

# **Konstrukční řešení uchopovacích prvků průmyslového robotu v Kovárně VIVA a.s.**

Bc. Oldřich Havrlant

---

Diplomová práce  
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Oldřich Havrlant**  
Osobní číslo: **T120100**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukční řešení uchopovacích prvků  
průmyslového robotu v Kovárně VIVA a.s.**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte řešení na dané téma
2. Navrhněte variantní řešení uchopovače na výkovky pro průmyslový robot ve společnosti Kovárna VIVA a.s.
3. Navržený uchopovač musí splňovat požadavky na maximální hmotnost 40kg včetně uchopeného výkovku a na odolnost vůči vysokým teplotám
4. Porovnejte navržené varianty a zhodnoťte výhody / nevýhody realizovaného řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. David Sámek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 7. 5. 2014



.....

---

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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). Odpirá-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**

Práce se zabývá problematikou robotů a manipulátorů. Především pak úchopnými mechanickými hlavicemi, u kterých se zaměřuje na metodiku návrhu, konstrukci a použití.

V praktické části se vytvoří několik verzí možného chapadla pomocí konstrukčního softwaru, z nichž je jedno na základě splnění daných parametrů vybráno k posílení automatizace výroby na konkrétní výrobek v prostorách společnosti Kovárna VIVA a.s..

Klíčová slova: Chapadlo, úchopná mechanická hlavice, efektor, robot, manipulátor,

## **ABSTRACT**

Thesis deals with a question of robots and manipulators and especially with mechanical gripping heads. Thesis is then focused on the methodology of design, construction and using of mechanical grippers.

In practical part of thesis there are several versions of gripper made with help of design software. Afterward, based on meeting certain parameters, one solution is chosen to enhance the automation of production for a particular product at the company Kovárna VIVA.

Keywords: Gripper, mechanical gripping head, effector, robot, manipulator

Chtěl bych poděkovat Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a cenné připomínky. Také si velmi vážím jeho důvěry v mé schopnosti a doufám, že touto prací naše spolupráce do budoucna nekončí.

Dále si nedovolím opomenout Ing. Valeriho Charčěnka a Ing. Marka Juráka. Děkuji vám za podporu při během i při ukončení studia.

Mé díky za cenné rady a informace patří i pracovníkům firmy Kovárna VIVA a.s. a ABB robotics.

Poděkování patří i mé rodině a přítelkyni za podporu nejen při studiích.

Mé Motto:

*„Co můžeš udělat dnes, neodkládej na zítřek“*

*„Nikdy neříkej, že to nejde. Objeví se někdo, kdo neví, že to nejde a udělá to.“*

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ÚVOD K ROBOTICE</b> .....	<b>12</b>
1.1 HISTORIE A VÝVOJ ROBOTIKY .....	12
<b>2 KLASIFIKACE ROBOTŮ</b> .....	<b>15</b>
2.1 KLASIFIKACE KRITÉRIÍ .....	16
2.1.1 Podle volnosti robotu .....	16
2.1.2 Podle kinematické struktury.....	16
2.1.3 Podle druhu pohonu .....	16
2.1.4 Podle vykonávaných činností a oblastí použití .....	16
2.1.5 Podle geometrie pracovního prostoru .....	17
2.1.6 Podle kompaktnosti konstrukce a funkční samostatnosti.....	17
<b>3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY</b> .....	<b>18</b>
3.1 PROGRAMOVATELNÉ MANIPULÁTORY.....	19
3.2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY .....	20
3.3 SERVISNÍ ROBOTY .....	22
<b>4 KONCOVÝ EFEKTOR</b> .....	<b>23</b>
4.1 TECHNOLOGICKÉ HLAVICE .....	24
4.2 MANIPULAČNÍ HLAVICE - CHAPADLA .....	26
4.2.1 Pasivní mechanické úchopné hlavice.....	27
4.2.2 Aktivní mechanické úchopné hlavice .....	29
<b>5 POHON EFEKTORU</b> .....	<b>32</b>
5.1 PNEUMATICKÝ POHON.....	32
5.2 PNEUMATICKÉ MOTORY – JEDNOČINNÉ.....	33
5.2.1 Pístové motory .....	33
5.2.2 Membránové motory .....	34
5.2.3 Motory s odvalující se membránou.....	34
5.3 PNEUMATICKÉ MOTORY - DVOJČINNÉ.....	35
5.4 ZVLÁŠTNÍ PŘÍMĚNÍ DVOJČINNÝCH MOTORŮ .....	35
5.4.1 Motor s průchozí (oboustrannou) pístnicí .....	35
5.4.2 Tandemový motor .....	36
5.4.3 Vícepolohový motor.....	36
5.4.4 Přímočaré pístové motory s převodem na výstupní rotační pohyb .....	37
5.4.5 Motor s rotační lopatkou .....	37
5.5 ZPŮSOBY UCHYCENÍ PNEUMOTORŮ .....	38
<b>6 NAVRHOVÁNÍ MECHANICKÉ ÚCHOPNÉ HLAVICE</b> .....	<b>39</b>
6.1 METODIKA NÁVRHU .....	39
6.2 OBJEKT MANIPULACE .....	40
6.3 ÚCHOPNÉ SÍLY .....	41
6.3.1 Bod působení úchopné síly .....	43



<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>45</b>
<b>7 SPECIFIKACE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU .....</b>	<b>46</b>
7.1 SPECIFIKACE OBJEKTU MANIPULACE .....	46
7.2 SPECIFIKACE PRŮMYSLOVÉHO ROBOTU .....	48
7.3 POŽADAVKY NA ÚCHOPNOU HLAVICI .....	49
<b>8 GENEROVÁNÍ KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>50</b>
8.1 PRŮZKUM ZNÁMÝCH ŘEŠENÍ .....	50
8.1.1 Patentová analýza.....	51
8.1.2 Zajímavé patenty pro další použití .....	54
8.2 TVORBA KONCEPTU .....	56
8.3 SKICA A POPIS KONCEPTU .....	59
<b>9 VÝPOČTY SPOJENÉ S HLAVICÍ A OBJEKTEM MANIPULACE .....</b>	<b>60</b>
9.1 VNĚJŠÍ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA OM .....	60
9.1.1 Rovnováha na páce .....	66
9.1.2 Výběr pneumatického válce .....	68
9.2 TEPELNÁ OCHRANA VÁLCE.....	70
<b>10 TVORBA MODELU .....</b>	<b>71</b>
10.1 SESTAVA HLAVICE .....	71
10.2 KONTROLA NOSNOSTI ROBOTU.....	76
<b>11 PODSTAVEC NA PŘECHYCENÍ OM.....</b>	<b>78</b>
11.1 NÁVRH PODSTAVCE.....	79
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>81</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>83</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>85</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>89</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>90</b>

## ÚVOD

Trendem moderní sériové výroby je automatizace. Není to tak dávno, co se z kusové ruční produkce stala plně automatizovaná struktura výrobních závodů. Průletem historií a fantazií lidí je možné snad i odhadnout, kam se bude vývoj robotiky jako celku vydávat. Snem mnoha vědců je totiž už od pradávna stvořit umělého člověka, který bude pracovat za něho.

V úvodu teoretické části se čtenář dozví, jak se z mála prototypů průmyslového robota dostal tento kousek technologie do celého světa. Cílem automatizace a robotizace pracovišť bylo nahradit monotónní, nebezpečnou a neefektivní práci člověka neúnavnou prací strojů. Postupem času se rozšířila prakticky do všech oborů lidské činnosti. Od prvních továren na automobily a vojenskou techniku až po výrobu jídla.

Průmyslové roboty a manipulátory tak stále více nahrazují lidského pracovníka a patří mezi základní prvky automatických pracovišť.

Tak jako lidská paže má na konci ruku s prsty, bez nichž je manipulace s předměty velmi obtížná až skoro nemožná, je i rameno robota opatřeno hlavicí určenou pro specifickou operaci. Robotika prodělala období, kdy úchopným hlavicím nebyla věnována plná péče snad pod dojmem skutečnosti, že v některých případech může jít o velmi jednoduchá provedení těchto systémů. Dnes si ovšem už každý uvědomuje jejich důležitost.

Tato práce se pak zaměřuje na principy fungování a konstrukce mechanických úchopných hlavic průmyslového robota a schopnost použití na předem daný výrobek za určitých podmínek.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ÚVOD K ROBOTICE

Konstrukcí a studiem robotů se zabývá robotika, která k tomu využívá celé řady dalších vědních disciplín, např. umělou inteligenci, elektroniku, elektrotechniku, teorii mechanismů apod. Výsledky těchto vědních disciplín, zejména umělé inteligence, jsou nepostradatelné pro konstrukci inteligentních robotů, ale i při konstrukci robotů průmyslových.[1]

Snahy o zhotovení nejrůznějších automatů, které by vykonávaly nějakou činnost za člověka, jsou velmi staré. Nejdříve to byla jednoduchá zařízení, později různé zvonkohry, jejichž principiální uspořádání (válečky a hroty) se využívají dodnes.[1]

Příkladem takových děl mohl být tzv. android – napodobenina člověka od švýcarských mistrů Piera a Henry Drozů z 18. století, který zvládl perem napsat pár vět, či zooid – napodobenina zvířat.



*Obr. 1 Mechanický automat „Pisár“ [3]*

### 1.1 Historie a vývoj robotiky

Historie technického oboru není jen nějakým planým vzpomínáním, ale její znalost a analýza přináší, v aktuálních souvislostech, i podněty pro jeho další vývoj. Ve stručném přehledu se zaměříme na dva aspekty historie robotiky – kulturní a technický.[2]

Dějiny lidstva jsou i dějinami celoživotní tvrdé a vyčerpávající fyzické práce, tak i úsilí člověka o znásobení jeho možností, zlepšení životních podmínek a uspokojení životních potřeb. Cesta k tomuto cíli nejspolehlivěji vede přes rozvoj výroby. Její podstatné

urychlení zaznamenáváme od průmyslové revoluce, s dalšími významnými pokroky zavedením mechanizace, později automatizace a v jejím rámci robotizace.[2]

Ve většině odborných i laických publikacích se s pojmem robot skloňuje jméno českého spisovatele Karla Čapka. Byl to právě on, který toto slovo poprvé použil ve své hře R.U.R (Rossum's Universals Robots) v roce 1920, která kromě pojmu přinesla i řadu filosofických otázek. Vzhledem k její popularitě a rozšíření navodila další počiny a fantazii lidí.

Projevilo se to na různých technických a hospodářských výstavách, které prezentovaly soudobé technické novinky ve 20. a 30. letech minulého století. A tak byl v roce 1927 na světové výstavě v New Yorku vystaven robot "Televox" v lidské podobě, vykonávající jednoduché pohyby (s dnešními roboty samozřejmě neměl nic společného). Pak, v roce 1928, na výstavě britské asociace inženýrů v Londýně byl vystaven robot Erik, který mluvil a v témže roce v Japonsku robot "Přírodovědec" vybavený elektropohony a jednoduchými mechanismy, pomocí kterých hýbal rukama a hlavou. Další "robot" se objevil na Londýnské radiotechnické výstavě v r. 1931. Ve všech případech měl robot vzhled člověka a jeho konstrukce byla realizována technickými prostředky tehdejší úrovně. Podstatné ve srovnání s dnešními roboty bylo, že neměly řídicí systém a programovací prostředky. Mimoto se stále jednalo o hříčky, které, spíše než cokoliv jiného, sloužili „jen“ k přilákání pozornosti návštěvníku výstav.[2,3]

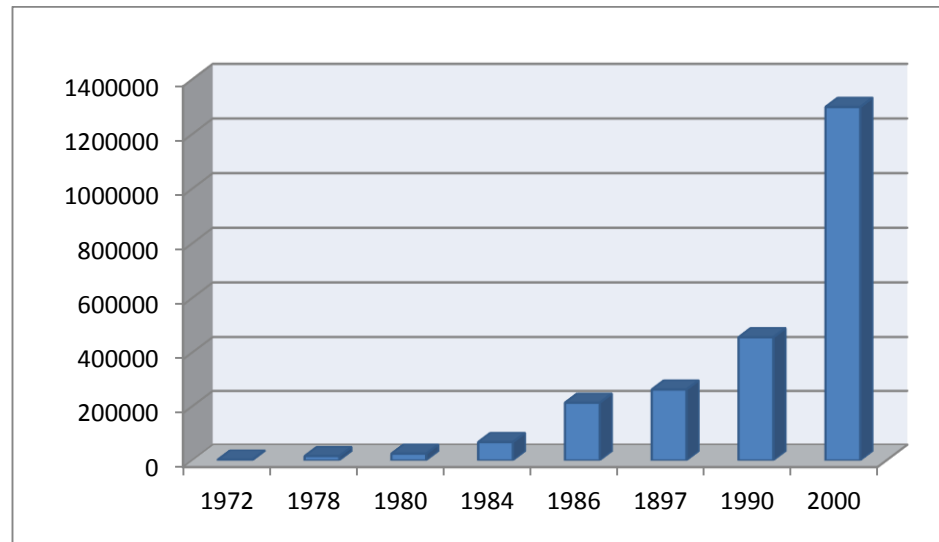
Z hlediska technického byl vývoj následující - brzy se přišlo na to, že prosté kopírování člověka a jeho funkcí je velmi nesnadnou a také pro většinu průmyslových aplikací zcela zbytečnou snahou. Jak již bylo uvedeno, vývoj znásobení možností člověka se ubíral od manuální výroby přes mechanizaci k automatizaci. A tak se z robotů stávají přímo účelová zařízení. První kroky lze vysledovat až do první poloviny 40. let, tedy do období 2. světové války, kdy se v USA pracovalo na atomové bombě. Při experimentech s radioaktivním materiálem bylo nutné vědce a tzv. operátory odstínit. Dochází k vývoji rozličných druhů manipulátorů - mechanismů, které fungovaly jako prodloužená ruka člověka, jenž byl bezpečně chráněný vně odstíněných prostor.

Ovšem až rozvoj výpočetní techniky (první počítač USA 1945) umožnil nahradit řídicí činnost člověka. A odtud už jde vývoj velmi rychle.

Průmyslové roboty se stávají běžným prostředkem automatizace manipulačních operací. Průmyslové roboty jsou schopny vykonávat s vysokou přesností pravidelně se

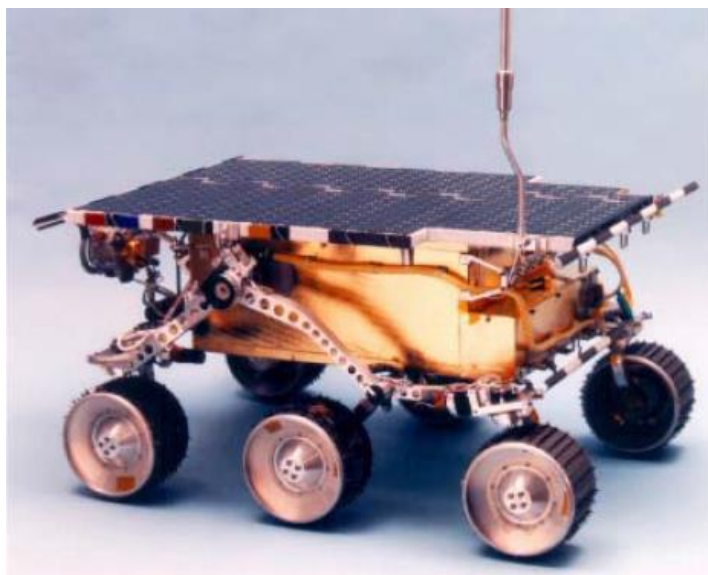
opakující stereotypní operace a manipulační práce, které jsou pro člověka únavné, nezajímavé a zejména nebezpečné.

Pro představu uvedme graf vývoje počtu nasazených průmyslových robotů mezi léty 1972 a 2000. Exponenciální nárůst je zřetelný.



*Graf 1 Nárůst počtu průmyslových robotů ve světě*

Dnes na přelomu roku 2013 a 2014 jsou roboty ve všech různých odvětvích lidské činnosti. Od domácnosti, jako pomocník úklidu, přes zmiňovaný průmysl až po medicínu a vesmírný výzkum.



*Obr. 2 Robotický průzkumník mise na Marsu[3]*

## 2 KLASIFIKACE ROBOTŮ

Manipulační zařízení typu robotů mohou být klasifikována podle různých kritérií – počtu stupňů volnosti, kinematické struktury, použitých pohonů, geometrie pracovního prostoru, pohybových charakteristik, způsobu řízení, způsobu programování, aj.

Historicky první klasifikace byla postavena na vývoji definice robotu, která se zpočátku zaměřila na odlišnosti manipulátorů a robotů z hlediska řízení a programování. Byly preferovány pojmy:

- Manipulátor (případně jednoúčelový manipulátor, manipulátor s pevným programem, apod.);
- Synchronní manipulátor (člověk ve smyčce, man on line, master – slave manipulátor);
- Robot (manipulátor s pružným programem);
- Adaptivní robot (robot reagující na změny pracovní scény);
- Kognitivní robot (robot s určitou – ale blíže nedefinovanou – mírou umělé inteligence).



*Obr. 3 Budiž robot![6]*

## 2.1 Klasifikace kritérií

### 2.1.1 Podle volnosti robotu

- Univerzální robot – se 6 stupni volnosti, jednoznačně vymezující v kartézském souřadném systému polohu a orientaci objektu manipulace;
- Redundantní robot – s více než 6 stupni volnosti, využívající větší volnosti k obcházení překážek, nebo k pohybu ve stísněném prostoru;
- Deficitní robot – s méně než 6 stupni volnosti (některé Scara roboty, se 3-4 stupni volnosti, provádějící montáž prvků v rovině).

### 2.1.2 Podle kinematické struktury

- Sériové roboty – s otevřeným kinematickým řetězcem manipulátoru (open-loop chain);
- Paralelní roboty - s uzavřeným kinematickým řetězcem manipulátoru (closed-loop chain);
- Hybridní roboty – kombinující oba typy řetězců.

### 2.1.3 Podle druhu pohonu

- Elektrický;
- Hydraulický;
- Pneumatický.

V současnosti početně jednoznačně převažují konstrukce PRaM s elektrickými pohony. Pokud jsou požadovány vysoké nosnosti používají se hydraulické pohony a pro vysoké rychlosti pneumatické pohony.

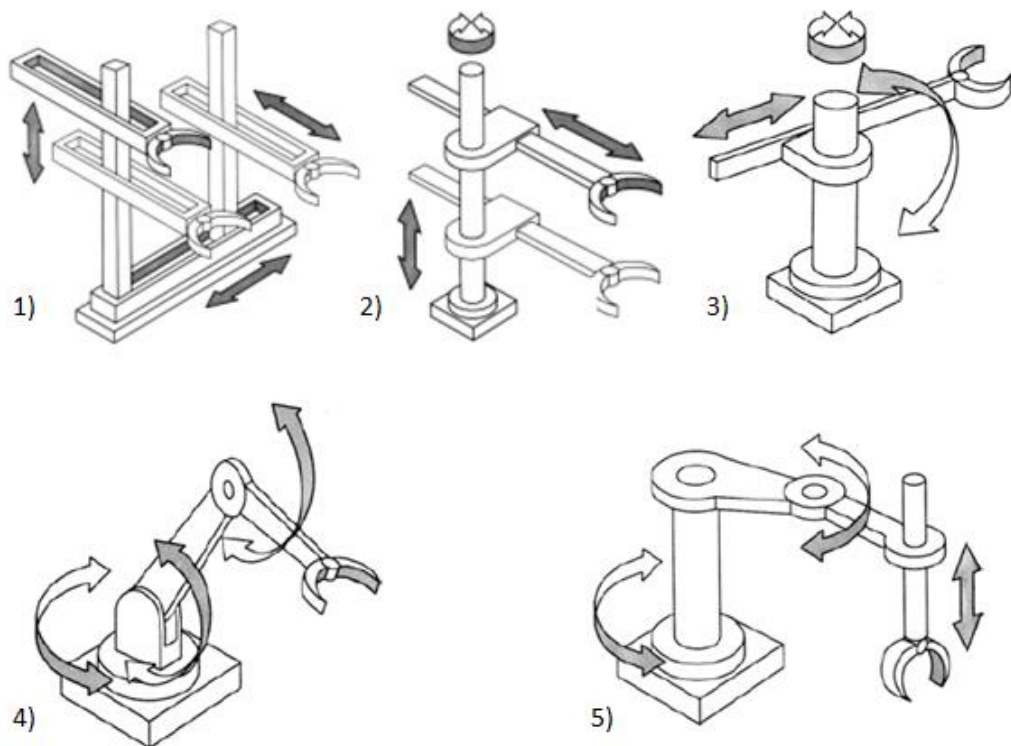
### 2.1.4 Podle vykonávaných činností a oblastí použití

- Průmyslové roboty – užívané při činnostech spojených s výrobou různých produktů;
- Servisní roboty – užívané při obslužných činnostech, buď humánních (zdravotnictví, domácí práce, aj.) nebo v průmyslu, či službách stavebnictví, hlídání objektů, údržba, aj.).



### 2.1.5 Podle geometrie pracovního prostoru

- Kartézské;
- Cylindrické;
- Sférické;
- Angulární;
- Scara.



*Obr. 4 Geometrie pracovního prostoru*

*1) kartézská; 2) cylindrická; 3) sférická; 4) angulární; 5) scara*

### 2.1.6 Podle kompaktnosti konstrukce a funkční samostatnosti

- Univerzální;
- Modulární (modulové).

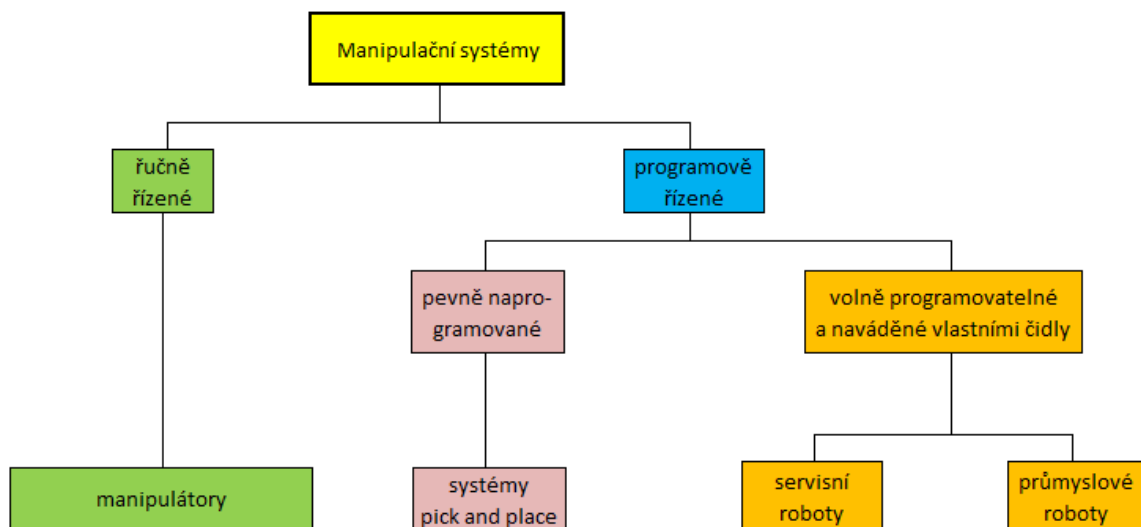
### 3 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY

Oblasti použití průmyslových robotů a manipulátorů jsou velmi široké. Používají se při obsluze obráběcích a tvářecích strojů, u kovacích strojů a lisů, pro tlakové lití, bodové a švové svařování, stříkání, jako obsluha vstřikovacích strojů, pro montážní práce a různé manipulační operace (viz. tab. 1).

