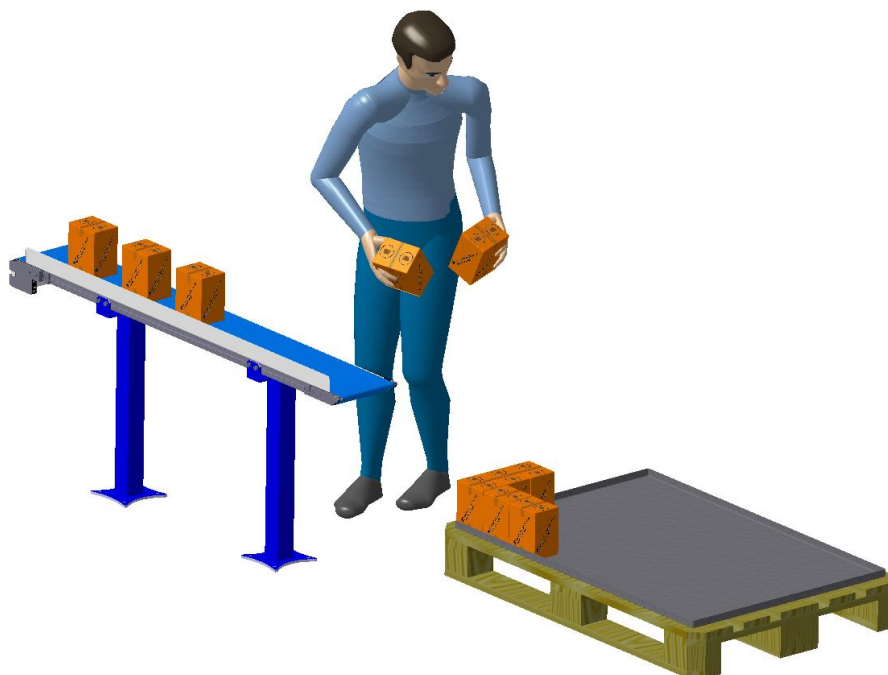
V tomto případě se jedná o výrobky zabalené v kartonové krabici o rozměrech 120x90x150 mm. Výrobek i s obalem dosahuje hmotnosti 1kg.



Obr. 69 – Krabička

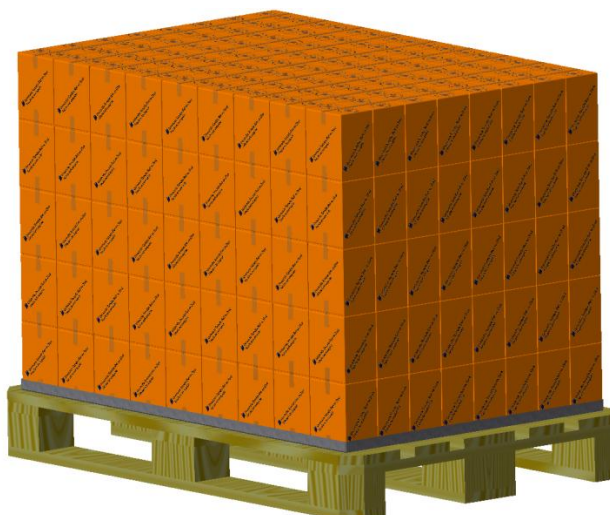
6.2 Popis pracoviště

Tyto krabičky jsou dopravovány pásovým dopravníkem na pracoviště, kde je pracovník odebírá a ukládá na EURO paletu, která je doplněna o plechovou ohrádku. Zde jsou krabičky vrstveny do 5 pater, přičemž každé patro obsahuje 72 krabiček (9x8). Dohromady se teda na paletu vejde 360 krabiček. Naloženou paletu potom odváží další pracovník pomocí paletovacího vozíku.



Obr. 70 – Pracoviště

Uspořádání krabiček na paletě by mělo zůstat zachováno i v případě použití manipulátoru. Maximální přípustná mezera mezi jednotlivými krabičkami je 2 mm (ve směru X, Y). Celková výška uložených krabiček je 750 mm.



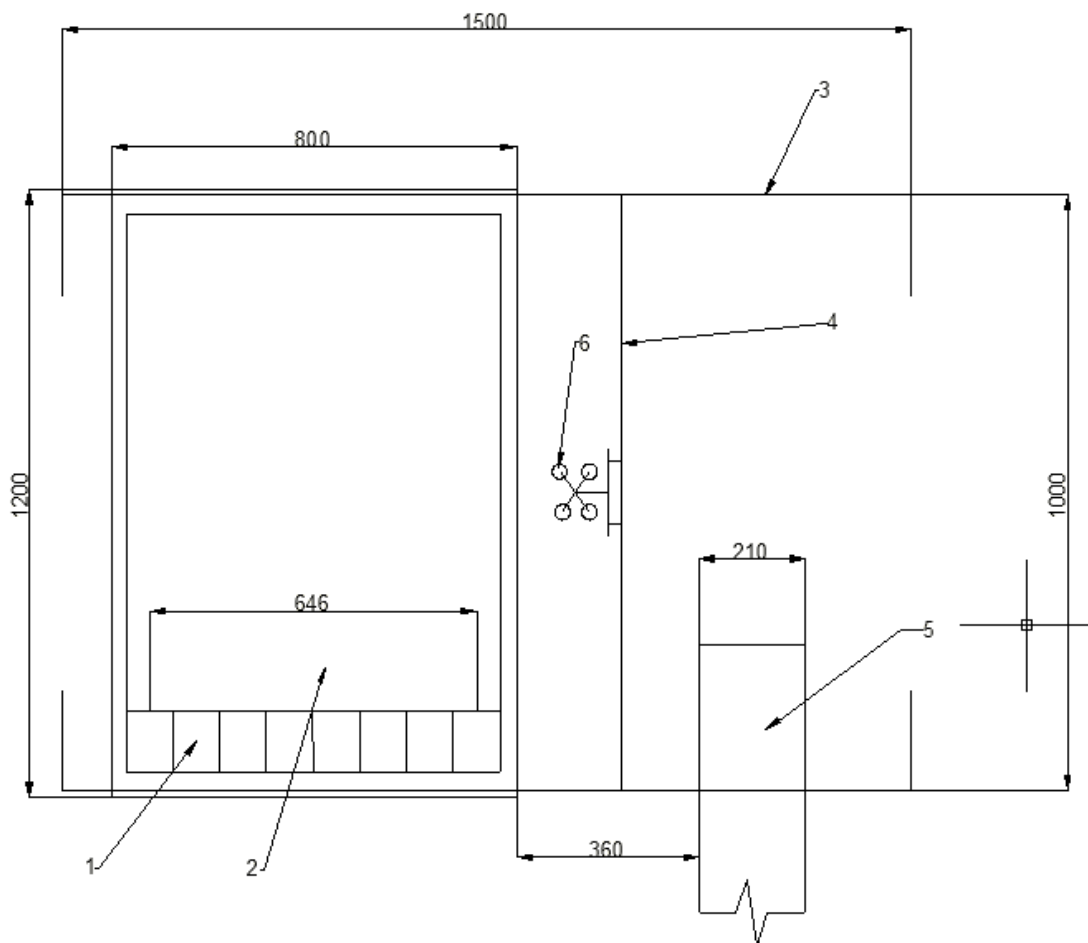
Obr. 71 – Naložená paleta

7 KONCEPČNÍ NÁVRH CELKU

Podmínky pro návrh manipulátoru jsou tedy následující:

1. Přemístění předmětu (krabičky) z bodu A (dopravník) do bodu B (paleta).
2. K uchycení krabičky by měl sloužit podtlakový efektor (přísavka).
3. Místo, kde budou krabičky odebírány, by mělo být pevně stanovené, aby byl proces řízen pevným programem bez nutnosti použití přídavného kamerového systému na vyhodnocování poloh.
4. Osa Z by měla dosahovat zdvihu minimálně 650 mm.
5. Paleta musí mít při nakládání taktéž pevné místo.
6. Naložená paleta musí být přemístěna z pracovního prostoru manipulátoru.

Z toho vyplývá, že manipulační prostor musí pokrývat dopravník s krabičkami i paletu, na kterou je bude manipulátor ukládat. Na nákrese lze vidět, že zadaný manipulační prostor 1500x1000 mm je dostačující.



Obr. 72 – Manipulační prostor (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – osa X, 4 – osa Y, 5 – dopravník krabiček, 6 - osa Z s přísavkami)

Dále je potřeba vyřešit přemístění naložené palety. K tomu by měl sloužit automatický paletový dopravník, aby bylo možné paletu odebírat mimo manipulátoru za pomoci paletovacího vozíku.

Lze tedy říct, že je nutné navrhnout 3 pracovní jednotky, které musí být navzájem funkčně provázané.

- Portálový 3osý manipulátor
- Pásový dopravník na krabičky
- Paletový dopravník

8 PORTÁLOVÝ MANIPULÁTOR

Jedná se o kartézský manipulátor typu TTT, kde pohyby ve všech osách (XYZ) jsou lineární. Podrobný popis funkcí a vlastností manipulátoru portálového typu je popsán v kapitole 1.3 Kartézský manipulátor.

Navrhovaný manipulátor se skládá z jednotlivých subsystémů, které jsou rozděleny do několika skupin. Pro efektivnější konstruování jsou některé díly vybírány z dostupných katalogů firmy FESTO, která se zabývá problematikou automatizace a robotiky.

- Návrh osy Z
 - Koncový efektor
 - Pohon osy
 - Připojení efektoru
 - Energetický řetěz

- Návrh osy Y
 - Pohon osy
 - Spojení os Z a Y
 - Energetický řetěz

- Návrh osy X
 - Pohon osy
 - Spojení os Y a X
 - Energetický řetěz

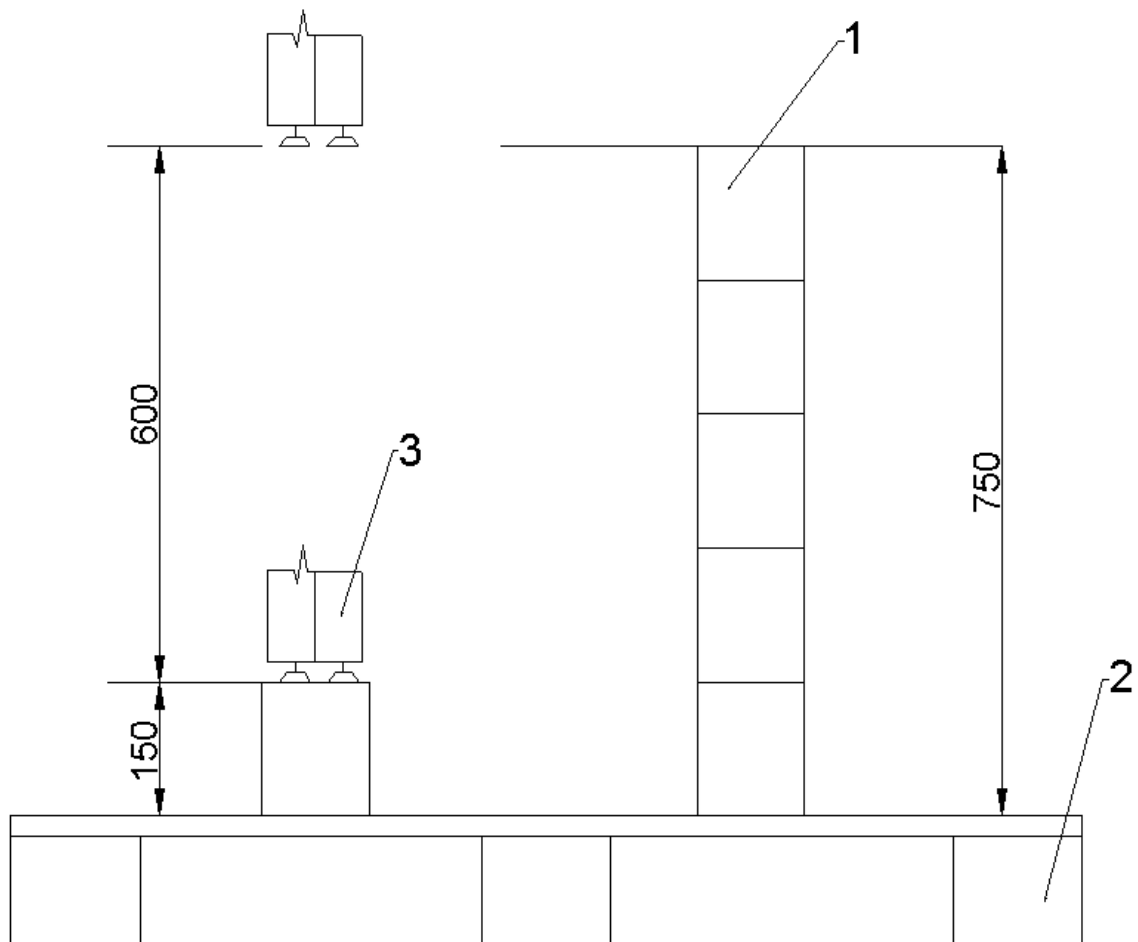
- Rám manipulátoru

- Zásobník stlačeného vzduchu

8.1 Návrh osy Z

Osa Z zajišťuje vertikální pohyb s předmětem. Na její spodní části se nachází efektor, pomocí kterého je předmět uchopen.

V tomto případě by měla osa Z dosahovat zdvihu minimálně 650 mm. Kde 600 mm je potřebných k navrstvení 5 pater krabiček. Dalších 50 mm slouží jako rezerva pro přejezdy nad krabičkami a kompenzaci stlačení přísavek.



Obr. 73 – Výška pojezdu osy Z (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – hlavice osy Z s přísavkami)

8.1.1 Pracovní podtlaková úchopná hlavice

Pracovní hlavice zprostředkovává uchopovací pohyby manipulátoru. Skládá se z aktivních přísavek, jejich držáků, ejektorů a čidel podtlaku. Hlavice je přimontována přímo na pohon jednotky osy Z.

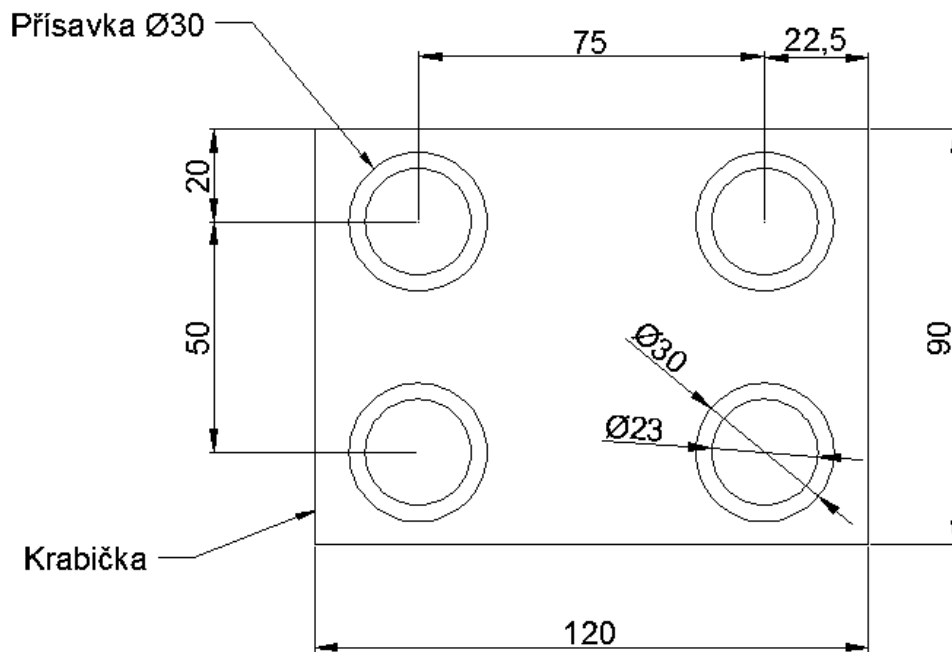


Obr. 74 – Podtlaková úchopná hlavice

8.1.1.1 Přísavka ESS-30-BN (katalogové č. 189382)

Vlastnosti aktivních přísavek jsou vysvětleny v kapitole 4.1.3.2 Aktivní úchopné pneumatické hlavice.

S ohledem na velikost a hmotnost přemísťovaného předmětu, jsou použity 4 aktivní přísavky o průměru 30 mm dle nákresu.



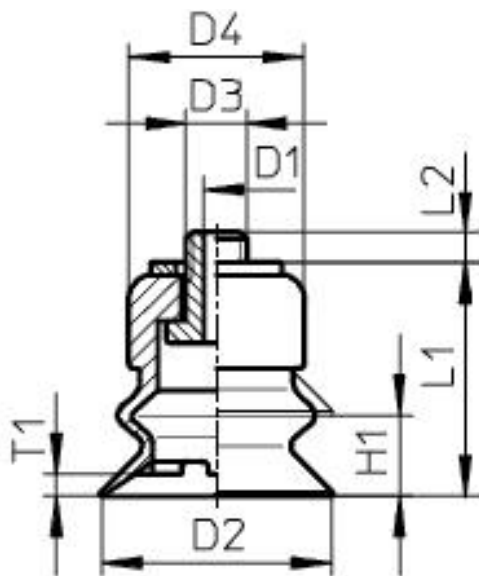
Obr. 75 – Rozložení přísavek na krabíčce

Toto řešení by mělo být oproti použití jedné velké přísavky stabilnější a ukládání na paletu tak přesnější.

Přísavky byly vybrány dle požadavků z katalogového listu a jejich použití bylo ověřeno výpočtem.

Tab. 1 – Technické údaje ESS-30-BN

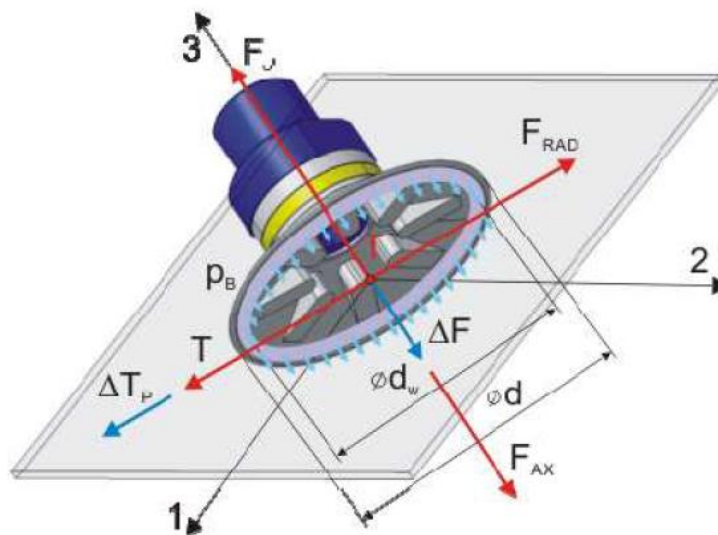
Obecné technické údaje									
Ø přísavky	držák přísavky vhodný pro	s vnějším závitem	účinný Ø přísavky	síla na odtržení při -0,7 baru	objem přísavky ²⁾	min. poloměr R ¹⁾ výrobku	výškové vrovnnání H1	hmotnost	
[mm]			[mm]	[N]	[cm ³]	[mm]	[mm]	ESS [g]	ESV [g]
10	velikost 3	M4x0,7	7,4	4,7	0,380	20	4	1,8	–
20	velikost 4	M6x1	14,3	12,9	1,600	40	6	6,7	1,9
30			20,3	26,2	4,070	80	8	9,9	3,6
40			25,2	52,3	8,870	90	9,5	18,7	9,8
50			31,8	72,6	14,230	150	11	24,7	13,9
80	velikost 5	M10x1,5	55	213,6	63,900	430	10	139	39



$\varnothing D1= 3 \text{ mm}$
$\varnothing D2= 30 \text{ mm}$
$\varnothing D3= M6 \times 1$
$\varnothing D4= 17$
$H1= 8 \text{ mm}$
$L1= 24,6 \text{ mm}$
$L2= 3,4 \text{ mm}$
$T1= 2,5 \text{ mm}$

Obr. 76 – Parametry přísavky ESS-30-BN

Výpočet úchopné síly přísavek



Obr. 77 – Analýza silové rovnováhy

Celková úchopná síla

- koeficient bezpečnosti proti posunutí k' (6-8), volím $k'= 8$
- koeficient bezpečnosti proti odtržení k'' (4-5), volím $k''= 5$
- součinitel tření NBR – Karton $f_k= 0,75$

$$F_U = \dot{k} \cdot \frac{F_{RAD}}{f_{Ki}} + \ddot{k} \cdot F_{AX}$$

$$F_{AX} = m \cdot (g + a_T)$$

$$F_{RAD} = m \cdot a_T$$

$$F_U = \dot{k} \cdot \frac{m \cdot a_T}{f_K} + \ddot{k} \cdot m \cdot (g + a_T) = 4 \cdot F_{U1}$$

$$F_{U1} = \Delta p \cdot S = \Delta p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 8 \cdot 10^4 \cdot \frac{\pi \cdot 0,023^2}{4} = \underline{\underline{33,24N}}$$

$$F_U = 4 \cdot F_{U1} = 4 \cdot 33,24 = \underline{\underline{132,95N}}$$

Celková úchopná síla 4 přísavek ESS-30-BN činí 132,95 N, což je dostatek k tomu, aby se dalo bez problémů s krabičkou manipulovat.

Je však ještě nutné určit, s jakým zrychlením se může celá soustava pohybovat, aby nedošlo k odtržení krabičky od přísavek.

Maximální dovolené zrychlení ramene manipulátoru

$$a_T = \frac{F_U - \ddot{k} \cdot m \cdot g}{m \cdot \left(\frac{\dot{k}}{f_K} + \ddot{k} \right)} = \frac{132,95 - 5 \cdot 1 \cdot 9,81}{1 \cdot \left(\frac{8}{0,75} + 5 \right)} = \underline{\underline{5,36m \cdot s^{-2}}}$$

Pro kontrolu správnosti výpočtu je vhodné dosazení do výchozí rovnice pro výpočet celkové úchopné síly.

$$F_U = \dot{k} \cdot \frac{F_{RAD}}{f_K} + \ddot{k} \cdot F_{AX} = \dot{k} \cdot \frac{m \cdot a_T}{f_K} + \ddot{k} \cdot m \cdot (g + a_T) = 8 \cdot \frac{1 \cdot 5,36}{0,75} + 5 \cdot 1 \cdot (9,81 + 5,36) = \underline{\underline{133,02N}}$$

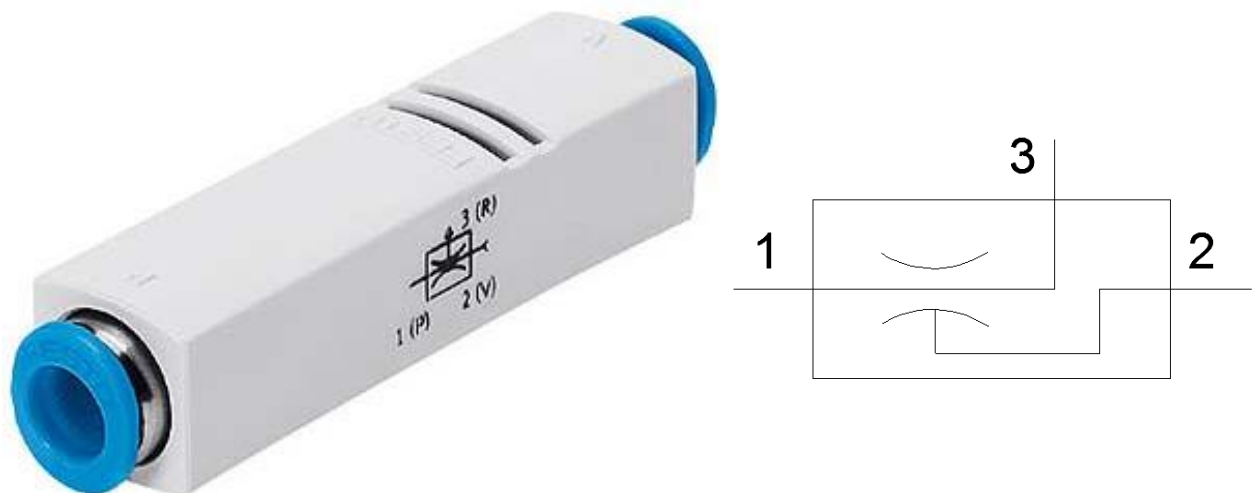
-> **VYHOVUJE**

Jednotlivé osy manipulátoru se tedy budou moci pohybovat se zrychlením 5,36 m/s², což je pro tuto aplikaci určitě dostačující.

8.1.1.2 Ejektor VN-10-M-I3-PQ2 (katalogové č. 193554)

Ejektor slouží k vytvoření podtlaku za průchodu stlačeného vzduchu a jeho funkce je postavena na principu Venturiho trubice.

S ohledem na to, že vybrané podtlakové přísavky ESS-30-BN pracují s podtlakem 0,8 bar, je vybrán příslušný kompaktní ejektor z katalogu FESTO. Jeho výběr je ještě ověřen výpočtovým programem firmy FESTO.



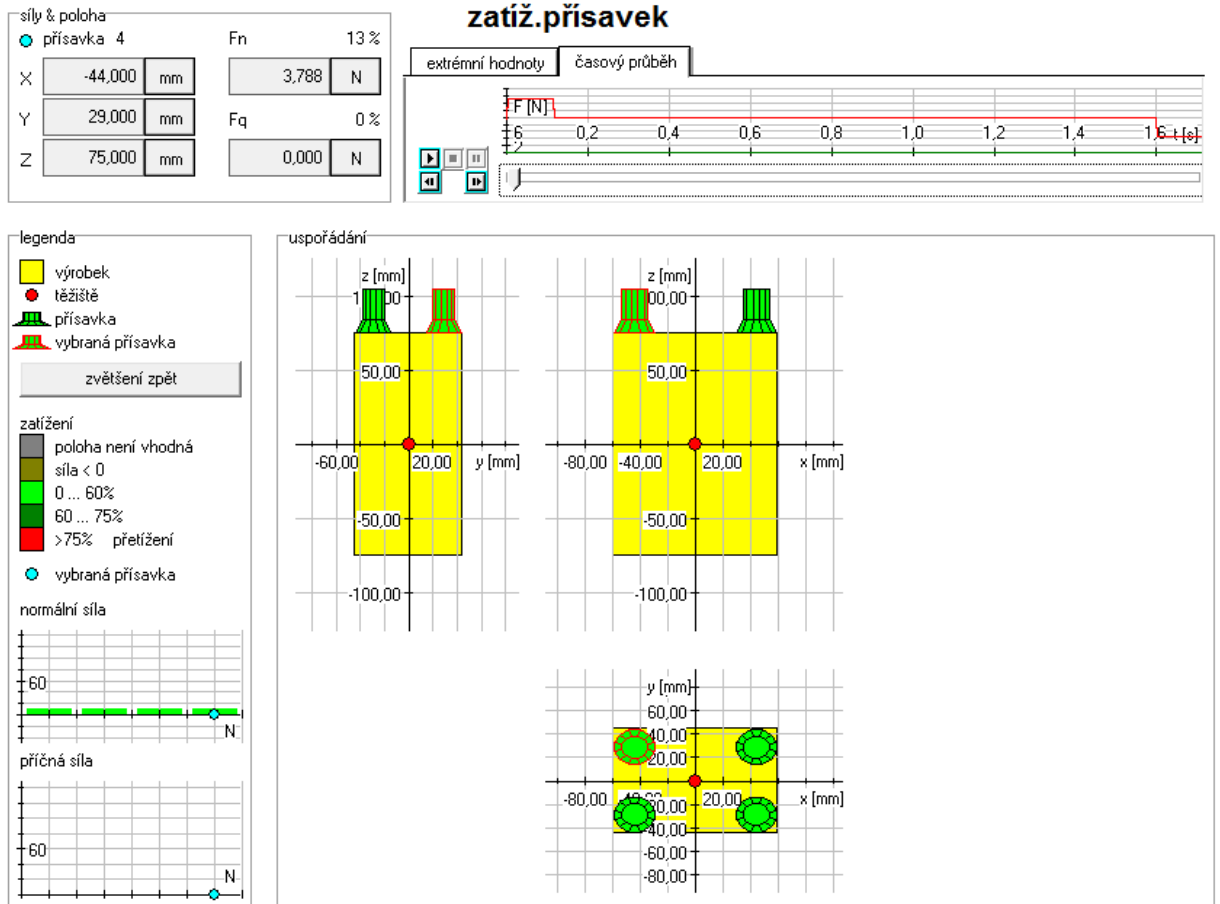
Obr. 78 – Ejektor VN-10-M-I3-PQ2

parametry:	jmenovitý průměr Lavalovy trysky	0,95 mm
	jmenovitý provozní tlak	6 bar
	maximální vakuum	86 %
	provozní tlak pro max. vakuum	5,8 bar
	doba odsátí 1 litru	0,96 s

Tab. 2 – Technické údaje VN-10-M-I3-PQ2

Výkonnostní parametry – hluboké vakuum				
charakteristika ejektoru		Inline M		
jmenovitý průměr Lavalovy trysky	[mm]	0,45	0,7	0,95
max. vakuum	[%]	86	86	86
provozní tlak pro max. vakuum	[bar]	6,0	5,8	5,8
max. průtok sání vůči atmosféře	[l/min]	6,1	13,5	28
provozní tlak pro max. průtok sání	[bar]	6,3	7,0	5,0
doba na odsátí objemu 1 l při $p_1 = 6$ barů	[s]	4,7	2,1	0,96

Výpočet pomocí programu FESTO Vacuum Selection



Obr. 79 – Ejektor VN-10-M-I3-PQ2

V tomto výpočtu je zahrnuto i maximální zrychlení manipulátoru, které bylo zjištěno pro přísavku ESS ($5,36 \text{ m/s}^2$). Je vidět, že přísavky jsou zatěžovány v přijatelném pásmu do 60% jejich únosnosti. Jejich působení na manipulovaný předmět je rovnoměrné. Nemělo by tedy dojít k odtržení krabičky od přísavek.