Tab. 1 Oblast použití PRaM

Nasazení průmyslových robotů a manipulátorů	podíl
Manipulace na obráběcích strojích, paletizace	52%
bodové odporové svařování karosérií a podvozků	15%
povrchové úpravy	12%
tlakové lití kovů a plastických hmot	8%
Manipulace u tvářecích strojů	7%
Obloukové svařování pod ochrannými plyny	2%
Montážní a měřicí práce	2%
V hutích (odpichové roboty, těžké manipulační roboty)	1%
jiné práce (hlubinné dobývání, apod.)	1%

V minulé kapitole (2.1 – Klasifikace robotů) je ukázáno jakými možnými způsoby se roboty mohou rozdělit do skupin či podskupin. Tady je základní dělení postavené na rozdílnosti řízení a programování, na kterém lze jednoduše ukázat základní typy strojů.



Obr. 5 Manipulační systémy[15]

### 3.1 Programovatelné manipulátory

Jelikož se robotika rozvíjí rychlým tempem a v různých koutech světa dochází ke vzniku samostatných názvosloví, je potřeba vysvětlit slovo „manipulátor“ z hlediska robotiky. Manipulátor totiž může být i jednoúčelové či víceúčelové manipulační zařízení ovládané člověkem, jehož úkolem je zesilňovat síly a pohybové možnosti člověka, tak jak bylo zmíněno v historickém úvodu.

Tato podkapitola se věnuje dále pouze programovatelným manipulátorům. A to z důvodu, že pokud se ústrojí nazývá robotickým, musí do jisté míry splňovat definici (viz podkapitola níže) automatického řízení.

#### Programovatelné jednoúčelové manipulátory

Jejich činnost je řízena programovým ústrojím. Jsou složitější než podavače, netvoří s člověkem uzavřenou regulační smyčku, nemají však víceúčelovost. Dělíme je na:

- s pevným programem – jsou řízeny se stále se opakujícím programem;
- s proměnlivými programy – samočinně avšak programově si vybírají vhodnou vloženou variantu programu.[11]

#### Univerzální manipulátory

Mají větší rozsah manipulačních schopností, které jsou využívány podle způsobu nasazení. Jejich použitelnost není omezena typem strojů ani součástí.

Jsou charakterizovány:

- kinematickými parametry, rozsahy pohybů, přesností polohování, maximálním zatížením;
- pro uchopení předmětů jsou použity jednoúčelové úchopné hlavice;
- lze je použít na různých pracovištích, popřípadě k obsluze různých (i několika) strojů;
- mají vlastní řízení, jsou provedením, pohonem i funkcí na obsluhovaných strojích nejdražší.[11]



Obr. 6 Univerzální manipulátor[9]

Vlastnosti univerzálních manipulátorů překrývají především průmyslové roboty.[11]

### 3.2 Průmyslové roboty

Jedná se o ústrojí složitější než manipulátor a označení „průmyslový robot“ je zejména vhodné pro zařízení řízená počítačem.

Vyznačují se zpravidla následujícími vlastnostmi:

- Autonomností chování, tj. složitou posloupností úkonů prováděnou automaticky podle určitého programu. Důležitý je případ, kdy tento program není pevný (daný konstrukcí, jako např. u klasických řídicích automatů), ale volitelný buď člověkem, nebo automaticky vlastním zařízením. Tím se liší např. od teleoperátorů, které zesilují a přenášejí na dálku pohybové příkazy přímo od člověka, jenž je nedílnou součástí ústrojí;
- Univerzálností ve smyslu "víceúčelovosti", nikoli "všemohoucnosti". Zařízení neslouží pouze k jedinému účelu, ale k více, někdy dosti rozmanitým účelům. To souvisí s možností změny programu, jež má být jednoduše a rychle proveditelná;

- Existence vazby s prostředím (vnímání). Kromě jednoduchých mechanických (dotekových) elektromagnetických čidel lze u složitějších systémů počítat i s vizuální (použitím televizní kamery) a akustickou vazbou.[8]

Definice takového ústrojí pak zní:

„Robot je automaticky nebo 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 manipulování s předměty, popř. pohybování se v tomto prostředí.“[8]



*Obr. 7 Průmyslový robot v kovárně [5]*

V současné době se můžeme setkat s mnoha různými typy robotů lišících se svými základními parametry. Mohou to být roboty s minimální zátěží a malými zdvihy, ale i roboty s nosností několika tun a dosahem několika metrů.

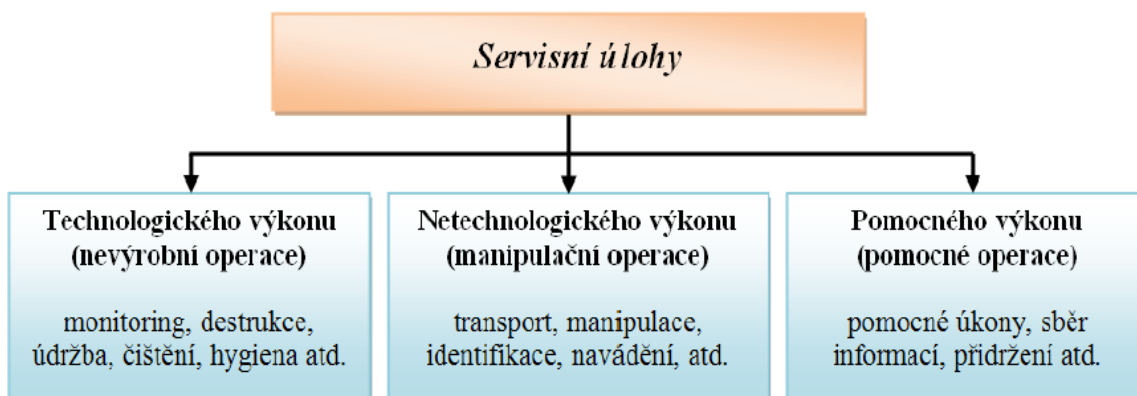
### 3.3 Servisní roboty

Jsou to volně programovatelné kinematické zařízení, které vykonávají služby částečně nebo plně automaticky, přičemž službami se myslí úlohy nepřispívající k průmyslové výrobě produktů, ale k vykonávání práce užitečné pro lidi a technická zařízení (systémy).[7]



Obr. 8 Armádní servisní robot[10]

Rozmanitost požadavků kladených na servisní roboty (extrémní multifunkční požadavky související se širokým rozptylem potřeb formulovaných rozsáhlou oblastí aplikací se složitými podmínkami) vytváří odlišnou základnu systémových znaků oproti klasickým průmyslovým robotům. Základní rozdělení servisních úloh podle jejich charakteru je znázorněn na obr. 9.[7]



Obr. 9 Servisní úlohy[7]

## 4 KONCOVÝ EFEKTOR

Efektor prošel určitým vývojem nejen z hlediska konstrukčního, ale i z hlediska názvosloví. Protože se ve starších publikacích s těmito pojmy dá stále setkat, zde je výčet nejpoužívanějších z nich – hlavice, pracovní hlavice, chapadlo a koncový efektor.[2]

Efektorem se rozumí ta část konstrukce průmyslového robotu nebo manipulátoru, která bezprostředně realizuje příslušnou operaci. A ať už v jakémkoliv provedení, vždy je v centru pozornosti konstruktérů technických systémů – letadel, lodí, obráběcích strojů a mnoha jiných. Vlastnosti technických systémů se mohou totiž uplatnit (nebo znehodnotit) právě jen prostřednictvím efektoru. Tvoří výstup celého zařízení.

Jde především o realizaci:

- Vkládání objektů do pracovního prostoru výrobních zařízení a jejich vyjímání;
- Mezioperační manipulace;
- Technologické operace;
- Kontrolní operace;
- Speciální práce.[12]

Proto termín „chapadlo“, jako častý název pro koncový efektor není zcela přesný a je nutné jej chápat jako označení části z celkové množiny výstupních hlavic (koncových efektorů) PRaM, zajišťujících uvedené činnosti. Samotný koncový efektor může být aplikován na různě koncipovaný robot a architekturu robotu v podstatě nijak výrazně neovlivňuje.[12]

Koncové efekторы PRaM lze z konstrukčního hlediska rozdělit na hlavice:

- technologické;
- manipulační (chapadla);
- kombinované;
- speciální.[12]

Postupující automatizace si vynutila i další stupeň, kterým je jejich automatická výměna během pracovního procesu, ale zejména jejich adaptivita jako jeden z významných

prvků zvýšení autonomnosti a kognitivnosti, tedy zvýšení umělé inteligence robotických systémů.[12]

#### 4.1 Technologické hlavice

Typickou technologickou operací, která je předmětem aplikací průmyslových robotů, je elektrické svařování a nanášení ochranných materiálů a nátěrových hmot, případně technologické operace, při kterých průmyslový robot je bezprostředně účasten na dané operaci tím, že tuto operaci sám vykonává pomocí uzpůsobeného nástroje či přímo stroje (např. elektrické ruční brusky apod.).[12]

Technologické výstupní hlavice PRaM se tedy dělí na výstupní hlavice pro:

- tavné elektrické svařování;
  - obloukové svařování,



*Obr. 10 Robot s hlavicí na obloukové svařování[13]*

- odporové svařování bodové.
- stříkání ochranných a nátěrových hmot;
- obrábění obsluhou uzpůsobeného nářadí.





Obr. 11 Zásobník frézovacích hlav[5]

- montážní práce;
  - prostou montáží, tj. sestavování součástek (zde se jedná prakticky o manipulační činnost,
  - spojováním obsluhou příslušných automatů (sponkovače, hřebíkováče apod.),
  - lepením.
- kontrolní operace;
- speciální práce.[12]

Vyšší využití těchto hlavic v budoucnosti předpokládá aplikaci senzorů pro činnost adaptivních řídicích systémů.[12]

## 4.2 Manipulační hlavice - chapadla

Manipulační (úchopné) výstupní hlavice slouží k uchopování objektů za účelem další manipulace s nimi. Jsou převážně konstruovány pro jednotlivé aplikace přímo uživateli průmyslových robotů a manipulátorů. Části hlavic, které přicházejí bezprostředně do styku s přenášenými objekty, se označují jako „úchopné prvky“. Podle charakteru styku s objekty při vyvození úchopné síly se tyto dělí na úchopné prvky:

- mechanické;
- magnetické;
- podtlakové.

Současně je možno dělit úchopné prvky na:

- pasivní;
- aktivní.

Pasivní úchopné prvky neumožňují samy o sobě, na rozdíl od prvků aktivních, ovládnutí úchopné síly. Úchopné hlavice, vytvořené jen z pasivních prvků, mohou povětšinou objekt uchopit, ale uvolnění lze provést jen vnějším zásahem.

Podle těchto hledisek platí pro úchopné prvky následující klasifikační schéma:

*Tab. 2 Klasifikační schéma úchopných prvků*

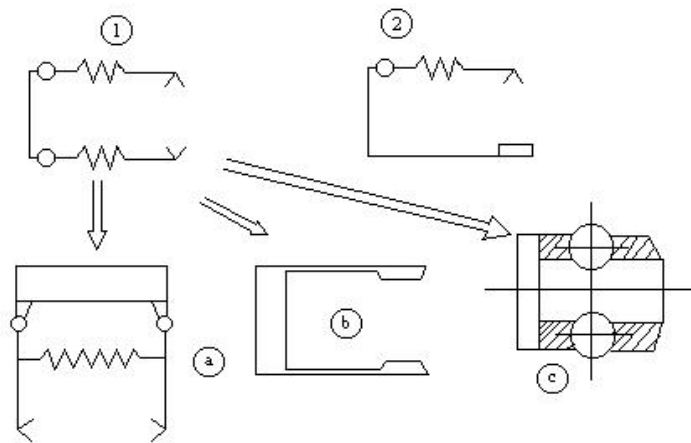
Mechanické	pasivní	pevné a stavitelné opěry
		pružné a odpružené čelisti
		speciální (suchý zip, lepidlo, aj.)
	aktivní (poháněné)	hydromotorem
		pneumotorem
		elektromotorem
		elektromagnetem
Magnetické	pasivní	s permanentními magnety
	aktivní	s elektromagnety
Podtlakové	pasivní	deformační přísavky
	aktivní	s vývěvou
		s ejektorem

#### 4.2.1 Pasivní mechanické úchopné 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.[8,14]

Pro minimální rozsah struktury pasivní úchopné hlavice – tj. tedy pro hlavici se dvěma úchopnými prvky – přicházejí v úvahu dvě koncepce (viz schematické uspořádání na obrázku):

- Koncepce "1" - dva odpružené úchopné prvky (čelisti);
- Koncepce "2" - jeden pevný, jeden odpružený prvek (čelist).[8,14]



Obr. 12 Pasivní mechanické hlavice[8,14]

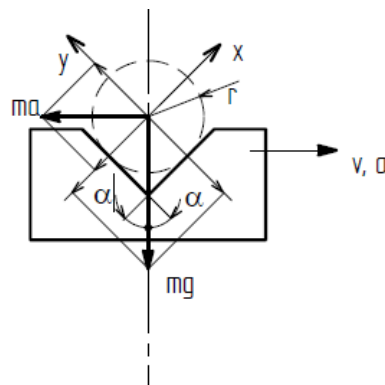
Odpružené čelisti pasivních mechanických úchopných hlavic jsou nejčastěji řešeny některým z těchto způsobů:

- Vetknuté pružné čelisti (na obr. 12 "b") - pohyblivost čelisti je dána rozsahem pružné deformace lamely určitého průřezu, úchopná síla vychází z tuhosti lamely. Typickým příkladem aplikace tohoto principu jsou kleštiny pro zachycení objektů za vnější nebo vnitřní povrch. Konstrukčně jsou často řešeny jako rozříznutá pouzdra, jde-li o zachycování objektů rotačního tvaru s jednotlivě vsazenými lamelami do držáku, který je tvarově přizpůsoben tvaru objektu. U těžších objektů, pro které vychází větší úchopná síla, která se dále promítne do větší tuhosti upínacích lamel, vzniká nebezpečí poškození povrchu objektu při jeho zachycování nebo uvolňování hlavicí.

Pasivní mechanické hlavice se někdy doplňují pneumatickými nebo elektromechanickými vyhazovači. V takovém případě je činnost hlavice ve fázi uchopení pasivní - k uchopení objektu dochází najetím hlavice na jeho povrch při pohybu ramene manipulátoru a ve fázi uvolnění objektu jako aktivní.

- Otočné čelisti svírané oddělenou pružinou (princip schematicky na obrázku "a") - na konzole jsou s podélnou podle délky hřídele namontovány dva páry otočně uložených čelistí svírané spirálovými pružinami.
- Posuvné čelisti svírané oddělenou pružinou - jednoduchou konstrukční verzí této koncepce úchopné hlavice je pouzdro s kuličkami rozpínanými pružinou - schéma na obrázku "c".[8,14]

Nejjednoduššími hlavicemi, které však pro některé manipulační úlohy zcela postačují, jsou zpravidla prvky typu háku, vidlice, čepu, jednoduché čelisti, apod. Například objekty manipulace typu kroužku lze snadno uchopit háčkem a opět snadno uvolnit. Pohon hlavice zde nahrazují motory jednotlivých stupňů volnosti robotu. Přidržení objektu manipulace zajišťuje gravitační účinek, čímž je dáno, že zrychlení a zpomalení nemůže být velké.[2]



Obr. 13 Aplikace pasivního  
úchopného prvku [2]

Z rovnosti klopného momentu vyvozeného setrvačným účinkem a přidržovacího momentu vyvozeného tíhovým účinkem vyplyne kritické zrychlení  $a_k$  a podmínka bezpečnosti.[2]

$$a \leq a_k \quad (1)$$

#### 4.2.2 Aktivní mechanické úchopné hlavice

Řešení je závislé na zvoleném druhu motoru, zejména podle charakteru pohybu – rotačního, nebo translačního a také podle druhu úchopných prvků a jejich pohybu. Třetím důležitým hlediskem je transformace pohybu, je-li nutná podle prvních dvou voleb.

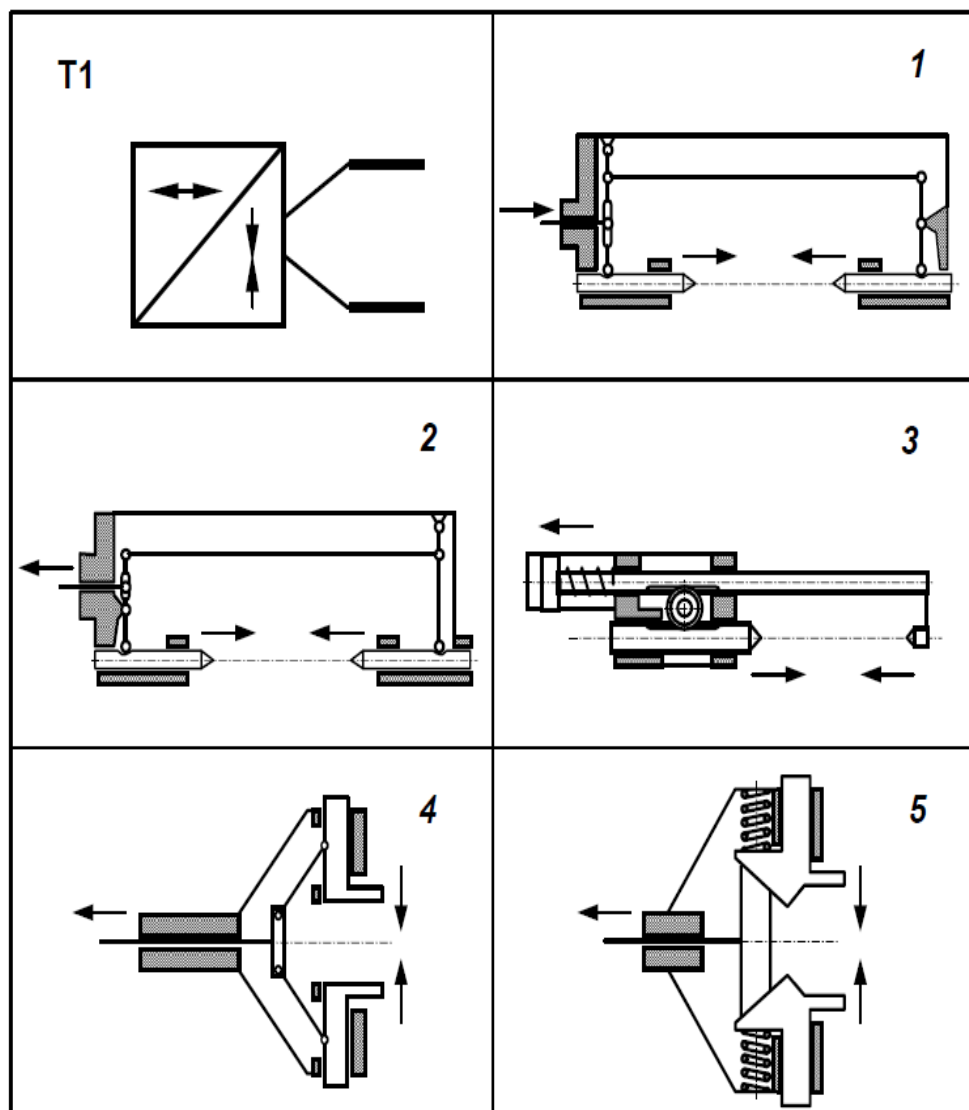
Ve zkratce se dá tedy říct, že vnitřní struktura částí hlavice s aktivním prvkem (aktivními prvky) je tvořena z těchto tří částí:

- M-motor;
- U-aktivní úchopný prvek (čelist, prst);
- T-transformační blok (mechanický převod). [8,14]

Tab. 3 Typy aktivních hlavic[2]

Motor	Úchopné prvky	Transformační blok	Typ MÚH
posuvný	posuvné		T1
posuvný	rotační		T2
rotační	posuvné		T3
rotační	rotační		T4

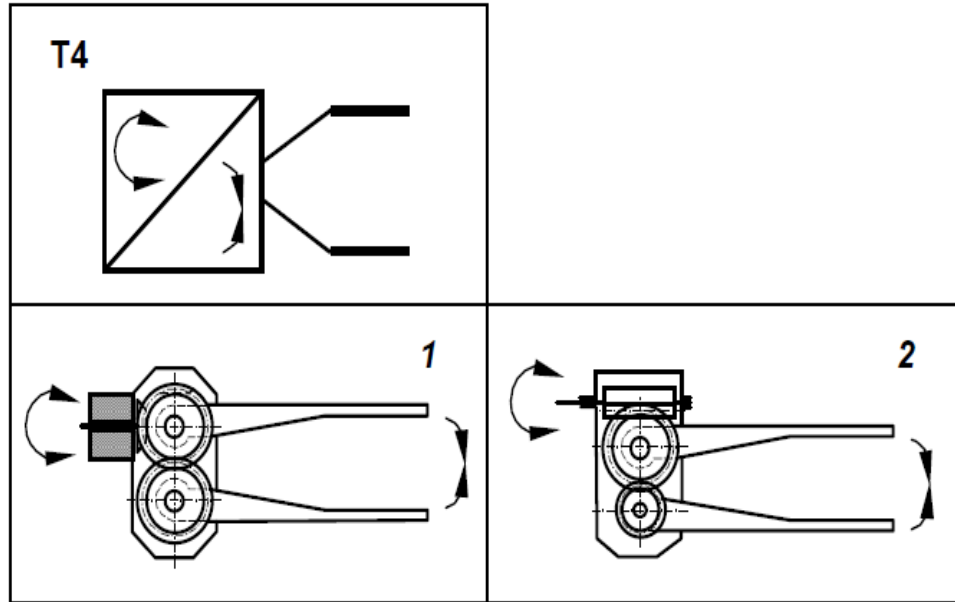
Skupina T1 využívá lineárních motorů, z nich především motory pneumatické, které pro aplikaci v MÚH poskytují mnohé výhody a jsou u průmyslových robotů nejužívanější. Na straně výhod je především snadná dostupnost stlačeného vzduchu a nenáročný přívod až do hlavice. Naopak problémem může být malý jednotkový výkon a z toho plynoucí velké rozměry motoru pokud bychom potřebovali větší síly na pístnici.[2]



Obr. 14 Možné principy řešení MÚH typu T1[2]

Skupina T2 využívá mechanismů kloubových nebo ozubených. Ozubené mechanismy zpravidla dávají robustnější konstrukci, ale umožňují volit vložený převod, zajišťující různou rychlost pohybu čelistí. Dále je nutno upozornit na skutečnost, že zatímco ozubený převod poskytuje konstantní převodový poměr, kloubové mechanismy se změnou konfigurace mění okamžitý převodový poměr a při uchopování objektů manipulace různě

ných rozměrů je třeba vyšetřit převodovou funkci v celém rozsahu těchto rozměrů. Pro struktury podle T3 a T4 platí zmínka o robustnosti ozubených konstrukcí a tedy použití především pro roboty o vyšších nosnostech.[2]



Obr. 15 Možné principy řešení MÚH typu T4[2]

Neúčastí transformačního bloku ve struktuře vztahu motor - úchopný prvek vzniknou dvě další koncepce:

- struktura s odděleným uspořádáním motoru a úchopného prvku;
- struktura s integrací motoru a úchopného prvku (funkce motoru a úchopného prvku je obsažena v jednom konstrukčním prvku).[8,14]

Obecně lze tedy dělit aktivní mechanické hlavice na:

- Aktivní mechanické hlavice bez transformačního bloku;
- Aktivní mechanické hlavice s transformačním blokem;
  - Hlavice s pákovým transformačním blokem,
  - Hlavice se zubovým transformačním blokem,
  - Hlavice s vačkovým a šablonovým transformačním blokem,
  - Hlavice se šroubovým transformačním blokem,
  - Hlavice s víceúhlovými transformačními bloky. [8,14]

## 5 POHON EFEKTORU

Existuje celá škála systémů, které užívají sílu tekutin jako voda, olej či vzduch. Čelisti se mohou otvírat a zavírat silou stlačeného média, obrovské lisy mohou tvarovat kovy ve formách. A i malé montážní systémy získávají krouticí moment potřebný k utažení šroubu díky možnosti převést energii tekutiny na energii mechanickou. (tab. 2)

Rozdíly mezi typem pohonů v určitém případě mohou být malé a konstruktér má určitou volnost při výběru. V takovém případě pak ovlivňuje rozhodnutí zejména ekonomický faktor. Jsou zde ale i faktory, jako je třeba teplota prostředí, ve kterém pohonná jednotka může pracovat a druhá to naopak nezvládne.