8.1.1.3 Tlakový spínač

Tlakové snímače slouží ke kontrole pracovního podtlaku vystupujícího z jednotlivých ejektorů. Kdyby totiž v některé větvi došlo k poklesu podtlaku, například vlivem nějaké netěsnosti, nedodával by ejektor do přísavky potřebné vakuum a mohlo by dojít k odtrhnutí předmětu.



Obr. 80 – Tlakový spínač SDE5

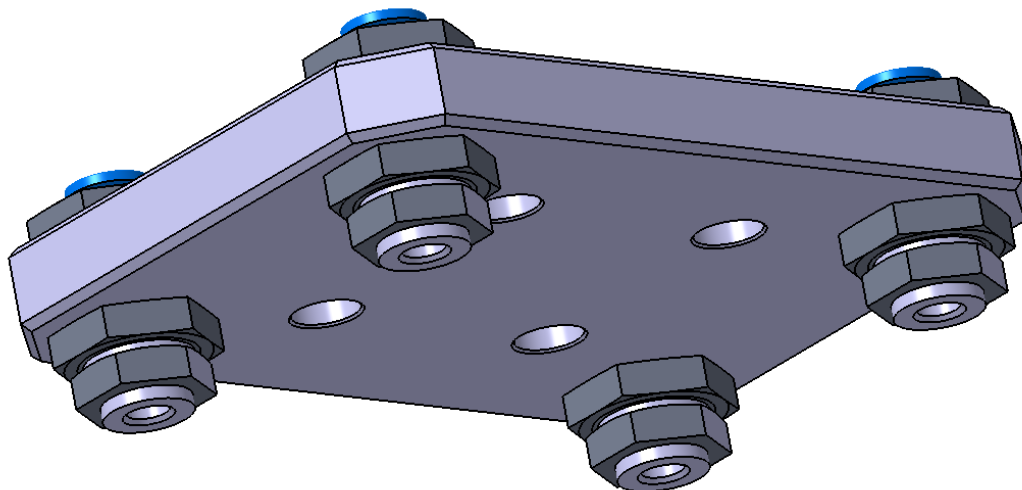
Snímač je vybaven indikačním proužkem se žlutou led diodou, který je viditelný ze všech stran. Hodnota pracovního tlaku se nastavuje pomocí programovacího tlačítka při průchodu pracovního tlaku.

- Je nutné naprogramovat dva tlaky:
1. Tlak – předmět neuchopen
 2. Tlak – předmět uchopen

V provozním režimu vakuového spínače se vypočítává průměrná hodnota naprogramovaných tlaků. Pokud je podtlak lepší než průměrná hodnota, předmět je považován za uchopený.

8.1.1.4 Držák přísavek

Držák je tvořen základní deskou a jednotlivými držáky přísavek, které jsou zašroubovány do desky a zajištěny pomocí matic.



Obr. 81 – Držák přísavek

Deska by byla vyrobena z duralu dle výkresové dokumentace (viz příloha č. 6). Její základní rozměry jsou 100x75x10 mm. Objem $V = 6,767 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ a její hmotnost činí cca 190 g. Obsahuje také 4 otvory pro uchycení k ose Z.

Držáky přísavek jsou opět od firmy FESTO s označením ESH-HA-4-QS. Pro připojení přísavky slouží závit M6x1, závit M14x1 pak pro našroubování do desky. Pro snadné napojení hadice jsou opatřeny přírubami. Váha jednoho držáku je 30g.

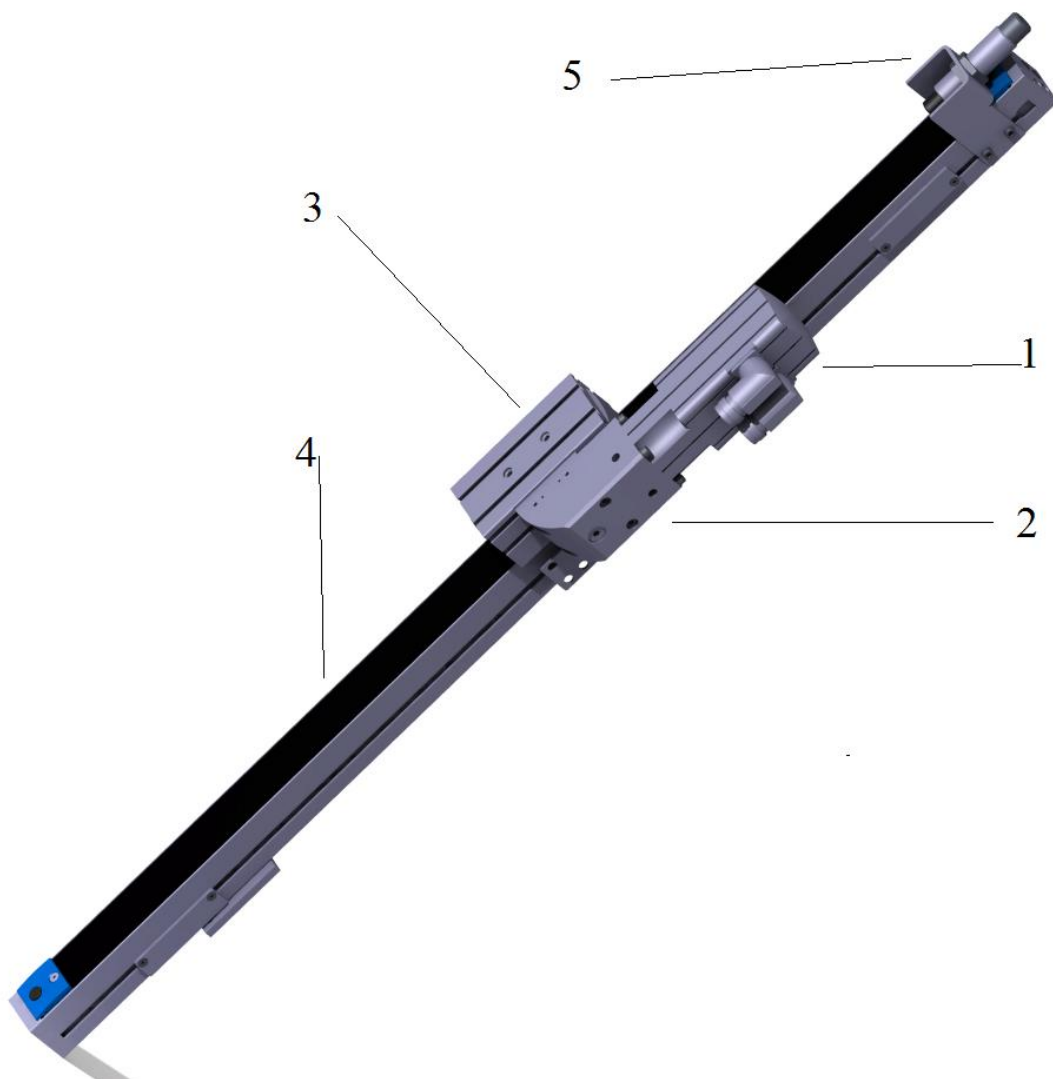


Obr. 82 – ESH-HA-4-QS

8.1.2 Pohon osy Z

Pohonná jednotka osy Z musí dosahovat minimálního zdvihu 650 mm a musí být polohovatelná ve variabilních polohách, nikoliv pouze v koncových.

Pro tento účel se nejvíce hodí letný pohon s ozubeným řemenem firmy FESTO označovaný jako DGEA. Jeho výhodou je skvělá dynamika, protože motor, převodovka a hlava pohonu jsou napevno přimontovány a tím je podstatně snížena pohybující se hmotnost.



Obr. 83 – Pohon DGEA (1 – servomotor, 2 – úhlová převodovka, 3 – hlava pohonu, 4 – pohyblivé tělo, 5 – koncový doraz)

Je vybrán konkrétní typ DGEA-18-650-ZR-GVL-CL (k. č. 195611) s těmito parametry:

- pracovní zdvih: 650 mm
- celková hmotnost: 8,19 kg
- maximální užitečná hmotnost svisle: 10 kg
- maximální rychlost: 3 m/s
- maximální posuvová síla: 230 N
- maximální zrychlení: 50
- opakovatelná přesnost: $\pm 0,05$ mm
- maximální moment pohonu: 1,4 Nm
- maximální moment pohonu (naprázdno): 0,3 Nm
- maximální otáčky pohonu: 6 666 1/min

Pohon je vybaven kontinuálním snímáním polohy, aby bylo dosaženo přesného polohování.

8.1.2.1 Servomotor pro osu Z

Dle katalogového listu k letným pohonům DGEA je pro výše zvolený typ přímo doporučován servomotor MTR-AC-55-3S-AB (k. č. 526724). Je to servomotor s integrovanou převodovkou.

- jmenovitý krouticí moment: 0,66 Nm
- jmenovité otáčky: 6800 1/min
- maximální krouticí moment: 2,8 Nm
- maximální otáčky: 8090 1/min
- moment setrvačnosti rotoru: 0,26 kgcm²
- hmotnost: 1,7 kg

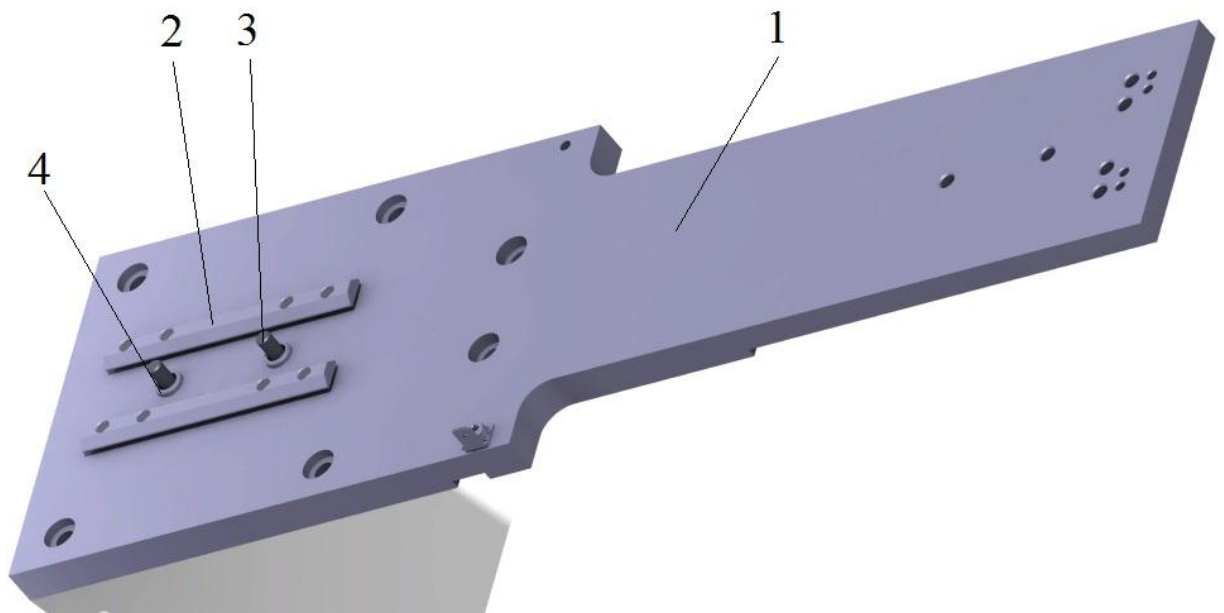


Obr. 84 – Servomotor MTR-AC-55-3S-AB

8.1.3 Kotevní deska pohonu

Jelikož je pro osu Z použita letmá pohonná jednotka, je potřeba její hnací ústrojí upevnit. K tomu účelu slouží kotevní deska. V katalogích firmy FESTO Stavebnice Více Os je nepřehledné množství variant a možností pro konkrétní typ pohonu a jeho použití.

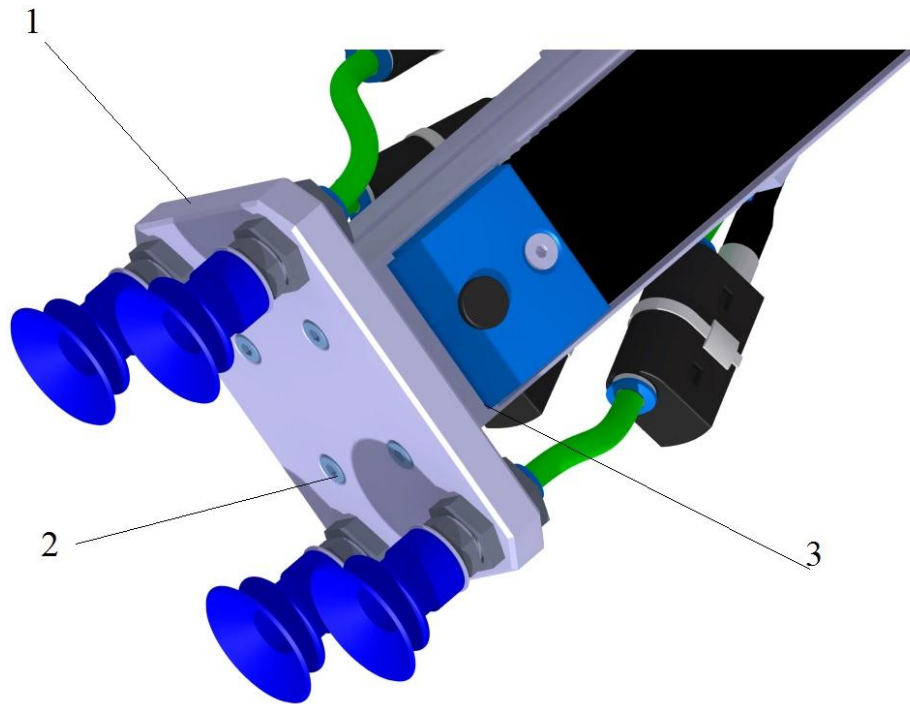
Pro pohon DGEA 18 dané velikosti se nejlépe hodí kotevní deska typu HMVZ-3 (k. č. 685074). K uchycení jednotky pohonu slouží 2 kameny NSTL-25 (k. č. 158410), které se zasouvají do drážek pohonu a dotahují pomocí 8 šroubů M5x12. K vystředění jednotky pohonu jsou v desce zapuštěny 2 středící kroužky ZBH-9 (k. č. 150927), kterými prochází šrouby M5x16.



Obr. 85 – Kotevní deska HMVZ-3 (1 – deska, 2 – kameny do drážky pohonu, 3 – šrouby pohonu, 4 – středící kroužky)

8.1.4 Uchycení pracovní podtlakové hlavice

Aby pracovní hlavice plnila správnou funkci, musí být pevně připevněna. To je dosaženo pomocí 4 šroubů M4x16. Pohonná jednotka DGEA 18 disponuje montážními děrami se závity M4, takže není potřeba použít žádných upevňovacích mezikusů, ale desku pracovní hlavice je možno přímo přišroubovat k tělu pohonu DGEA 18.



Obr. 86 – Pracovní hlavice (1 – deska pracovní hlavice, 2 – šrouby M4x16, 3 – tělo pohonu DGEA)

Kontrola pevnosti šroubů

- hmotnost soustavy: 1,35 kg (1 kg krabička + 0,35 kg pracovní hlavice)
- závit M4x0,7: $d_2 = 3,545 \text{ mm}$, $d_3 = 3,141 \text{ mm}$

$$\sigma_T = \frac{F_O}{A_S} \leq \sigma_{DT} \quad A_S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{3,545 + 3,141}{2} \right)^2 = 8,78 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{DT} = 0,6 \cdot Re = 0,6 \cdot 400 = 240 \text{ MPa} \quad F_O = \frac{m \cdot g}{4} = \frac{1,35 \cdot 9,81}{4} = 3,3 \text{ N}$$

$$\sigma_T = \frac{F_O}{A_S} = \frac{3,3}{8,78} = 0,376 \text{ MPa} \Rightarrow \underline{\underline{\sigma_T \ll \sigma_{DT}}}$$

Použité šrouby M4x16 splňují podmínky pevnosti. I při dynamickém namáhání je rezerva dostatečná.

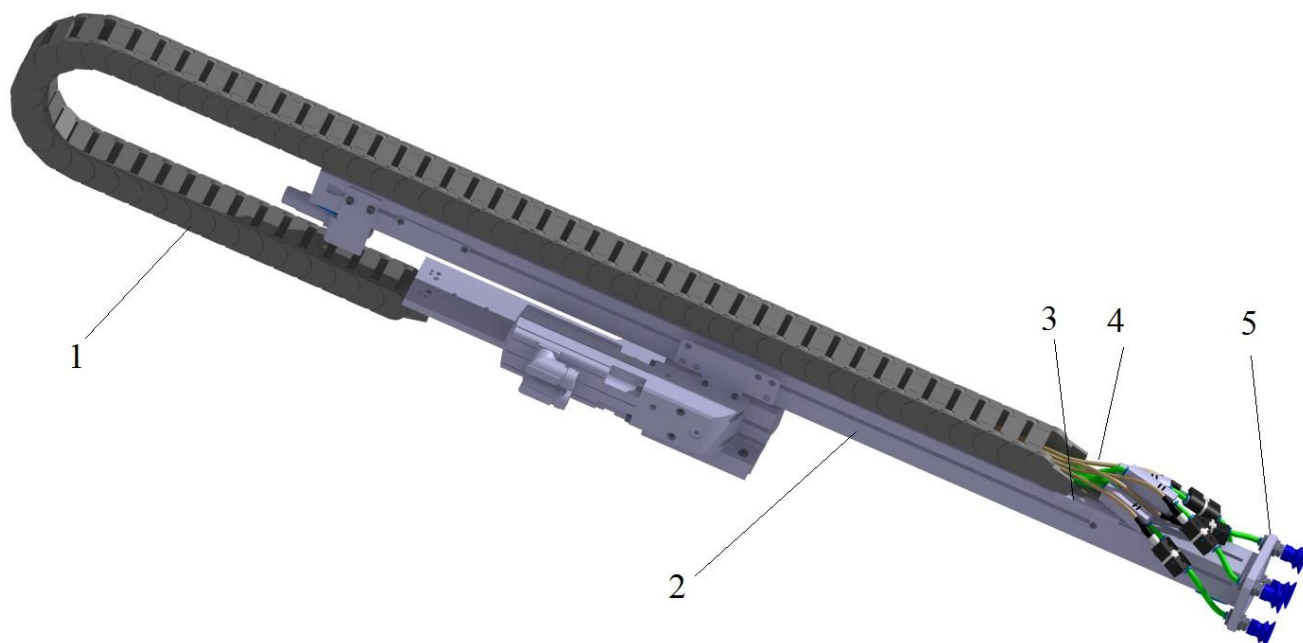
8.1.5 Energetický řetěz

Protože je potřebné přivádět pomocí hadic do pracovní hlavice stlačený vzduch na výrobu podtlaku a také vést kabeláž k jednotlivým tlakovým spínačům, je pro lepší a bezpečnější organizaci použito energetických řetězů.

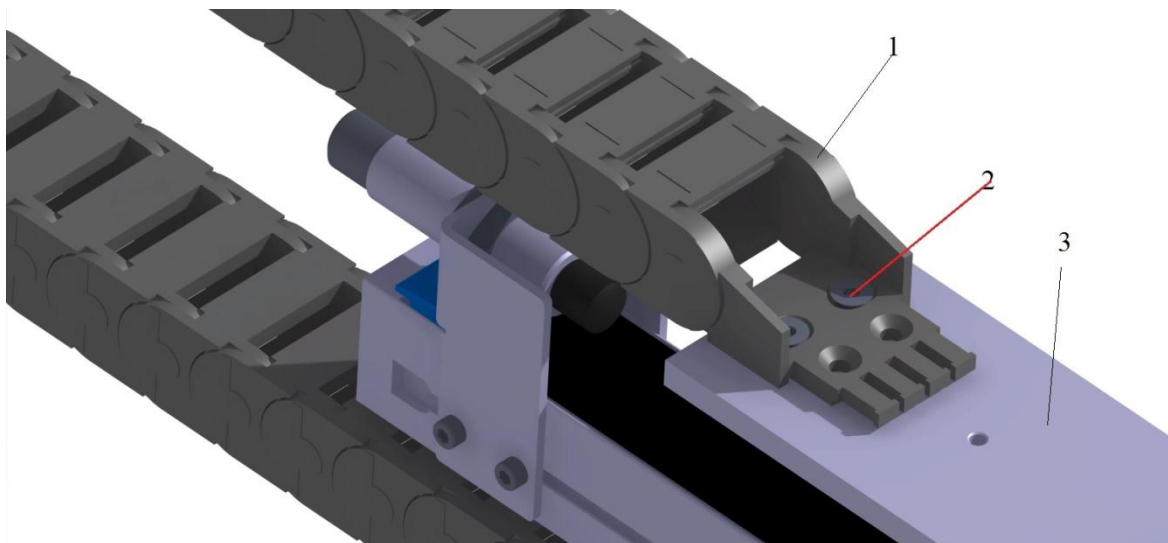
FESTO spolupracuje s firmou IGUS, která se výrobou energetických řetězů zabývá. Jejich díly jsou tak přizpůsobeny rozměrům jednotlivých modelových řad energetických řetězů.

V tomto případě je nutné vést 4 hadice Ø6 mm (stlačený vzduch) a 4 kabely Ø4,5 mm (signální k čidlům). Je vybrán řetěz typu Energy Chains E2 Medium rozměrové řady 255. Vnitřní prostor řetězu je 22,5x38 mm, což je dostačující. Protože zdvih osy Z činí 650 mm a řetěz je potřebné táhnout ještě i po délce pohonu je jeho výsledná délka 1834,8 mm, což představuje 66 článků. Řetěz má na obou koncích pevné články. Poloměr ohybu je 75 mm. Typové označení řetězu: 255.03.75.1834. Hmotnost řetězu činí 1,52 kg.

Řetěz bude na jednom konci přišroubován ke kotevní desce HMVZ-3 šrouby se zapuštěnou hlavou M6x16. K tělu pohonu DGEA 18 je připevněn pomocí držáku HMIZF-E03-DA18 (k. č. 539370).

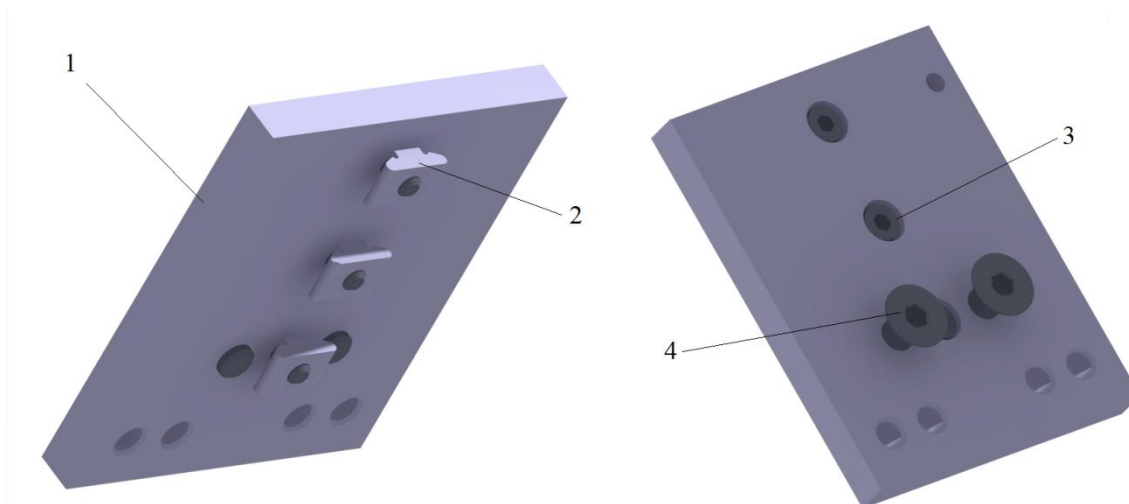


Obr. 87 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – tělo pohonu, 3 – držák řetězu HMIZF-E03-DA18, 4 – kabely a hadice, 5 – pracovní hlavice)



Obr. 88 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – šrouby M6x16 se zapuštěnou hlavou, 3 – kotevní deska HMVZ-3)

Držák energetického řetězu HMIZF-E03-DA18 je k tělu pohonu DGEA 18 ukotven pomocí trojice kamenů NST-M4 (k. č. 526091), které jsou na šroubech M4x8. Díky pohybování kamenů v drážce pohonu je možné nastavit jeho optimální polohu.

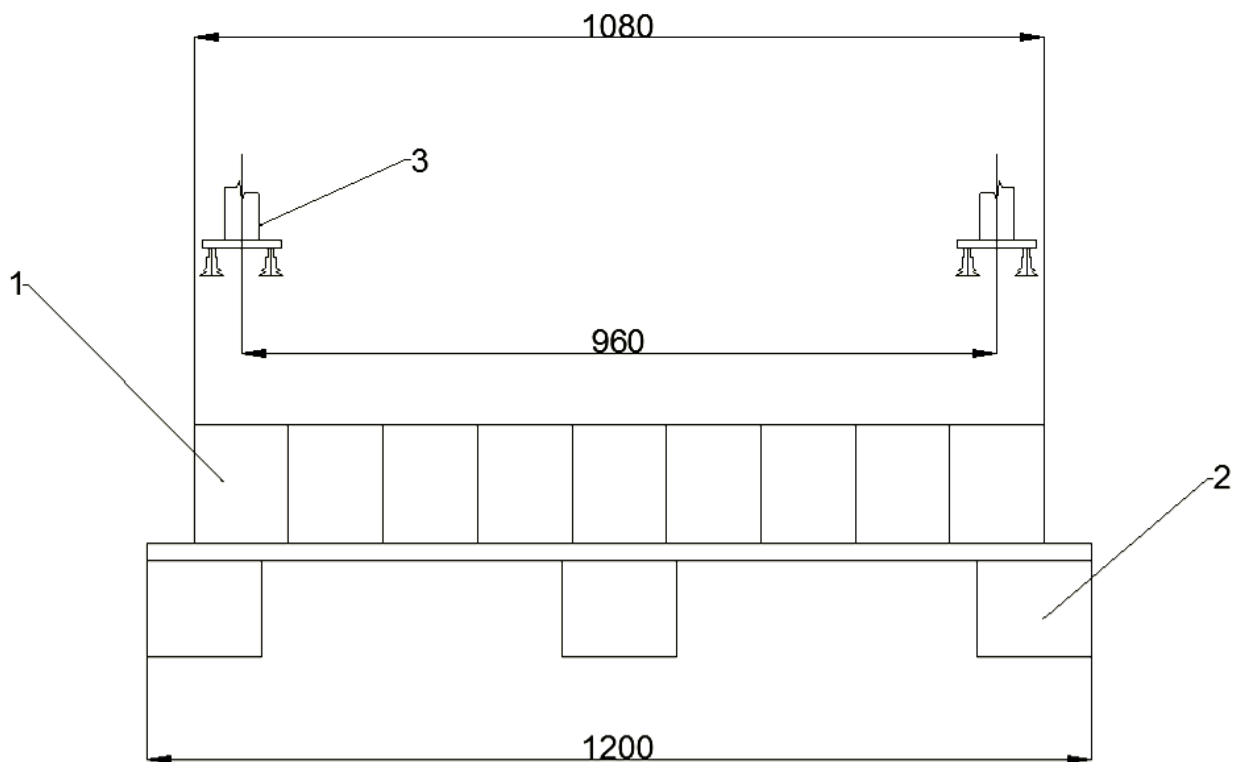


Obr. 89 – HMIZF-E03-DA18 (1 – držák, 2 – kameny NST-M4, 3 – šrouby M4x8, 4- šrouby M6x16 se zapuštěnou hlavou)

8.2 Návrh osy Y

Osa Y zajišťuje jednu ze složek pohybu v horizontálním směru. Je k ní připojena osa Z, která se díky ní pohybuje.

Pojezd osy Y je stanoven na 1000 mm. Seřazené krabičky na paletě ve směru osy Y dosahují délky 1080 mm (9 ks krabiček). Osová vzdálenost mezi krajními je potom 960 mm. Takže zůstává 20 mm manipulační rezerva na každé straně. Paleta je tak ve směru osy Y celkem dobře využita.

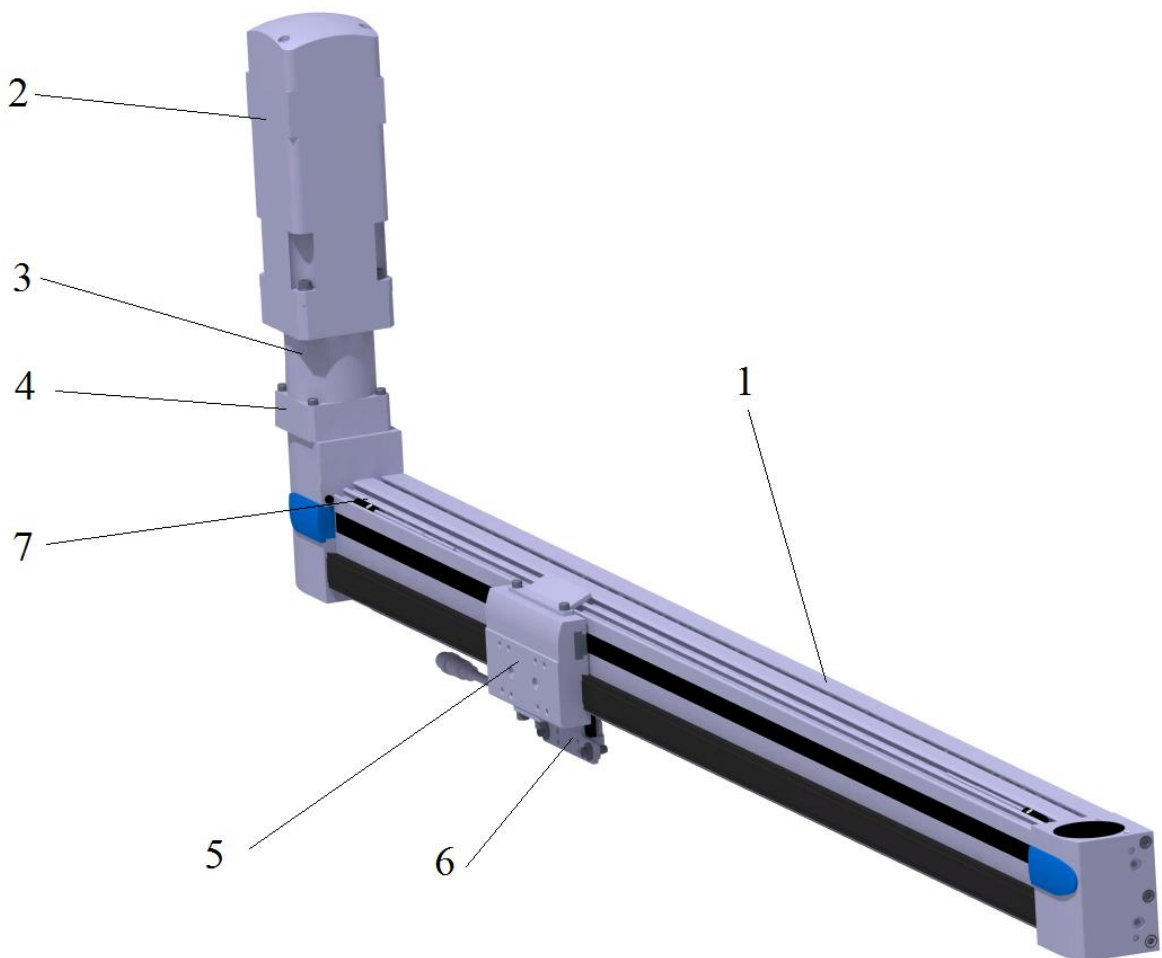


Obr. 90 – Délka pojezdu osy Z (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – pracovní hlavice s přísavkami)

8.2.1 Pohon osy Y

Jak je již zmíněno v předchozí kapitole, pojezdová délka osy by měla dosahovat délky 1000 mm. Zároveň je nositelem vertikální osy Z. Kompletní nastrojená osa Z dosahuje hmotnosti cca 13,2 kg, což je důležité při výběru pohonné jednotky zohlednit.

Pro tento účel se nejvíce hodí pohon s ozubeným řemenem s kuličkovými oběžnými pouzdry firmy FESTO označovaný jako EGC-TB-KF. Mezi jeho přednosti patří vysoká tuhost a zatížitelnost díky vysoce dimenzovanému profilu s optimalizovaným průřezem. Podrobnější informace.



Obr. 91 – Pohon EGC-TB-KF (1 – profil pohonu, 2 – motor, 3 – převodovka, 4 – axiální sada, 5 – vozík, 6 – odměřování, 7 – čidla koncových poloh)

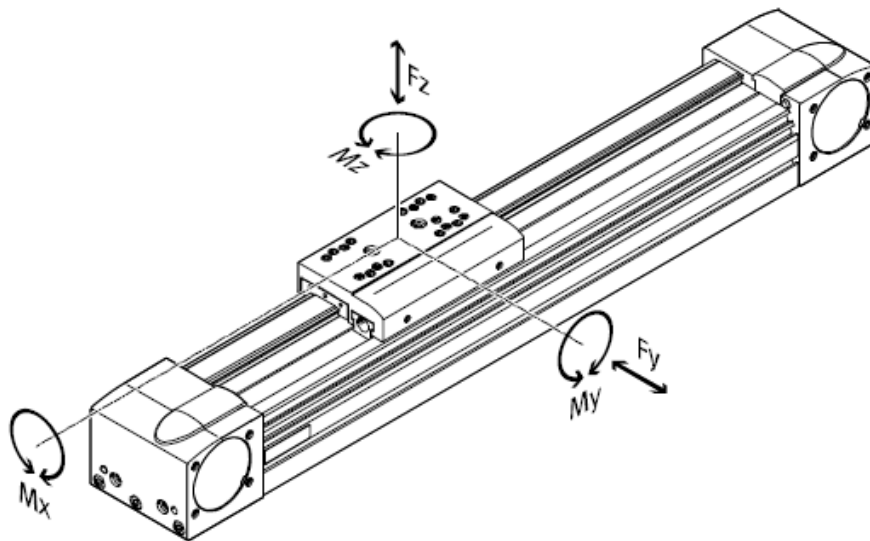
Je vybrán konkrétní typ EGC-80-1000-TB-KF-10H-GK-M1_ZUB-XZK (k. č. 556814) s těmito parametry:

- pracovní zdvih: 1000 mm
- celková hmotnost: 9,2 kg
- maximální rychlost: 5 m/s
- maximální posuvová síla: 350 N
- maximální zrychlení: 50
- opakovatelná přesnost: $\pm 0,08$ mm
- maximální moment pohonu: 5 Nm
- maximální moment pohonu (naprázdno): 0,4 Nm
- maximální otáčky pohonu: 6 666 1/min

Pohon je vybaven kontinuálním snímáním polohy, aby bylo dosaženo přesného polohování.

Ověření nosnosti vozíku pohonu

Pohon bude manipulátoru otočen o 90° proti nákresu, aby ho bylo možné spojit pohonem osy Z. Důležité je tedy znát zatěžující sílu F_y (v souřadném systému manipulátoru F_z) a moment M_x (v souřadném systému manipulátoru M_y).



Obr. 92 – Síly a momenty působící na vozík pohonu

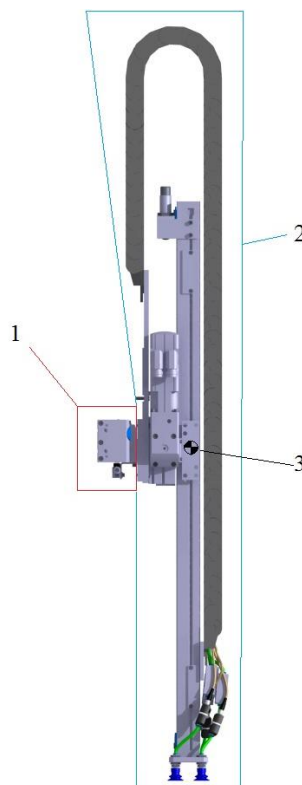
Zatěžující síla F_y

Tato síla je vyvolána hmotností celé jednotky osy Z (pohon, motor, převodovka, pracovní hlavice atd.). Dovolena hodnota podle katalogu pro vybranou velikost vozíku je 3050N.

$$m = 13,2 \text{ kg}$$

$$F_y = m \cdot g = 13,2 \cdot 9,81 = \underline{\underline{129,5N}}$$

Síla vyvolaná hmotností jednotky osy Z je pouze 129,5N a nedosahuje kritické hodnoty 3050N. Velikost toho vozíku vyhovuje.



Obr. 93 – Vozík a jednotka osy Z (1 – vozík pohonu, 2 – jednotka osy Z, 3 – těžiště)

Moment M_x

Moment je vyvolán určitou silou, působící na rameni. Zde je to síla F_y vyvolaná váhou jednotky osy Z a rameno je vzdálenost těžiště jednotky od povrchu vozíku, který je v katalogu brán jako referenční. Dovolena hodnota momentu M_x je 36 Nm.

$$r = 98,25 \text{ mm}$$

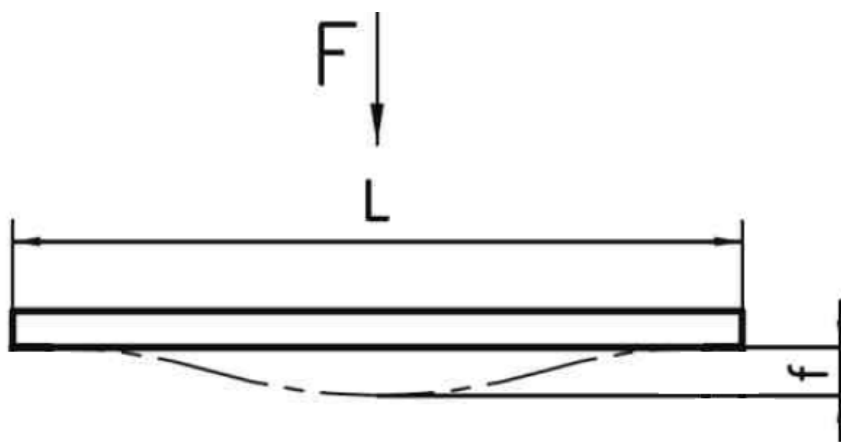
$$F_y = 129,5 \text{ N}$$

$$M_x = F \cdot r = F_y \cdot r = 129,5 \cdot 0,09825 = \underline{\underline{12,72Nm}}$$

Moment, kterým působí jednotka Z na vozík pohonu, dosahuje velikosti 12,72 Nm. Maximální dovolená je 36 Nm. Při zvolení menší rozměrové řady pohonu, už by se vypočtený moment velmi přibližoval dovolené hodnotě.

Průhyb profilu pohonu

Aby nedocházelo k velkým průhybům pohonu, je ho někdy zapotřebí podepřít. Dle katalogu ale pro výše uváděné zatížení není podpěra pro délku pohonu 1000 mm nutné použít.



Obr. 94 – Průhyb profilu (F – zatěžující síla, L – délka profilu, f – průhyb)

$L_p = 1,176 \text{ m}$ – vzdálenost podpěr

$I = 84,4 \text{ cm}^4$ – moment setrvačnosti

$$f = \frac{0,07 \cdot L_p \cdot F}{I} = \frac{0,07 \cdot 1,176 \cdot 129,5}{84,4} = \underline{\underline{0,126 \text{ mm}}}$$

Maximální průhyb profilu dosahuje 0,126 mm, což vyhovuje maximální dovolené hodnotě 0,5 mm.

8.2.1.1 Servomotor pro osu Y

Dle katalogového listu k pohonům s ozubeným řemenem EGC s kuličkovými oběžnými pouzdry je pro výše zvolený typ přímo doporučován servomotor EMMS-AS-70-M-RS (k. č. 1704807). Jedná se o elektrodynamický, bezkartáčový servomotor s permanentním magnetem.

- jmenovitý výkon: 1061 W
- jmenovitý krouticí moment: 2,29 Nm
- jmenovité otáčky: 4100 1/min
- maximální krouticí moment: 7,75 Nm
- maximální otáčky: 4780 1/min
- moment setrvačnosti rotoru: 0,611 kgcm²
- hmotnost: 2,7 kg



Obr. 95 – Servomotor EMMS-AS-70-M

8.2.1.2 Převodovka

Pro výše uváděný servomotor EMMS je k pohonu EGC dodávána převodovka EMGA-60-P-G5-SAS-70 (k. č. 552191). Je to převodovka s planetovým převodem a poměrem 5:1.



Obr. 96 – Převodovka EMGA-60-P-G5

8.2.1.3 Axiální sada

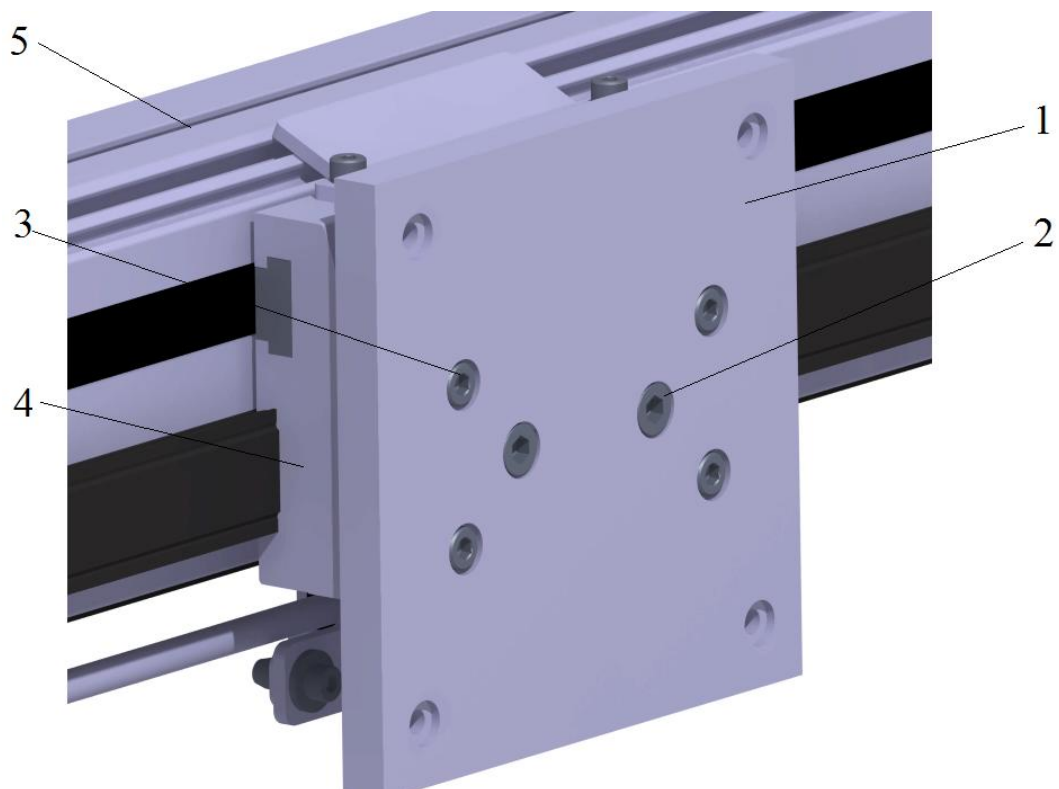
Axiální sada slouží k uchycení motoru, případně i motoru s převodovkou k danému typu pohonu. Zajišťuje jejich montáž a přenos krouticího momentu. Pro zvolený servomotor EMMS s převodovkou EMGA je nejvhodnější použít axiální sadu EAMM-A-L48-60G (k. č. 557983). Sada se skládá z příruby motoru, spojkové skříně, spojky a šroubů.



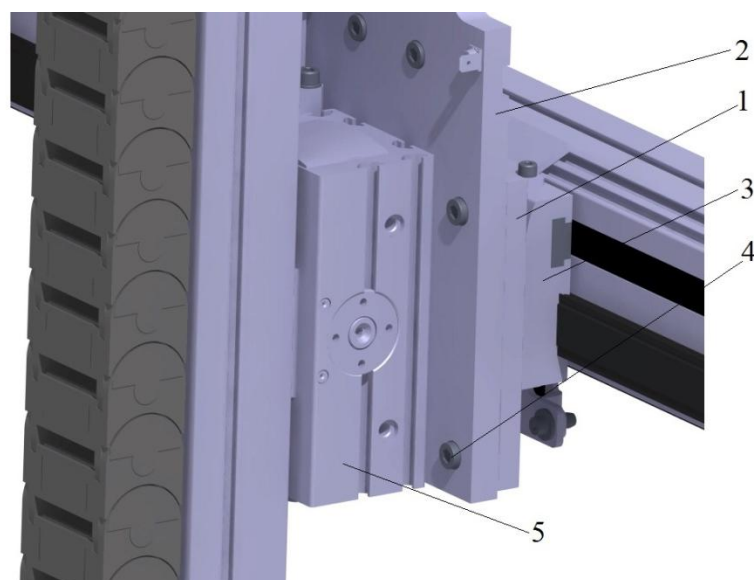
Obr. 97 – Axiální sada EAMM-A-L48-60G

8.2.2 Uchycení jednotky osy Z k vozíku pohonu

Jednotka osy Z disponuje kotevní deskou HMVZ-3 (popsána v kapitole 8.1.3. Kotevní deska pohonu). Tuto kotevní desku ale není možné přímo uchytit k vozíku pohonu. Je zapotřebí použití mezidesky. Tato mezideska je přišroubována pomocí 4 šroubů M5x14 a vystředěna na vozíku pomocí 2 šroubů M6x12 spolu s 2 středícími kroužky ZBH-9 (k. č. 150927). Mezideska by byla vyrobena z duralu dle výkresové dokumentace (viz příloha č. 7). Její základní rozměry jsou 125x120x10 mm. Objem $V = 1,452 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ a její hmotnost činí cca 407 g. Obsahuje také 4 otvory se závity M6 a zahloubeními pro středící kroužky sloužící k uchycení kotevní desky HMVZ-3.



Obr. 98 – Mezideska k uchycení HMVZ-3 (1 – mezideska, 2 – šroub M6x12, 3 – šroub M5-14, 4 – vozík pohonu, 5 – profil pohonu)



Obr. 99 – Mezideska k uchycení HMVZ-3 (1 – mezideska, 2 – kotevní deska HMVZ-3, 3 – vozík pohonu, 4 – šroub, 5 – profil pohonu)

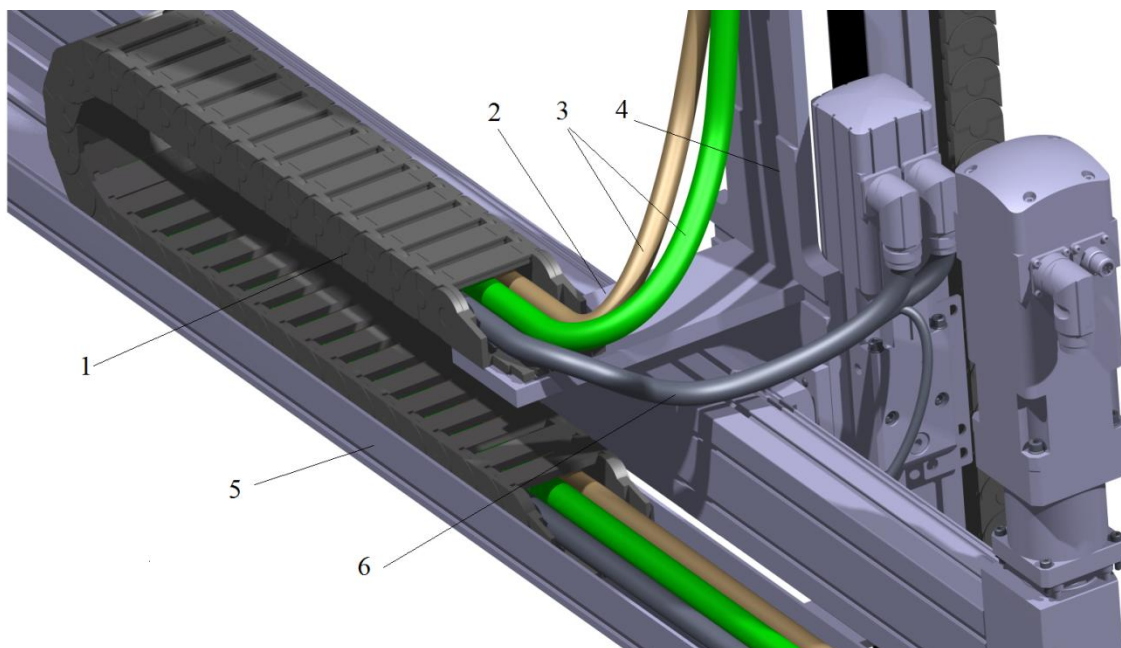
8.2.3 Energetický řetěz

Jelikož k jednotce osy Z vedou kabelové a hadicové svazky, je potřebné použít energetický řetěz i pro osu Y. Navíc se k nim přidá kabelový svazek pro ovládání motoru osy Z a měření polohy osy Y.

Celkově se tedy jedná o 3 svazky s průměry 2x14,5 mm a 1x17 mm.

Je vybrán řetěz typu IGUS Energy Chains E2 Medium rozměrové řady 255. Vnitřní prostor řetězu je 22,5x57 mm, což je dostačující. Protože pojezd osy y činí 1000 mm, je jeho výsledná délka 1001 mm, což představuje 36 článků. Řetěz má na obou koncích pevné články. Poloměr ohybu je 55 mm. Typové označení řetězu: 255.05.55.1001. Hmotnost řetězu činí 0,9 kg.

Řetěz bude na jednom konci přišroubován k desce HMIYF-RF/DL25 (k. č. 539659), která je přišroubována ke kotevní desce HMVZ-3. Pro vedení a skládání řetězu je zapotřebí použití vodícího koryta.

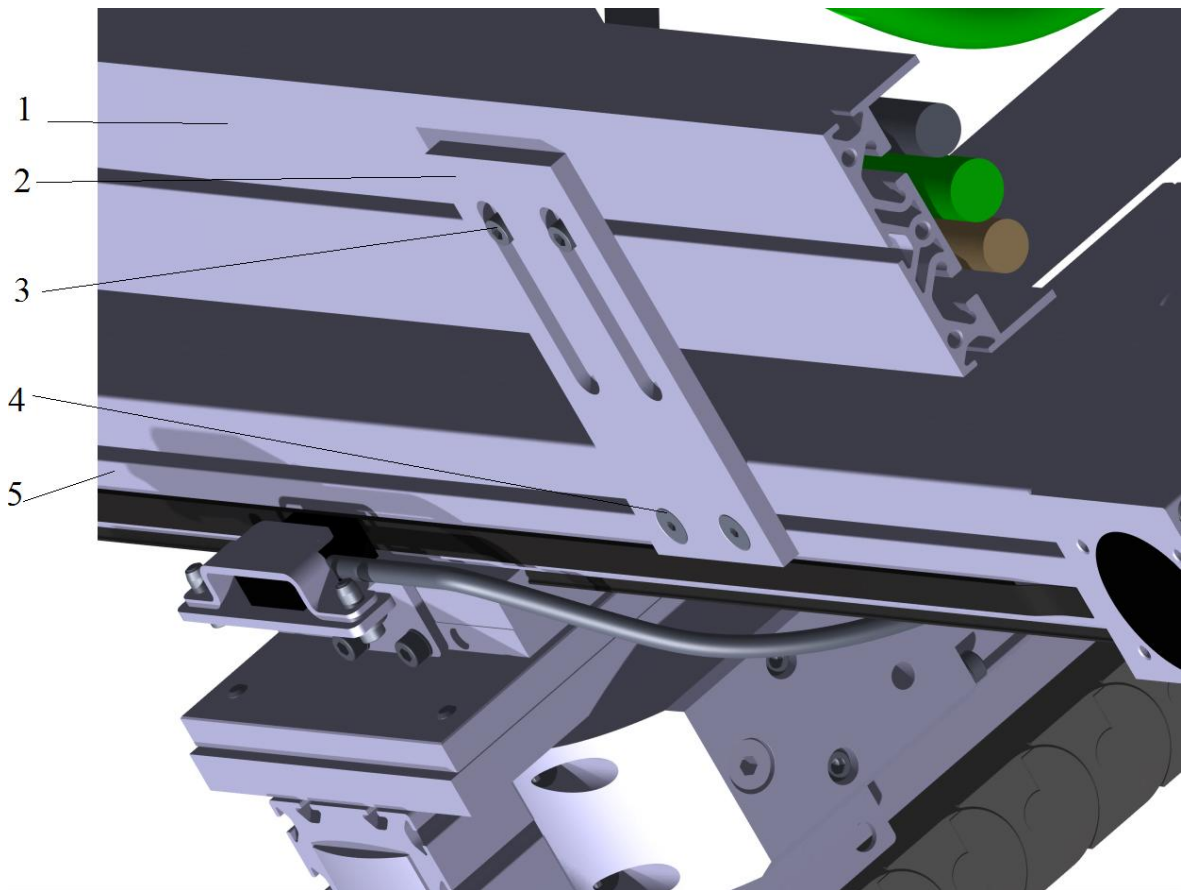


Obr. 100 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – deska HMIYF, 3 – kabelové a hadicové svazky pro osu Z, 4 – kotevní deska HMVZ-3, 5 – vodící koryto, 6 – kabelový svazek pro motor osy Z)

8.2.3.1 Vodící koryto

Vodící koryto je oporou energetickému řetězu. Slouží k jeho podepření a zároveň vedení během skládání při pohybu osy.

Koryto je vybráno podle velikosti energetického řetězu. Jeho velikosti odpovídá koryto s označením HMIA-E05 (k. č. 539378) a délky 1176 mm. Koryto je uchyceno k profilu pohonu pomocí 3 držáků HMIXB PR/FP (k. č. 539654). Ty jsou k profilu pohonu přimontovány pomocí kamenů v drážkách NST-5-M5 (k. č. 150914) a šroubů M5x8 a šroubů se zapuštěnou hlavou M5x10.



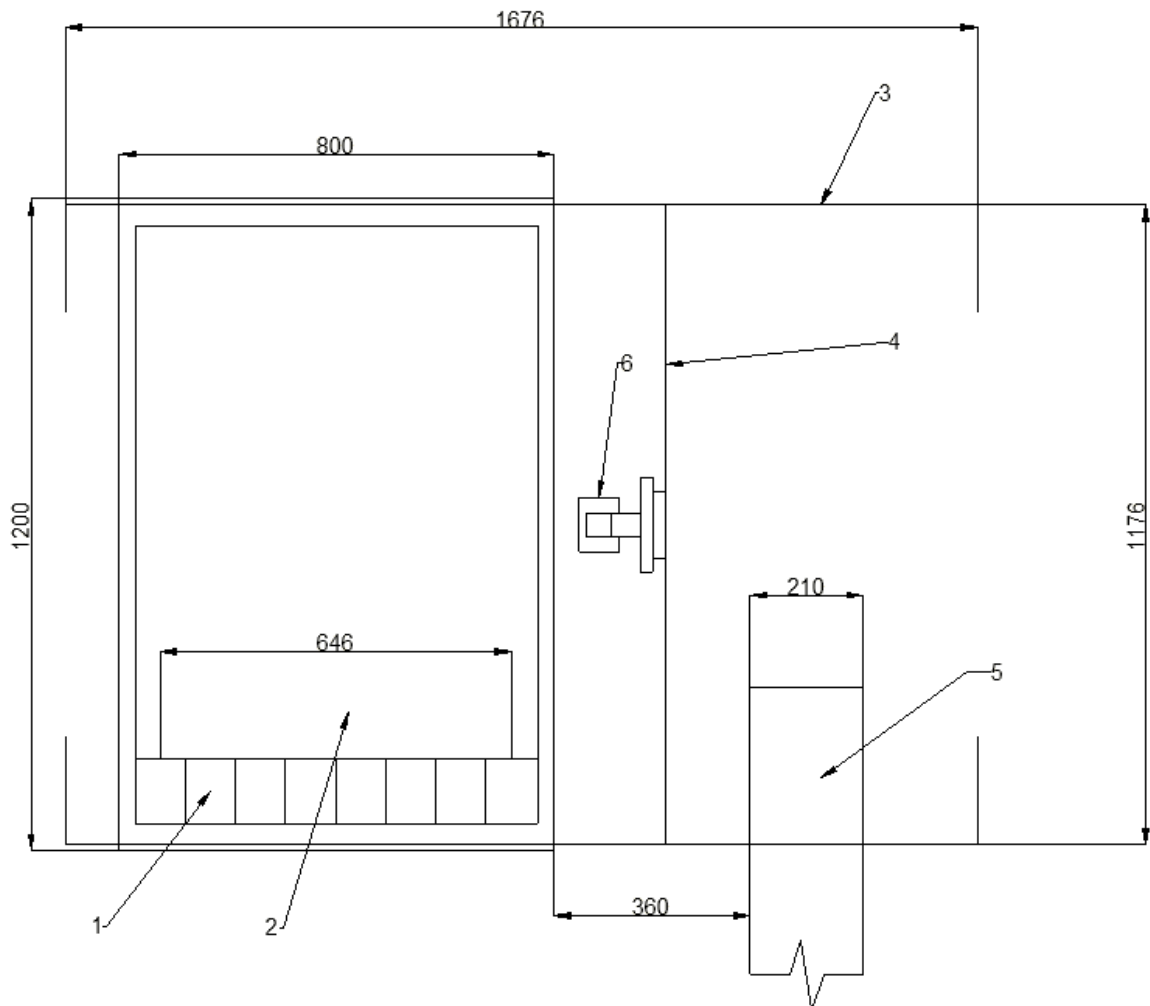
Obr. 101 – Vodící koryto (1 – koryto, 2 – držák HMIXB, 3 – šroub M5x8, 4 – šroub se zapuštěnou hlavou M5x10, 5 – profil pohonu Y)

8.3 Návrh osy X

Osa X zajišťuje druhou ze složek pohybu v horizontálním směru. Je k ní připojena osa Y, která se díky ní pohybuje.