Zbytek této kapitoly se bude věnovat popisu pneumatického pohonu, jeho výhodám i nevýhodám

### 5.1 Pneumatický pohon

Tento pohon je zjednodušeně celý jen o tom, že stlačený vzduch se přiměje k rozpo-  
hybování ústrojí. Vzduch stlačený do malého prostoru získá určitou potenciální energii, která pak při uvolnění koná užitečnou práci.

Výhody i nevýhody rozebírají následující dvě tabulky (tab. 4 a 5):

*Tab. 4 Výhody pneumatického systému[18]*

Výhody pneumatického systému	
Dostupnost	Vzduch je dostupný prakticky kdekoli v neomezeném množství.
Doprava	Vzduch je možné jednoduše přepravovat v potrubí, dokonce i přes velké vzdálenosti.
Skladování	Stlačený vzduch je možné uskladnit např. do bomb a odebírán dle potřeby. A krom toho mohou být bomby snadno přenosné.
Teplota	Stlačený vzduch je relativně netečný při kolísání teploty. Tato vlastnost zaručuje spolehlivé použití i za extrémních podmínek.
Neexplozivní	Stlačený vzduch nehoří a nevybuchuje.
Čistota	Vzduch, který unikne přes poškozené vedení nebo jinou část ústrojí nezpůsobuje žádné znečištění.
Konstrukční díly	Díly ústrojí jsou jednoduché konstrukce a tím také relativně levné
Rychlost	Stlačený vzduch je velmi rychle pracující medium. Toto umožňuje vysoké pracovní rychlosti.
Bezpečnost při přetížení	Pneumatické nářadí a provozní komponenty mohou být zatíženy až tak, že se pouze zastaví.



Tab. 5 Nevýhody pneumatického systému[18]

Nevýhody pneumatického systému	
Příprava	Stlačený vzduch vyžaduje dobrou přípravu a konstantní rychlost pístu.
Stlačení	Dosáhnout konstantní rychlost pístu se stlačeným vzduchem není snadné a vždy možné.
Požadavky na sílu	Stlačený vzduch je ekonomicky výhodný pouze do určité síly. Pod normálním pracovním tlakem (6 až 7 atmosfér) a závislé na rychlosti je omezen na 40 až 50kN
Hlučnost	Vypouštění vzduchu je hlučné. Problém hluku může být ale vyřešen různými pohlcujícími materiály a tlumiči.

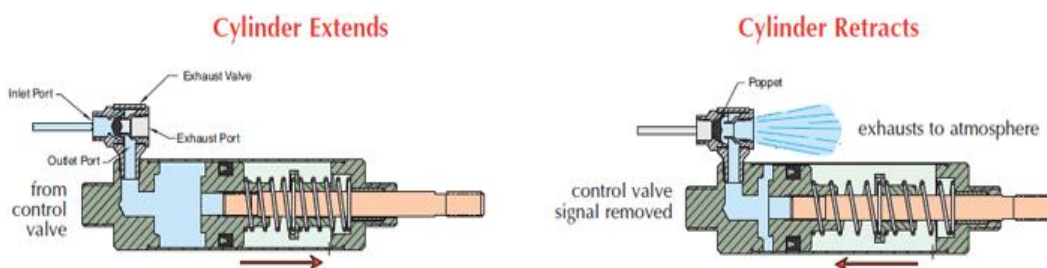
## 5.2 Pneumatické motory – jednočinné

U jednočinných přímočarých motorů působí tlakový vzduch jen na jednu stranu pístu, takže mohou vykonávat mechanickou práci pouze v jednom směru pohybu. Zpětný pohyb je realizovaný silou pružiny nebo jinou vnější silou, která musí být dostatečně veliká, aby vratný pohyb pístu proběhl s dostatečnou rychlostí. Zdvih jednočinných motoru je omezen právě použitelnou délkou pružiny. Bývá přibližně do 100 mm. Tyto motory se používají zejména k upínání, vyhazování, lisování, zdvihání, přisouvání ap. [17]

### 5.2.1 Pístové motory

Utěsnění pístu ve válci se provádí pružným materiálem (např. Perbunanem) zabudovaným v pístu, který je zhotoven z kovu nebo plastu. Při pohybu se těsněním smýká po vnitřní straně válce.[17]

Vedle popsaného principu s pracovním pohybem vyvozeným tlakovým vzduchem se používá též provedení, kdy pracovní zdvih je realizován pružinou a zpětný pohyb je vyvozen tlakovým vzduchem. Příkladem použití tohoto provedení jsou např. vzduchové brzdy u železničních vagónů s výhodou, že brzdy působí i při výpadku energie.[17]

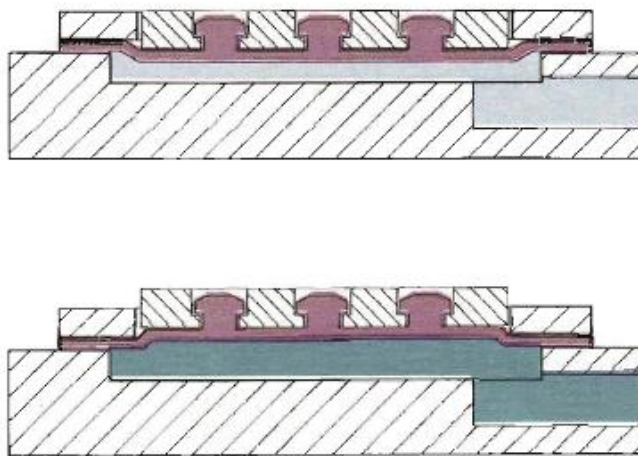


Obr. 16 Jednočinný pístový motor

### 5.2.2 Membránové motory

Tyto motory jsou též známé pod názvem „tlakové“ příp. „silové krabice“. Úlohu pístu u nich přebírá membrána, která je zhotovena z pryže, umělé hmoty nebo kovu. K membráně je v jejím středu připevněna pístnice. Svým obvodem je membrána uchycena v tělese motoru. Odpadá tedy u nich pohyblivé těsnění a vzniká u nich tedy jen vnitřní tření při roztažení membrány.[17]

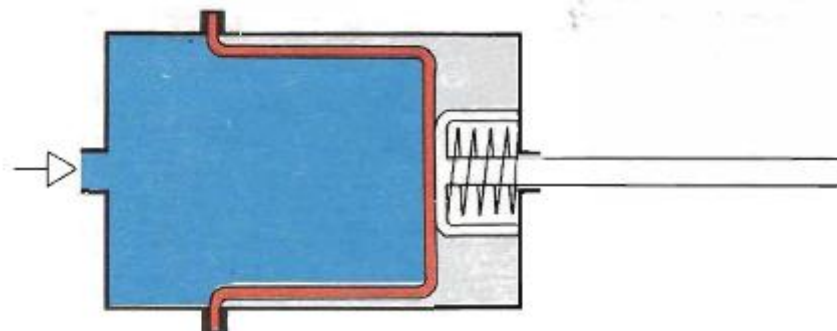
Membránové motory se používají při konstrukci přípravků a nástrojů, k rážení, nýtování a upínání na lisech.[17]



Obr. 17 Membránový motor[17]

### 5.2.3 Motory s odvalující se membránou

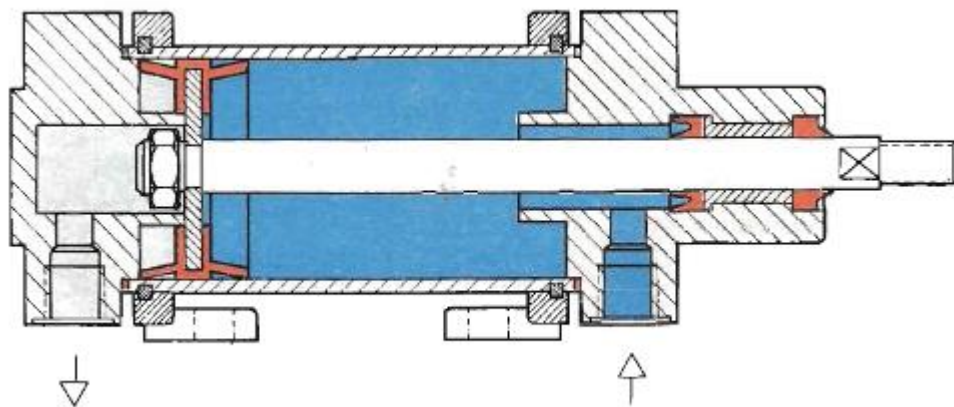
Mají podobné provedení, protože se u nich používá také membrána, která se po přivedení tlakového vzduchu odvaluje po vnitřním povrchu válce motoru a vysouvá pístnici. Umožňuje proto podstatně větší zdvihy (50 až 60 mm) než membránové motory s plochou membránou. Tření při pohybu je opět velmi malé. [17]



Obr. 18 Motor s odvalující membránou[17]

### 5.3 Pneumatické motory - dvojčinné

U dvojčinných motorů vyvozuje síla daná působením tlakového vzduchu na píst pohyb v obou směrech, tj. jak při dopředném, tak při zpětném pohybu pístu. Proto se tyto motory používají v případech, kdy má píst vykonávat pracovní činnost i při zpětném pohybu. Délka zdvihu teoreticky není omezena, prakticky je však nutné uvažovat vzpěrovou pevnost a průhyb pístnice. Utěsnění pístu při pohybu ve válci se provádí manžetami nebo membránami.[17]



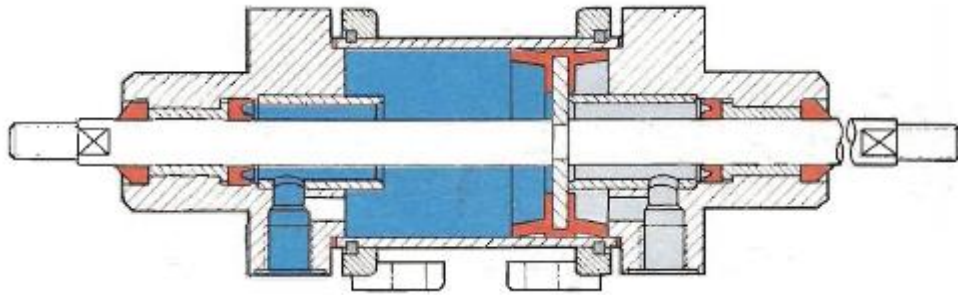
Obr. 19 Dvojčinný pístový motor[17]

Jestliže jsou s pohybujícím se pístem spojeny velké hmotnosti, používá se tlumení jeho pohybu v koncových polohách, aby se zamezilo vzniku rázu a tím i případnému poškození. Tlumení se dosahuje tím, že píst před dosažením koncové polohy uzavře hlavní odvětví do ovzduší a pro výtok vzduchu zůstává pouze malý (většinou nastavitelný) průtočný průřez.[17]

### 5.4 Zvláštní provedení dvojčinných motorů

#### 5.4.1 Motor s průchozí (oboustrannou) pístnicí

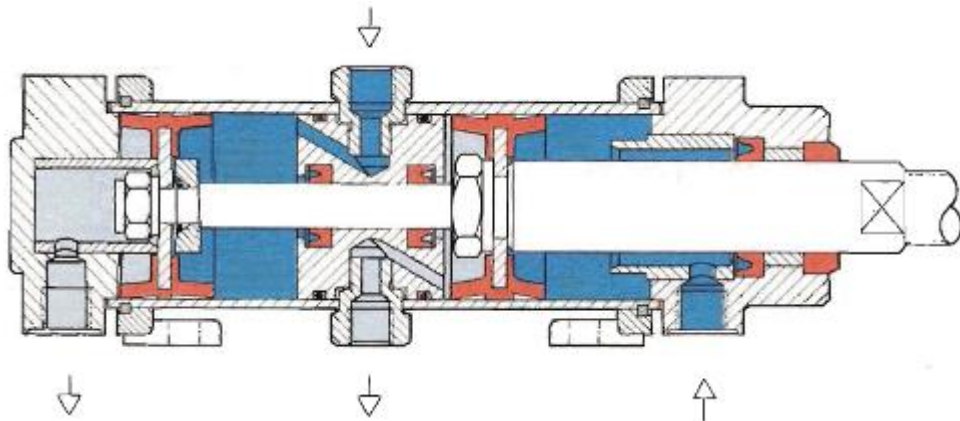
Mají pístnici na obou stranách motoru, pístnice je průchozí v celé délce válce. Výhodou je lepší vedení pístnice při pohybu, protože je uložena ve dvou kluzných vedeních, což dovoluje i menší boční zatížení pístnice. Toto provedení také umožňuje umístit čidla na volné straně pístnice. Plocha pístu je z obou stran stejná, proto je i síla při obou směrech pohybu táž.[17]



Obr. 20 Pístový motor s průchozí pístnicí[17]

#### 5.4.2 Tandemový motor

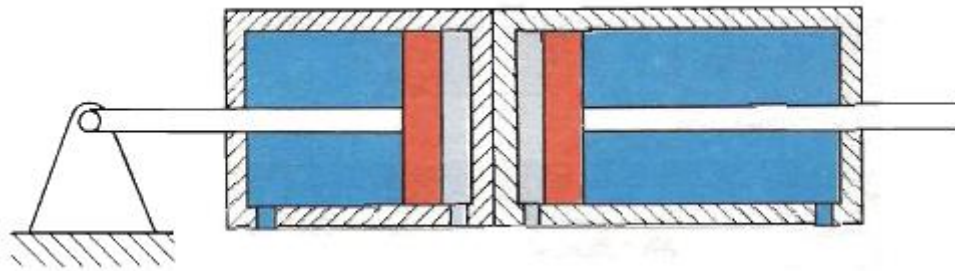
Jedná se o spojení dvou dvojčinných motorů v jednu konstrukční jednotku se společnou pístnicí, což umožňuje téměř zdvojnásobit sílu na pístnici. Proto se tandemové motory používají zejména v případech, kdy potřebujeme velké síly, ale je omezena velikost vnějšího průměru válce z důvodů omezených prostorových možností.[17]



Obr. 21 Tandemový pístový motor[17]

#### 5.4.3 Vícepolohový motor

Je vytvořen spojením dvou nebo více dvojčinných pístových motorů podle schématu na obr. 22. Postupným přiváděním tlakového vzduchu dochází k pohybu jednotlivých částí motoru (válců a pístnic). Např. spojením dvou motorů s rozdílnými zdvihy se získají čtyři polohy.[17]

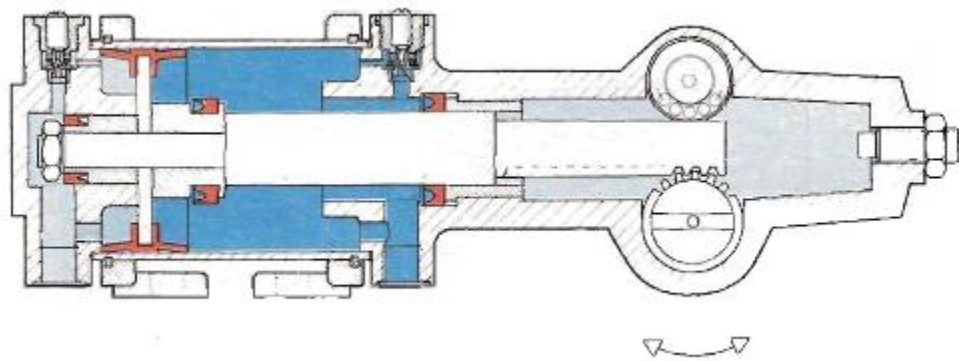


Obr. 22 Vícepolohový pístový motor[17]

#### 5.4.4 Přímočaré pístové motory s převodem na výstupní rotační pohyb

Převodu přímočarého pohybu pístu na výstupní rotační pohyb se dosahuje pístnicí, jejíž prodloužený konec je proveden jako ozubená tyč, zabírající do ozubeného kola. Rozsah celkového výstupního natočení je  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $290^\circ$  až  $720^\circ$ . Vyvozený krouticí moment závisí na tlaku, ploše pístu a převodu.[17]

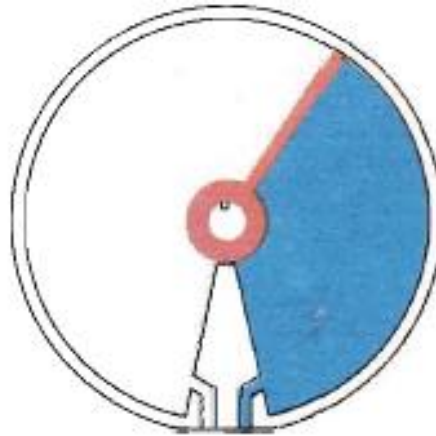
Tyto motory se používají k otáčení obrobků, ohýbání kokových trubek, k ovládání klimatických zařízení, činnosti uzavíracích šoupátek, ventilů apod.[17]



Obr. 23 Pístový motor s převodem na rotační pohyb[17]

#### 5.4.5 Motor s rotační lopatkou

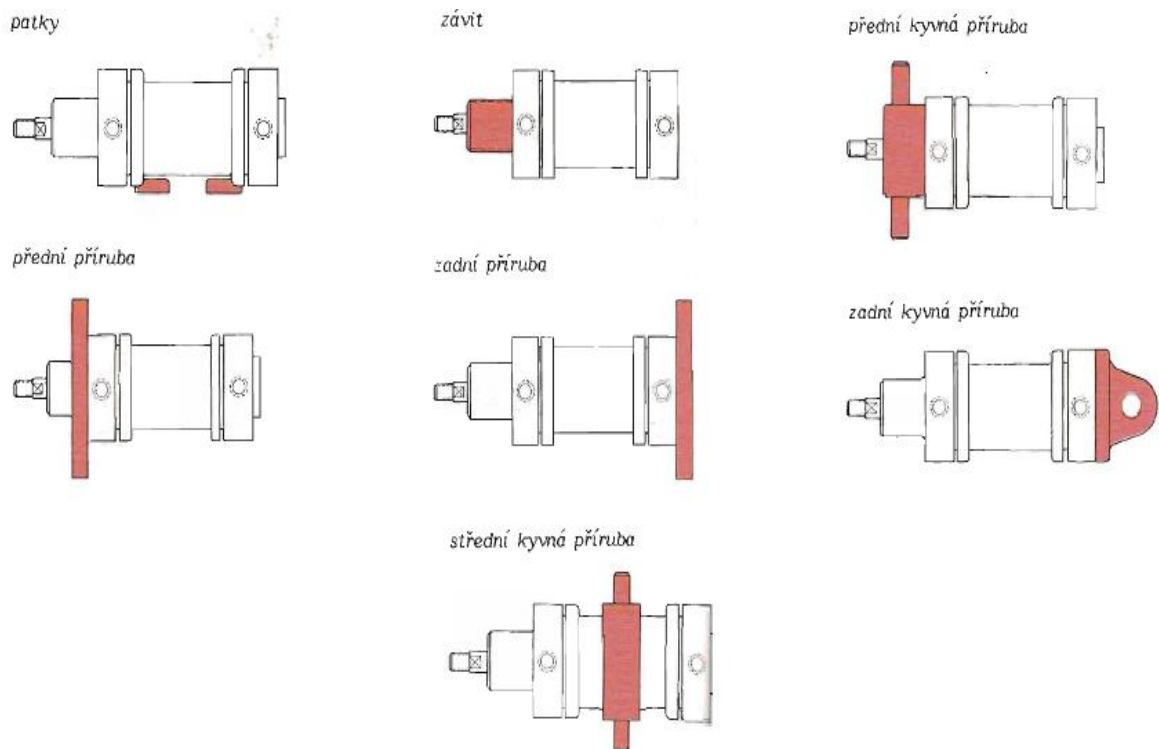
Také u těchto pneumatických motorů lze dosáhnout otočného výstupního pohybu v omezeném rozsahu. Úhel natočení obvykle nedosahuje  $360^\circ$ . Dosahuje se u nich pouze menších krouticích momentů v důsledku problémů s utěsněním lopatky a omezené možnosti velikosti průměru šířky tělesa motoru. Proto se v pneumatice používají zřídka, častější je jejich použití v hydraulice.[17]