Pojezd osy X je stanoven na 1500 mm. Seřazené krabičky na paletě ve směru osy X dosahují délky 720 mm (8 ks krabiček). Osová vzdálenost mezi krajními je potom 646 mm. Je ale také potřebné pod manipulátor vměstnat pásový dopravník s krabičkami.

Celková délka osy X s pojezdem 1500 mm je 1676 mm. Je zapotřebí použití dvou osových jednotek na každé straně, aby byl zajištěn plynulý pohyb manipulátoru.



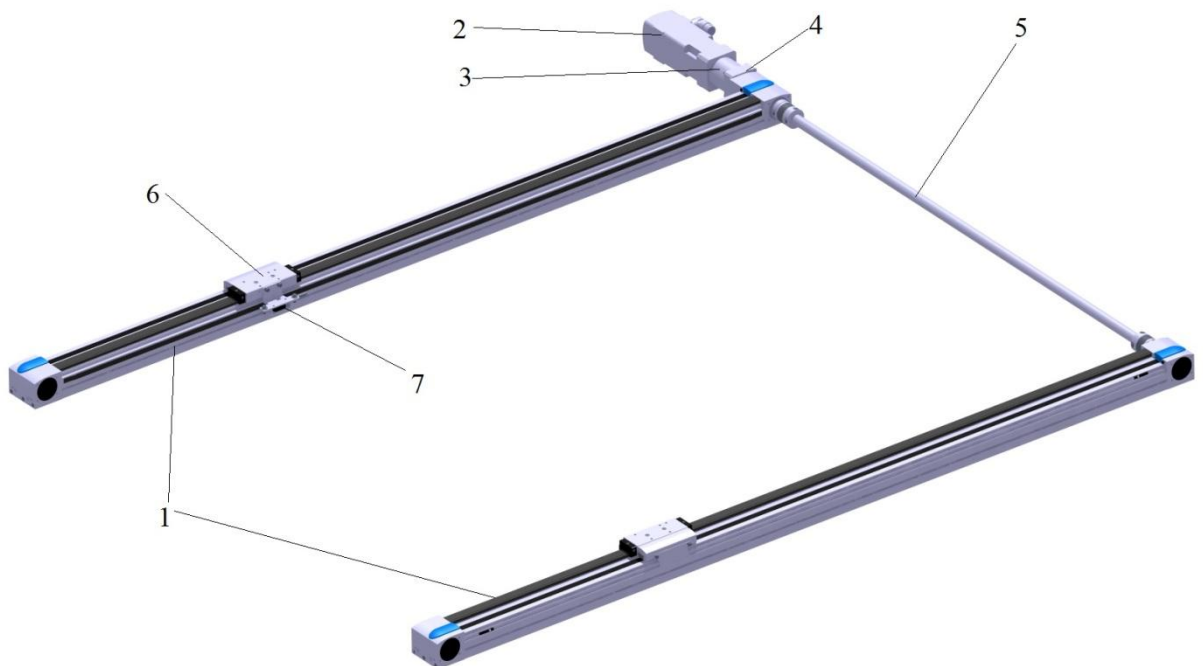
Obr. 102 – Vodící koryto (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – osa X, 4 – osa Y, 5 – pásový dopravník, 6 – pracovní hlavice)

8.3.1 Pohon osy X

Délka pojezdu osy musí dosahovat délky 1500 mm. Zároveň bude nositelem horizontální osy Y, na kterou je napojena vertikální osa Z. Tyto dvě kompletně nastrojené osy dosahují hmotnosti cca 29,9 kg, což je důležité při výběru pohonné jednotky zohlednit.

Aby byla osa Y podepřena na obou koncích a mohla se plynule pohybovat, je nejvýhodnější použití dvou pohonných jednotek, které jsou poháněné jedním motorem. Tak se zaručí stejné posuvové síly a rychlosti na obou stranách.

Pro tento účel se nejvíce hodí pohon s ozubeným řemenem s kuličkovými oběžnými pouzdry firmy FESTO označovaný jako EGC-TB-KF.



Obr. 103 – Pohon EGC-TB-KF (1 – pohony EGC, 2 – motor, 3 – převodovka, 4 – axiální sada, 5 – spojovací hřídel, 6 – vozík, 7 – odměřování)

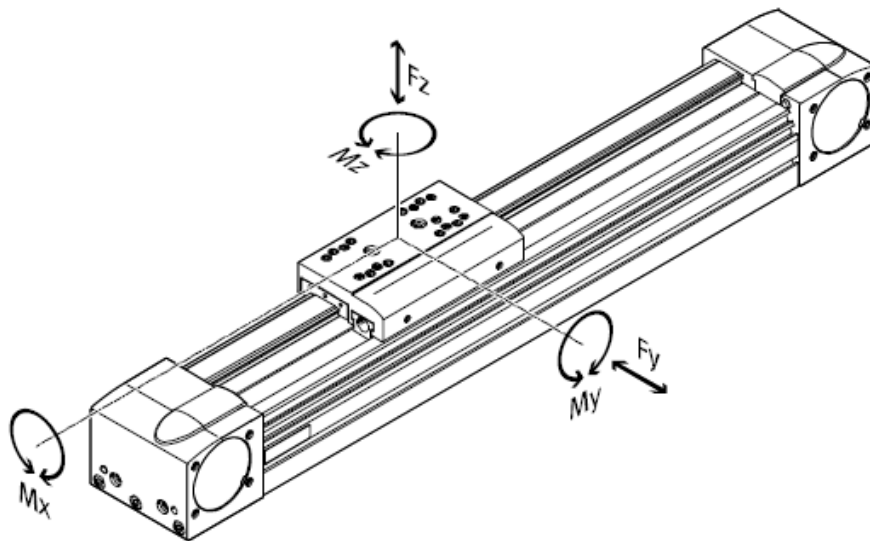
Je zvolena stejná rozměrová řada jako o osy Y, ovšem s delším pojezdem. Konkrétní typ EGC-80-1500-TB-KF-10H-GK-M1_ZUB-FMXZ (k. č. 556814) s těmito parametry (hodnoty platí pro jeden pohon):

- pracovní zdvih: 1500 mm
- celková hmotnost: 12,3 kg
- maximální rychlost: 5 m/s
- maximální posuvová síla: 350 N
- maximální zrychlení: 50
- opakovatelná přesnost: $\pm 0,08$ mm
- maximální moment pohonu: 5 Nm
- maximální moment pohonu (naprázdno): 0,4 Nm
- maximální otáčky pohonu: 6 666 1/min

Jeden z pohonů je vybaven kontinuálním snímáním polohy, aby bylo dosaženo přesného polohování.

Ověření nosnosti vozíku pohonu

Zde je důležité znát zatěžující sílu F_z . Moment M_x , díky použití dvou pohonů není třeba vyšetřovat.



Obr. 104 – Síly a momenty působící na vozík pohonu

Zatěžující síla F_y

Tato síla je vyvolána hmotností jednotek os Z a Y (pohony, motory, převodovky, pracovní hlavice, energetické řetězy atd.). Dovolena hodnota podle katalogu pro vybranou velikost vozíku je 3050N.

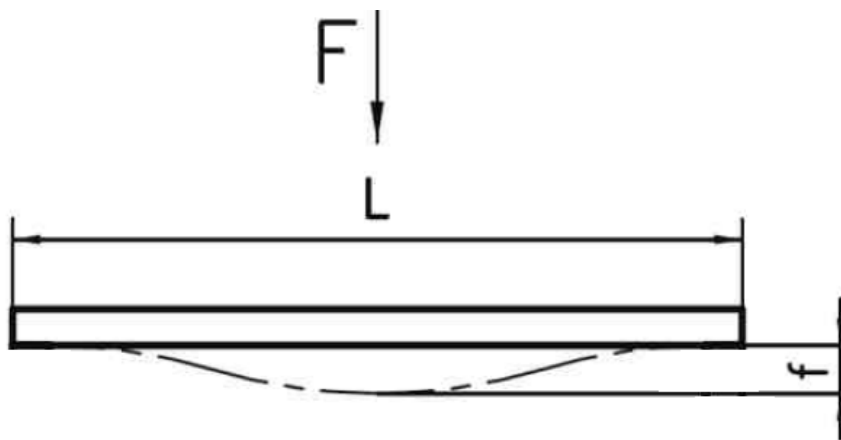
$$m = 29,9 \text{ kg}$$

$$F_y = m \cdot g = 29,9 \cdot 9,81 = \underline{\underline{293,3 \text{ N}}}$$

Síla vyvolaná hmotností jednotek os Z a Y je pouze 293,3 N a nedosahuje kritické hodnoty 3050 N. Velikost tohoto vozíku vyhovuje.

Průhyb profilu pohonu

Aby nedocházelo k velkým průhybům pohonu, je ho někdy zapotřebí podepřít. Dle katalogu ale pro výše uváděné zatížení není podpěra pro délku pohonu 1000 mm nutné použít.



Obr. 105 – Průhyb profilu (F – zatěžující síla, L – délka profilu, f – průhyb)

$$L_p = 1,676 \text{ m} - \text{vzdálenost podpěr}$$

$$I = 116 \text{ cm}^4 - \text{moment setrvačnosti}$$

$$f = \frac{0,07 \cdot L_p \cdot F}{I} = \frac{0,07 \cdot 1,676 \cdot 293,3}{116} = \underline{\underline{0,297 \text{ mm}}}$$

Maximální průhyb profilu dosahuje 0,297 mm, což vyhovuje maximální dovolené hodnotě 0,5 mm.

8.3.1.1 Servomotor pro osu X

Servomotor pro osu X je identický se servomotorem pro osu Y. Viz kapitola 8.2.1.1. Servomotor pro osu Y.

8.3.1.2 Převodovka

Převodovka je identická s převodovkou pro osu Y. Viz kapitola 8.2.1.2 Převodovka.

8.3.1.3 Axiální sada

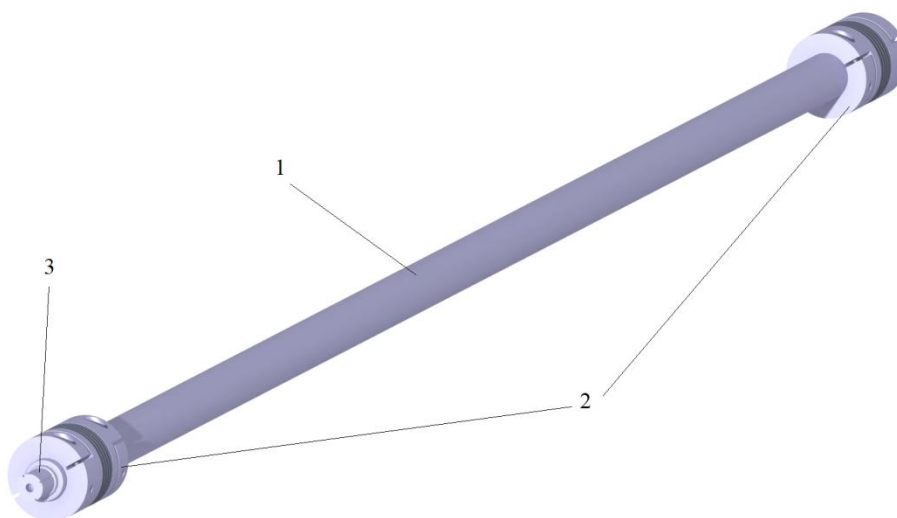
Axiální sada je identická s axiální sadou pro osu Y. Viz kapitola 8.2.1.3. Axiální sada.

8.3.1.4 Spojovací hřídel

Aby mohly být oba pohony poháněny synchronně, je použita spojovací hřídel a společný motor.

Spojovací hřídel se skládá ze spojovací trubky a dvou spojek na koncích. Spojovací hřídel přenáší potřebný moment a zabraňuje tak chybě sousosti mezi pohony. Také zajišťuje přenos bez prokluzu, a tedy i stejný dopředný pohyb obou pohonů.

Pro pohony typu EGC-TB-KF rozměrové řady 80 a určena spojovací hřídel KSK-80-1196 (k. č. 562521). Délka hřídele je dána roztečí pohonů, která je 1196 mm.

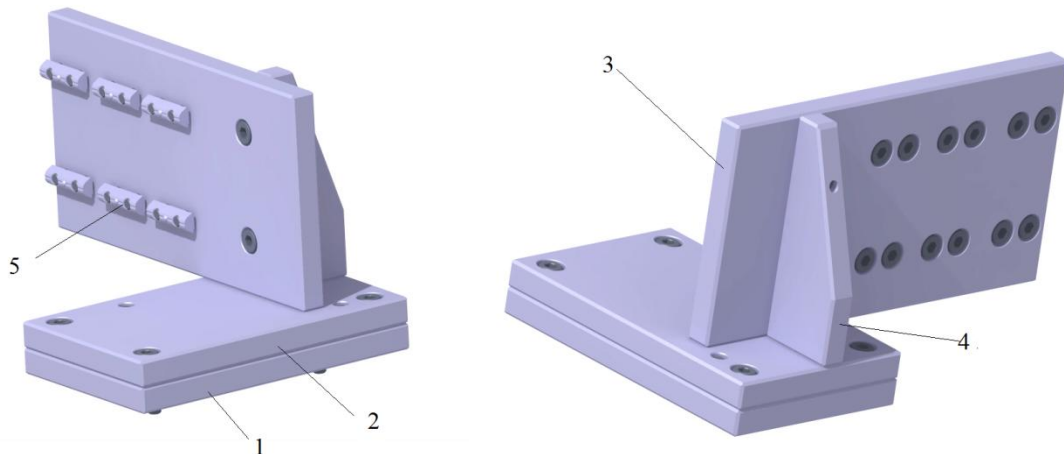


Obr. 106 – Spojovací hřídel KSK (1 – spojovací trubka, 2 – spojky, 3 – hřídel pohonu)

8.3.2 Uchycení osy Y k ose X

Jelikož v katalozích firmy FESTO neexistuje kombinace více pohonů typu EGC a k nim teda příslušné adaptéry na uchycení, je zapotřebí je vytvořit.

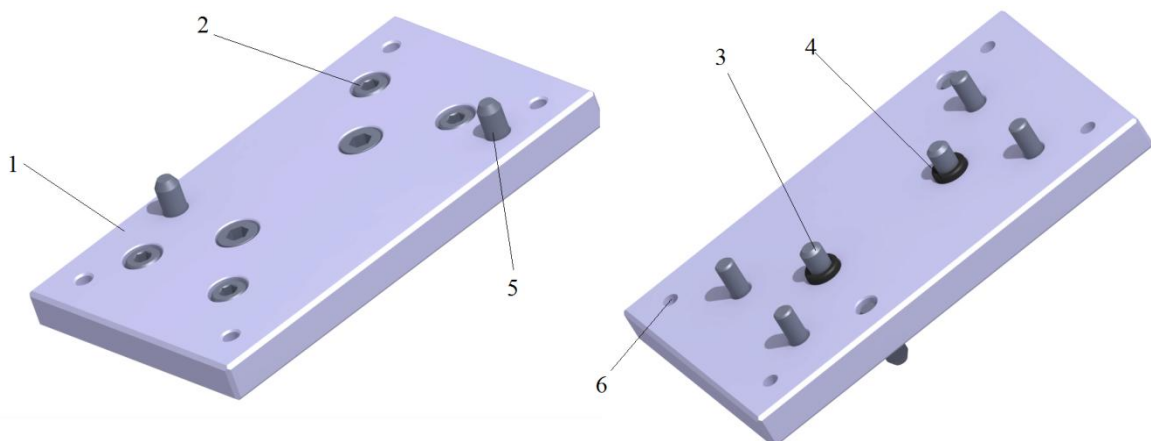
Adaptér se skládá ze 4 hlavních částí. Desky vozíku, základny, opěrné desky a žebra. Jsou potřebná dvě provedení, levé a pravé. Viz příloha.



Obr. 107 – Adaptér X-Y (1 – deska vozíku, 2 – základna, 3 – opěrná deska, 4 – žebro, 5 – kameny do drážky profilu pohonu)

8.3.2.1 Deska vozíku

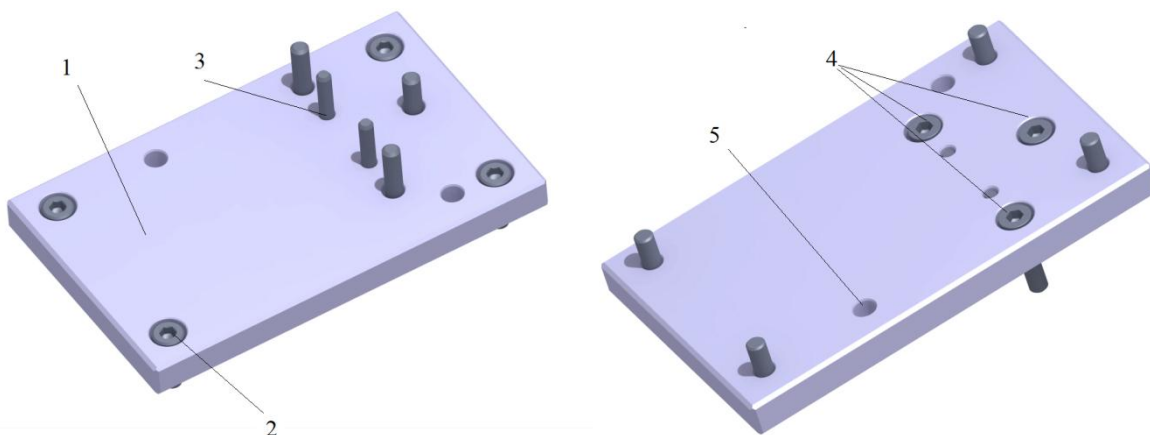
Tato deska je namontovaná přímo na vozík pohonu pomocí 4 šroubů M5x14 a 2 šroubů M6x12. Deska je na vozíku vystředěna pomocí kroužků ZBH-9. V desce jsou 2 kolíky 6x18, které slouží k vystředění základny vůči vozíku. Rozměry desky viz příloha č 11.



Obr. 108 – Deska vozíku (1 – deska vozíku, 2 – M5x14, 3 – M6x12, 4 – kroužek ZBH-9, 5 – kolíky 6x18, 6 – otvory M5)

8.3.2.2 Základna

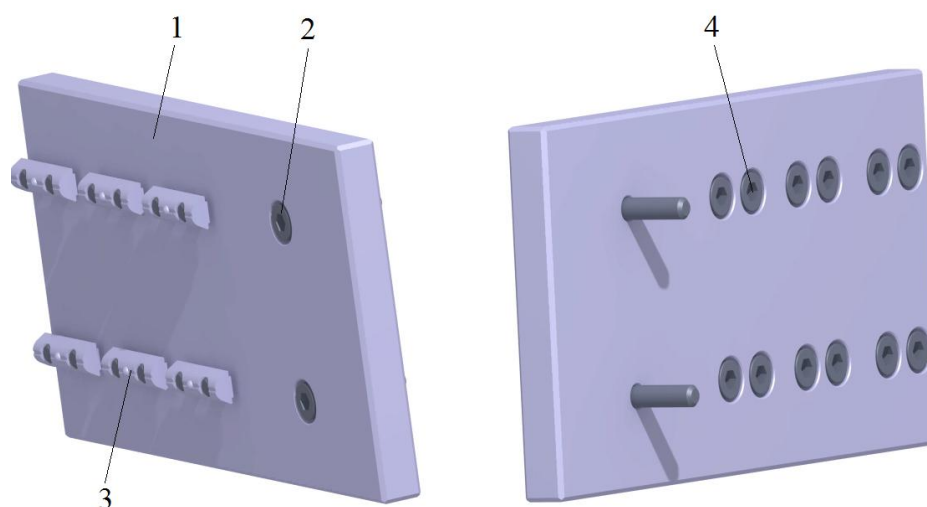
O základnu se opírá pohon osy Y. K desce vozíku je přišroubována pomocí 4 šroubů M5x14. Jsou v ní také otvory pro šrouby M5x20, které slouží k uchycení opěrné desky a žebra. K přesnému zapozicování opěrné desky, je v základně dvojice kolíků 4x24. Rozměry desky viz příloha č. 8.



Obr. 109 – Základna (1 – základna, 2 – M5x14, 3 – kolík 4x24, 4 – M5x20, 5 – otvory pro kolíky)

8.3.2.3 Opěrná deska

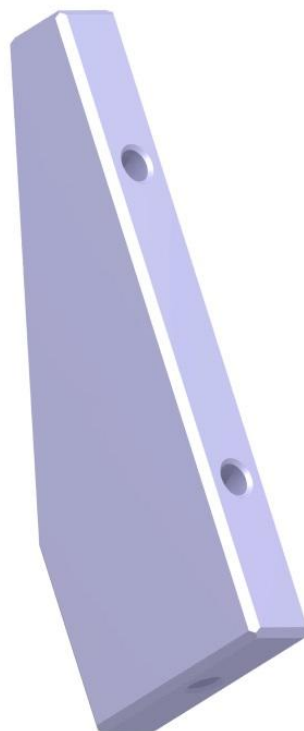
Na opěrné desce drží pohon osy Y. Profil pohonu je k desce upevněn pomocí kamenů v drážkách profilu NST-HMV (k. č. 526094), které jsou k desce přitaženy šrouby M5x10. Jsou zde také otvory pro šrouby M5x20 sloužící k upevnění žebra. Rozměry desky viz příloha č. 9.



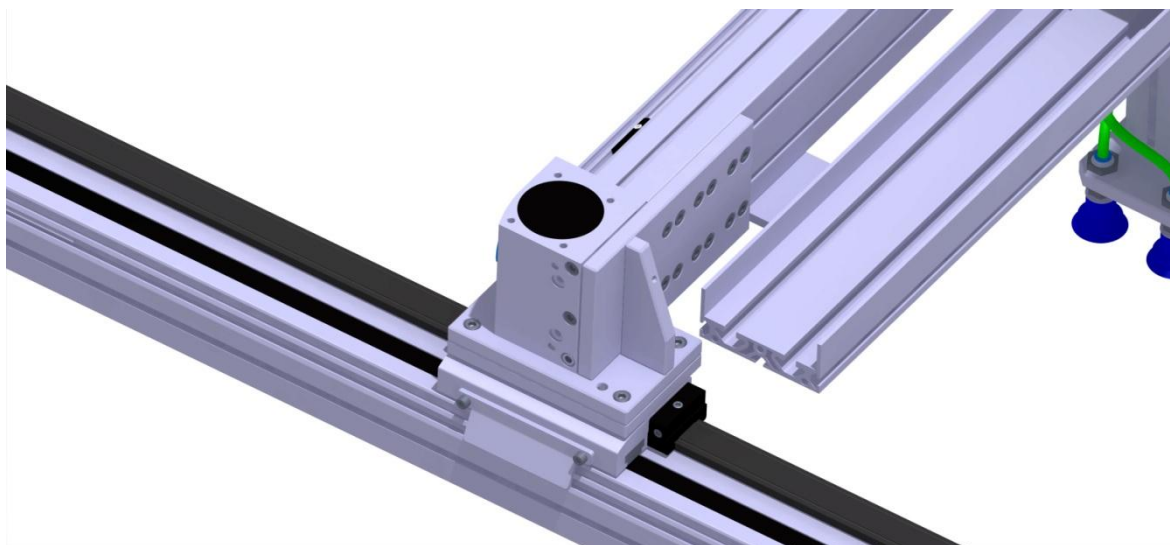
Obr. 110 – Opěrná deska (1 – opěrná deska, 2 – M5x20, 3 – kameny NST-HMV, 4 – M5x10)

8.3.2.4 Žebro

Žebro zajišťuje větší tuhost celého adaptéru. Je spojeno s opěrnou deskou a základnou pomocí šroubů M5x20. Rozměry žebra viz příloha č. 10.



Obr. 111 – Žebro



Obr. 112 – Adaptér mezi pohony X a Y

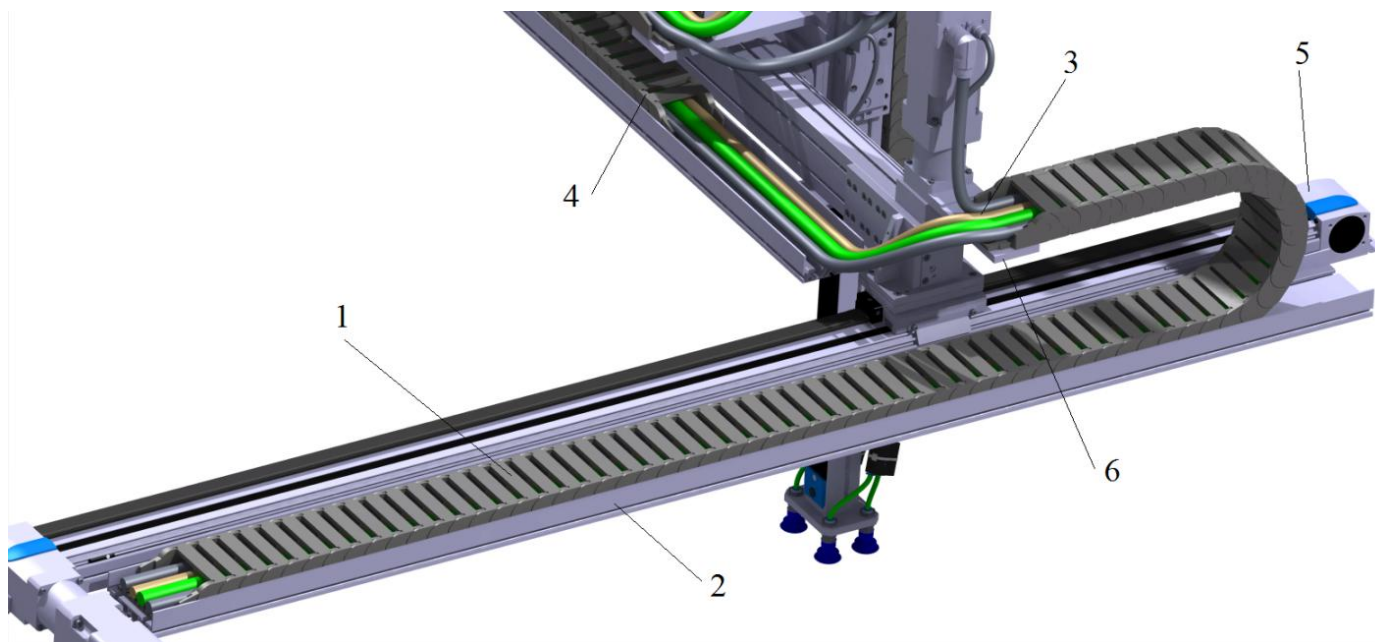
8.3.3 Energetický řetěz

Musí být dimenzován pro kabelové a hadicové svazky vedoucí z energetického řetězu osy Y a také pro kabelový svazek vedoucí od motoru osy Y.

Celkově se tedy jedná o 4 svazky s průměry 3x14,5 mm a 1x17 mm.

Je vybrán řetěz typu IGUS Energy Chains E2 Medium rozměrové řady 255. Vnitřní prostor řetězu je 22,5x77 mm, což je dostačující. Protože pojezd osy y činí 1500 mm, navíc jeden jeho konec vede až ke koncové poloze pohonu osy X je jeho výsledná délka 1890 mm, což představuje 68 článků. Řetěz má na obou koncích pevné články. Poloměr ohybu je 100 mm. Typové označení řetězu: 255.07.100.1890. Hmotnost řetězu činí 1,2 kg.

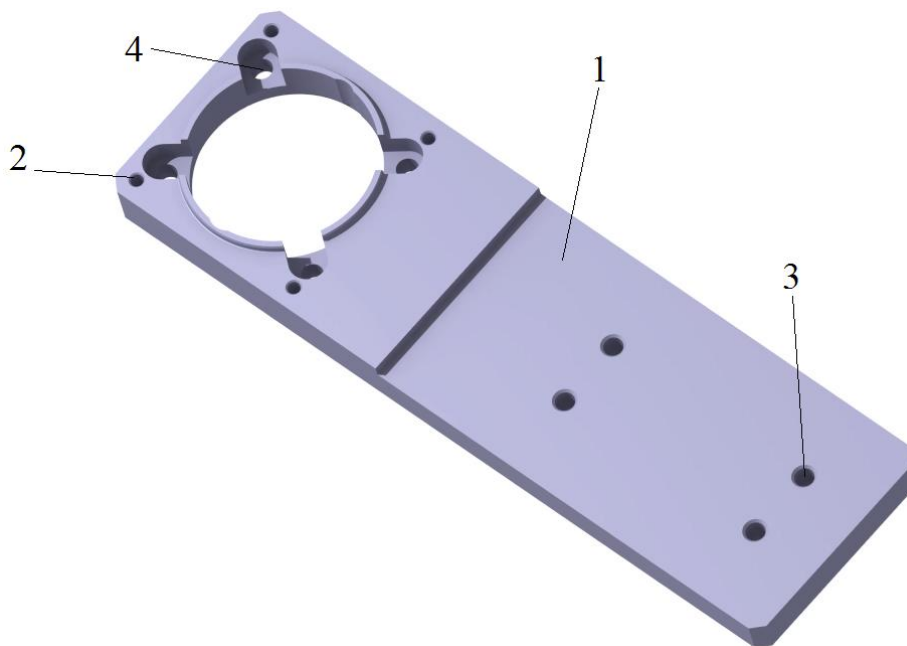
Pro uchycení řetězu na pohyblivé ose Y je zapotřebí upravit axiální sadu na motoru pro osu Y. Tělo axiální sady je nahrazeno držákem, vytvořeným za tímto účelem. Druhý konec řetězu bude připevněn do vodícího koryta.