Obr. 24 Motor s otočnou lopatkou[17]

### 5.5 Způsoby uchycení pneumotorů

Způsob uchycení motorů je určován jejich umístění na přípravcích a strojích. Pro předem daný způsob umístění bývá motor konstrukčně proveden i z tohoto hlediska. V ostatních případech se využívá stavebnicově řešená konstrukce připevnění, což umožňuje při současném rozsáhlém použití pneumatiky při poměrně malém počtu dílů získat celou řadu možností (obr 25).[17]

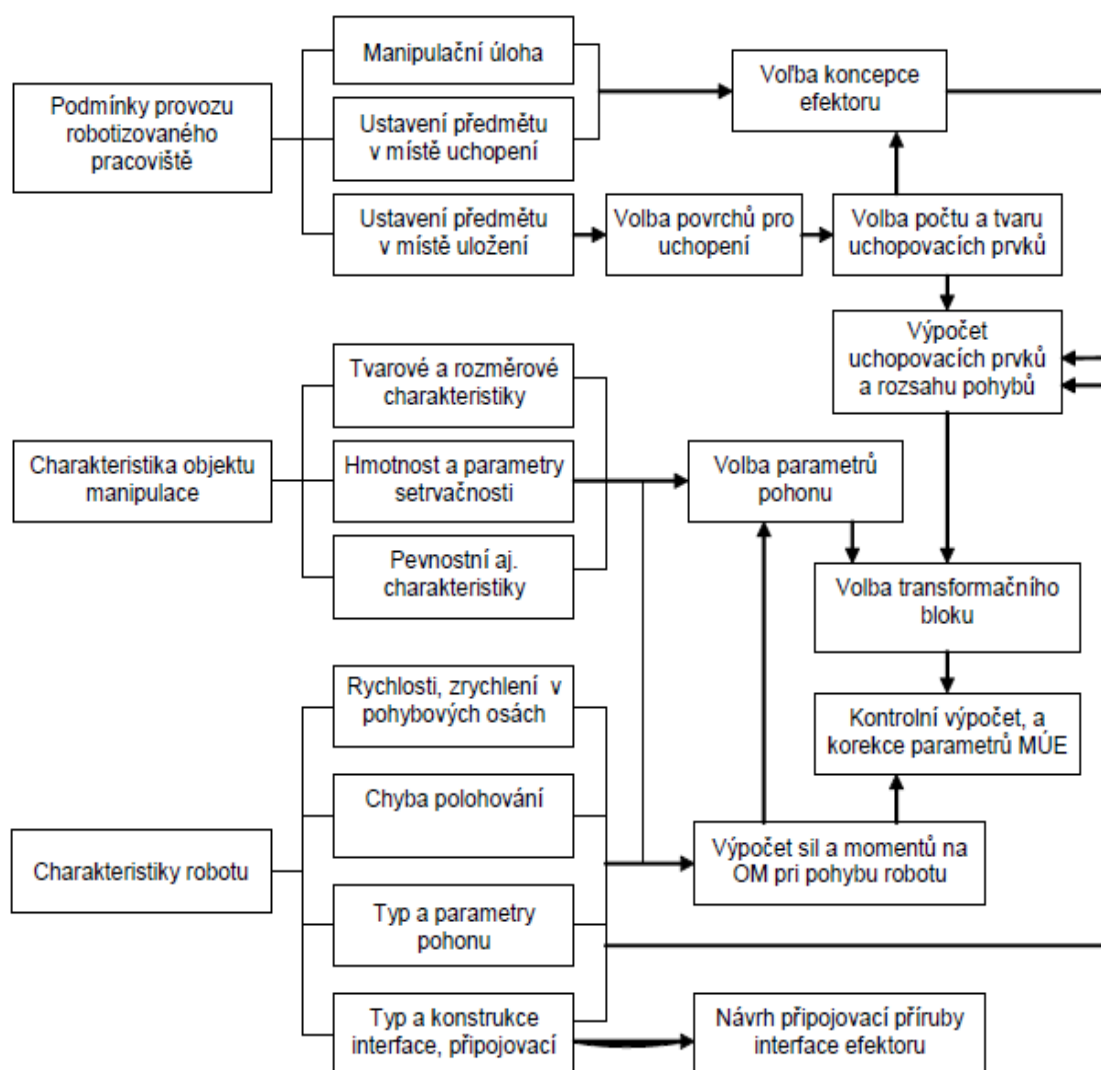


Obr. 25 Způsoby uchycení pneumotoru[17]

## 6 NAVRHOVÁNÍ MECHANICKÉ ÚCHOPNÉ HLAVICE

### 6.1 Metodika návrhu

Základem pro návrh MÚH je analýza vstupních prvků a procesů robotizovaného pracoviště a souvisejících údajů (obr. 26). Mezi ně patří vlastní technologický a manipulační proces, který má zajišťovat robot s navrhovaným efektozem. Dále sem patří velmi podrobná analýza objektu manipulace. MÚH je také ovlivněn parametry konkrétního robota, na který má být aplikován.[2]



Obr. 26 Schéma analýzy vstupních údajů pro návrh úchopné hlavičky[2]

## 6.2 Objekt manipulace

Určující pro návrh MÚH je objekt manipulace (OM) a jeho vlastnosti. Aby výsledek návrhu efektoru byl optimální, v některých případech (u složitějších objektů), aby byl vůbec realizovatelný, je základním principem, aby konstruktér OM byl v kontaktu s konstruktérem MÚH a vyhověl jeho požadavkům, zejména na tvorbu vhodných kontaktních ploch pro úchop.[2]

Podle okolností může být nezbytné zjištění i většího počtu vlastností a parametrů OM, příkladem jsou:

- Rozměry;
  - základní rozměry: průměry, délky, šířky, výšky a tloušťky,
  - maximální hodnoty základních rozměrů (dále minimum a rozsahy),
  - hmotnost (hlavice s OM musí odpovídat nosnosti manipulátoru),
  - tvar (koule, válec, kostka, ploché desky apod.),
  - další parametry - rozměry v místech mechanického kontaktu s prvky efektoru, rozměrové údaje o vyložení těžišť a tolerance.
  
- Materiál;
  - mechanické a fyzikální vlastnosti (pevnost, pružnost, sypkost, teplotnost),
  - magnetické vlastnosti (u železných materiálů),
  - elektrická či tepelná vodivost,
  - teplota,
  - jiné typické vlastnosti pro daný materiál.
  
- Povrch;
  - jakost a provozní stav (ovlivňují třecí složky uchopovacích sil a kvalitu).

Jakost povrchu je dána drsností, která se může v průběhu technologického zpracování měnit. Jiná je například drsnost výkovků a odlitků vstupujících do RTP, než drsnost plochobrábených. Z hlediska provozního stavu povrchu je žádoucí povrch suchý a čistý.

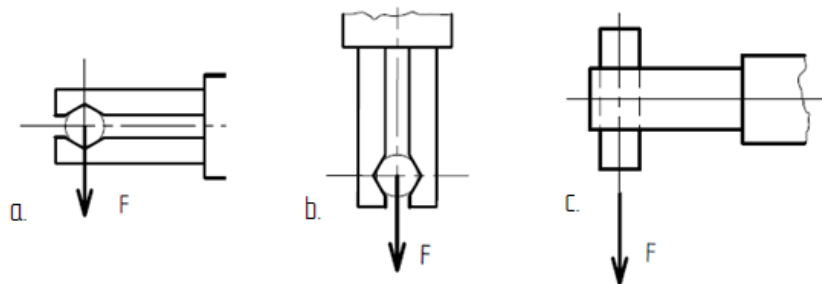


Přítomnost nečistot, rzi, maziv a olejů, vody, zbytků chladících emulzí, písku a podobně, znehodnocují povrchové vlastnosti, snižují třecí efekty i celkovou kvalitu uchopení.[2]

### 6.3 Úchopné síly

K bezpečnému udržení objektu manipulace, v úchopných prvcích hlavičky, potřebujeme vyšetřit nejnepříznivější zatížení OM, které se může vyskytnout při manipulaci hlavičkou s drženým OM, ve všech kritických situacích z možných, na trase mezi výchozím bodem A a koncovým bodem B.[2]

Z obr. 27 vyplývá, proč je nezbytné vyšetřit i polohu úchopných prvků efektoru (čelistí) pro posouzení, zda je konkrétní situace potenciálně kritická pro bezpečné držení OM. Je zřejmé, že při zcela stejné síle z hlediska velikosti i směru je nejbezpečnější držení (při sevření stejnou silou ve všech třech případech), které je znázorněno na obr. 27 a. Zatím co kritická situace odpovídá případu „c“, kde držení jistí jen třecí síla.[2]



Obr. 27 Možná poloha OM v úchopné hlavičce[2]

Při současných pohybech několika stupňů volnosti se může stát, že dojde k nepříznivé poloze efektoru a OM (obr. 27 c). Pokud by nastala tato situace pak výsledná úchopná síla  $U$ , která přitlačuje čelisti proti sobě:

- za předpokladu, že pohyb je pouze vertikální se zrychlením  $a_v$  a  $F$  je dáno gravitačními i setrvačnými účinky

$$F = m \cdot (g + a_v) \quad (2)$$

$$U = \frac{kF}{\mu} = \frac{k(g+a_v)m}{\mu} = \frac{k(g+a_v)G}{\mu g} = \frac{kG}{\mu} \left(1 + \frac{a_v}{g}\right) \quad (3)$$

Síla uchopovací  $U$  je zde označovaná jako kritická a stanoví se z výslednice všech vnějších sil působících na OM.

Síla výpočtová pak musí být s rezervou, která odpovídá nejistotě ve stanovení součinitele tření  $\mu$  a velikosti působících sil při provozu robotu, což je ošetřeno koeficientem bezpečnosti  $k$ .

- při horizontálním pohybu, kdy zrychlení horizontálního pohybu je  $a_h$  a  $\alpha$  úhel sklonu dotykových ploch úchopných prvků je výpočtová úchopná síla.

$$U = G \left( \frac{k}{\mu} + \frac{a_h}{g} \tan \alpha \right) \quad (4)$$

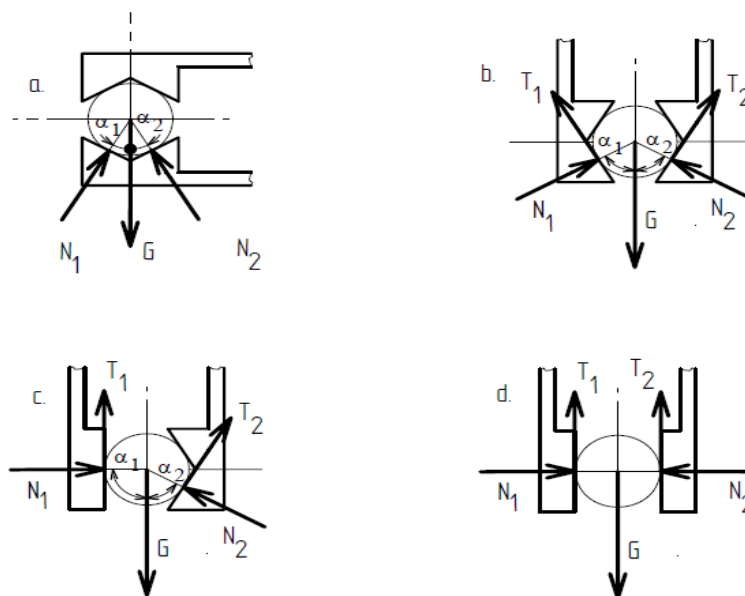
- a konečně při rotaci efektoru v horizontální rovině při  $\omega$  – úhlové rychlosti rotace efektoru a  $\varepsilon$  - úhlovém zrychlení jeho rotace i  $R$  – vzdálenosti osy rotace k ose OM je výpočtová úchopná síla

$$U = G \left( \frac{k}{\mu} + \frac{\omega^2}{g} R \tan \alpha + \frac{\varepsilon}{g} R \right) \quad (5)$$

- při současném působení všech uvedených účinků bude výpočtová uchopovací síla

$$U_{celková} = G \left[ \frac{k}{\mu} \left( 1 + \frac{a_v}{g} \right) + \frac{1}{g} (a_h \tan \alpha + \omega^2 R \tan \alpha) + \frac{\varepsilon}{g} R \right] \quad (6)$$

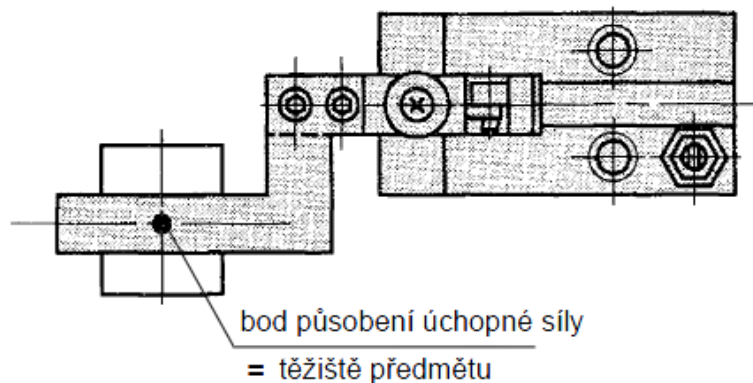
Je zřejmé, že výpočet úchopných sil závisí na tvaru úchopných prvků (čelistí) a na způsobu držení. Běžně užívané případy jsou uvedeny v obr. 28 a - d.



Obr. 28 Možný tvar úchopných hlavíc

### 6.3.1 Bod působení úchopné síly

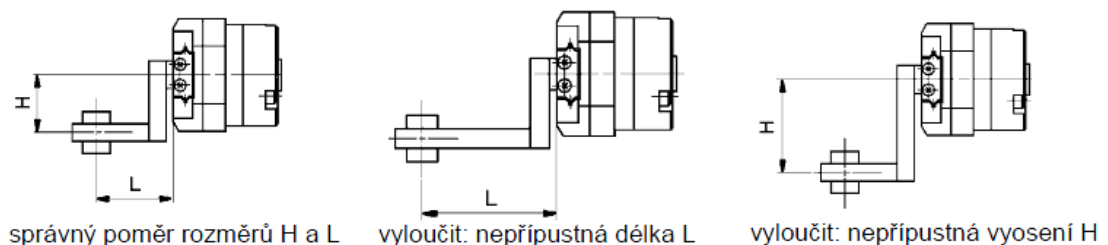
Úchopná síla by měla pokud možno působit v těžišti manipulovaného předmětu. Tím se vyloučí nežádoucí přídavné síly a momenty, které působí na čelisti a jejich uložení v tělese hlavice.[20]



Obr. 29 Bod uchopení předmětu[20]

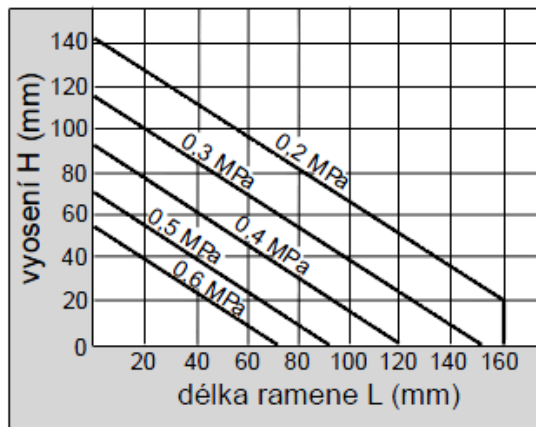
Avšak těžiště uchopeného předmětu, a tedy i bod působení úchopné síly, mohou ležet mimo osu úchopné hlavice. Ale to pouze v určitém rozsahu, daném poměrem délky ramene čelisti k vyosení těžiště předmětu v závislosti na tlaku vzduchu (úchopné hlavice poháněné pneumatickým motorem) a stanoveném pro daný typ a velikost hlavice příslušným diagramem v technické dokumentaci výrobce.

Nerespektování doporučených údajů může potom vést k poškození uložení a vedení čelistí úchopné hlavice.[20]



Obr. 30 Poměr délky ramene čelisti k vyosení těžiště předmětu[20]

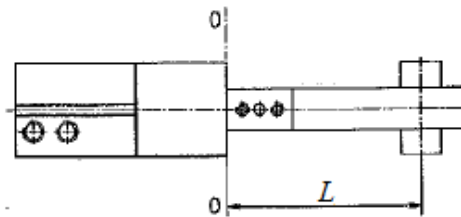
Např. diagram na obr. 31 pro neurčitý typ a velikost úchopné hlavice. Lze z něj odečíst přípustný poměr délky ramene  $L$  k vyosení těžiště  $H$  pro příslušný tlak vzduchu  $p$ .



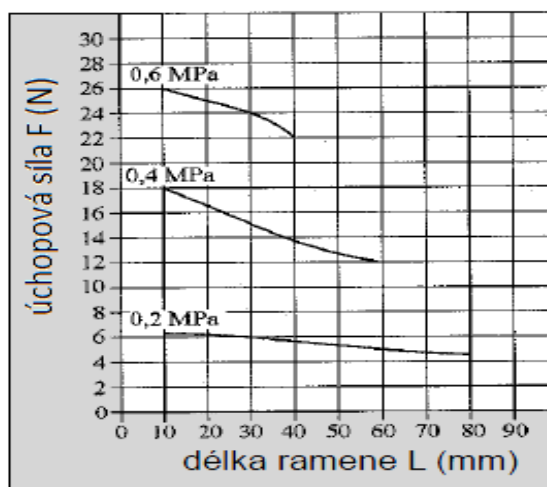
Obr. 31 Diagram L, H, p[20]

S délkou ramene úchopné hlavice  $L$  souvisí i velikost síly přenesené do bodu působení - těžiště tělesa při určitém tlaku pneumatotoru. Souvislosti na neurčitém typu úchopné hlavice (obr. 32) ukazuje diagram na obr. 33.

Je zřejmé, že účinky uchopení s délkou ramene klesají.



Obr. 32 Úchopná hlavice s OM[19]



Obr. 33 Diagram síla - délka ramena[19]

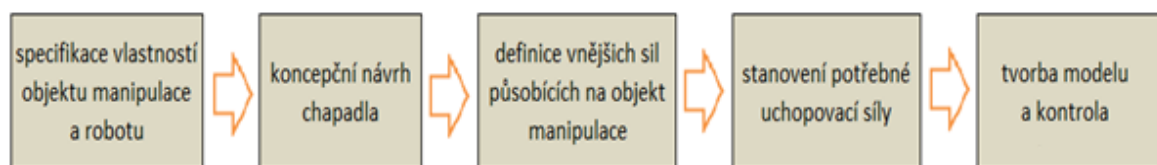
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 SPECIFIKACE PRAKTICKÉHO PROBLÉMU

Cílem praktické části diplomové práce je navrhnout mechanickou úchopnou hlavici pro společnost Kovárna VIVA a.s. se sídlem ve Zlíně, resp. její výrobek. Jedná se o výkovek zvaný „bridge“ neboli „můstek“. Kove se jako dvojkus (viz obr 35).

A jak již bylo řečeno v teoretické části, určující pro návrh úchopné hlavice je objekt manipulace a jeho vlastnosti. Zapomenout se ovšem nesmí ani na vlastnosti robotu, který bude s OM pomocí hlavice pracovat.

Z toho důvodu je nutné nejprve OM a robot popsat. Zjednodušené schéma postupu je níže.



Obr. 34 Schéma postupu při návrhu

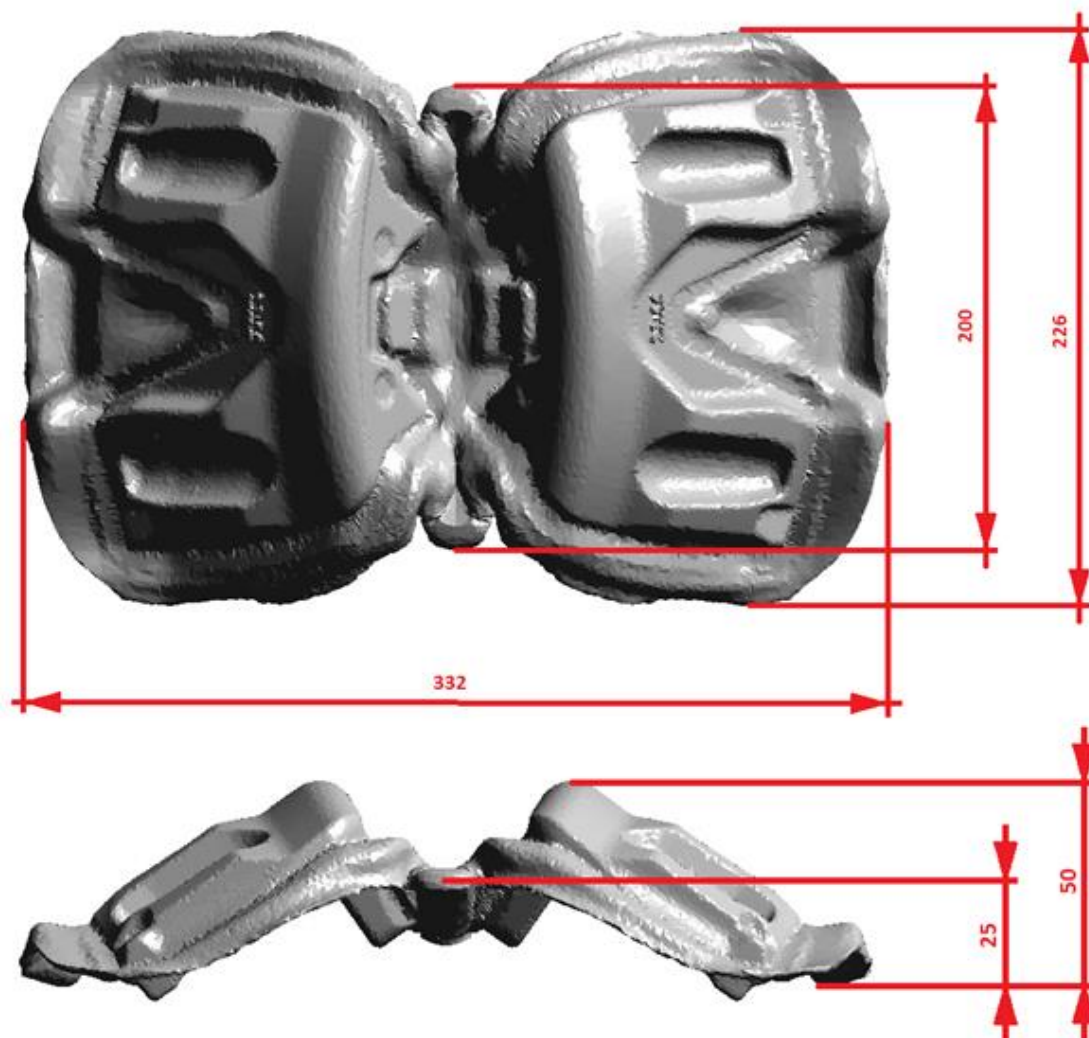
### 7.1 Specifikace objektu manipulace

Jedná se o součást relativně složitějšího tvaru měnícího se v závislosti na fázi zápusťkového kování. Po první fázi kování získává sice tvar relativně podobný té finální, přesto jsou zde rozdíly, které by mohli komplikovat konečnou podobu úchopné hlavice.



Obr. 35 Model konečného výkovku „bridge“

Na obr. 36 jsou znázorněny hrubé základní rozměry výkovku a v tabulce 6 jeho hmotnost a teplota.



Obr. 36 Hrubé rozměry výkovku

Tab. 6 Specifikace OM

Specifikace objektu manipulace	
Hmotnost	12 kg
Teplota	1100 °C
Materiál	ocel
Koeficient tření povrchu $\mu$	0,3
Emisivita oceli	0,8

Výkovek se následně přenáší do střížnice, kde je oddělen na dvě nezávislé části a přebytek materiálu - tzv. výronek.

## 7.2 Specifikace průmyslového robotu

Kovárna používá robota od firmy ABB a konkrétně IRB 4600F.



*Obr. 37 Průmyslový robot série IRB 4600[16]*

Hlavní aplikace pro použití série IRB 4600 jsou obsluha strojů, manipulace s materiálem, obloukové svařování, řezání, dávkování, montáž, paletizace a balení. V neposlední řadě také měření.

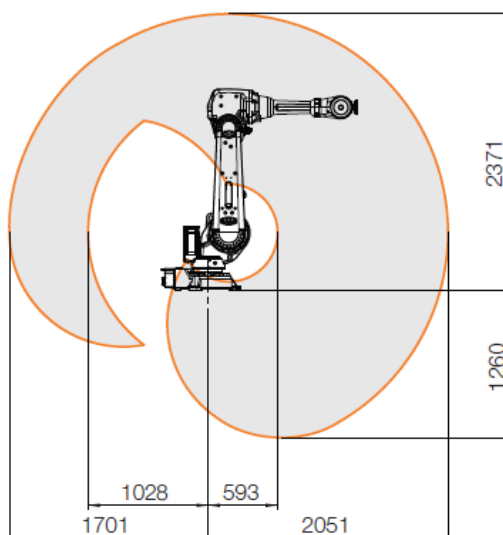
Konstrukce Robotů IRB 4600 umožňují tvorbu kompaktního pracoviště se zvýšenou výrobní kapacitou o výbornou kvalitou – to znamená zvýšení produktivity.[16]



V následující tabulce (Tab. 7) je výčet vlastností a jejich hodnot robota používaného v prostředí Kovárny.

Tab. 7 Specifikace robota[16]

Specifikace robota IRB 4600F	
Dosah	2,05 m
Nosnost	45 kg
Počet os	6
Rozměry základny	512 x 676 mm
Výška	1727 mm
Váha	430 kg



Obr. 38 Rozměry robota[16]

### 7.3 Požadavky na úchopnou hlavici

- Velký důraz je kladen na hmotnost hlavice. Robot má omezenou nosnost a pro bezpečný a plynulý provoz je zapotřebí, aby hmotnost výkovku s hlavicí nepřekračovala 45kg.
- Prostředí, ve kterém hlavice bude operovat, je o vysokých teplotách. Hlavice musí být tedy navržena tak, aby tyto teploty dlouhodobě zvládala.
- Hlavice musí být zkonstruována způsobem, aby neovlivňovala vlastnosti výkovku narušováním jeho teplotního pole

## 8 GENEROVÁNÍ KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ

Koncept je přibližný popis technologie, tvarů a funkčních principů nového či inovovaného výrobku. Je popisem toho, jak výrobek uspokojí potřeby a požadavky zákazníka. Pověšinou má podobu skici nebo hrubého 3D modelu včetně stručného slovního popisu.

Zvládnutí procesu generování konceptu dává jistotu, že se dostatečně prověřil a prozkoumal „prostor“ alternativ a řešení.

Při generování konceptu se postupovalo v následujících krocích, které rozkládají problém do jednodušších dílčích:

- Průzkum již známých řešení;
- Kreativní řešení dílčích problémů;
- Syntéza dílčích řešení.

### 8.1 Průzkum známých řešení

Tento postup šetří energii na kreativní řešení kritických problémů, kde nějaké konkrétní řešení dosud neexistuje. Hledání známých řešení je založeno na vyhledávání informací z různých zdrojů. Mezi řadu metod, které je legálně možno k takovému účelu využít, patří např.:

- Surfování po internetu;
- Patentový průzkum;
- Studium odborné literatury;
- Konzultace řešení s experty v dané oblasti (univerzity, firmy);
- Analýza příbuzných výrobků;
- Reverzní inženýrství;
- Řada dalších.

Zejména první čtyři metody byly použity v průběhu tvorby této práce.

### 8.1.1 Patentová analýza

Na internetu existuje celá řada databází, které jsou zdarma. Pro účely této diplomové práce byly použity následující:

- Google patents;
- Free patents online;
- European patent office;
- aj.

Po konzultaci tohoto tématu s odborníkem v oboru bylo možné použít i databázi placenou:

- Patent inspiration.

Výsledky byly podobné s tím, co se povedlo nalézt již při prohledávání volně dostupných databází. Rozdíl byl ovšem ve způsobu hledání a zejména rychlosti celého procesu včetně dalších přidavných statistických funkcí.

Během prohledávání databáze bylo nalezeno zhruba 712 patentů, jež odpovídalo formulaci ve vyhledávači „gripper for forging“. Ne všechny ovšem souvisely s hledaným tématem. Po následné filtraci došlo ke zredukování na 280 patentů. S tímto číslem bylo už mnohem jednodušší pracovat.

Nakonec se sice nepovedlo nalézt ideální řešení, které by požadavky společnosti Kovárna Viva vyřešilo tzv. „samo“. Přesto z určitých dílčích řešení jinak komplexnějšího problému zůstalo mnoho inspirace. Této inspirace bude využito později, při tvorbě konceptu.

Příklady statistických funkcí patentové databáze jsou uvedeny na obrázcích níže. Pro ukázkou tématu jsou vybrány tyto:

- počet patentů na stát;
- teploty použití;
- velikost objektu manipulace;
- časovou osu patentů.

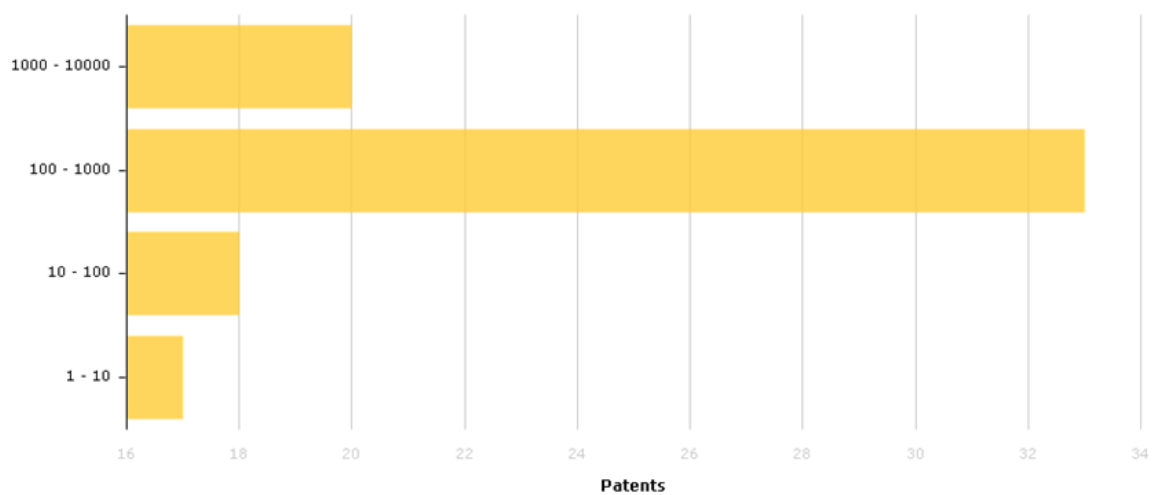
## COUNTRY



Obr. 39 Počet patentů na stát

Je zřejmé, že tahounem ve vývoji jsou USA, dalším adeptem je pak Čína.

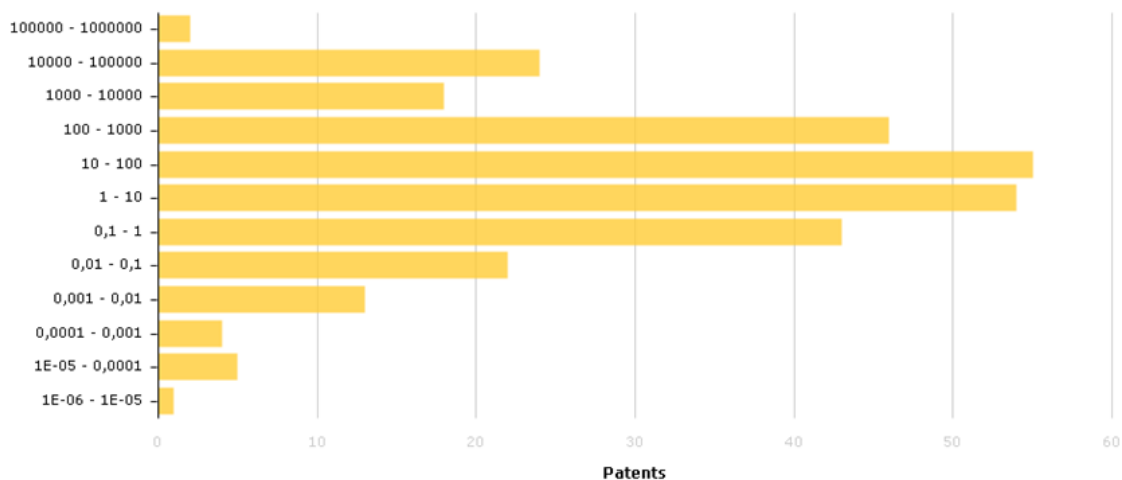
## TEMPERATURE (CELCIUS)



Obr. 40 Teploty použití

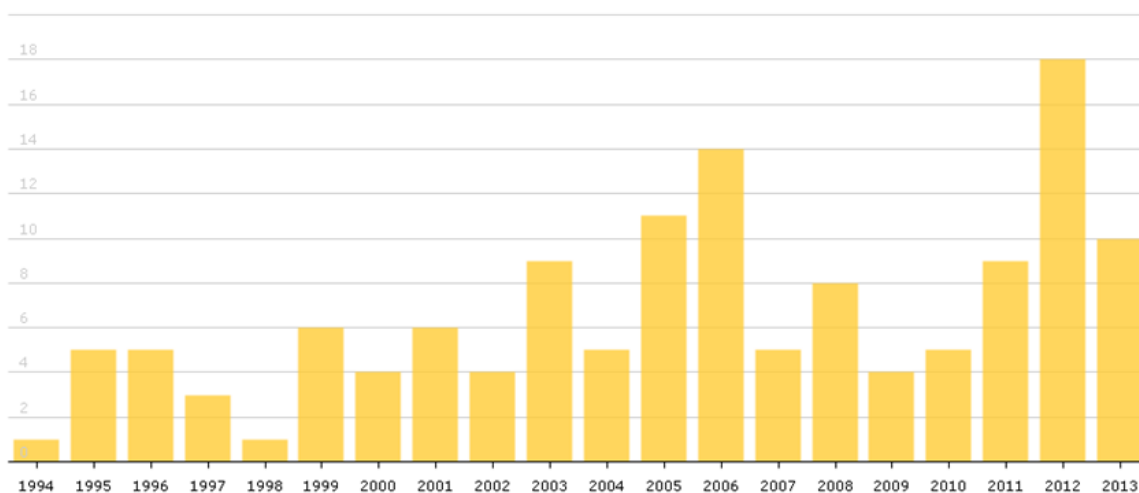
Kovárenské teploty se běžně pohybují okolo 1000 °C.

## SIZE (MILLIMETER)



Obr. 41 Velikost objektu manipulace

## ACTIVITY



Obr. 42 Časová osa patentů

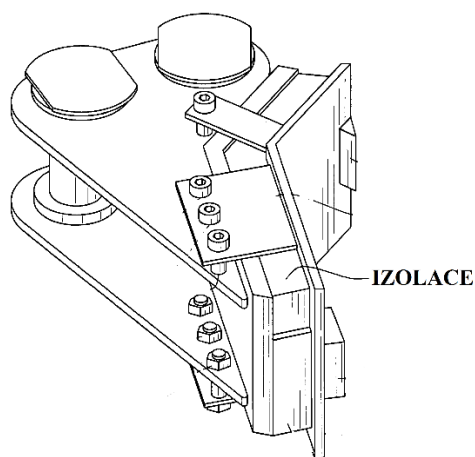
Je možné si udělat představu o tom, zda téma, které je v hledáčku inovátora „žije“ a má smysl se nadále věnovat dalšímu vývoji, nebo je „mrtvé“. V takovém případě si položit otázku, zda nezaspal dobu a možné řešení zvýšení produktivity třeba neleží někde jinde. V případě kovárenských uchopovačů je vidět trend růstu.

Zájem o toto téma opravdu je.

### 8.1.2 Zajímavé patenty pro další použití

1) US 20130174632 A1

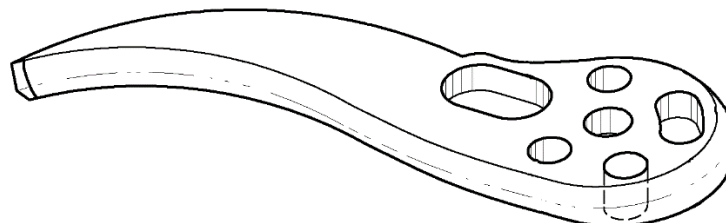
Zajímavé řešení pro izolování sestavy uchopovacího zařízení před vedením tepla z výkovku nebo kovacího polotovaru. Tím se jednak zabrání k ohřívání uchopovače a také k ochlazování nahřátého materiálu, jehož tepelné pole musí být zůstat při manipulaci stabilní.



Obr. 43 Řešení čelisti – tepelná izolace

2) US 20110238064 A1

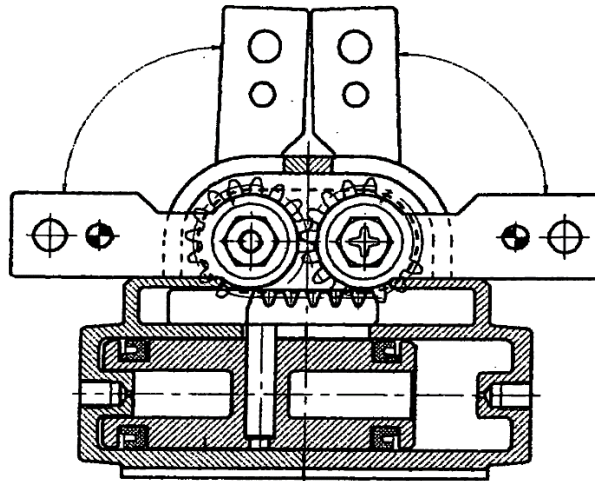
Řešení manipulačních čelistí u lékařského robotu, drážky na čelisti (obr. 44) se jeví jako dobré řešení pro otvírání a zavírání pákového mechanismu na čelisti.



Obr. 44 Řešení čelisti – pohybový aparát

## 3) US 20060261619 A1

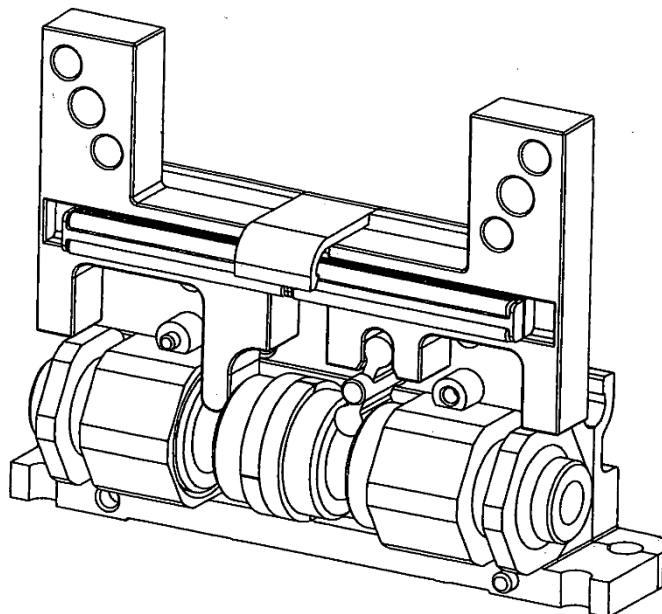
Řešení čelistí u mechanické hlavice, za použití pneumatického válce. Jedná se o angulární pohyb čelistí.



Obr. 45 Pneumatický uchopovač – pohybový aparát

## 4) US 20050093318 A1





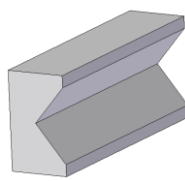
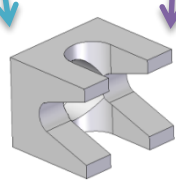
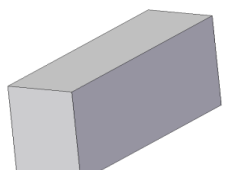
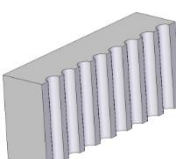
Řešení čelistí u mechanické hlavice, za použití pneumatického válce. Jedná se o paralelní pohyb čelistí.



Obr. 46 Pneumatický uchopovač – pohybový aparát

## 8.2 Tvorba konceptu

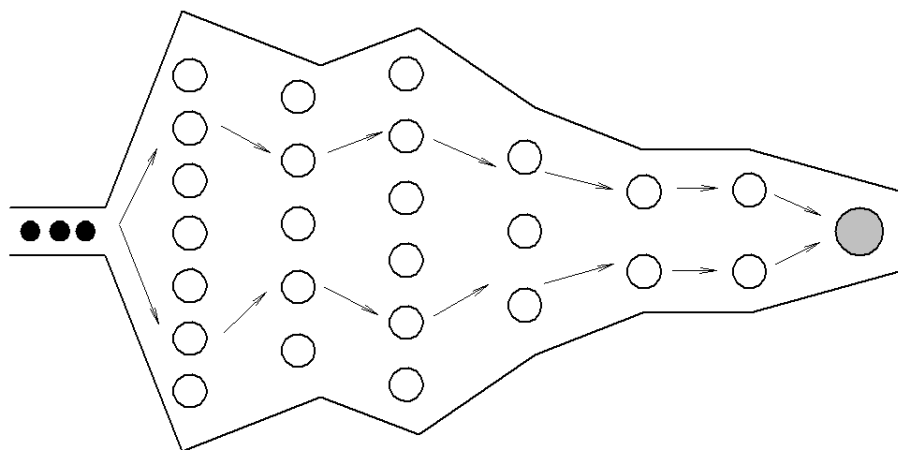
Tab. 8 Morfologická matice

Funkce		Možnosti řešení			
a	Zajištění bezpečného uchopení				
b	Možnost otočení výkovku o 180° a vyložení	NE	ANO		
c	zajištění bezpečného tepelného pole na válci	štít	vzdálenost od výkovku	kombinace	
d	zajištění tepelného pole na výkovku	povlakované čelisti	izolační vrstva mezi čelistí a ramenem hlavy	NIC	
e	pohyblivost čelistí	Obě čelisti paralelně pohyblivé	Jedna čelist pevná, druhá paralelně pohyblivá	Obě čelisti angulárně pohyblivé	Jedna čelist pevná, druhá angulárně pohyblivá
f	tvar čelistí				

Výsledkem morfologické matice jsou čtyři koncepty, pro další práci je pojmenujeme písmeny A, B, C, D. Kde A je zelený, B modrý, C fialový a D černý ukazatel.



Výběr konečného konceptu je interaktivní proces, při kterém jsem se zabýval zhodnocením vygenerovaných dílčích konceptů, porovnáním jednotlivých konceptů a výběrem jednoho nebo několika konceptů pro další vývoj. (obr. 47)



Obr. 47 Proces výběru konceptu[22]

K výběru konceptu slouží celá řada metod s různou úrovní objektivitu a subjektivitu. Jsou tři základní metody:

- intuitivní výběr
- externí posouzení
- výběr osobních preferencí

Při tvorbě této práce byly použity první dvě metody, třetí metoda se hodí zejména do týmu, kde jednotliví členové volí ten koncept, který se jim zdá být nejlepší. Metoda první funguje na podobné bázi. Porovnání konceptů probíhalo na základě pocitů a vytvořil se tak do jisté míry představa, o pokračování vývoje uchopovače.

K tomuto účelu slouží rozhodovací matici, rozřídění konceptů do dalšího „výběrového kola“ byl následující krok. (tab. 9)

Ve spolupráci s experty z UTB a Kovárny Viva a.s. pak finální třídění (tab. 10) určilo směr konstrukce (vývoje).