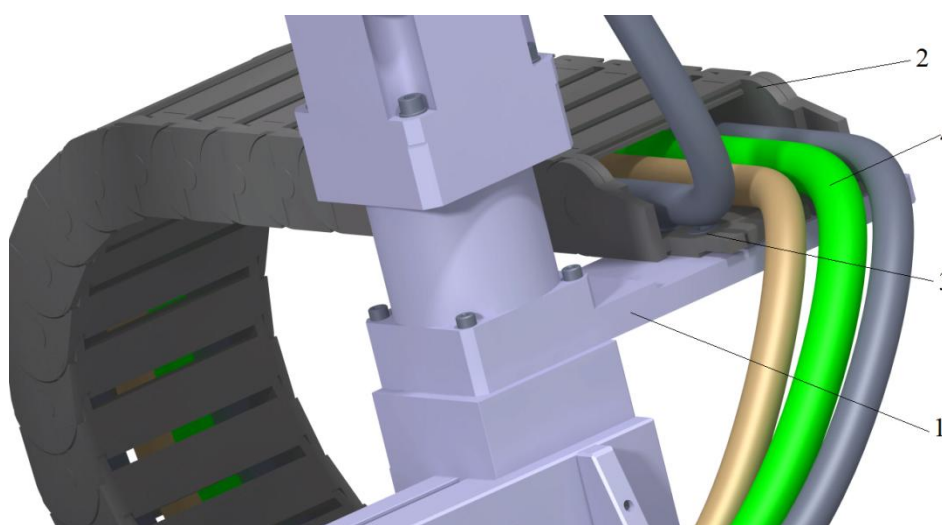
Obr. 113 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz X, 2 – vodící koryto, 3 – kabelové svazky, 4 – energetický řetěz Y, 5 – pohon osy X, 6 – držák energetického řetězu)

8.3.3.1 Držák energetického řetězu

Základní tvar držáku vychází ze základního tvaru těla axiální sady EAMM-A-L48-60G, avšak jedna jeho strana je prodloužená a vyčnívající z axiální sady. Na této části se nacházejí montážní otvory pro šrouby, které drží energetický řetěz.



Obr. 114 – Držák energetického řetězu (1 – držák, 2 – otvory pro montáž motoru osy Y, 3 – otvory pro montáž energetického řetězu, 4 – otvory pro montáž k pohonu osy Y)

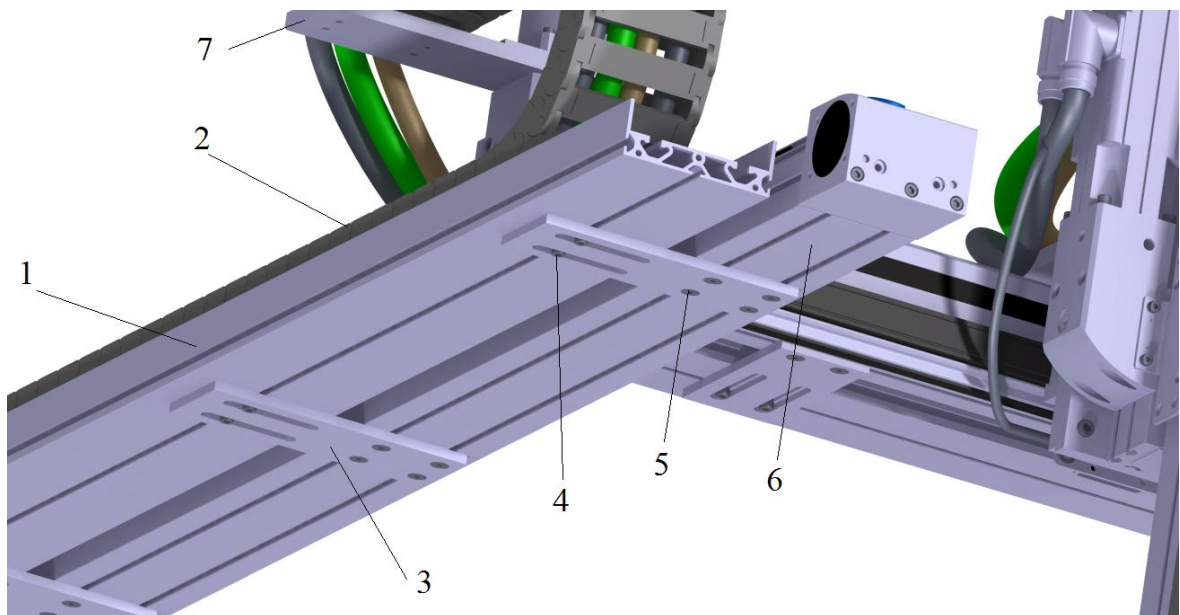


Obr. 115 – Držák energetického řetězu (1 – držák, 2 – energetický řetěz, 3 – šrouby se zapuštěnou hlavou M6x16, 4 – kabelové svazky)

8.3.3.2 Vodící koryto

Stejně jako u osy Y je i u osy X použito vodícího koryta pro oporu energetického řetězu. Slouží k jeho podepření a zároveň vedení během skládání při pohybu osy.

Koryto je vybráno podle velikosti energetického řetězu. Jeho velikosti odpovídá koryto s označením HMIA-E07 (k. č. 539379) a délky 1626 mm. Koryto je uchyceno k profilu pohonu pomocí 4 držáků HMIXB PR/FP (k. č. 539654). Ty jsou k profilu pohonu přimontovány pomocí kamenů v drážkách NST-5-M5 (k. č. 150914) a šroubů M5x8 a šroubů se zapuštěnou hlavou M5x10.

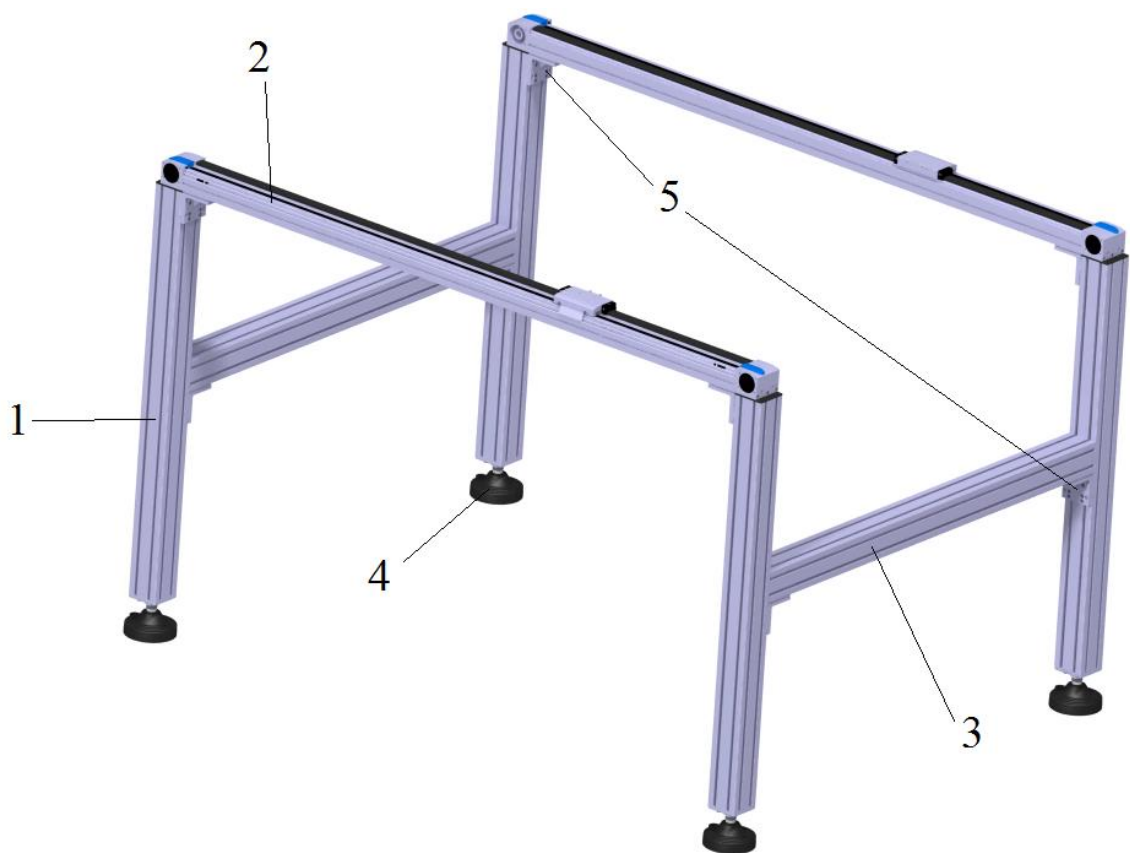


Obr. 116 – Vodící koryto (1 – vodící koryto, 2 – energetický řetěz, 3 – držák HMIXB, 4 – šroub M5x8, 5 – šroub se zapuštěnou hlavou M5x10, 6 – profil pohonu, 7 – držák energetického řetězu)

8.4 Rám manipulátoru

Rám manipulátoru je tvořen hliníkovými profily firmy FESTO. Výhoda hliníkových profilů oproti ocelovým je v podstatně nižší hmotnosti. Hliníkové profily se také nemusí nijak dále povrchově upravovat, jsou už od výroby eloxovány.

Jelikož profily pohonu osy X tvoří již samy o sobě nosnou konstrukci, lze toho využít a na tyto profily pouze upevnit stojiny. Stojiny jsou tvořeny profily HMBS-80/80 (k. č. 175958) délky 1035 mm. Výška stojin odpovídá potřebné výšce pro naložení palety. Zde je potřeba zohlednit délku pojezdu osy Y, výšku palety a také výšku paletového dopravníku.



Obr. 117 – Rám manipulátoru (1 – stojiny, 2 – profil pohonu osy X, 3 – výztuhy, 4 – stavěcí nožky, 5 – uhlové spojky)

8.4.1.1 Kontrola stojiny na vzpěr

Kvadratický moment: $I_X = 1,3428 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

Plocha profilu: $S = 0,002 \text{ m}^4$

Délka profilu: $l = 1,035 \text{ m}$

Modul pružnosti: $E = 7 \cdot 10^4 \text{ MPa}$

Hmotnost manipulátoru: $m = 59,9 \text{ kg}$

Redukovaná délka profilu

$$l_0 = 2 \cdot l = 2 \cdot 1,035 = 2,07 \text{ m}$$

Kritická síla

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_X}{l_0^2} = \frac{\pi^2 \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 1,3428 \cdot 10^{-6}}{2,07^2} = 216505 \text{ N}$$

Síla působící na stojinu

$$F = m \cdot g = 59,9 \cdot 9,81 = 587,6 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{F}{4} = \frac{587,6}{4} = 146,9 \text{ N}$$

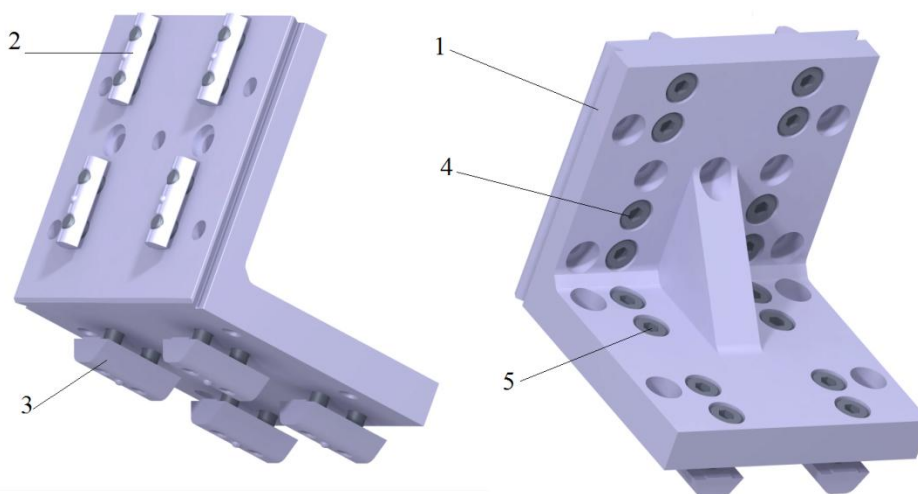
Pevnostní podmínka

$$F_1 \leq F_{KR} \quad \underline{\underline{146,9 \ll 216505}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Síla vyvolaná hmotností manipulátoru splňuje pevnostní podmínku. Mohlo by se zdát, že je rám manipulátoru příliš předimenzovaný, avšak rozměrová řada stojin se výborně hodí pro jeho konstrukci a napojení na pohony osy X.

8.4.1.2 Úhlové spojky

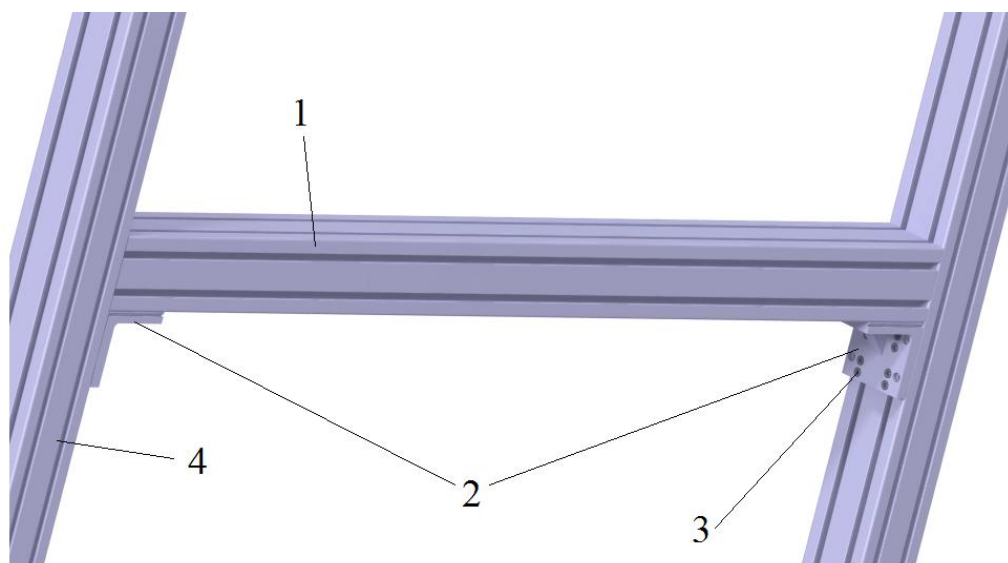
Upevnění stojiny k profilu pohonu je zprostředkováno úhlovými spojkami HMBSW (k. č. 178228). Spojka je k profilu pohonu připevněna pomocí 4 kamenů NST-HMV-5-2-M5 (k. č. 526094) a 8 šroubů M5x12, k profilu stojiny zase pomocí 4 kamenů HMBN-8-2M5 (k. č. 186567) a 8 šroubů M5x16.



Obr. 118 – Spojka (1 – spojka HMBSW, 2 – kameny NST-HMV-5-2-M5, 3 – kameny HMBN-8-2M5, 4 – šrouby M5x12, 5 – šrouby M5x16)

8.4.1.3 Výztuhy

Stojiny jsou ve směru osy Y vyztuženy pro lepší stabilitu. Výztuhy, které tvoří profil HMBS-80/80 v délce 1198 mm, jsou připojeny opět úhlovými spojkami HMBSW. V tomto případě jsou ale použity pouze kameny HMBN-8-2M5 se šrouby M5x16.

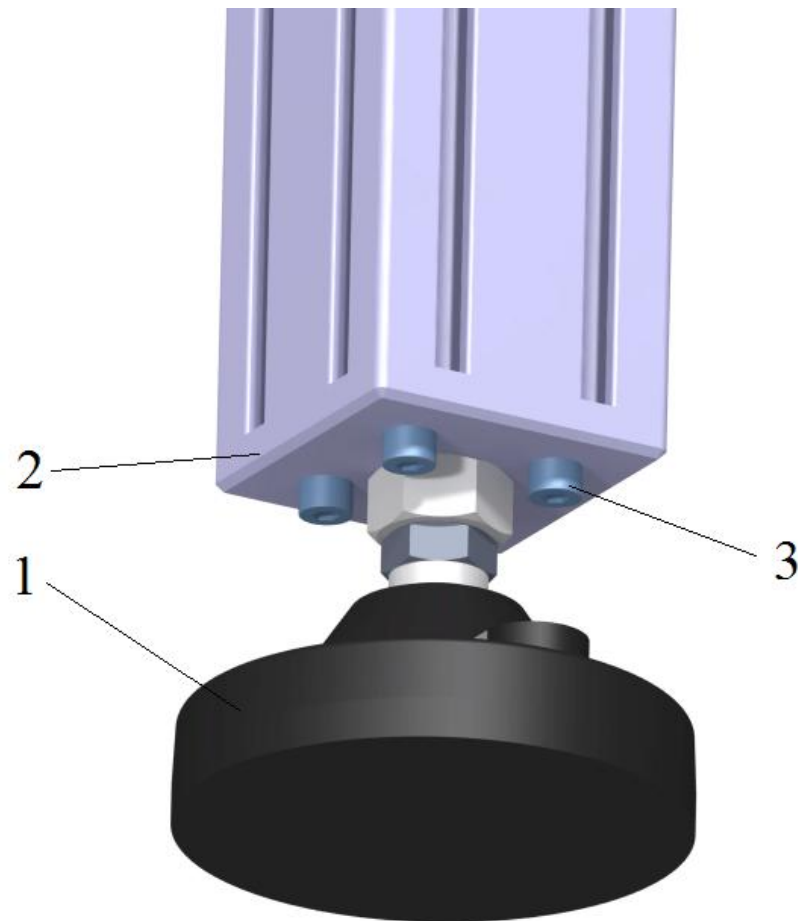


Obr. 119 – Výztuha (1 – výztuha, 2 – spojky HMBSW, 3 – šrouby M5x16, 4 – stojina)

8.4.1.4 Stavěcí nohy

Stavěcí nohy slouží k vyrovnání manipulátoru vůči podlaze a umožňují jeho výškovou korekci. Je vybrána stavěcí noha od firmy EMILE MAURIN s typovým označením 35-571-125-36. Dosedací plocha nohy má průměr 125 mm. Závitová tyč velikost M20 a délku 136 mm.

Do stojiny je přišroubována přes základnu stojiny. Jedná se o 80x80x10 mm desku (rozměry viz příloha č. 12), která je zesponu stojiny přimontovaná 4 šrouby M8x35. Uprostřed se nachází otvor se závitem M20 pro závitovou tyč stavěcí nohy.

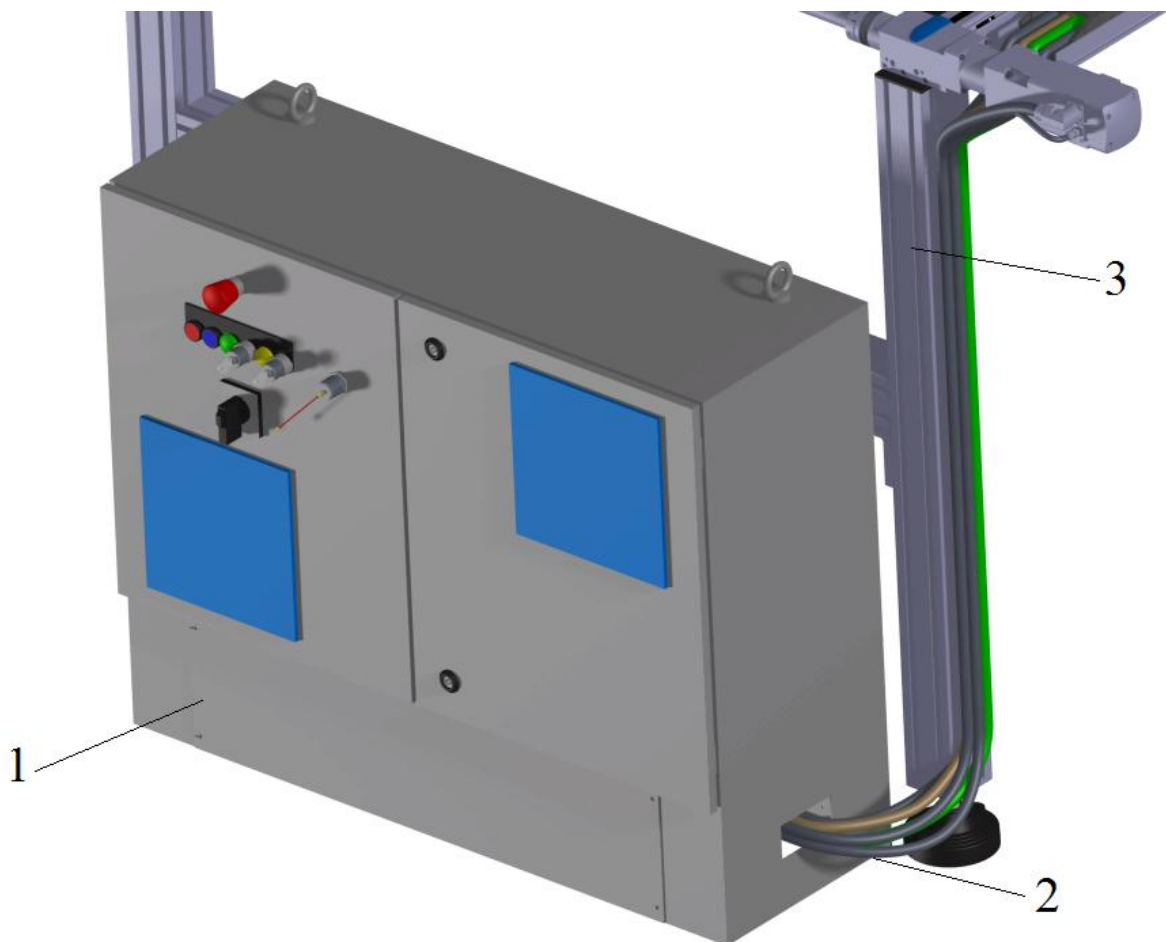


Obr. 120 – Stavěcí noha (1 – stavěcí noha, 2 – základna stojiny, 3 – šrouby M8x35)

8.5 Řídicí stanice manipulátoru

Řídicí stanice slouží k ovládání všech částí manipulátoru. Obsahuje v sobě několik modulů pro řízení jednotlivých operací. Vycházení z ní potřebné kabelové svazky.

Použitá skříň nese označení CMCA-K1-C1-A4-CC (k. č. 576335). Je umístěna za rámem manipulátoru tak, aby co nejméně překážela chodu manipulátoru, ale zároveň tak, aby se k ní mohla obsluha jednoduše a bezpečně dostat.



Obr. 121 – Ovládací skříň (1 – ovládací skříň, 2 – kabelové svazky, 3 – rám manipulátoru)

8.6 Zdroj stlačeného vzduchu

Je předpoklad, že výrobná, kde se předměty vyrábějí a následně balí do krabiček, disponuje vlastní kompresorovou a zásobníky na stlačený vzduch.

V případě, že by nebyla dostupná kompresorová jednotka se zásobníkem stlačeného vzduchu, dala by se k manipulátoru použít například kompresorová jednotka firmy ATLAS COPCO typu GX7ff s parametry:

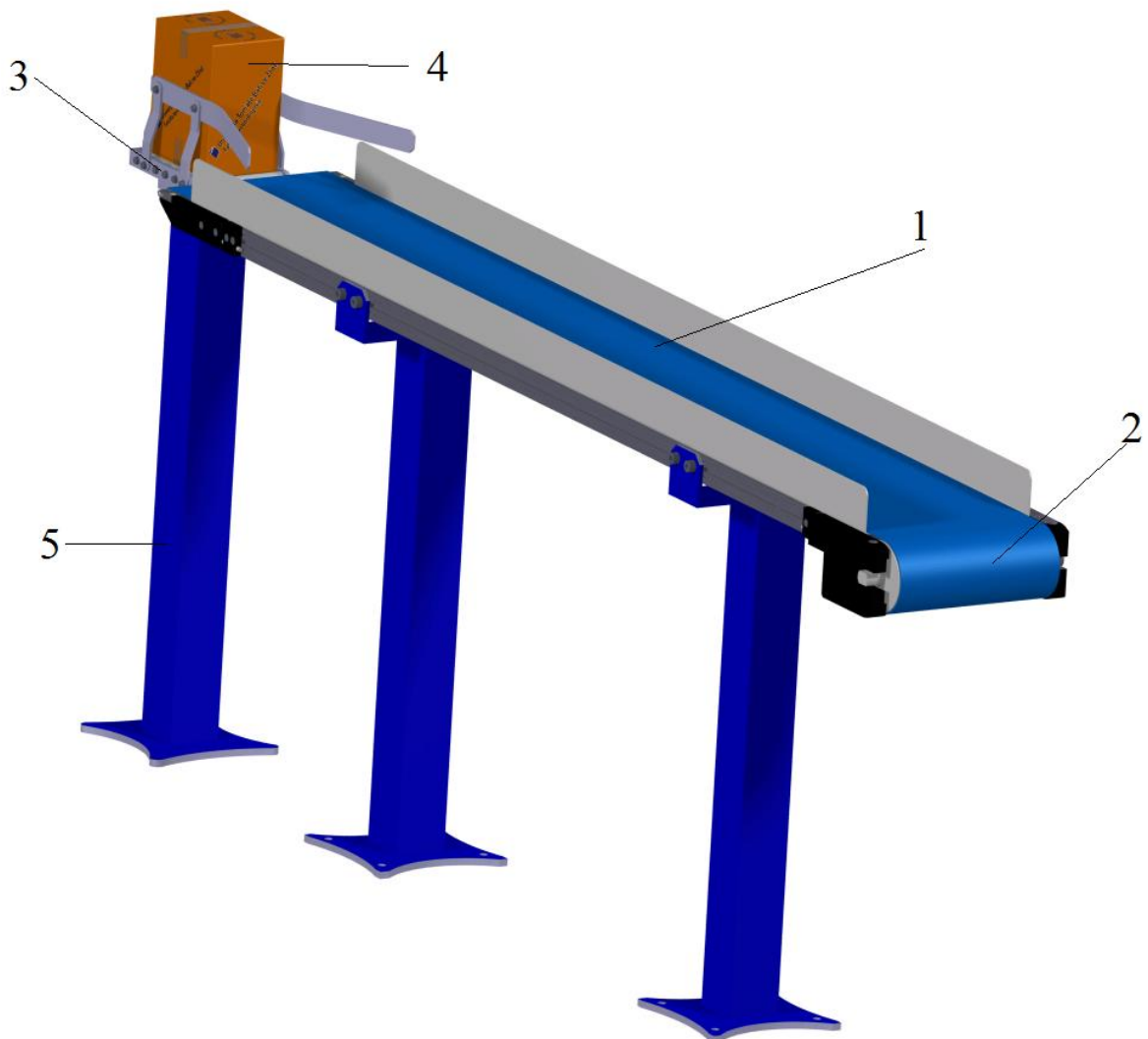
- objem vzdušníku: 300 l
- pracovní tlak: 7,5-10-13bar
- průtok vzduchu: 19,6-16,1-12,9 l/s
- výkon motoru: 7,5 kW
- hlučnost: 65 dB
- hmotnost: 245 kg
- délka: 1533 mm
- šířka: 590 mm
- výška: 1332 mm



Obr. 122 – Kompresorová jednotka se vzdušníkem

8.7 Pásový dopravník krabiček

Na pásovém dopravníku přijíždějí krabičky do manipulačního prostoru manipulátoru. Krabičky jsou na pás kladeny z balicího stroje. Ačkoliv balicí stroj by měl pracovat v určitých intervalech, je potřebné definovat krabičce přesné místo, ze kterého bude odbírána manipulátorem. Toto místo bude fixně nastaveno v programu. K tomu účelu slouží naváděcí klec s dorazem.