Tab. 9 Rozhodovací matice pro hrubé třídění

Kritérium	Koncepty			
	A	B	C	D
Možnost otočení OM pro vyložení	+	+	+	-
Zajištění tepelného pole na válci	+	0	0	+
Zajištění tepelného pole na výkovku	-	0	+	+
Stabilita OM při manipulační operaci	+	-	-	+
Hmotnost	0	0	0	+
Nastavování	+	-	+	+
součet (+)	4	1	3	5
součet (0)	0	3	2	0
součet (-)	1	2	1	1
Skóre	3	-1	2	4
Pořadí	2.	4.	3.	1.
Postup	Ano	Ne	Ano	Ano

Tab. 10 Rozhodovací matice pro detailní hodnocení konceptů

Kritérium	Váha [%]	Koncepty					
		A		C		D	
		hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota
Možnost otočení OM pro vyložení	10	4	0,4	4	0,4	1	0,1
Zajištění tepelného pole na válci	15	2	0,3	1	0,15	3	0,45
Zajištění tepelného pole na výkovku	10	1	0,1	4	0,4	4	0,4
Stabilita OM při manipulační operaci	15	4	0,6	2	0,3	4	0,6
Hmotnost	25	2	0,5	3	0,75	4	1
Nastavování	25	2	0,5	3	0,75	4	1
Součet		2,4		2,75		3,55	
Pořadí		3.		2.		1.	
Postup		Ne		Ne		Ano	

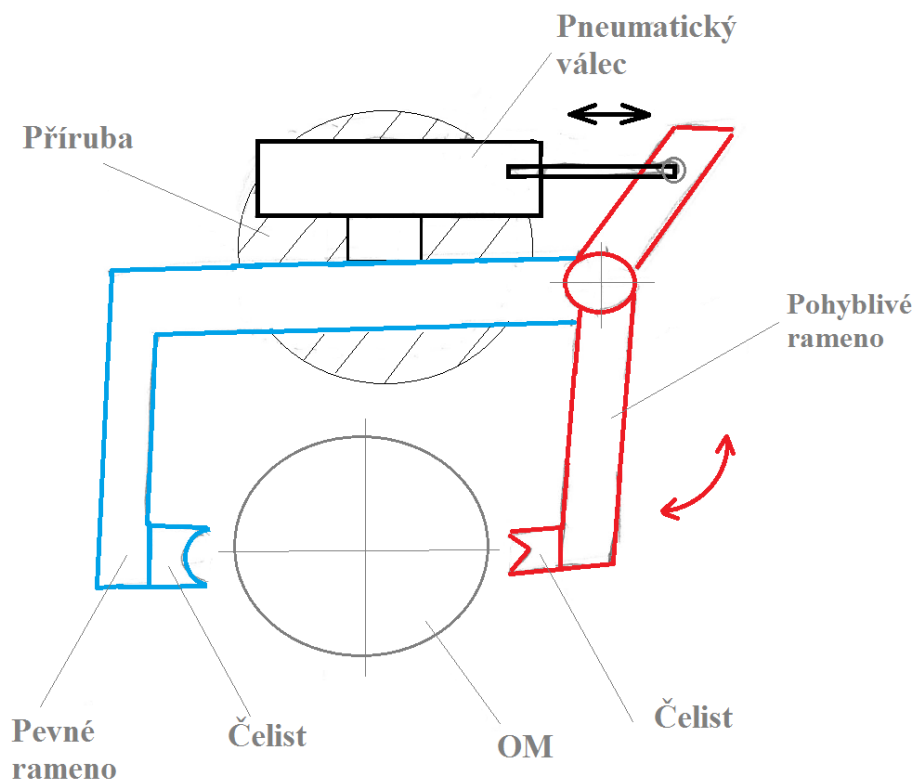
### 8.3 Skica a popis konceptu

Po úvahách a třídění rozličných možností v minulé podkapitole se práce dostává do fáze, ve které už je připravený náčrtek uchopovače.

Dle obrázku 48 se jedná o takový princip, ve kterém se OM chytá z vrchu. Na jedné straně je pevná čelist a na straně druhé angulárně pohyblivé rameno s dvěma čelistmi, ovládané jedním pneumatickým válcem.

Takový způsob uchopování byl zvolen zejména proto, že dvě čelisti z každé strany OM nejsou dostačující z důvodu náhodného toku materiálu v zápustce při kování. Těžiště OM může být tedy v různých polohách při každém cyklu a negativně tak ovlivňovat správnou funkci uchopovače.

Rovina je definována třemi body a tím pádem se jeví uchopení na čtyřech místech jako „předimenzované“. Stabilita OM a funkčnost uchopovače tak bude při manipulaci dostatečně zajištěna, pokud tedy hovoříme obecně. Z hlediska sil potřebných k pevnému a bezpečnému uchopení a dalším výpočtům pro správnou funkci uchopovače pak přistupuje následující kapitola.



Obr. 48 Skica

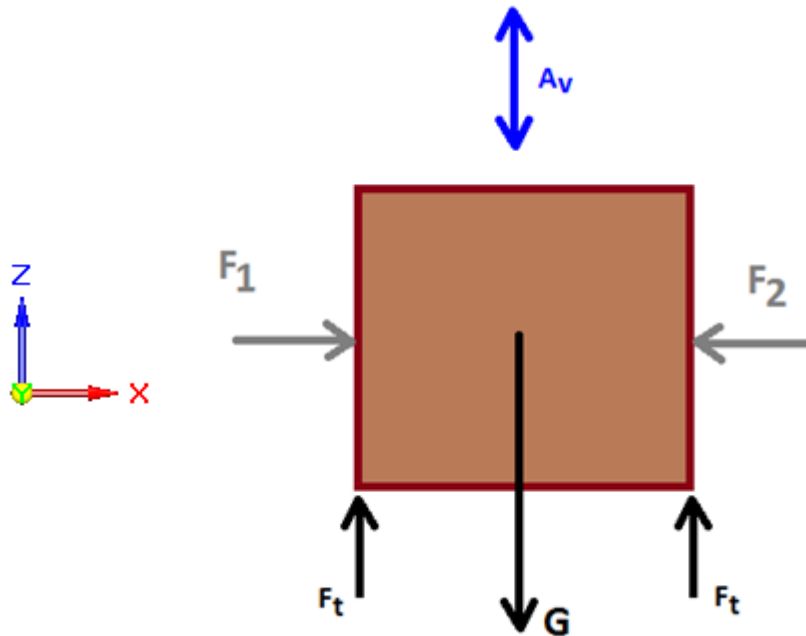
## 9 VÝPOČTY SPOJENÉ S HLAVICÍ A OBJEKTEM MANIPULACE

Hodnota bezpečnosti „ $k$ “ při procesu byla po konzultaci v kovárně zvolena 1,3. Podotýkám, že běžně se počítá s hodnotami bezpečnosti od 2 do 8.

### 9.1 Vnější síly působící na OM

Odvození bylo provedeno na jednoduchém příkladu, při uchopování krychle. V tomto zjednodušeném stavu při užití plochých styčných ploch tak nedochází k rozkladu normálových sil působících na OM.

Do následujících rovnic patří:



Obr. 49 Vertikální pohyb

$$\sum F_z = 0 \sim 2 \cdot F_t = G \pm (m \cdot a)$$

$$F_t = \frac{1}{2} m \cdot (g \pm a)$$

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2\mu} m \cdot (g \pm a)$$

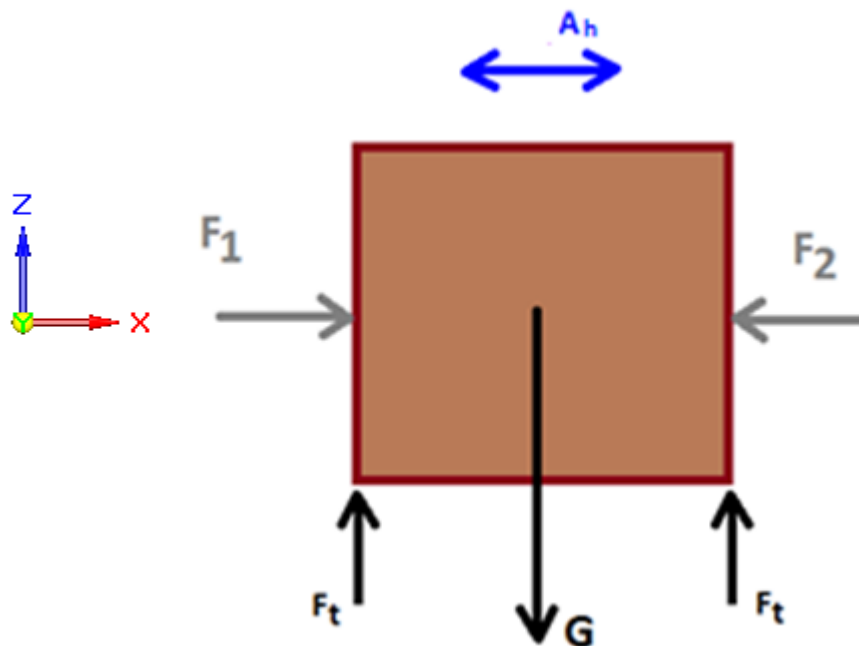
$$F_G = F_1 + F_2 = 2 \cdot F_1$$

$$U_Z = \frac{m \cdot (g \pm a)}{\mu} \cdot (k) \quad (7)$$

kde:  $U$  – výsledná úchopová síla, index značí pohyb v ose [N]  
 $G$  – tíhová síla působící na objekt manipulace [N]  
 $F_1, F_2$  – síly čelistí působících na OM [N]  
 $F_t$  – třecí síla mezi OM a čelistmi [N]  
 $m$  – hmotnost OM [kg]  
 $g$  – tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $a$  – zrychlení robotu [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $\mu$  – koeficient tření mezi čelistmi a OM [-]

Po zvednutí předmětu musí notně dojít i na jeho přemístění. Uvažujeme pohyb v horizontální rovině XY po přímkové dráze z bodu A do bodu B. Pak může dojít zase k vyložení a celý cyklus se opakuje.

Možnosti držení OM jsou dva. Obě možnosti jsou znázorněny níže. (obr. 50 a 51)



Obr. 50 Horizontální pohyb v ose X

$$\sum F_z = 0 \sim 2 \cdot F_t = G \Rightarrow F_t = \frac{mg}{2}$$

$$F_t = F_1 \cdot \mu \Rightarrow F_1 = \frac{mg}{2\mu}$$

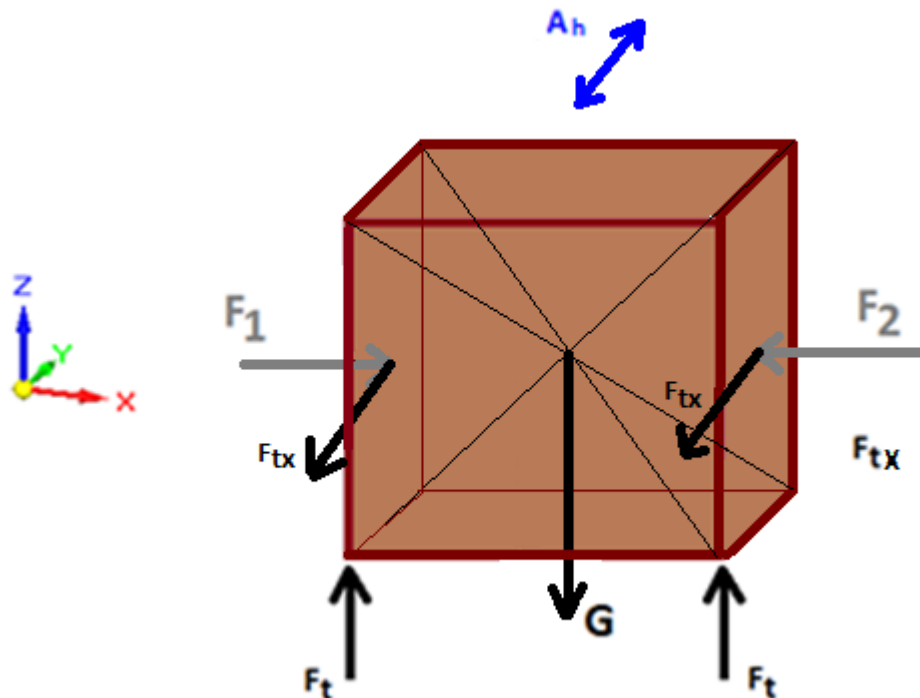
$$\sum F_x = 0 \sim F_1 - m \cdot a - F_2 = 0$$

$$F_1 = \frac{mg}{2\mu} + \frac{ma}{2}$$

---


$$U_x = 2F_1 = m \cdot \left( \frac{k}{\mu} g + a \right) \quad (8)$$

Druhá možnost se na první pohled neliší od první. Rozdíl je jen v tom jakým směrem působí uchopovací síly a jakým směrem se pohybuje uchopovač s OM. Výsledná uchopovací síla bude ale v takovém případě o dost vyšší, aby se zabránilo vyklouznutí uchopeného předmětu.



Obr. 51 Horizontální pohyb v ose Y

$$\begin{aligned} \sum F_z = 0 &\sim 2 \cdot F_t = G \Rightarrow F_t = \frac{m \cdot g}{2} \\ \sum F_x = 0 &\sim 2F_{tx} = m \cdot a \Rightarrow F_{tx} = \frac{m \cdot a}{2} \\ F_{1y} = F_{2y} &= \frac{m \cdot a}{2\mu}; \\ F_G = 2F_y &= \frac{m \cdot a}{\mu}; \\ F_{1z} = F_{2z} &= \frac{m \cdot g}{2\mu}; \\ F_{Gz} = 2F_{1z} &= \frac{m \cdot g}{\mu} \end{aligned}$$

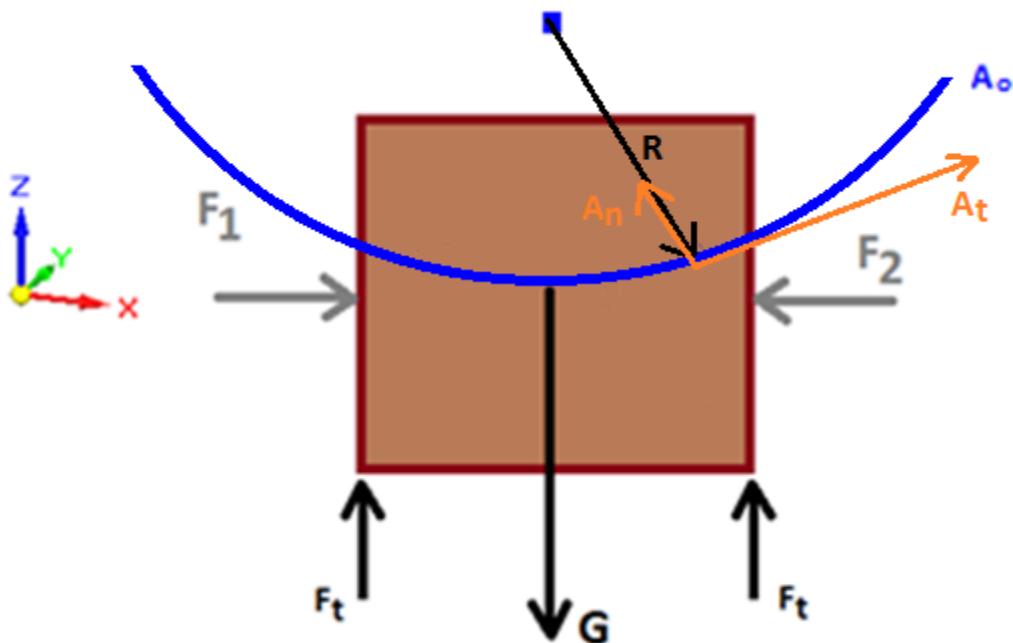
---


$$U_Y = F_{Gy} + F_{Gz} = \frac{m(a + g)}{\mu} \quad (9)$$


---

kde:  $F_{tx}$  – třecí síla mezi čelistmi a OM v pohybu po ose Y [N]

V mnoha případech zůstává u obyčejného zvednutí a přesunu. A v mnoha dalších, jako v tom našem, pak dojde i k otočení objektu manipulace v čelistech uchopovače. Pohyb robotu je z místa A do místa B, kde dojde k otočení o zhruba 90°, následnému přechycení z druhé strany, opětovnému otočení o 90° a přesunutí do místa C, kde se výkovek položí do stříhacího lisu „vzhůru nohama“ vůči pozici ze zápusky v kovací lisu



Obr. 52 Rotační pohyb

Rotační pohyb bez odvození v horizontální rovině při  $\omega$  – úhlové rychlosti rotace efektoru a  $\varepsilon$  - úhlovém zrychlení jeho rotace i  $R$  – vzdálenosti osy rotace k ose OM je výpočtová úchopná síla:

$$\underline{F_{Go} = m \left( \frac{k \cdot g}{\mu} + \omega^2 R + \varepsilon R \right)} \quad (10)$$

nebo jinak:

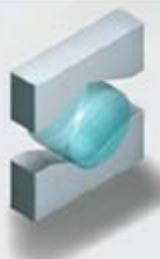
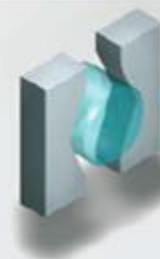
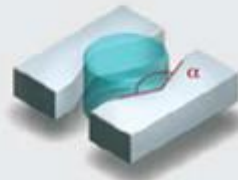
$$\underline{F_{Go} = m \left( \frac{k \cdot g}{\mu} + a_n + a_t \right)} \quad (11)$$

kde:  $\omega$  – úhlová rychlost [ $^\circ/s$ ]

$\varepsilon$  – úhlové zrychlení [ $^\circ/s^2$ ]

$R$  – poloměr kružnice, po níž je pohyb vykonáván [mm]

Co se týče samotného místa uchopení, lepší se zdá být způsob použití tvarového styku před silovým stykem. Potřebná síla pro uchopení pak může být značně menší. Úprava představených vzorců pak vypadá podobně jako na obrázku 49.

	Tvarový styk	Silový styk	
<b>A</b>			
	$F_G = m \cdot (a+g) \cdot S$	$F_G = m \cdot (a+g) \cdot \frac{\tan \frac{\alpha}{2}}{2}$	
		$F = \frac{m \cdot g}{2\mu} \left( 1 + \frac{a}{g} \right) \sin \frac{\alpha}{2} \cdot S$	

Obr. 53 Úprava vzorců pro tvarové uchopení[21]

Vhodné také bude umístit těžiště OM do pomyslného těžiště uchopovacích prvků uchopovače.

Po konzultaci se zástupci společnosti ABB bylo sděleno, že maximální a kritické zrychlení resp. zpomalení robota IRB 4600 je  $40 \text{ m/s}^2$ . Jedná se o případ, v kterém by robot



náhle zastavil při výpadku energie či jiným závažným důvodem. Úchopové síly pak musí být tedy takové, aby bezpečně udržely OM.

Výsledné úchopové síly s plochými čelistmi:

*Tab. 11 Výpočet uchopovacích sil – silový styk*

	pohyb v Z	pohyb v X	pohyb v Y
uchopovací síla [N]	2589,95	872,27	1992,27

Výsledné úchopové síly s tvarovými čelistmi, dle obrázku 53. Jedná se o pohyb vzhůru a úhel  $\alpha$  byl předběžně zvolen na  $90^\circ$ :

*Tab. 12 Výpočet uchopovacích sil – tvarový styk*

	Způsob držení		
	A	B	C
uchopovací síla [N]	776,98	298,84	1831,53

Výsledná úchopová síla v případě A a B je mnohem menší než když se jedná o čistě tvarový styk. Bohužel se takovému stavu většinou nelze vyhnout ani s čelistmi tvarovými. Takovým případem se pak zabývá možnost C a lze si všimnout, že výsledná hodnota se podobá tomu, čemu se dopočítalo na krychli.

Rozdíl je pak už jen přepočítaný na úhel styčné plochy, která je v tomto případě větší a síla pro uchopení nemusí být tedy tak vysoká.

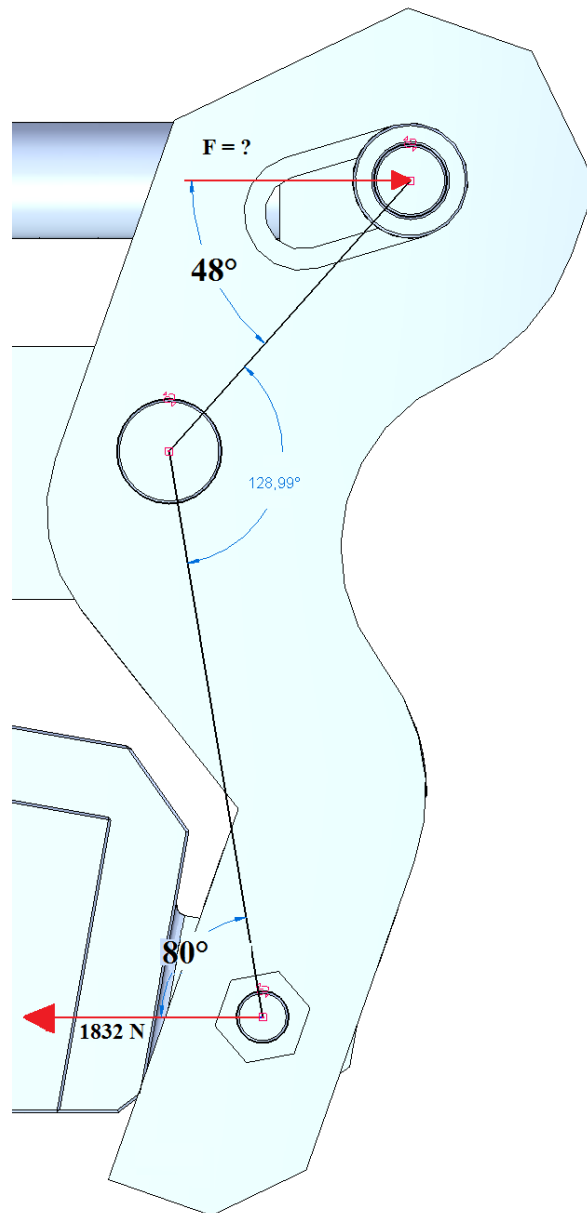
Významnou roli při výpočtu hraje i koeficient bezpečnosti. Každé pracoviště si ho volí podle svých parametrů a může se značně lišit.

### 9.1.1 Rovnováha na páce

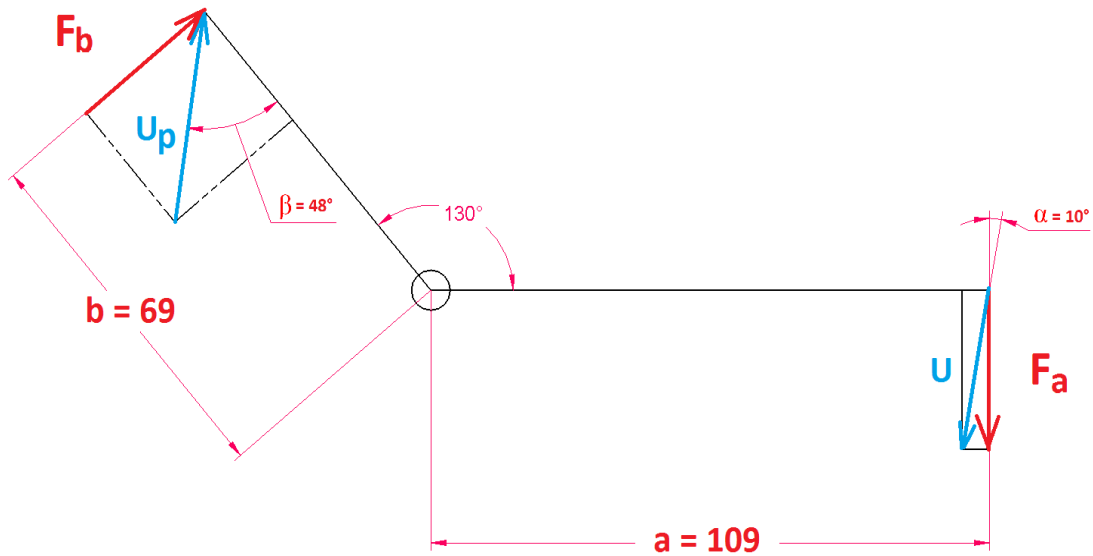
Další důležitý prvek úchopné hlavice. Tak jak je načrtnuta skica, kdy pohyb páky vyvolaný válcem kolem osy otáčení působí naopak na výkovek čelistmi.