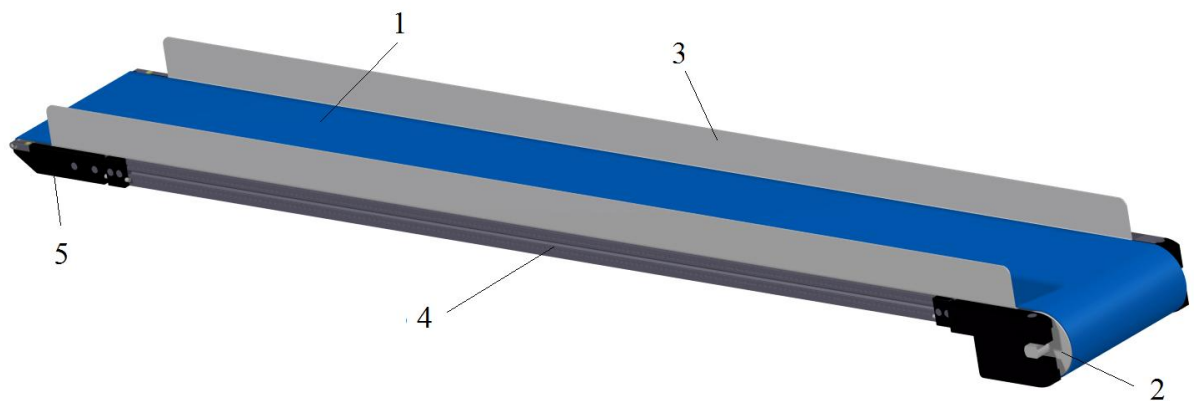
Obr. 123 – Pásový dopravník (1 – pásový dopravník, 2 – bubnový motor dopravníku, 3 – naváděcí klec, 4 – krabička, 5 - stojiny)

8.7.1 Pásový dopravník

Pásový dopravník je od firmy IWB INDUSTRIETECHNIK s typovým označením Minitrans H33 s parametry:

- délka pásu: 1500 mm
- šířka pásu: 200 mm
- max. zatížení na: 30 kg/m
- materiál pásu: Polyuretan
- rychlost posuvu: 3 – 30 m/min

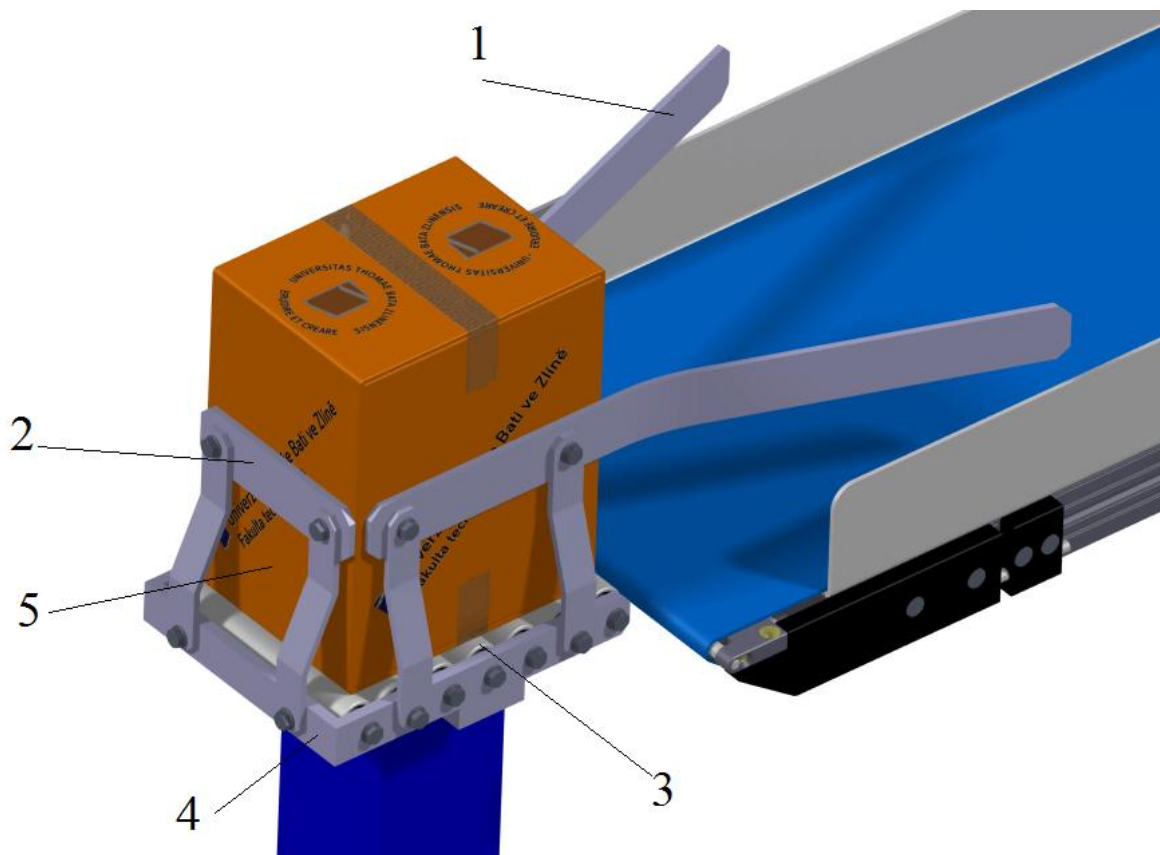
O pohon dopravníku se stará bubnový motor umístěný na jeho začátku. Dopravník je vybaven bočním vedením. Pásový dopravník je ovládán z řídicí stanice manipulátoru, na kterou je napojen.



Obr. 124 – Pásový dopravník (1 – pás dopravníku, 2 – bubnový motor, 3 – vedení, 4 – rám dopravníku, 5 – napínací systém pásu)

8.7.2 Naváděcí klec

Naváděcí klec slouží k přesnému polohování krabičky pro následný odběr manipulátorem. Naváděcí lišty usměrňují pohybující se krabičky. Nakonec si krabička dostane na pohyblivé válečky, kam je tlačena další krabičkou na dopravníku. Poté, co je krabička na doraze, přijíždí manipulátor a krabička je odebírána.



Obr. 125 – Naváděcí klec (1 – naváděcí lišty, 2 – doraz, 3 – válečky, 4 – nosný rám, 5 – krabička)

8.7.3 Stojiny pásového dopravníku

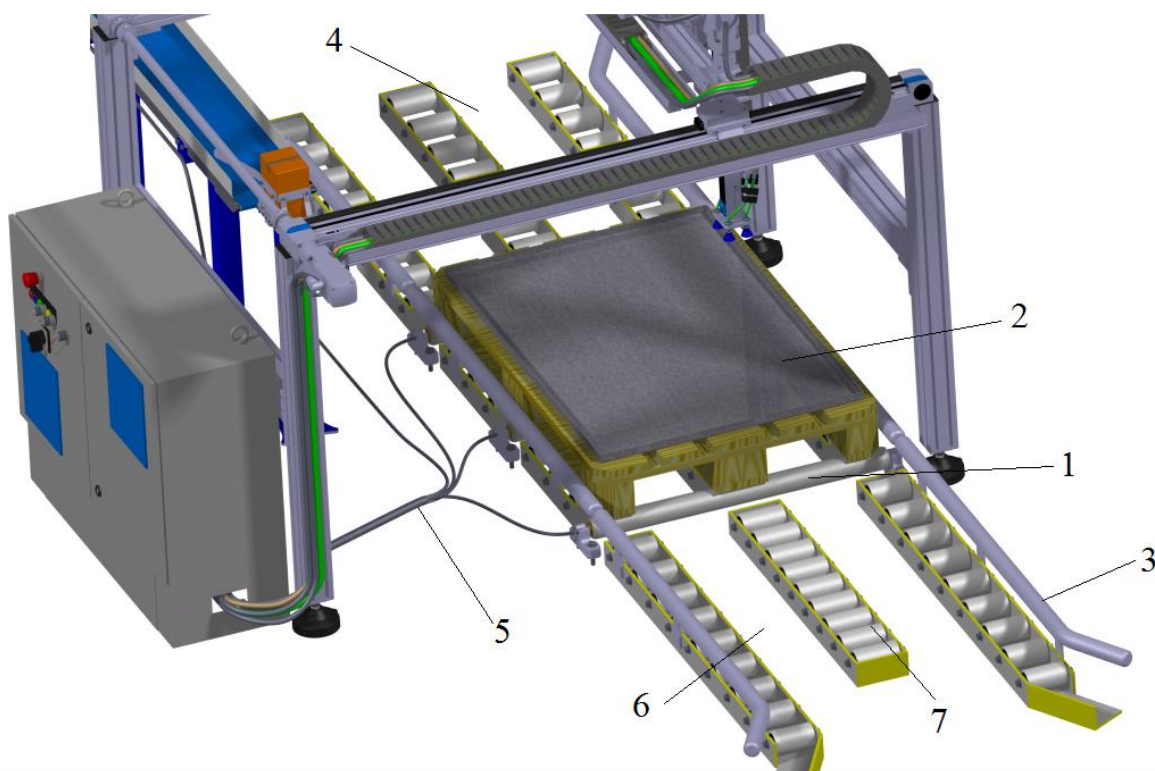
Pásový dopravník stojí na dvou stojinách z ocelového profilu 60x60 mm. Jsou vysoké 580 mm a rámem dopravníku spojeny šrouby M8x20. Stojiny mají na spodní části velké základny, které jsou přimontovány k zemi. Naváděcí klec má vlastní stojinu vysokou 614 mm.

8.8 Paletový dopravník

Paletový dopravník zabezpečuje bezproblémový a hlavně kontinuální provoz manipulátoru. Prázdná paleta je do prostoru manipulátoru dopravována pomocí válečků a bubnových motorů.

Paletový dopravník se dělí na 3 části. V první obsluha přidává prázdné palety. Ve druhé části plní manipulátor paletu krabičkami. Naložená paleta pokračuje do třetí části mimo manipulátor, kde čeká na odběr pomocí paletového vozíku. Mezi tím už se nakládá další paleta. Pro přesné vedení palety slouží boční vedení, které se nachází po celé délce dopravníku.

Paletový dopravník je taktéž ovládán řídicí stanicí manipulátorů. Pomocí programu je určován pohyb palet.



Obr. 126 – Paletový dopravník (1 – bubnový motor, 2 – paleta, 3 – boční vedení, 4 – nakládací část palet, 5 – kabeláž bubnových motorů, 6 – odebírací část palet, 7 - válečky)

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO 3OSÉHO MANIPULÁTORU

Pro tento výpočet byly použity informace o cenách od výrobců jednotlivých komponentů (pojezdy, pohony, přísavky atd.) a odborný odhad nákladů na výrobu netypizovaných částí, což je postačující pro ekonomické vyhodnocení navrženého řešení.

Tab. 3 – *Ekonomické zhodnocení 3osého manipulátoru*

Prvky navrhovaného 3osého manipulátoru	ks	cena ks [Kč]	cena celkem [Kč]
Pojezd osy Z	1	64 720	64 720
Pojezd osy Y	1	35 550	35 550
Pojezd osy X	2	40 260	80 520
Přísavka	4	238	952
Ejektor	4	630	2 520
Tlakový spínač	4	1 710	6 840
Držák přísavek	4	900	3 600
Motor	3	25 000	75 000
Převodovka	2	9 800	19 600
Axiální sada	2	4 870	9 740
Kotevní deska	1	3 420	3 420
Držák energetického řetězu	1	1 105	1 105
Koryto energetického řetězu	2	-	4 800
Spojovací hřídel	1	7 520	7 520
Stojiny	6	-	18 000
Energetické řetězy	3	-	7 000
Spojovací materiál	-	-	2 500
Vyráběné díly	7	-	15 000
Úhlové spojky	8	2 510	20 080
Kabeláž/ hadice	-	-	3 800
Držák koryta	7	1 690	11 830
Řídicí stanice	1	75 000	75 000
Montáž (cena 600 Kč/hod), doba montáže (28 hod)	28	600	16 800
CENA CELKEM			469 097

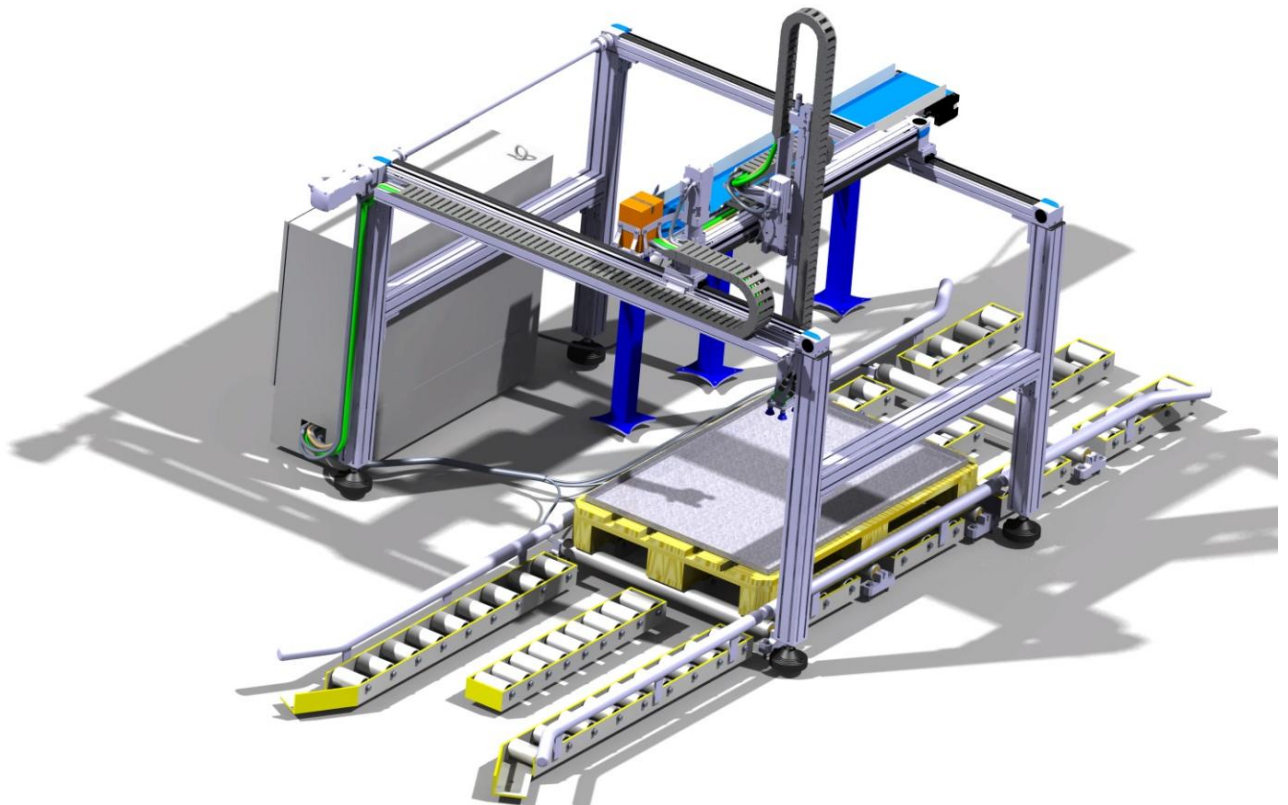
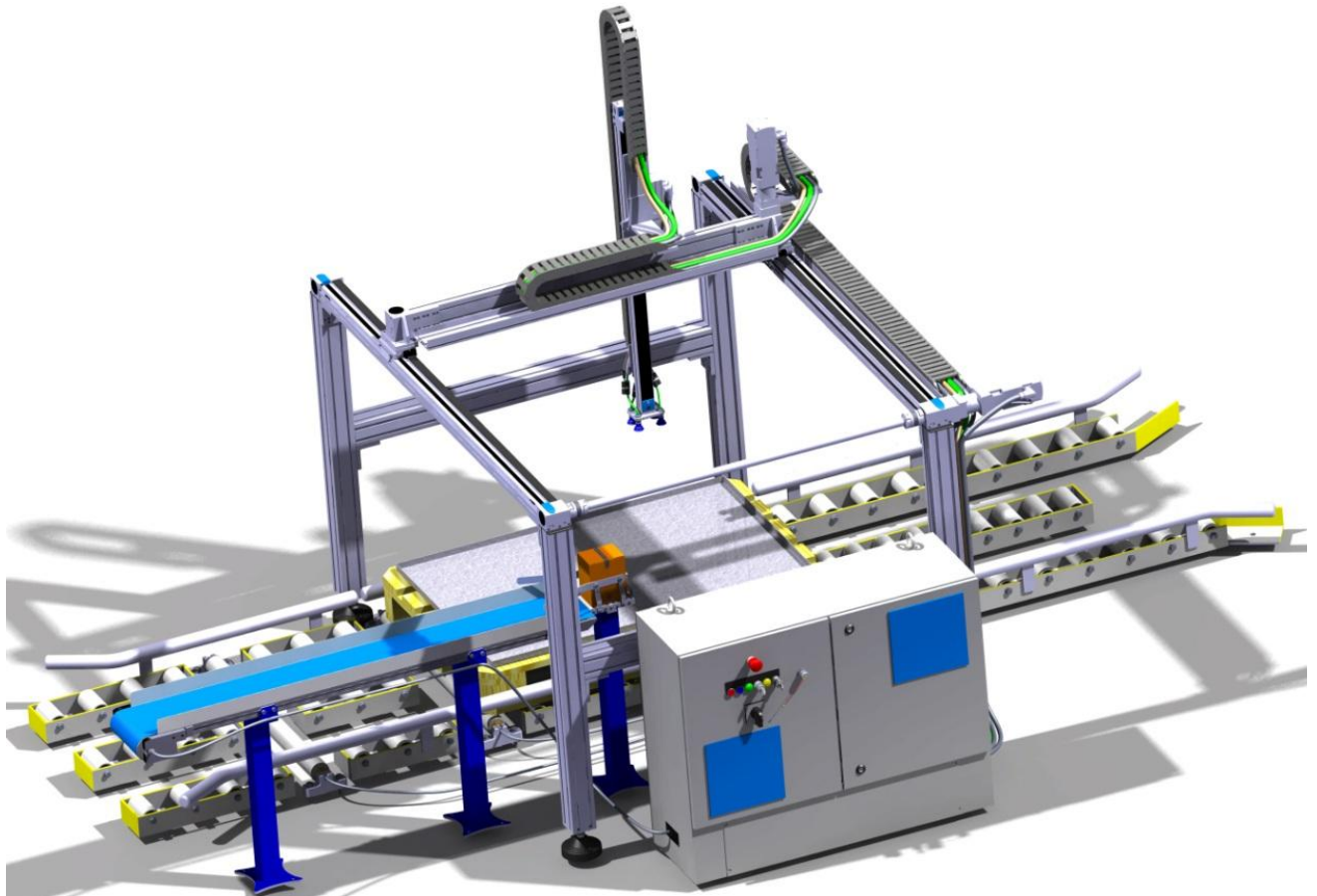
ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout manipulátor portálového typu s podtlakovou uchopovací hlavicí. Jeho řešení bylo aplikováno na daný problém, kdy měl manipulátor nahradit pracovníka, který ukládal zabalené výrobky v krabičkách na paletu.

Samotný manipulátor se pohybuje ve třech osách. V ose Z ho s ním pohybuje letný pohon, na jehož spodní straně se nachází pracovní podtlaková hlavička. Letný pohon se pohybuje díky servomotoru s úhlovou převodovkou. Součástí pracovní hlavičky jsou čtyři aktivní podtlakové přísavky, do nichž dodává podtlak čtveřice ejektorů. Podtlak vstupující do přísavek je kontrolován pomocí tlakových spínačů. Letná osa Z je přes kotevní desku přichycená k ose Y, kterou tvoří pohon s ozubeným řemenem a vozíkem na kuličkových pouzdrech. Pojezd osy činní 1000 mm. Je na ní umístěn energetický řetěz pro vedení potřebné kabeláže. Osa Y je pevně spojena pomocí adaptérů s pojezdovými vozíky osy X. Tu tvoří dva pohony s ozubenými řemeny, pro každý konec pohonu osy Y je jeden. Pojezd této osy dosahuje délky 1500 mm. Osu X a Y pohánějí servomotory s planetovými převodovkami. Oba pohony osy X jsou poháněny jedním servomotorem přes spojovací hřídel. Osa X disponuje také energetickým řetězem pro vedení kabeláže. Celý manipulátor je postaven na rámu z hliníkových profilů. O chod manipulátoru se stará řídicí stanice, která je umístěna za jeho rámem.

Aby byl vyřešen myšlený problém, bylo nutné ještě upravit pásový dopravník, na kterém jsou do prostoru manipulátoru dopravovány krabičky. Byl doplněn o naváděcí klec, kde se krabička ustaví do přesné polohy, aby mohla být odebrána manipulátorem. Dále byl projekt obohacen o paletový dopravník. Ten dopravuje prázdné palety do prostoru manipulátoru a plné palety ven. Zajišťuje tak jeho plynulý provoz. Obsluha poté odváží plné palety na paletovém vozíku.

Předpokládaná cena navrhovaného manipulátoru činní cca 469 000 Kč. Kdyby mělo být využito namísto navrženého manipulátoru manipulačního robota, který by splňoval požadavky na manipulační prostor, předpokládané náklady na jeho pořízení by byly asi o 45% vyšší. Při reálné výrobě manipulátoru by bylo ještě možné snížit náklady výběrem komponentů od více výrobců (Hiwin, Rollon, Matis, Haberkorn atd.), nebo také vlastní výrobou některých komponent.



Obr. 127 – Manipulátor

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] REPÁK, Tomáš. *Trojosé manipulátory.*, 2005. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra řídicí techniky. Diplomová práce
- [2] HAVEL, I. M. *Robotika: Úvod do teorie kognitivních robotů.*, 1980. 234 s.
- [3] PIVOŇKA, J. a KOLEKTIV. *Tekutinové mechanismy*, Praha SNTL ISBN 04-225-87
- [4] MAŇAS, M. *Základy robotiky*. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN:80-214-0279-2
- [5] VOLEK, F. *Základy konstruování a částí strojů II. Mechanizmy strojů*. Zlín: UTB, 2009. ISBN 80-7318-111-8
- [6] CHVÁLA, Břetislav, MATIČKA, Robert, TALÁCKO, Jaroslav. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 280 s. ISBN 80-03-00361-X.
- [7] ŘEZNÍČEK, Martin. *Rekonstrukce pneumatického demonstračního modelu.*, 2008. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Diplomová práce.
- [8] ŠÍŠKA, Lubomír. *Montážní stanice s robotem MELFA RV-2AJ.*, 2008. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Diplomová práce.
- [9] STAŇEK, Michal. *Aplikace průmyslových robotů v oblasti obrábění.*, 2009. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Bakalářská práce.
- [10] DRHA, Štěpán. *Řízení tříosého kartézského manipulátoru.*, 2012. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Bakalářská práce.
- [11] PECHAL, Ladislav. *Manipulátor pro CNC soustruh.*, 2007. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Bakalářská práce.
- [12] ŠTOL, Michal. *Konstrukční návrh 3osého manipulátoru.*, 2011. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Diplomová práce.
- [13] KLIMEŠ, Josef. *Tekutinové mechanismy.*, 2009. Učební texty.
- [14] RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace.*, 2003. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Diplomová práce.
- [15] BLECHA, Petr at al. *Mechatronika.*, 2008. Vysoké učení technické v Brně. Učební texty.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a_T	Zrychlení vzhledem k těžišti [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
A_S	Průřez šroubu [m^2]
d	Průměr Lavalovy trysky [mm]
D_1	Průměr hadice přísavky [mm]
D_2	Průměr přísavky [mm]
D_3	Velikost závitů přísavky [mm]
D_4	Vnější průměr přísavky [mm]
E	Modul pružnosti [MPa]
f	Průhyb [mm]
F	Síla [N]
F_{AX}	Síla působící v axiálním směru [N]
f_k	Koeficient tření [-]
F_{KR}	Kritická síla [N]
F_O	Osová síla [N]
F_U	Celková uchopovací síla [N]
F_{UI}	Uchopovací síla jedné přísavky [N]
F_{RAD}	Síla působící v radiálním směru [N]
g	Gravitační zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
H_I	Výška měchu přísavky [mm]
I	Moment setrvačnosti [cm^4]
k'	Koeficient bezpečnosti proti posunutí [-]
k''	Koeficient bezpečnosti proti odtržení [-]
l_0	Redukovaná délka [mm]
L_P	Vzdálenost podpor [mm]

L_1	Výška přísavky [mm]
L_2	Výška přípojky hadice [mm]
m	Hmotnost [kg]
M_K	Krouticí moment [N.m]
M_X	Moment vůči ose X [N.m]
ot	Otáčky [1/min]
p	Tlak [Pa]
P	Výkon [kW]
Δp	Velikost podtlaku [Pa]
r	Rameno [mm]
R_e	Mez kluzu [MPa]
S	Plocha přísavky [m ²]
t	Čas [s]
T_l	Velikost odpružení přísavky [mm]
v	Rychlost [m.s]
V	Objem [m ³]
σ_T	Napětí v tahu [MPa]
π	Rudolfovo číslo [-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Rozdělení manipulačních zařízení	14
Obr. 2 – Jednoúčelový synchronní manipulátor	15
Obr. 3 – Schéma průmyslového robota 1. generace	16
Obr. 4 – Schéma průmyslového robota 2. generace	17
Obr. 5 – Kinematický řetězec typu „K“	18
Obr. 6 – Kinematický řetězec typu „C“	19
Obr. 7 – Kinematický řetězec typu „S“	19
Obr. 8 – Kinematický řetězec typu „A“	20
Obr. 9 – Kartézský manipulátor	21
Obr. 10 – Manipulátor typu gantry a kantilévry	23
Obr. 11 – Kantilévra manipulátor MULTILIFT V vstřikovacího lisu ARBURG.....	24
Obr. 12 – Portálový manipulátor.....	24
Obr. 13 – Mostový manipulátor	25
Obr. 14 – Druhy mechanických pohonů A. 1. kotoučová vačka 2. čelní vačka 3. válcová vačka	27
Obr. 15 – Druhy mechanických pohonů B. 4. Klikový mechanismus 5. Ozubená tyč 6. Řetězový převod.....	27
Obr. 16 – Stejnoseměrný motor	29
Obr. 17 – Asynchronní motor	29
Obr. 18 – Krokový motor	30
Obr. 19 – Hydraulický obvod (1 – hydrogenerátor, 2 – elektromotor, 3 – nádrž, 4 – filtr, 5 – pojistný ventil, 6 – manometr, 7 – hydromotor, 8 – rozvaděč, 9 – škrťací ventil, 10– zpětný ventil).....	31
Obr. 20 – Pneumatický obvod (1 – centrální rozvod, 2 – filtr s odlučovačem vody, 3 – redukční ventil, 4 – maznice, 5 – manometr, 6 – rozvaděč, 7 – škrťací ventil, 8 – zpětný ventil, 9 – pneumatický ventil)	32
Obr. 21 – Lineární servomotor	33
Obr. 22 – Lineární pohon vytvořen pomocí rotačního motoru a KŠM.....	34
Obr. 23 – Lineární pohon vytvořen pomocí rotačního motoru a ozub. řemene (1 – ozubený řemen, 2 – valivá vodící kolejnice, 3 – přívod centrálního mazání, 4 – napínací mechanismus)	34
Obr. 24 – Transformace rotačního pohybu na lineární pomocí.....	35

Obr. 25 – Příklad lineárního posuvu manipulátoru pomocí ozubeného hřebene a pastorku, kde je lineární posun veden kladkami po kolejnici (1 – spodní vodící kladka, 2 – ozubený hřeben/vodící kolejnice, 3 – pastorek, 4 – vodící kolejnice, 5 – horní vodící kladka, 6 – nosný profil)	36
Obr. 26 – Dělení pracovních hlavic	37
Obr. 27 – Rozdělení úchopných hlavic	38
Obr. 28 – Rozdělení schopných prvků	39
Obr. 29 – Dva odpružené úchopné prvky (čelisti) / jeden pevný, jeden odpružený prvek (čelist)	40
Obr. 30 – Rozdělení aktivních mechanických hlavic	41
Obr. 31 – Magnetické chapadlo s výsuvným vyhazovačem (1 – pouzdro s permanentními	42
Obr. 32 – Elektromagnetické chapadlo s dvojicí uchopovacích jednotek	43
Obr. 33 – Základní provedení deformačních přísavek (a) pryžová deformační přísavka s uchycením na čep, b) přísavka s odpruženým pístem)	44
Obr. 34 – Deformační přísavky s pomocnými ventily (a) uvolnění objektu zrušením ovládacího signálu, b) uvolnění objektu přivedením ovládacího signálu)	45
Obr. 35 – Integrovaná podtlaková přísavka s ejektorem	46
Obr. 36 – Příklad ovládání ejektorové přísavky (1 – ejektorová hlavice, 2 – uchopovací	47
Obr. 37 – Provedení aktivního podtlakového prvku s vyrovnáním polohy na kulovém čepu (1 – přísavka, 2 – kulový čep)	48
Obr. 38 – Schopná hlavice	48
Obr. 39 – Příklad kombinované hlavice (1 – přísavky, 2 – schopná hlavice, 3 – stříhací čelisti)	49
Obr. 40 – Příklad speciální hlavice	50
Obr. 41 – Pístový kompresor	52
Obr. 42 – Charakteristika pístového kompresoru	52
Obr. 43 – Membránový kompresor	53
Obr. 44 – Šroubový kompresor	53
Obr. 45 – Lopatkový kompresor	53
Obr. 46 – Rootsovo dmychadlo	54
Obr. 47 – Základní obvod	54

Obr. 48 – Absorpční postup chemický	56
Obr. 49 – Adsorpční postup mechanický	56
Obr. 50 – Kondenzační vysoušení	57
Obr. 51 – Odlučovač	58
Obr. 52 – Venturiho princip a mlhový rozprašovač	59
Obr. 53 – Mikroolejovač	59
Obr. 54 – Šoupátkový rozvaděč 3/2	60
Obr. 55 – Šoupátkový rozvaděč 5/2	60
Obr. 56 – Šoupátkový rozvaděč s těsněním na šoupátku	60
Obr. 57 – Šoupátkový rozvaděč s těsněním „kov/kov“	61
Obr. 58 – Šoupátkový rozvaděč se středovou polohou 5/3	61
Obr. 59 – Sedlový ventil (10 – ovládání, 1 – přívod tlak.media, 2 – pracovní vývod, 3 – odvětrání)	61
Obr. 60 – Sedlový ventil s odvětráním	62
Obr. 61 – Sedlový ventil s odvětráním a pružnou kuželkou nebo O-kroužkem	62
Obr. 62 – Jednočinný přímočarý pístový motor	63
Obr. 63 – Uchycení penumotorů	64
Obr. 64 – Úderný pneuválec	65
Obr. 65 – Membránový píst	65
Obr. 66 – Bezpístnicový válec s magnetickým přenosem síly	65
Obr. 67 – Bezpístnicový válec s mechanickým přenosem síly	66
Obr. 68 – Suport s pneuválci	66
Obr. 69 – Krabička	68
Obr. 70 – Pracoviště	69
Obr. 71 – Naložená paleta	69
Obr. 72 – Manipulační prostor	70
Obr. 73 – Výška pojezdu osy Z (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – hlavice osy Z s přísavkami)	73
Obr. 74 – Podtlaková úchopná hlavice	74
Obr. 75 – Rozložení přísavek na krabičce	75
Obr. 76 – Parametry přísavky ESS-30-BN	76
Obr. 77 – Analýza silové rovnováhy	76
Obr. 78 – Ejektor VN-10-M-I3-PQ2	78

Obr. 79 – Ejektor VN-10-M-I3-PQ2	79
Obr. 80 – Tlakový spínač SDE5	80
Obr. 81 – Držák přísavek	81
Obr. 82 – ESH-HA-4-QS	81
Obr. 83 – Pohon DGEA (1 – servomotor, 2 – úhlová převodovka, 3 – hlava pohonu, 4 – pohyblivé tělo, 5 – koncový doraz)	82
Obr. 84 – Servomotor MTR-AC-55-3S-AB	84
Obr. 85 – Kotevní deska HMVZ-3 (1 – deska, 2 – kameny do drážky pohonu, 3 – šrouby pohonu, 4 – středící kroužky)	85
Obr. 86 – Pracovní hlavice (1 – deska pracovní hlavice, 2 – šrouby M4x16, 3 – tělo pohonu DGEA)	86
Obr. 87 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – tělo pohonu, 3 – držák řetězu HMIZF-E03-DA18, 4 – kabely a hadice, 5 – pracovní hlavice)	87
Obr. 88 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – šrouby M6x16 se zapuštěnou hlavou, 3 – kotevní deska HMVZ-3)	88
Obr. 89 – HMIZF-E03-DA18 (1 – držák, 2 – kameny NST-M4, 3 – šrouby M4x8, 4- šrouby M6x16 se zapuštěnou hlavou)	88
Obr. 90 – Délka pojezdu osy Z (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – pracovní hlavice s přísavkami)	89
Obr. 91 – Pohon EGC-TB-KF (1 – profil pohonu, 2 – motor, 3 – převodovka, 4 – axiální sada, 5 – vozík, 6 – odměřování, 7 – čidla koncových poloh)	90
Obr. 92 – Síly a momenty působící na vozík pohonu	91
Obr. 93 – Vozík a jednotka osy Z (1 – vozík pohonu, 2 – jednotka osy Z, 3 – těžiště)	92
Obr. 94 – Průhyb profilu (F – zatěžující síla, L – délka profilu, f – průhyb)	93
Obr. 95 – Servomotor EMMS-AS-70-M	94
Obr. 96 – Převodovka EMGA-60-P-G5	94
Obr. 97 – Axiální sada EAMM-A-L48-60G	95
Obr. 98 – Mezideska k uchycení HMVZ-3 (1 – mezideska, 2 – šroub M6x12, 3 – šroub M5-14, 4 – vozík pohonu, 5 – profil pohonu)	96
Obr. 99 – Mezideska k uchycení HMVZ-3 (1 – mezideska, 2 – kotevní deska HMVZ- 3, 3 – vozík pohonu, 4 – šroub, 5 – profil pohonu)	96

Obr. 100 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz, 2 – deska HMIYF, 3 – kabelové a hadicové svazky pro osu Z, 4 – kotvení deska HVMZ-3, 5 – vodící koryto, 6 – kabelový svazek pro motor osy Z)	97
Obr. 101 – Vodící koryto (1 – koryto, 2 – držák HMIXB, 3 – šroub M5x8, 4 – šroub se zapuštěnou hlavou M5x10, 5 – profil pohonu Y)	98
Obr. 102 – Vodící koryto (1 – krabička, 2 – paleta, 3 – osa X, 4 – osa Y, 5 – pásový dopravník, 6 – pracovní hlavice).....	99
Obr. 103 – Pohon EGC-TB-KF (1 – pohony EGC, 2 – motor, 3 – převodovka, 4 – axiální sada, 5 – spojovací hřídel, 6 – vozík, 7 – odměřování).....	100
Obr. 104 – Síly a momenty působící na vozík pohonu	101
Obr. 105 – Průhyb profilu (F – zatěžující síla, L – délka profilu, f – průhyb)	102
Obr. 106 – Spojovací hřídel KSK (1 – spojovací trubka, 2 – spojky, 3 – hřídel pohonu).....	103
Obr. 107 – Adaptér X-Y (1 – deska vozíku, 2 – základna, 3 – opěrná deska, 4 – žebro, 5 – kameny do drážky profilu pohonu)	104
Obr. 108 – Deska vozíku (1 – deska vozíku, 2 – M5x14, 3 – M6x12, 4 – kroužek ZBH-9, 5 – kolíky 6x18, 6 – otvory M5).....	104
Obr. 109 – Základna (1 – základna, 2 – M5x14, 3 – kolík 4x24, 4 – M5x20, 5 – otvory pro kolíky)	105
Obr. 110 – Opěrná deska (1 – opěrná deska, 2 – M5x20, 3 – kameny NST-HMV, 4 – M5x10).....	105
Obr. 111 – Žebro.....	106
Obr. 112 – Adaptér mezi pohony X a Y.....	106
Obr. 113 – Energetický řetěz (1 – energetický řetěz X, 2 – vodící koryto, 3 – kabelové svazky, 4 – energetický řetěz Y, 5 – pohon osy X, 6 – držák energetického řetězu).....	107
Obr. 114 – Držák energetického řetězu (1 – držák, 2 – otvory pro montáž motoru osy Y, 3 – otvory pro montáž energetického řetězu, 4 – otvory pro montáž k pohonu osy Y).....	108
Obr. 115 – Držák energetického řetězu (1 – držák, 2 – energetický řetěz, 3 – šrouby se zapuštěnou hlavou M6x16, 4 – kabelové svazky).....	108

Obr. 116 – <i>Vodící koryto (1 – vodící koryto, 2 – energetický řetěz, 3 – držák HMIXB, 4 – šroub M5x8, 5 – šroub se zapuštěnou hlavou M5x10, 6 – profil pohonu, 7 – držák energetického řetězu).....</i>	109
Obr. 117 – <i>Rám manipulátoru (1 – stojny, 2 – profil pohonu osy X, 3 – výztuhy, 4 – stavěcí nožky, 5 – uhlové spojky).....</i>	110
Obr. 118 – <i>Spojka (1 – spojka HMBSW, 2 – kameny NST-HMV-5-2-M5, 3 – kameny HMBN-8-2M5, 4 – šrouby M5x12, 5 – šrouby M5x16)</i>	112
Obr. 119 – <i>Výztuha (1 – výztuha, 2 – spojky HMBSW, 3 – šrouby M5x16, 4 – stojna)</i>	112
Obr. 120 – <i>Stavěcí noha (1 – stavěcí noha, 2 – základna stojny, 3 – šrouby M8x35)</i>	113
Obr. 121 – <i>Ovládací skříň (1 – ovládací skříň, 2 – kabelové svazky, 3 – rám manipulátoru).....</i>	114
Obr. 122 – <i>Kompresorová jednotka se vzdušníkem</i>	115
Obr. 123 – <i>Pásový dopravník (1 – pásový dopravník, 2 – bubnový motor dopravníku, 3 – naváděcí klec, 4 – krabička, 5 - stojny).....</i>	116
Obr. 124 – <i>Pásový dopravník (1 – pás dopravníku, 2 – bubnový motor, 3 – vedení, 4 – rám dopravníku, 5 – napínací systém pásu).....</i>	117
Obr. 125 – <i>Naváděcí klec (1 – naváděcí lišty, 2 – doraz, 3 – válečky, 4 – nosný rám, 5 – krabička).....</i>	118
Obr. 126 – <i>Paletový dopravník (1 – bubnový motor, 2 – paleta, 3 – boční vedení, 4 – nakládací část palet, 5 – kabeláž bubnových motorů, 6 – odebírací část palet, 7 - válečky)</i>	119
Obr. 127 – <i>Manipulátor</i>	122

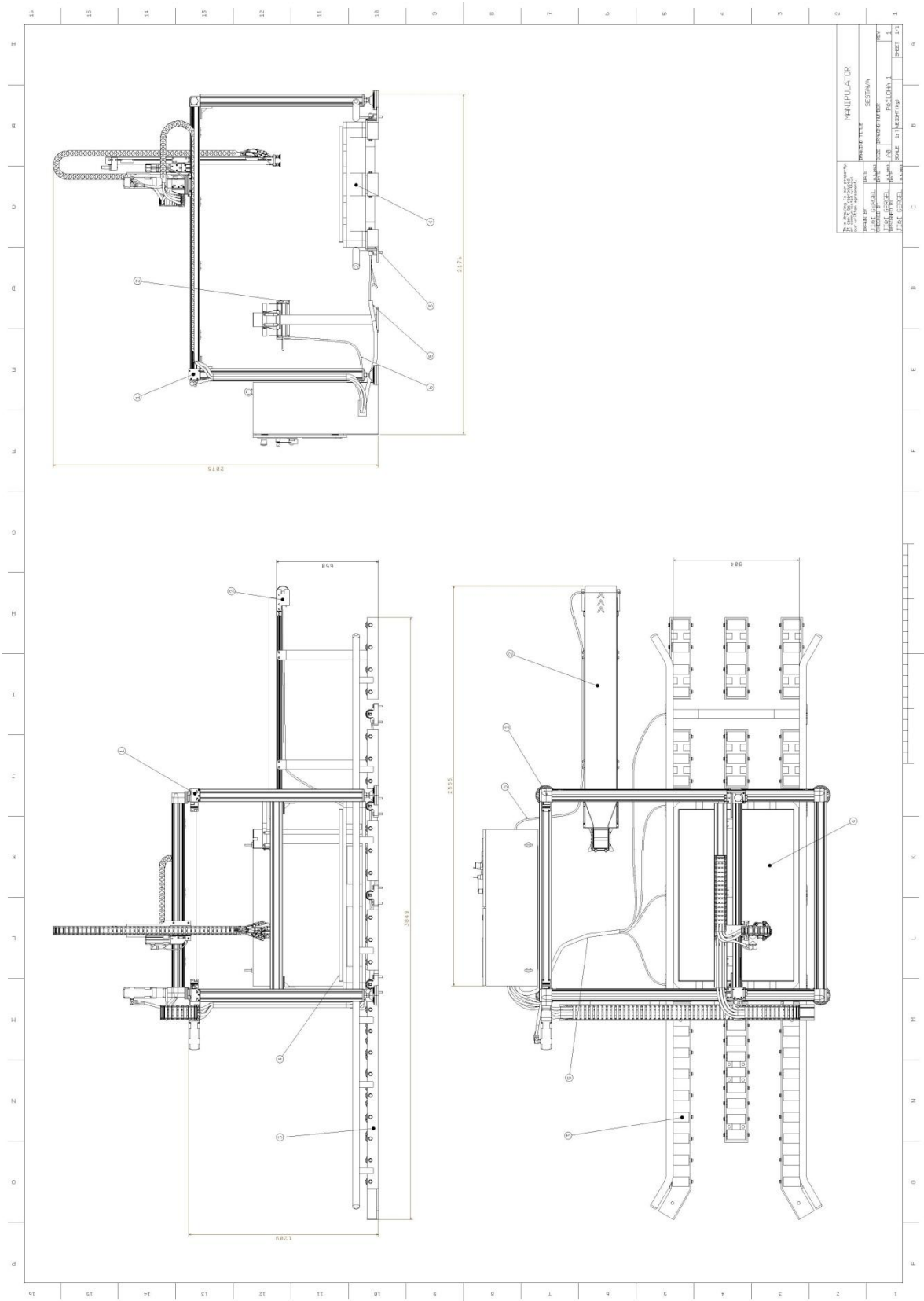
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – <i>Technické údaje ESS-30-BN</i>	76
Tab. 4 – <i>Technické údaje VN-10-M-I3-PQ2</i>	80
Tab. 5 – <i>Ekonomické zhodnocení 3osého manipulátoru</i>	120

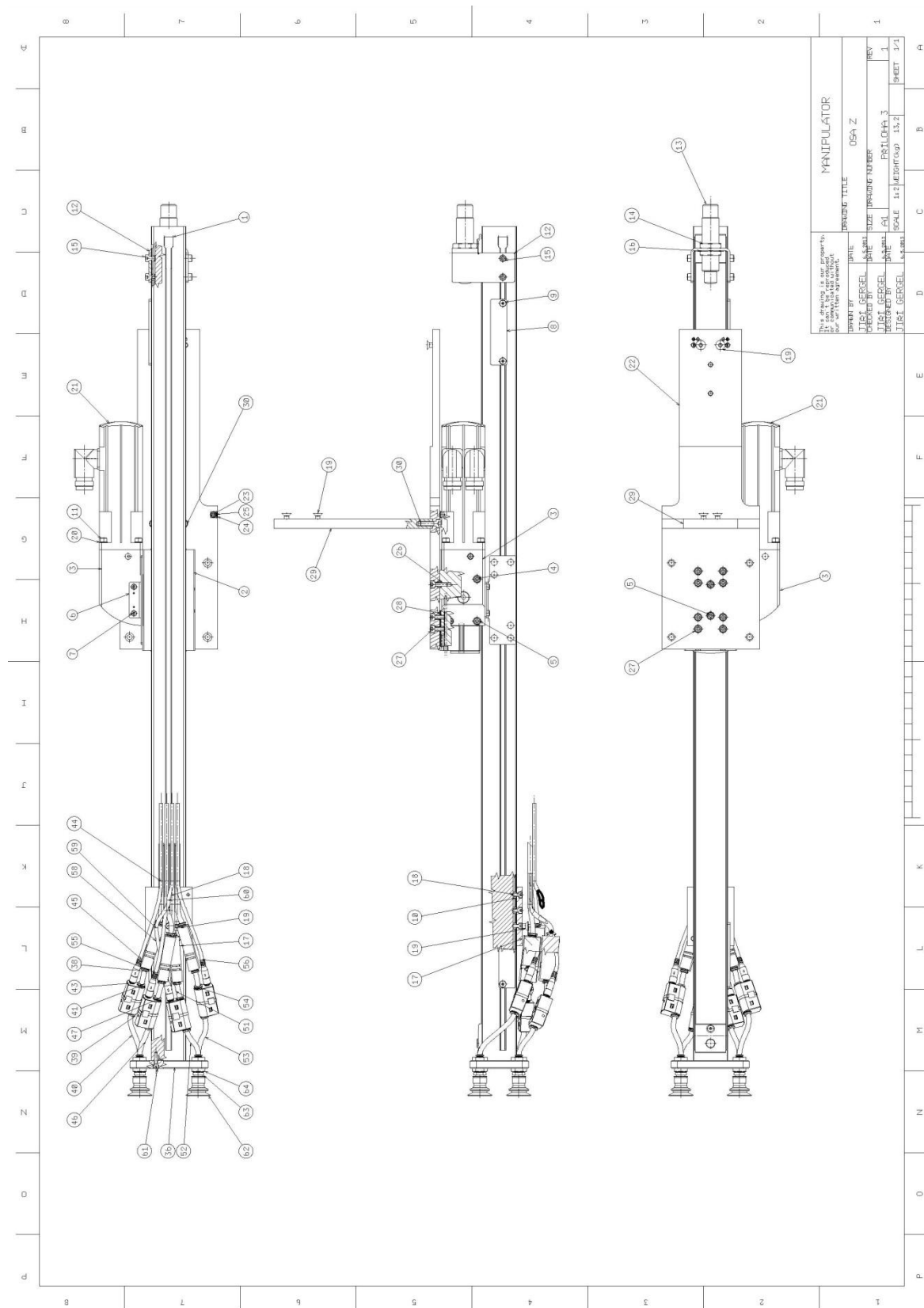
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Výkresová dokumentace – Sestava
- Příloha 2 – Výkresová dokumentace – Manipulátor
- Příloha 3 – Výkresová dokumentace – Osa Z
- Příloha 4 – Výkresová dokumentace – Osa Y
- Příloha 5 – Výkresová dokumentace – Osa X
- Příloha 6 – Výkresová dokumentace – Držák přísavek
- Příloha 7 – Výkresová dokumentace – Mezideska
- Příloha 8 – Výkresová dokumentace – Základna
- Příloha 9 – Výkresová dokumentace – Deska opěrná
- Příloha 10 – Výkresová dokumentace – Žebro
- Příloha 11 – Výkresová dokumentace – Deska vozíku
- Příloha 12 – Výkresová dokumentace – Základna stojiny
- Příloha 13 – Kusovník – Sestava
- Příloha 14 – Kusovník – Manipulátor
- Příloha 15 – Kusovník – Osa Z
- Příloha 16 – Kusovník – Osa Y
- Příloha 17 – Kusovník – Osa X

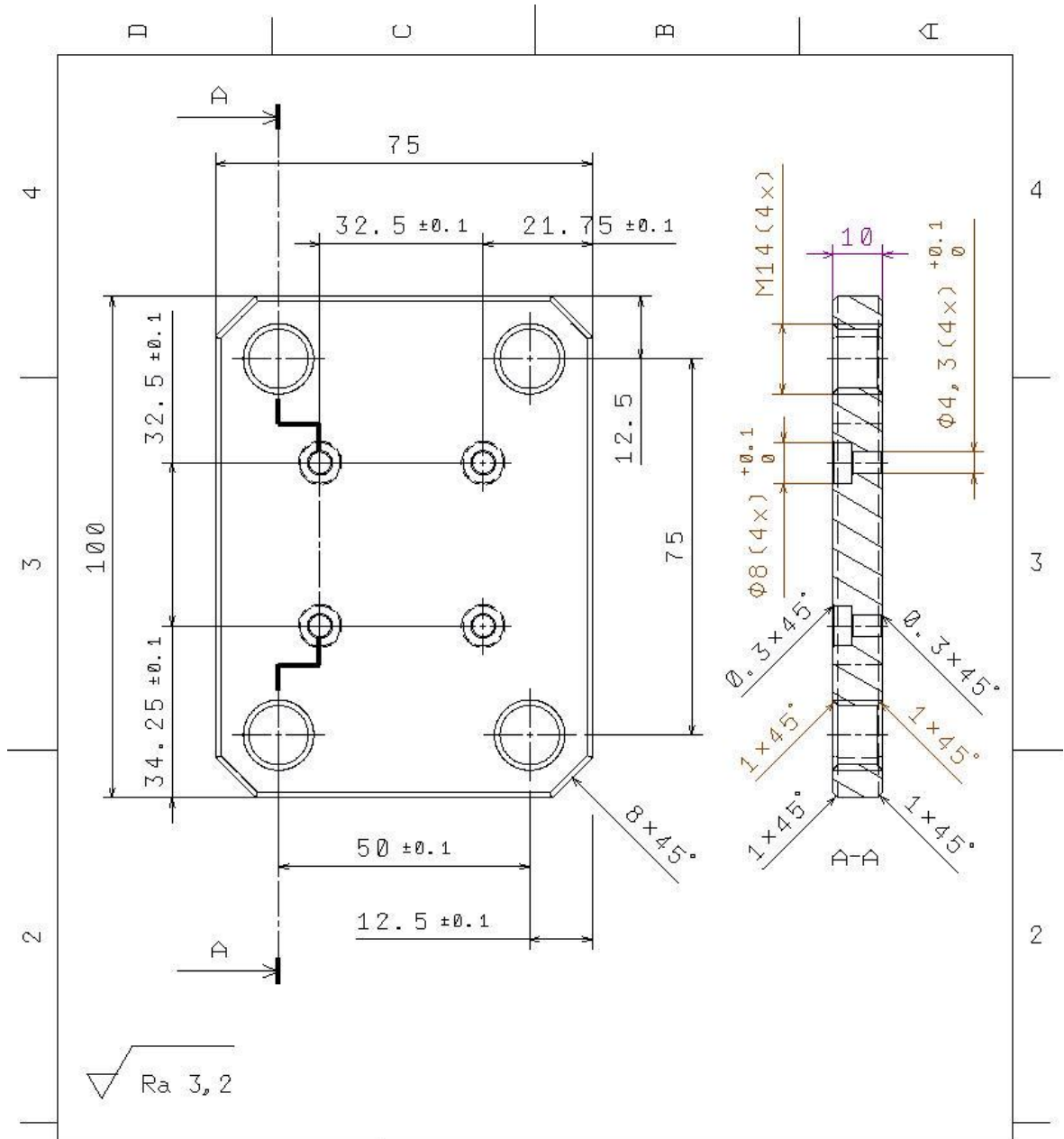
Příloha 1 – Výkresová dokumentace – Sestava



Příloha 3 – Výkresová dokumentace – Osa Z



Příloha 6 – Výkresová dokumentace – Držák přísavek



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

MANIPULÁTOR

DRAWING TITLE

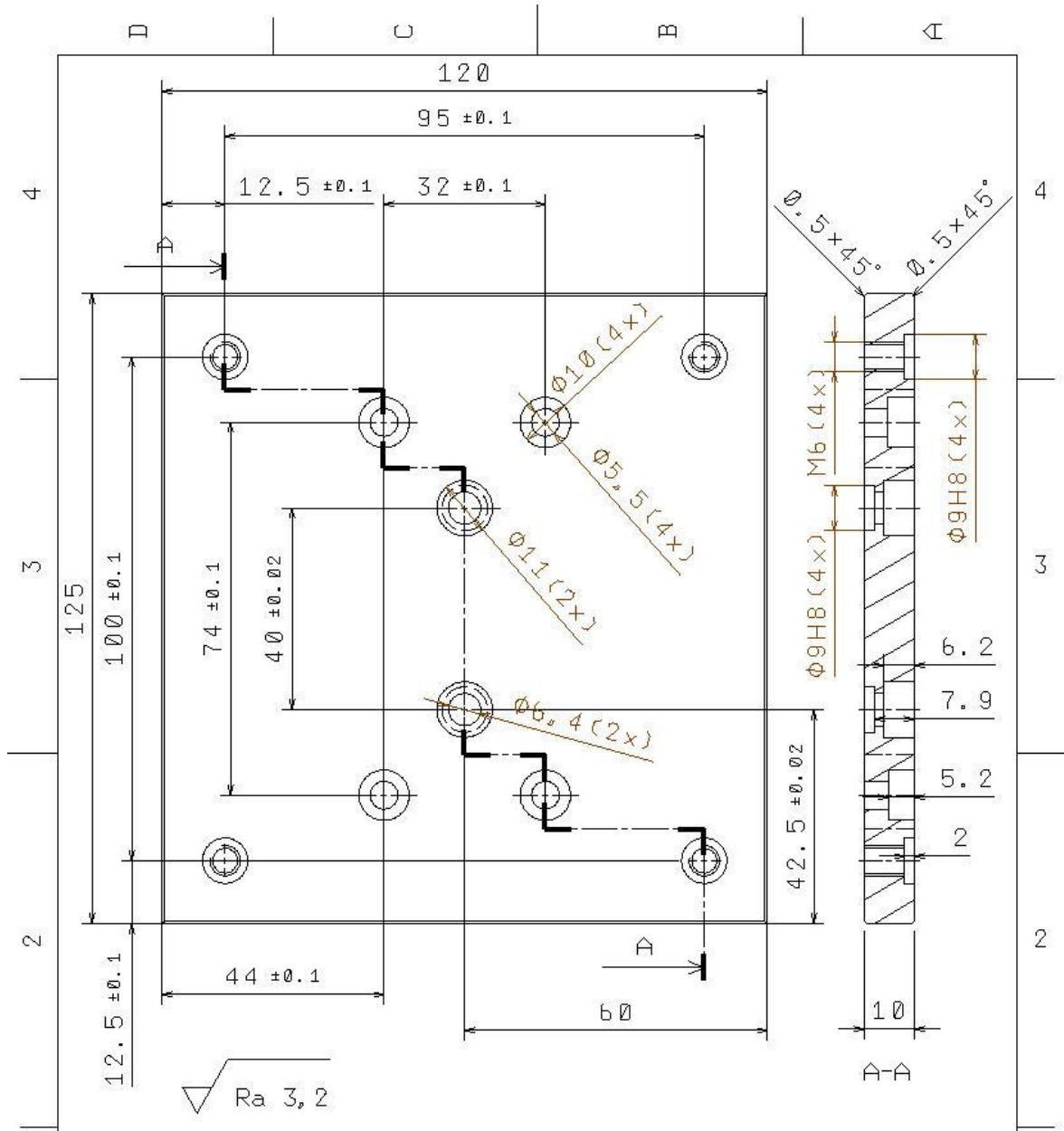
DRŽÁK PŘÍSAVEK

1	DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	PŘÍLOHA 6		1
	CHECKED BY	DATE	SIZE	SCALE	WEIGHT (kg)
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	A4	1:1	0,19
	DESIGNED BY	DATE	SHEET		
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	1/1		

D

A

Příloha 7 – Výkresová dokumentace – Mezideska



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

MANIPULÁTOR

DRAWING TITLE

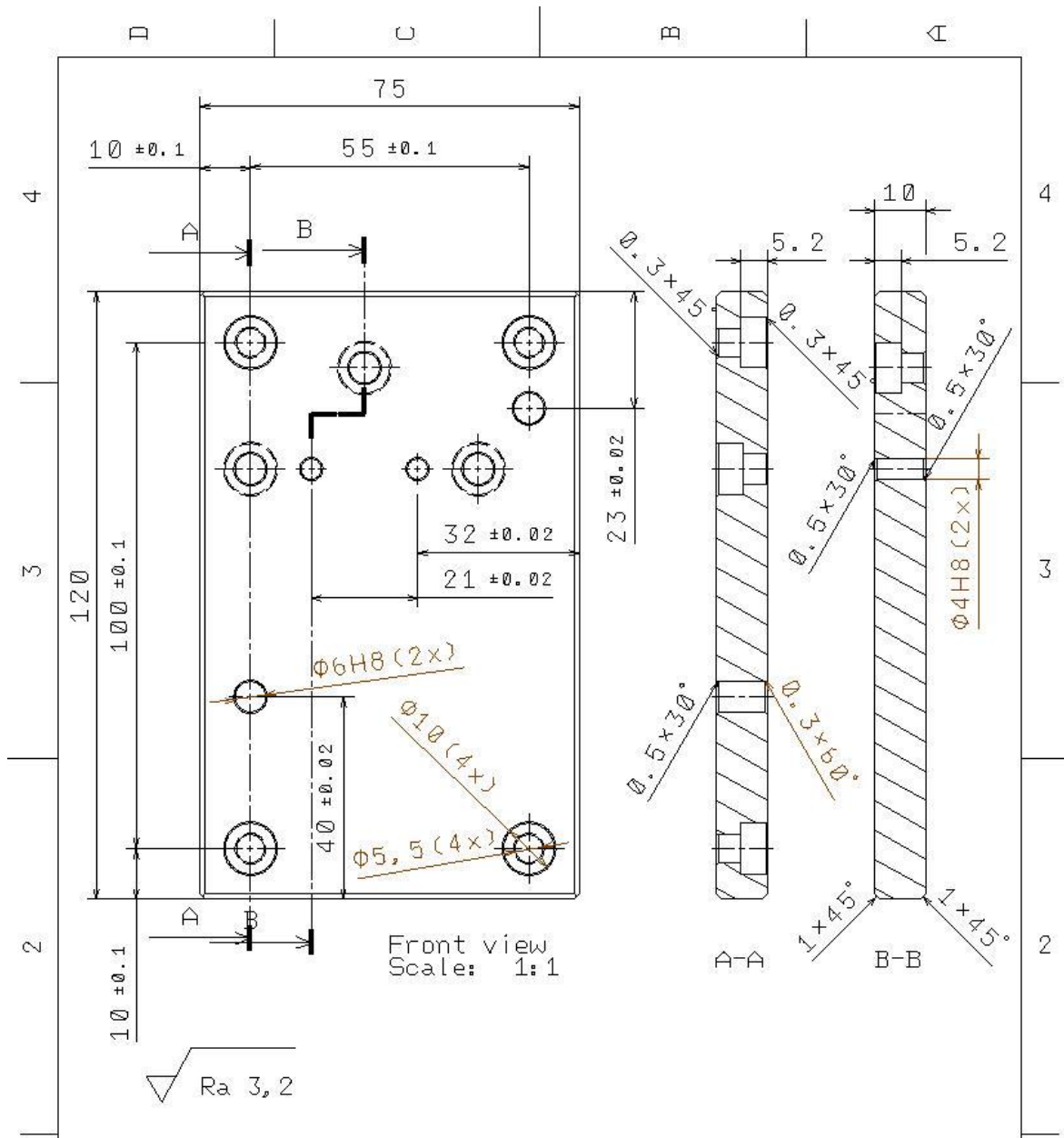
MEZIDESKA

1	DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	PŘÍLOHA 7		1
	CHECKED BY	DATE	SIZE		
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	A4		
	DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	SHEET
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	1:1	0,407	1/1