Působení sil na páce je učivo základní školy a zde se může ukázat i v praxi, krom toho i rozklad sil.

Na obrázku 54 je zobrazen model páky, tak jak je dopředu připravený, aby se mohla propočítat výsledná síla, kterou pak bude muset oplývat válec. Pokud by byl tento krok vynechaný a vybral se válec na základě požadované uchopovací síly, kompletní úchopná hlavice by OM při kritických zrychlení neudržela.



Obr. 54 Působení sil na páce



Obr. 55 Rozměry páky

Rovnováha na páse říká:

$$F_a \cdot a = F_b \cdot b \quad (12)$$

kde:  $F_a$  – kolmá síla na rameno - působím na OM [N]

$F_b$  – kolmá síla na rameno – vyvolaná působením válce [N]

$a$  – délka ramena 109 mm

$b$  – délka ramena 69 mm

Z rozkladu sil bez odvození vyplývá, že:

$$F_a = \cos \alpha \cdot U \quad (13)$$

kde:  $U$  – vypočítaná uchopovací síla 1832 N

$\alpha$  – úhel náklonu síly působící na OM  $10^\circ$

$$F_a = \cos 10 \cdot 1832 = \underline{1820 \text{ N}}$$

Kolmá síla  $F_b$  se pak podle vzorce (12) rovná 2878 N

Obráceně pak lze získat sílu, kterou působí válec na páku:

$$U_p = \frac{F_b}{\sin \beta} \quad (14)$$

kde:  $U_p$  – Síla vyvolaná válcem [N]

$\beta$  – úhel náklonu síly vyvolané válcem –  $48^\circ$

$$U_p = \frac{2878}{\sin 48} = \underline{3872 \text{ N}}$$

Výsledná síla, kterou se bude řídit, při výběru pneumatického pohonu musí být tedy větší než 3872 N.

### 9.1.2 Výběr pneumatického válce

Na výběr jsou válce jednočinné a dvojčinné. Jednočinné se zdají být svým provedením jednodušší a pravděpodobně tomu tak odpovídá i jejich cena. Rozdíl mezi dvojčinným a jednočinným válcem je dostatečně popsán v teoretické části.

Po konzultaci v Kovárně VIVA a.s. se vybere vhodný pohon pouze v kategorii dvojčinných pneumatických válců. Hlavním důvodem je ovládání. Existují v podstatě dva způsoby, pokud se hovoří o elektricky ovládaném rozvaděči vzduchu:

- impulzní (případ v Kovárně VIVA a.s.):  
jeden impulz rozevře chapadlo tak, že pustí stlačený vzduch do jedné “komory“. Pokud nepříjde druhý impulz, čelisti zůstanou už na věky rozevřené. Teprve druhý impulz čelisti zavře tak, že první komora se otevře a druhá se naplní stlačeným vzduchem).

- monostabilní:

čelisti jsou vždy v otevřeném stavu (nebo v zavřeném) - stabilní stav, při impulzu trvajícím např. 20 sekund se čelisti sevrou (případně otevřou) – kvazistabilní stav.

V praxi lze použít oba dva typy, ale dvojčinné si Kovárna VIVA a.s. už odzkoušela a také z hlediska programování se jeví jako výhodnější varianta. I signály z PLC (nadráženého systému) z robotu jsou nastaveny na impulzní ovládání.

Válec, který momentálně v Kovárně VIVA a.s. používají a mají za odzkoušený je konkrétně typ DSNU-40-50-PPV-A-S6



*Obr. 56 DSNU válec od firmy FESTO*

Tento válec již pohání uchopovací hlavici na robotu, který se stará o manipulaci s polotovarem výkovku. Bere rozžhavenou tyč a pokládá ji do kovacího lisu. Maximální síla válce (při tlaku 6 bar) je pod 800 N.

Váha tyče je stejná jako váha finálního výkovku, dalo by se tedy soudit, že i v případě hotového výkovku by měl stačit.

Rozdíl je v tom, že nelze využít rychlost robotu na plnou výši a musel být tedy zpomalen. Pro účely této práce je nutné se podobného postupu vyvarovat, proto byl výpočet dimenzován na vyšší zrychlení.

Zvolený píst pak odpovídá konfiguraci znázorněné v tabulce níže (tab. 13):

Tab. 13 Základní konfigurace pohonu

Základní konfigurace	
Název	DSBF-C-100-40-PPVA-N3T1-R
Průměr pístu	100 mm
Zdvih	40 mm
Tlumení	PPV nastavitelné pneumatické tlumení na obou stranách
Snímaní poloh	A – Pro čidla
Norma	N3 vychází z ISO 15552
Teplotní odolnost	T1 – do 120 °C

## 9.2 Tepelná ochrana válce

Odstínění tepla ve formě tepelného štítu je řešení, které v Kovárně VIVA a.s. používají na jiné úchopné hlavici. Tato hlavice chytá a přenáší polotovar, zmíněný v podkapitole výše. Má se tedy za to, že štít je dostatečně funkční tepelná ochrana.

Po konzultaci s Ing. Františkem Tomečkem na téma tepelné ochrany válce, se přistoupilo k použití podobného řešení, které je již odzkoušené. Prodiskutovalo se i celkové konstrukční řešení hlavice, ve kterém je pod válcem silná stěna z oceli. Válec pak není pod přímým působením tepelného záření.

Na pracovišti je také mnoho faktorů, které ovlivňují celkovou výměnu tepla mezi výkovkem, hlavicí a jejím okolím. Rozbor těchto faktorů by vyšel na samostatnou práci.

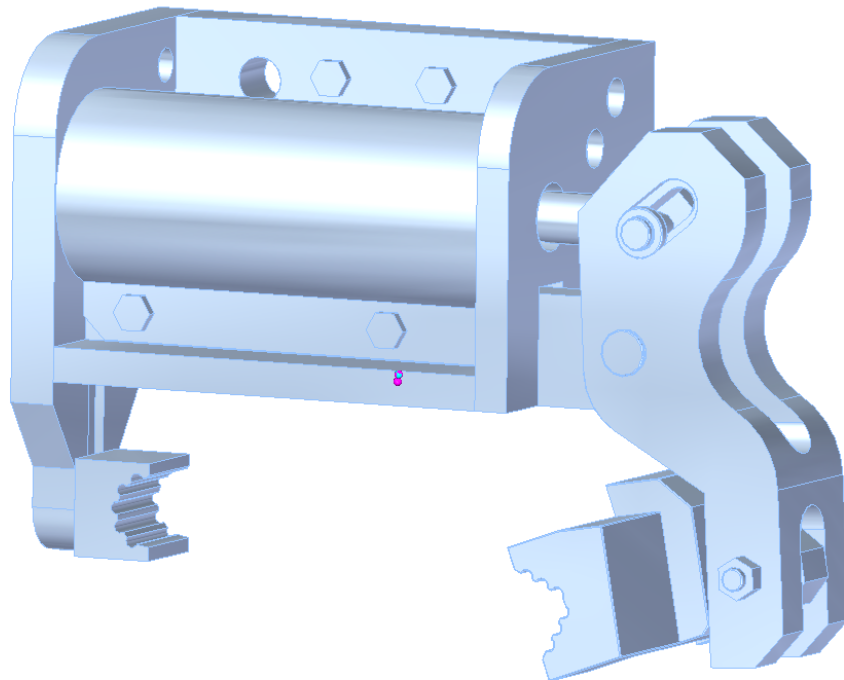
## 10 TVORBA MODELU

Základní tvar a parametry uchopovače jsou zejména dány pracovištěm, ve kterém se robot nachází. Praktický přístup, který mi byl sdělen zástupcem nejmenované společnosti, říká:

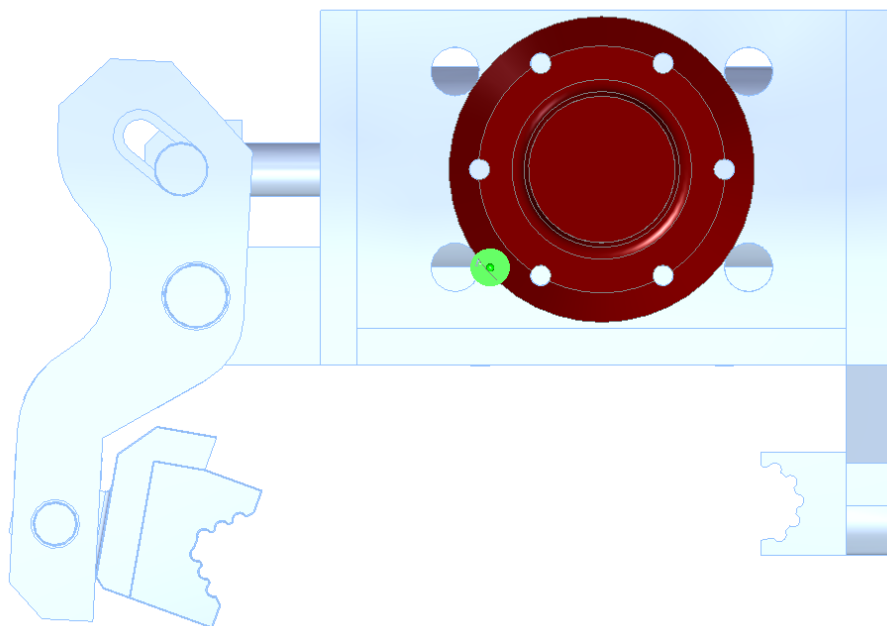
*„Ať už je objekt manipulace jaký chce, dbáme na to, aby úchopná hlavice měla rozměry a tvar takový, že zvládne bezpečně pracovat na daném pracovišti. A v případě kolize s jiným objektem nedojde k jejímu poškození.“*

### 10.1 Sestava hlavice

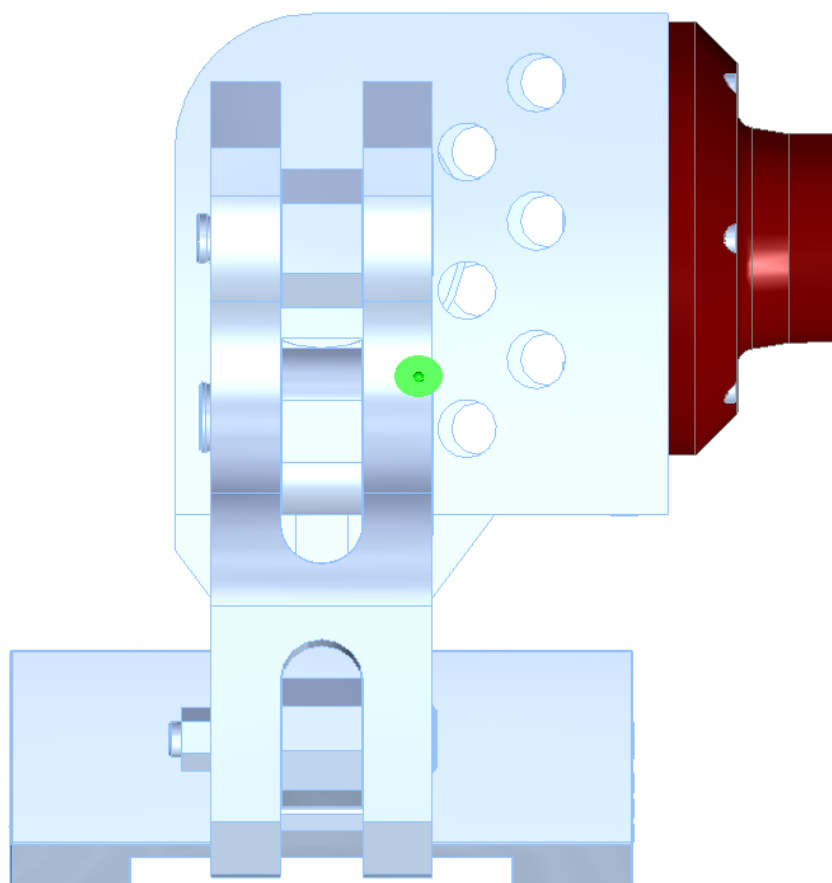
Je spočítáný pohon i síly na páce. Výkovek bude tedy při manipulaci bezpečně uchopený. Obr. 57 ukazuje pohled na otevřenou hlavici bez výkovek. Obr. 58 a 59 zobrazují pohledy na zvýrazněné těžiště. Následující obr. 61 pak ukazuje výslednou hmotnost uchopovače včetně číselného zobrazení vzdálenosti těžiště od příruby.



Obr. 57 Úchopná hlavice otevřená – ST5



Obr. 58 Pohled od příruby a zobrazené těžiště. Vzdálenost Y a Z



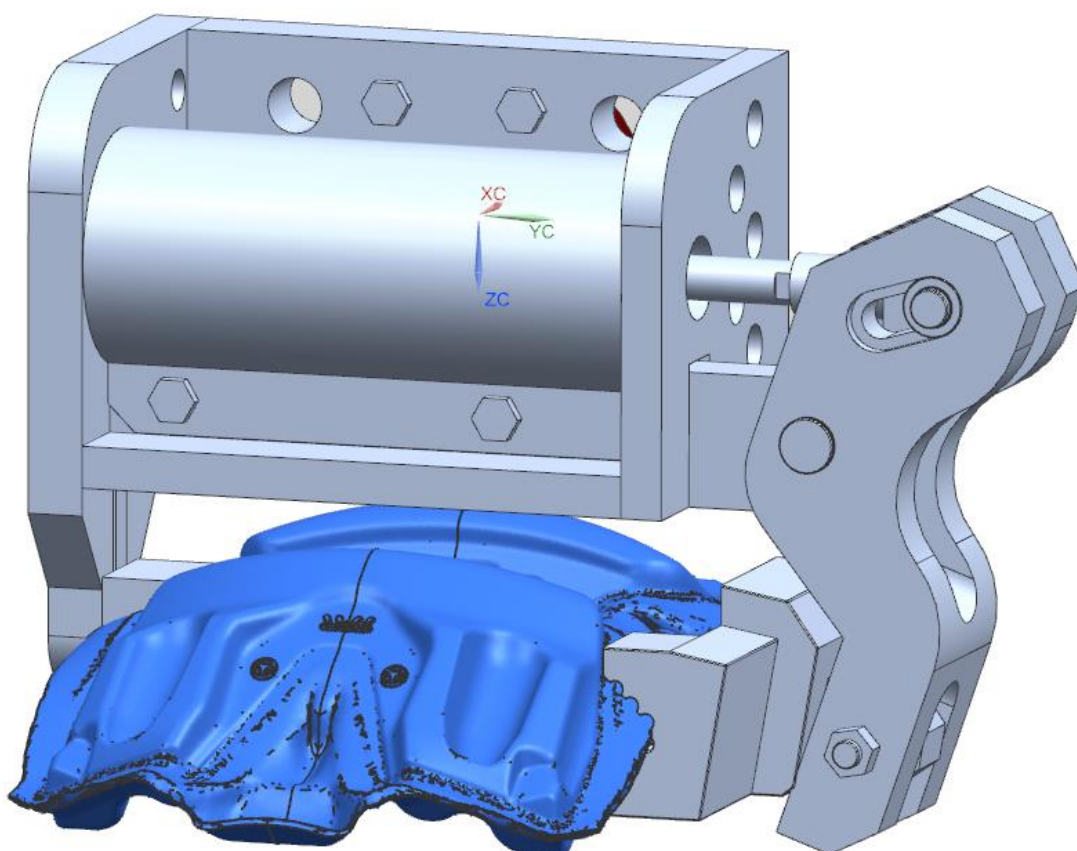
Obr. 59 Pohled na těžiště. Vzdálenost X a Z



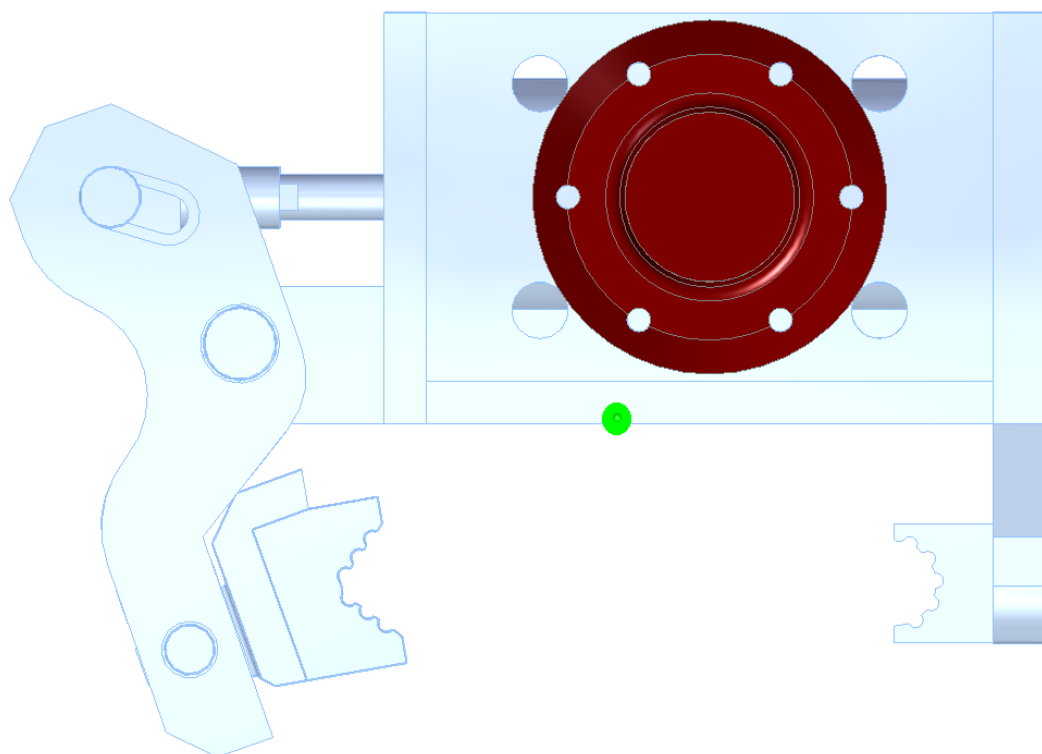
Mass:	27,658630 kg	Volume:	3709616,757551 mm <sup>3</sup>		
User-quantity mass:	27,658630 kg				
Center of Mass	<input checked="" type="checkbox"/> Display symbol <b>cm</b>	Center of Volume	<input type="checkbox"/> Display symbol <b>cv</b>		
X:	71,983997 mm	X:	67,652288 mm		
Y:	45,666487 mm	Y:	43,468144 mm		
Z:	40,097403 mm	Z:	38,170695 mm		
Mass Moments of Inertia					
bx:	0,517345 kg-m <sup>2</sup>	lxx:	0,344441 kg-m <sup>2</sup>	lzz:	0,581137 kg-m <sup>2</sup>
by:	0,129274 kg-m <sup>2</sup>	lxy:	0,103623 kg-m <sup>2</sup>	lyz:	0,115040 kg-m <sup>2</sup>

Obr. 60 Hmotnostní parametry a vzdálenost těžiště od příruby

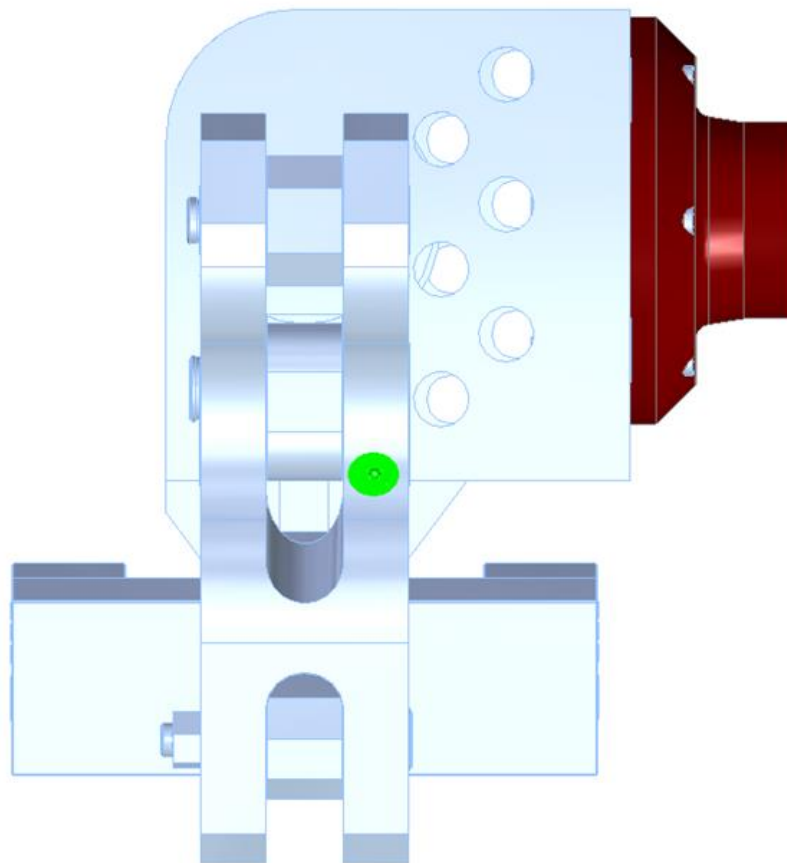
Obr. 61 zobrazuje hlavici zavřenou s výkovkem pevně uchopeným v čelistech.



Obr. 61 Úchopná hlavice zavřená – NX



Obr. 62 Pohled od příruby a zobrazené těžiště. Vzdálenost Y a Z



Obr. 63 Pohled na těžiště. Vzdálenost X a Z

Obrázky těžiště s uzavřenou hlavicí a s plným naložením musely být zobrazeny s potlačeným výkivkem, software Solid Edge jej neumožnil otevřít. Těžiště se ale i přesto povedlo dopočítat. Vzdálenosti těžiště od příruby jsou ukázány na obr. 64.