D

A

Příloha 8 – Výkresová dokumentace – Základna



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DASSAULT SYSTEMES

DRAWING TITLE

ZÁKLADNA

DRAWN BY

DATE

JIŘÍ GERGEL

8.5.2013

CHECKED BY

DATE

JIŘÍ GERGEL

8.5.2013

DESIGNED BY

DATE

JIŘÍ GERGEL

8.5.2013

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

PŘÍLOHA 8

1

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

0,11

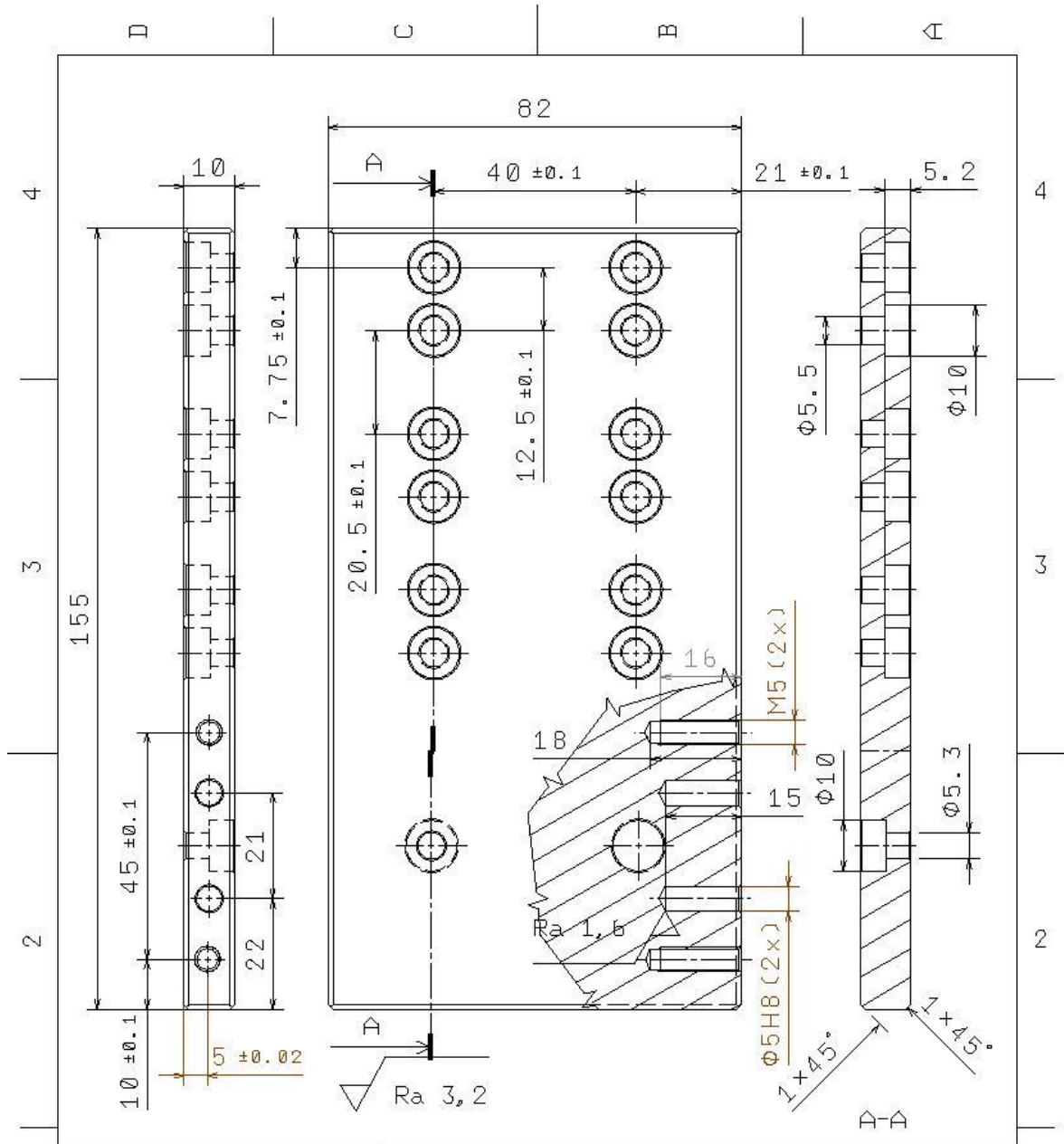
SHEET

1/1

D

A

Příloha 9 – Výkresová dokumentace – Deska opěrná



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

MANIPULÁTOR

DRAWING TITLE

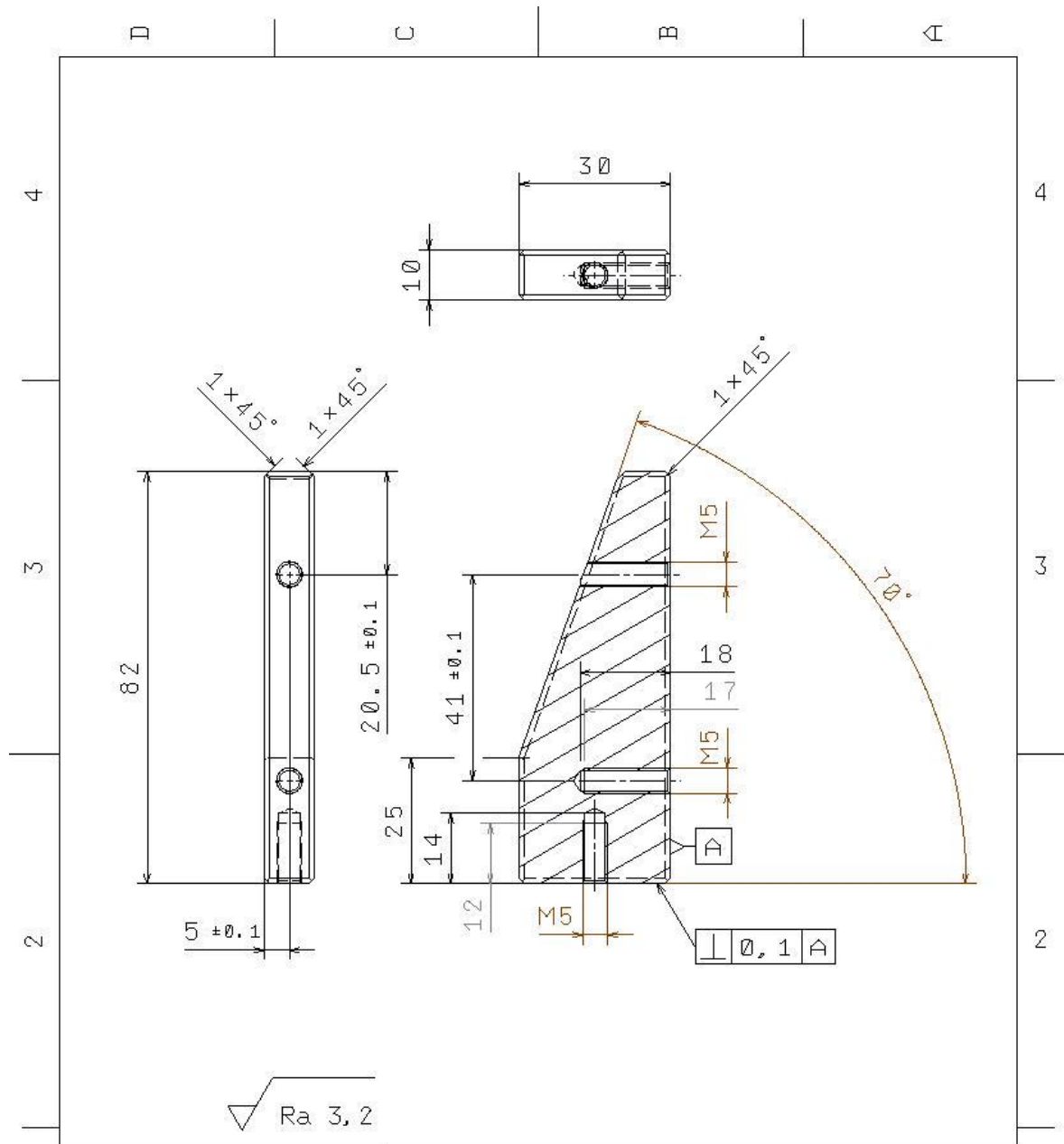
DESKA OPĚRNÁ

1	DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER			REV
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	PŘÍLOHA 9			1
	CHECKED BY	DATE	SIZE	WEIGHT (kg)		SHEET
	JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	A4	0,38		1/1
DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)		SHEET	
JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	1:1	0,38		1/1	

D

A

Příloha 10 – Výkresová dokumentace – Žebro



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

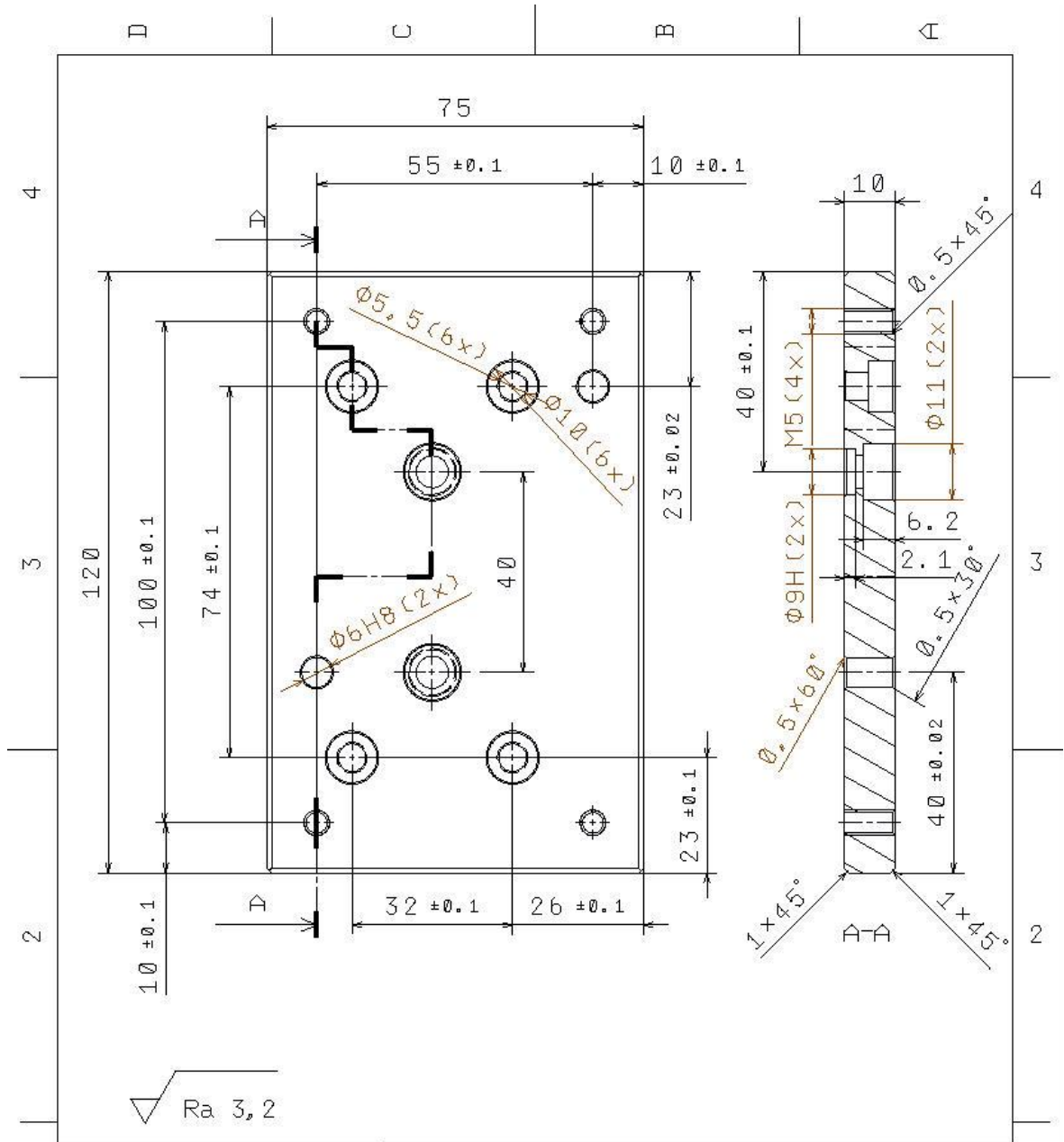
MANIPULÁTOR

DRAWING TITLE

ŽEBRO

DRAWN BY		DATE		SIZE		DRAWING NUMBER		REV	
JIŘÍ GERGEL		8.5.2013		A4		PŘÍLOHA 10		1	
CHECKED BY		DATE		SCALE		WEIGHT (kg)		SHEET	
JIŘÍ GERGEL		8.5.2013		1:1		0,09		1/1	
DESIGNED BY		DATE		SCALE		WEIGHT (kg)		SHEET	
JIŘÍ GERGEL		8.5.2013		1:1		0,09		1/1	

Příloha 11 – Výkresová dokumentace – Deska vozíku



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

MANIPULĂTOR

DRAWING TITLE

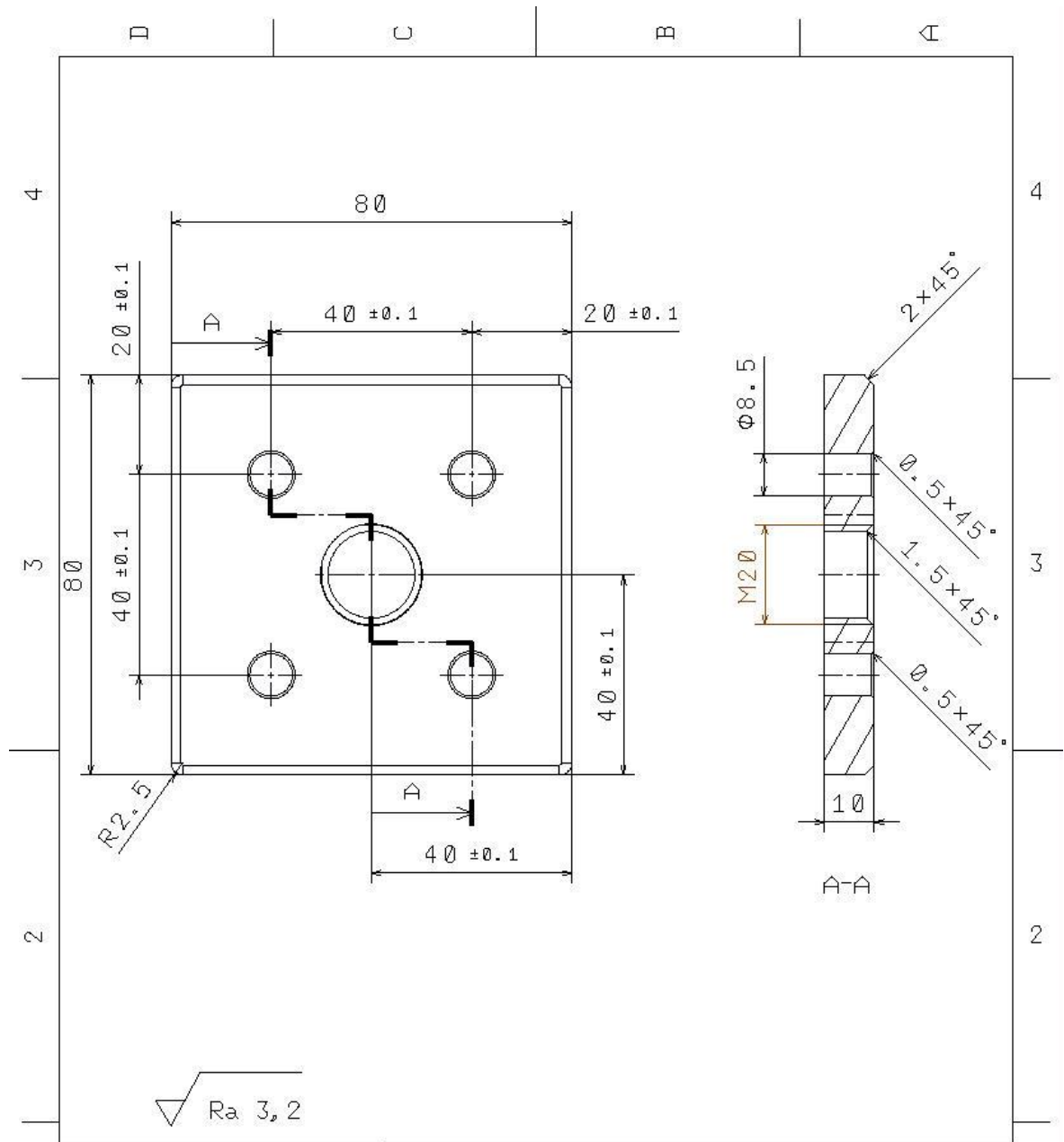
DESKA VOZÍKU

1	DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV
	JIŘÍ GERGEL	8. 5. 2013	PŘÍLOHA 11		1
	CHECKED BY	DATE	SIZE		
	JIŘÍ GERGEL	8. 5. 2013	A4		
	DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	SHEET
	JIŘÍ GERGEL	8. 5. 2013	1: 1	0, 15	1/1

D

A

Příloha 12 – Výkresová dokumentace – Základna stojiny



√ Ra 3,2

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		MANIPULÁTOR			
		DRAWING TITLE			
		ZÁKLADNA STOJINY			
DRAWN BY	DATE	SIZE		DRAWING NUMBER	REV
JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	A4		PŘÍLOHA 12	1
CHECKED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	SHEET	
JIŘÍ GERGEL	8.5.2013	1:1	0,075	1/1	
DESIGNED BY	DATE				
JIŘÍ GERGEL	8.5.2013				

Příloha 13 – Kusovník – Sestava

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	Ks
1	MANIPULÁTOR	UTB 02	1
2	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK		1
3	PALETOVÝ DOPRAVNÍK		1
4	PALETA		1
5	KABELÁŽ PALETOVÉHO DOPRAVNÍKU		1
6	KABELÁŽ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU		1

Příloha 14 – Kusovník – Manipulátor

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	Ks
1	OSA Z	UTB 02-001	1
2	OSA Y	UTB 02-002	1
3	OSA X	UTB 02-003	1
4	ŘIDICÍ SKŘÍŇ CMCA-K1	CMCA-K1	1
5	ENERGETICKÝ ŘETĚZ Z	255.03.75.1834	1
6	ENERGETICKÝ ŘETĚZ Y	255.05.55.1000	1
7	ENERGETICKÝ ŘETĚZ Y	255.07.100.1890	1
8	ŠROUB M5X14	EN ISO 4762	8
9	KOLÍK 6X18	EN ISO 2340	4
10	KABELOVÝ SVAZEK MOTORU Z		1
11	HADICOVÝ SVAZEK PŘÍSAVEK	ISO 7092	1
12	KABELOVÝ SVAZEK TLAKOVÝCH SPÍNAČŮ	ISO 4762	1
13	KABELOVÝ SVAZEK MOTOR Y		1
14	KABELOVÝ SVAZEK MOTORU X		1
15	ŠROUB M6X20	EN ISO 4762	4

Příloha 15 – Kusovník – Osa Z

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES -NORMA	Ks
20	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M6X16	DIN 7991	8
25	STŘEDÍCÍ KROUŽEK ZBH-9	150927	2
91	DGA-18-65-650	195611	1
92	DGA-18-GVL	195611	1
93	DGEA-GW	957164	1
94	ŠROUB M5X60	DIN 912	2
95	ŠROUB M5X16	DIN 912	4
96	DGEA-18-G-SIE-M8	683852	1
97	ŠROUB M4X6	DIN 912	2
98	ŠROUB M5X14	652815	2
99	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M4X6	DIN 7991	4
100	KÁMEN NST-HMV-M4	526091	11
101	ŠROUB M5X18	DIN 912	4
102	DGEA-18-YSR	652818	1
103	YSR-16-20-C	652818	1
104	VAL-1/8-10-M22X1,5-6-27	337143	1
105	M4X7,4	657112	4
106	YSR-16-20-C-M	34573	1
107	DRŽÁK ENER. ŘETĚZU HMIZF-E03-DA18	539370	1
108	ŠROUB M4X8	EN ISO 4762	3
109	PODLOŽKA 5X10	ISO 7090	4
110	SERVO MOTOR MTR-AC-55-3S-AB	526724	1
111	KOTEVNÍ DESKA HMVZ-3	685074	1
112	ŠROUB M4X8	ISO 4580	1
113	MP-42	344596	1
114	OZUBENÁ PODLOŽKA	DIN 6797	1
115	ŠROUB M5X12	DIN 912	8
116	KÁMEN NSTL-25	158410	2
117	DRŽÁK ENER. ŘETĚZU HMIYF-RF/DL25	539659	1
118	ŠROUB M6X20	EN ISO 4762	2

119	KABELOVÝ SVAZEK		1
120	KABELOVÝ SVAZEK		1
121	KABELOVÝ SVAZEK		1
122	KABELOVÝ SVAZEK		1
123	KABELOVÝ SVAZEK		1
124	DRŽÁK PŘÍSAVEK	UTB-03-001	1
125	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	4
126	EJEKTOR VN-10-M-I3-PQ2-VQ2	193554	4
127	TLAKOVÝ SPÍNAČ SDE5-Q6-M8	542887	4
128	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
129	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
130	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
131	KONEKTOR SIM-M8-3GD-5-PU	159421	4
132	KABEL SIM	159421	4
133	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
134	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
135	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
136	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
137	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
138	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
139	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
140	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
141	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
142	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
143	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
144	HADICE PAN -M-6X1-GN	572094	1
145	KABEL SIM	159421	1
146	KABEL SIM	159421	1
147	KABEL SIM	159421	1
148	KABEL SIM	159421	1
149	ŠROUB M4X16	EN ISO 4762	4
150	PŘÍSAVKA ESS-30-BN	189382	4

151	DRŽÁK PŘÍSAVEK ESH-HA-4-QS	189199	4
152	ESHM-M14X1	130519	4

Příloha 16 – Kusovník – Osa Y

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES -NORMA	Ks
2	EGC-80-TB117662GK10		1
3	EGC-80-TB-KF-000-DECKEL		1
4	EGC-80-TB-KF-(AK)		2
5	EGC-80-KF-(CUP)		3
6	EGC-80-TB-KF-00-DECKEL RE		1
7	EGC-80-GK-GPTB1		1
8	EGC-80-M	1529504	1
9	ČIDLO-M1	1428315	1
10	SF-EGC-1-80	558048	1
11	S4	412700	2
12	ŠROUB M4X8	DN 912	2
13	EGC-M-1176	1607083	1
14	SIES-8M-PS-24V-K-7,5-OE	551386	1
15	SIES-8M-P0-24V-K-7,5-OE	551391	1
16	KORYTO HMIA-E05-50	539378	1
17	DRŽÁK KORYTA HMIXB-RP/FP	539654	3
18	KÁMEN NST-5-M5	150914	12
19	KÁMEN NST-8-M6	150915	4
20	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M6x16	DIN 7991	8
21	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M5x10	EN ISO 10642	6
22	ŠROUB M5x8	EN ISO 4762	6
23	MEZIDESKA	UTB-04-001	1
24	ŠROUB M6x12	EN ISO 4762	2
25	STŘEDÍCÍ KROUŽEK ZBH-9	150927	2
26	ŠROUB M5x14	DIN 912	4
27	SERVO MOTOR-AS-70-M-HV-RS-	1704807	1
28	ŠROUB M5x20	EN ISO 4762	4
29	PODLŽKA 5x10	ISO 7090	4
30	PŘEVODOVKA EMGA-60-P-G5-SAS-70	552191	1
31	SKŘÍŇ SPOJKY EAMK-A-L48-48A	558012	1

32	PŘÍRUBA MOTORU EAMF-A-48A-60G	558019	1
33	EAMF-A-38A-60G	660080	1
34	ŠROUB M5x10	DIN 912	4
35	ŠROUB M4x20	DIN 912	4
36	ŠROUB M5x40	DIN 912	4
37	SPOJKA EAMD-32-32-11-16x20	558001	1
38	ZÁKLADNA L	UTB-04-002	1
39	DESKA OPĚRNÁ P	UTB-04-003	1
40	ŽEBRO	UTB-04-004	2
41	KÁMEN NST-HMV-5-2-M5	526094	12
42	ŠROUB M5x20	EN ISO 4762	9
43	ŠROUB M5x10	EN ISO 4762	24
44	ŠROUB M5x16	EN ISO 4762	1
45	KOLÍK 4x24	ISO 2340	4
46	ZÁKLADNA P	UTB-04-002	1
47	DESKA OPĚRNÁ L	UTB-04-003	1
48	KABELOVÝ SVAZEK		1
49	KABELOVÝ SVAZEK		1
50	KABELOVÝ SVAZEK		1
51	KABELOVÝ SVAZEK		1
52	KABELOVÝ SVAZEK		1

Příloha 17 – Kusovník – Osa X

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES -NORMA	Ks
3	EGC-80-TB-KF-000-DECKEL		2
4	EGC-80-TB-KF-(AK)		4
5	EGC-80-KF-(CUP)		5
6	EGC-80-TB-KF-00-DECKEL RE		2
8	EGC-80-M	1529504	1
9	ČIDLO-M1	1428315	1
10	SF-EGC-1-80	558048	2
11	S4	412700	4
12	ŠROUB M4X8	DN 912	4
14	SIES-8M-PS-24V-K-7,5-OE	551386	2
15	SIES-8M-P0-24V-K-7,5-OE	551391	2
18	KÁMEN NST-5-M5	150914	24
19	KÁMEN NST-8-M6	150915	4
20	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M6x16	DIN 7991	4
21	ŠROUB SE ZKOSENOU HLAVOU M5x10	EN ISO 10642	16
22	ŠROUB M5x8	EN ISO 4762	8
25	STŘEDÍCÍ KROUŽEK ZBH-9	150927	4
28	ŠROUB M5x20	EN ISO 4762	4
29	PODLŽKA 5x10	ISO 7090	4
34	ŠROUB M5x10	DIN 912	4
35	ŠROUB M4x20	DIN 912	4
36	ŠROUB M5x40	DIN 912	4
37	SPOJKA EAMD-32-32-11-16x20	558001	1
41	KÁMEN NST-HMV-5-2-M5	526094	16
44	ŠROUB M5x16	EN ISO 4762	96
53	EGC-80-TB167BB2GK10		2
54	EGC-80-GK-GPTB1C		2
55	ČERVÍK M6x6	DIN 913	12
56	EGC-M-1676	1607083	1
57	HPE-80	558322	4

58	KORYTO HMIA-E07-50	539379	1
59	DRŽÁK KORYTA HMIXB-RP/FP	539654	4
60	KABELOVÝ SVAZEK		1
61	KABELOVÝ SVAZEK		1
62	KABELOVÝ SVAZEK		1
63	KABELOVÝ SVAZEK		1
64	KABELOVÝ SVAZEK		1
65	KABELOVÝ SVAZEK		1
66	KABELOVÝ SVAZEK		1
67	KABELOVÝ SVAZEK		1
68	KABELOVÝ SVAZEK		1
69	KABELOVÝ SVAZEK		1
70	KABELOVÝ SVAZEK		1
71	EHAM-H1-20-L2-80-P	1130033	1
72	ŠROUB M5x14	DIN 912	8
73	ŠROUB M6x12	EN ISO 4762	4
74	EHAM-H1-20-L2-80-L	1130033	1
75	SPOJOVACÍ HŘÍDEL KSK-80-1196-P	562521	1
76	HŘÍDEL POHONU EAMB-24-6-15x21-16x20	558036	2
77	SERVOMOTOR EMMS-AS-70-M-HV-RS	1704807	1
78	PŘEVODOVKA EMGA-60-P-G5-SAS-70	552191	1
79	SKŘÍŇ SPOJKY EAMK-A-L48-48A	558012	1
80	PŘÍRUBA MOTORU EAMF-A-48A-60G	558019	1
81	EAMF-A-38A-60G	660080	1
82	STOJINA HMBS-80/80	175958	4
83	VÝZTUHA HMBS-80/80	175958	2
84	STAVĚCÍ NOHA EMILE MAURIN	35-571-125-36	4
85	ZÁKLADNA STOJINY	UTB-05-001	4
86	KRYTKA HMBSA 80/80	175965	4
87	ŠROUB M8x35	EN ISO 4762	16
88	ÚHLOVÁ SPOJKA HMBSW	178228	8
89	KÁMEN HMBN-8-2M5	186567	48

90	ŠROUB M5x12	EN ISO 4762	32
----	-------------	-------------	----