Mass:	Volume:	
<input type="text" value="39,688545 kg"/>	<input type="text" value="5245415,904196 mm&lt;sup&gt;3&lt;/sup&gt;"/>	
User-quantity mass:	<input type="text" value="39,688545 kg"/>	
Center of Mass	Center of Volume	
<input checked="" type="checkbox"/> Display symbol <b>cm</b>	<input type="checkbox"/> Display symbol <b>CV</b>	
X: <input type="text" value="78,476666 mm"/>	X: <input type="text" value="75,192194 mm"/>	
Y: <input type="text" value="32,663952 mm"/>	Y: <input type="text" value="31,551924 mm"/>	
Z: <input type="text" value="77,868243 mm"/>	Z: <input type="text" value="75,219764 mm"/>	
Mass Moments of Inertia		
bx: <input type="text" value="0,853119 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	lyy: <input type="text" value="0,869581 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	lzz: <input type="text" value="0,797940 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>
by: <input type="text" value="0,131793 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	bz: <input type="text" value="0,288857 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	lyz: <input type="text" value="0,119629 kg-m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>

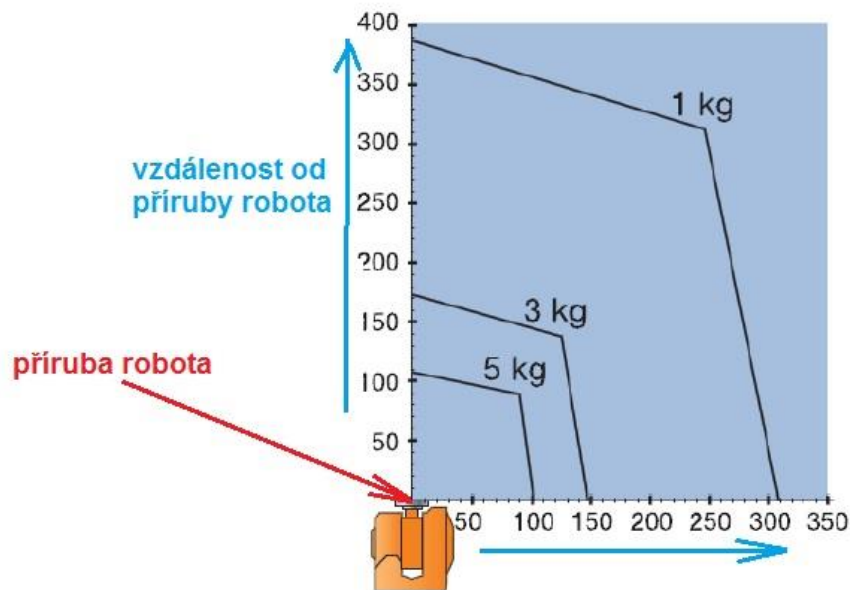
Obr. 64 Hmotnostní a objemové parametry úchopné hlavice

Obr. 64 také říká, že hmotnost úchopné hlavice včetně OM je zhruba 40 kg. Pomocí těchto hodnot se zkontroluje, zda robot bude schopen s hlavicí i OM manipulovat.

Ke kontrole slouží zátěžové diagramy, které poskytla společnost ABB robotics současně se společností Kovárna VIVA a.s. pro účely této diplomové práce.

## 10.2 Kontrola nosnosti robotu

Pro řešení diplomové práce byl uvažován průmyslový robot IRB 4600 45/2.05 popsaný v úvodu praktické části. Zátěžové diagramy uvádí menší nosnost s rostoucí vzdáleností od příruby robotu. Obr. 65 ukazuje, jakým způsobem číst ze zátěžového diagramu.



Obr. 65 Způsob jak číst z diagramu

Vzdálenost těžiště od příruby je tedy dle obr. 64:

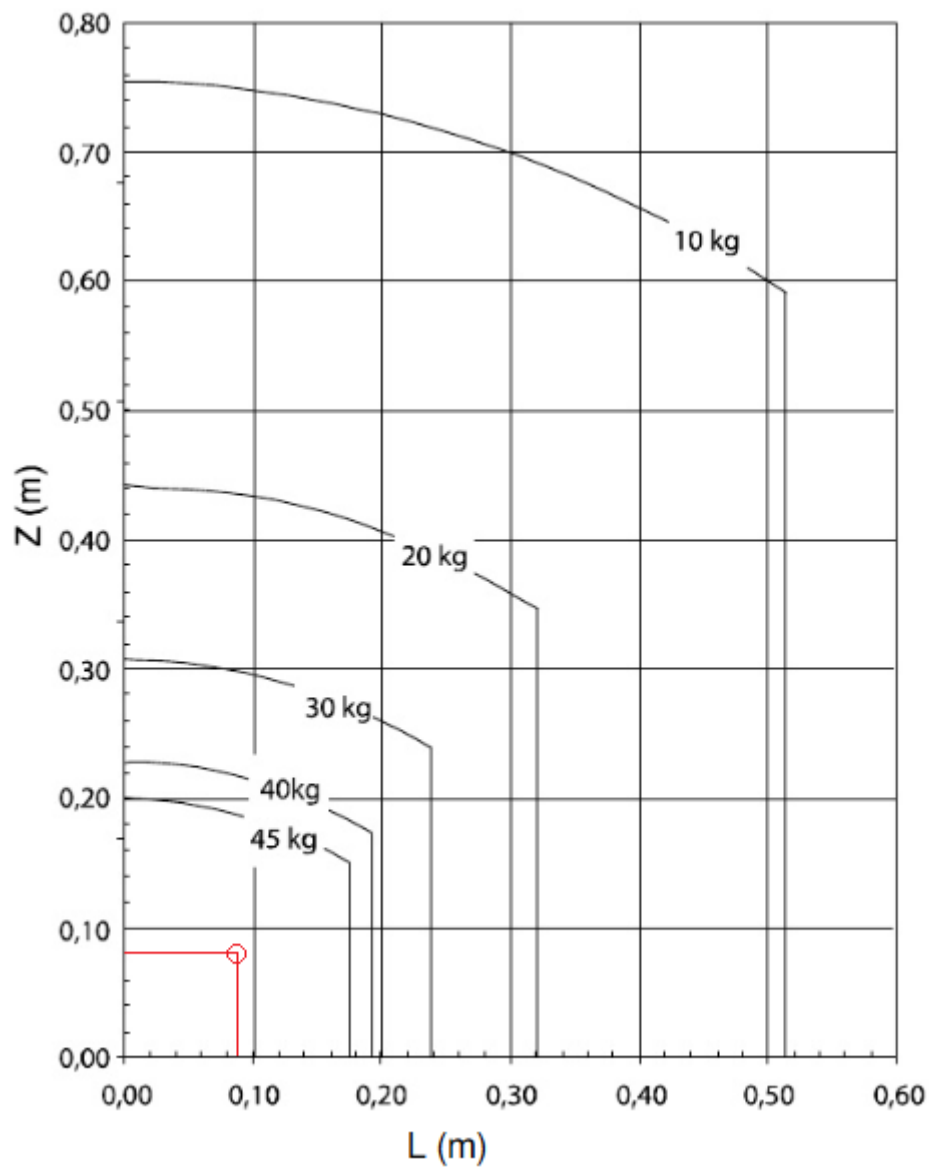
těžiště v ose X:  $T_x = 78,5 \text{ mm}$

těžiště v ose Y:  $T_y = 32,7 \text{ mm}$

těžiště v ose Z:  $T_z = 78,3 \text{ mm}$

Dle uvedených hodnot těžiště s uchopenou součástí byla vypočtena vzdálenost L:

$$L = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = \sqrt{78,5^2 + 32,7^2} = 85 \text{ mm}$$



Obr. 66 Zátěžový diagram robotu IRB 4600 45/2.05[25]

Podle diagramu je vzdálenost od příruby se značnou rezervou od hodnot, při kterých by byla nosnost snižena. Kontrola nosnosti tedy ukazuje, že robot zátěž unese.

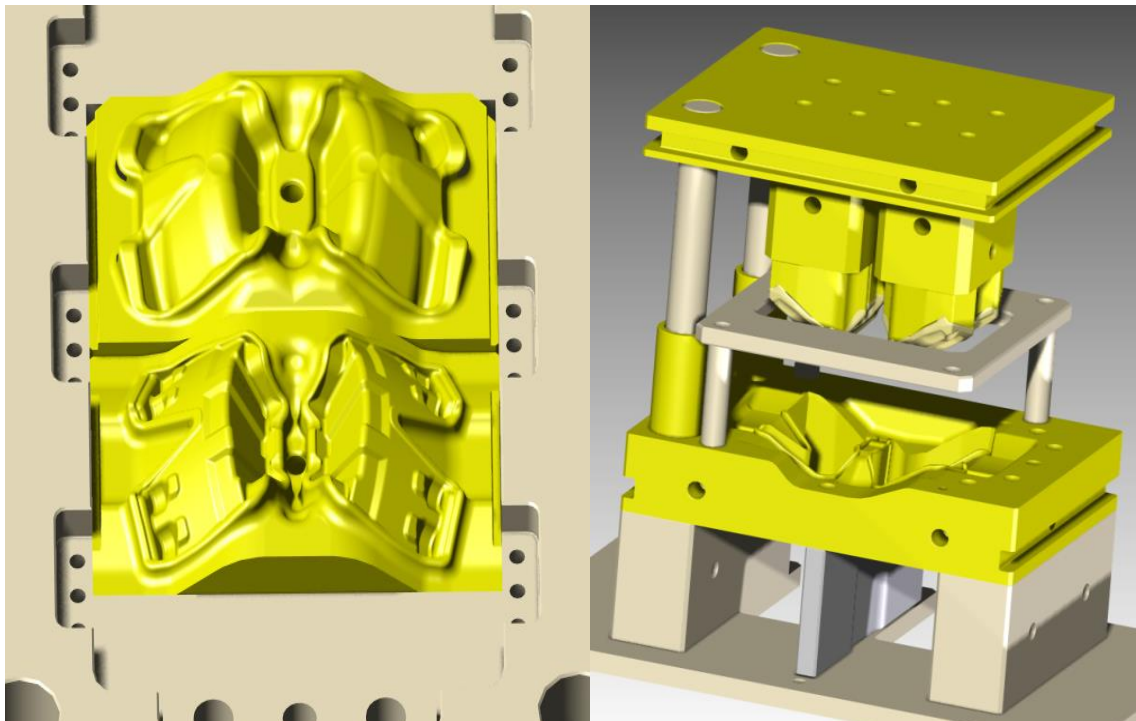
Skutečná hmotnost se ještě nepatrně zvýší. Půjde o hadičky s přívodem média, případně různé senzory atd. Robot má však stále ještě 5kg k dobru.

## 11 PODSTAVEC NA PŘECHYCENÍ OM

Uchopovač je navržen tak, aby uchopil OM ze zápustky a poté ho dopravil do stříhacího lisu, jak již bylo zmíněno v úvodu praktické části.

Aby toho byl ale schopen, když konstrukce dovoluje uchopení výkovku ze zápustky z vrchu a nikoliv z boku, musí být proveden mezikrok vyložení a opětovného uchopení ze spodní části výkovku. Až potom je možné vyložit výkovek ve stříhacím lisu.

Obrácené polohy v zápustce a ve stříhacím lisu si lze všimnout na první pohled.



*Obr. 67 Model zápustky a stříhacího lisu*

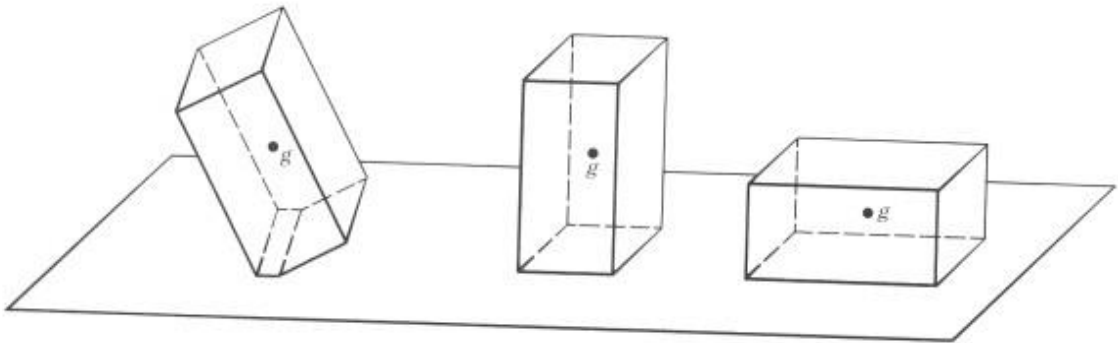
K účelu přechycení OM bude sloužit podstavec.

Existují dvě možnosti, jak těleso vyložit. Vzhledem k tomu, že plocha má dva rozměry. Je možné OM vyložit buď na ležato, či na stojato.

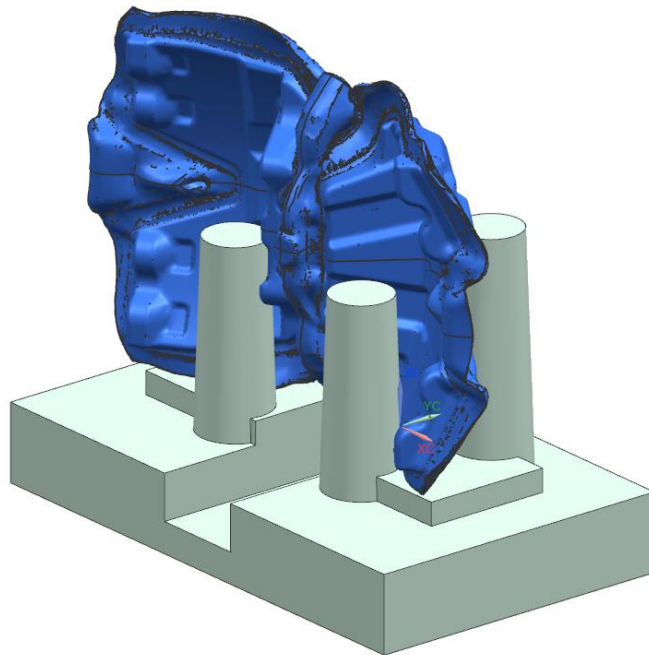
## 11.1 Návrh podstavce

Při vyložení má výkovek jistou potenciální energii, nachází se v určitém stavu a úkolem této kapitoly je zajistit, aby se nacházel ve stavu stabilním. Což je případ úplně vpravo na obr. 68.

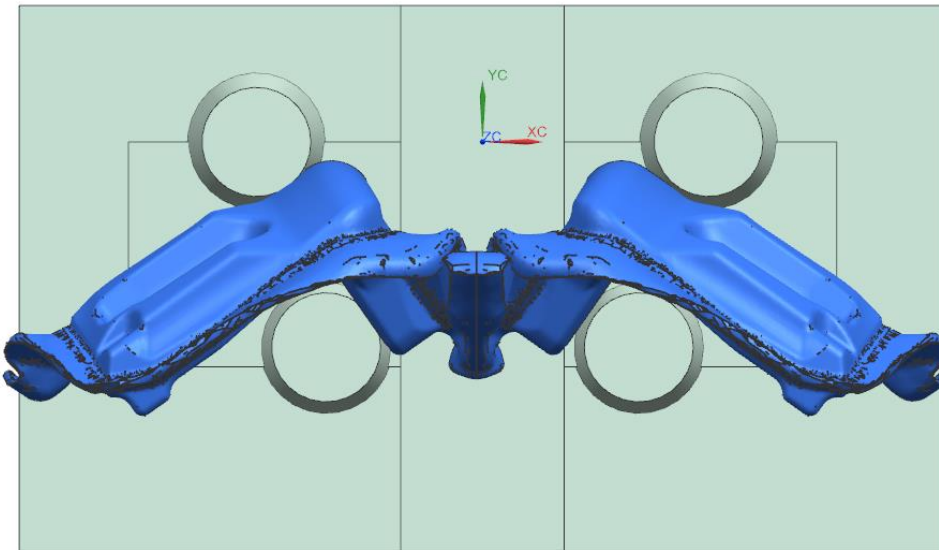
Teoreticky lze uvažovat i nad polohou metastabilní (uprostřed). S tím ale souvisí zvýšené nároky na podstavec. Nejsnadnější je jít proto cestou nejmenšího odporu a uvažovat pouze s co nejstabilnějším mezistavem OM. Vyložit tedy výkovek tak, aby měl své těžiště co nejnižže. Výsledkem bude ušetření materiálu na podstavci a bezpečnější automatizace procesu.



Obr. 68 Stabilita soustavy[23]

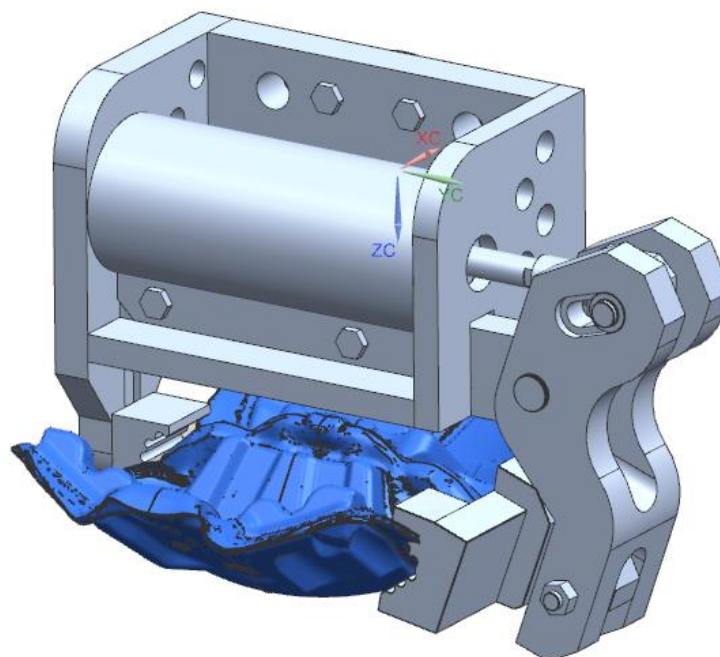


Obr. 69 Iso-pohled na výkovek v podstavci



*Obr. 70 Půdorys podstavce s výkovkem*

Pohled na to, jak hlavice drží výkovek z druhé strany pak vypadá následovně. (obr. 71). Adaptivní uchopení z obou stran umožňuje výkyvná čelist. Při uchopování výkovku se samovolně nastaví. V pohybu ji pak brání plocha pohyblivé páky, o kterou se čelist zastaví.



*Obr. 71 Přechycený výkovek*



## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout řešení úchopného prvku pro robota IRB 4600, který vlastní společnost Kovárna VIVA a.s. zabývající se kovááním rozličných dílů pro automobilový i jiný průmysl.

Nejprve bylo nutné seznámit se s problematikou. Úvodem byla tedy provedena rešerše na téma roboty a manipulátory, posléze na samotné úchopné hlavice. Ohnisko soustředění spočívalo zejména na mechanických úchopných hlavicích. Do prostředí kovárny by se nejspíš jiné nehodily, protože přísavkový systém nevydrží vysoké teploty a železo ztrácí magnetické vlastnosti při Curieho teplotě, jež činí 770 °C. Výkovek má teplotu 1100 °C i více. Možnosti pohonu hlavic a následné principy vývoje a výpočtu jsou pak rozebírány ve zbytku teoretické části.

V úvodu praktické části jde hlavně o samotné seznámení s výrobkem, který se má přenášet, a robotem, který je k tomu používán. Robot i výrobek mají určité parametry, které spolu při návrhu hlavice souvisí. Vše bylo dostatečně popsáno v rešerši.

Následné generování koncepčního řešení dalo vzniknout několika možným cestám, kterými se bylo možné ubírat k výslednému „chapadlu“. Patentová analýza se prokázala být nezanedbatelnou pomocí. Nepodařilo se sice najít hotovou úchopnou hlavici, ale z dílčích prvků nalezených řešení se vybralo několik takových, které se považovaly za přínosné pro budoucí řešení. Tyto prvky se potom včetně dalších použily v matici, z které se povedlo poskládat čtyři koncepty. Tyto čtyři koncepty prošly hodnotovou analýzou, jejíž účelem bylo porovnat jednotlivé koncepty a ujasnit jejich výhody a nevýhody. Za pomoci Ing. Františka Tomečka z Kovárny VIVA a.s. bylo následně vybráno jedno vítězné.

Výpočtem působících sil byl pak udělán další krok k tomu, aby se dospělo k finální podobě úchopné hlavice. Byl zvolen pohon a vytvořila se sestava v softwaru Solid Edge. Hlavice splňuje nároky na hmotnost do 40 kg včetně uchopeného výkovku. Stále zůstává rezerva 5 kg na nosnost robotu podle zátěžového diagramu uvedeného v závěru kapitoly 10. Hmotnost hlavice bez výkovku pak činí 27,7 kg.

Další důležitý prvek chapadla je tepelná ochrana pneumatického válce před sáláním z výkovku. Tato problematika byla po konzultaci s odborníky z Kovárny VIVA a.s. vyřešena ve formě štítu.

Vzhledem k tomu, že vítězné chapadlo nemá schopnost otočit výkovek vzhůru nohama, která je nutná při vyložení výkovku do střižného lisu, přistoupilo se současně s vývojem úchopné hlavice také k návrhu podstavce, do kterého se výkovek položí. Robot si jej následně přechytí z druhé strany. Podstavec byl předán Kovárně VIVA a.s. ve formě 3D modelu pro dořešení detailů na místě.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MAŇAS, Miroslav. *Základy robotiky*. 1. vyd. Brno: VUT, 1991, 99 s. ISBN 8021402792
- [2] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátor*, 1. vydání, Skripta VŠB-TU Ostrava, 2007. 260s ISBN 978-80-248-1522-0.
- [3] ŠOLC, František, ŽALUD, Luděk. *Robotika, učební text*
- [4] HAVEL, Ivan M. *Robotika: úvod do teorie kognitivních robotů*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1980, 279 s., [8] s. barev. fot. příl.
- [5] KUKA Roboter GmbH [online]. 2013 , 25.11.2013 [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: < <http://www.kuka-robotics.com> >.
- [6] [www.shadowrobot.com](http://www.shadowrobot.com) [online]. 2013, 28.11.2013 [cit. 2013-11-28]. Dostupný z WWW: <[www.shadowrobot.com](http://www.shadowrobot.com)>
- [7] KÁRNÍK, Ladislav. *Využití servisních robotů v nestrojírenských aplikacích*. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 2010, 90 s. ISBN 978-80-248-2728-5
- [8] RUMÍŠEK, Pavel. *AUTOMATIZACE (roboty a manipulátory)*. Brno: VUT, 2003. 21 s.
- [9] Direct Industry [online]. 2013, 10.12.2013 [cit. 2013-12-10]. Dostupný z WWW: < <http://www.directindustry.com> >
- [10] iRobot [online]. 2013, 10.12.2013 [cit. 2013-12-10]. Dostupný z WWW: < <http://www.irobot.com/us/> >
- [11] VROŽINA, Milan a kolektiv. *AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ - Část 3: Průmyslové roboty a manipulátory. učební text*
- [12] BLECHA, Petr a kol. *Mechatronika Modul 10: Robotika, učební text*. Brno: VUT, 2008. 157 s.
- [13] Thomasnet News [online]. 2013, 13.12.2013 [cit. 2013-12-13]. Dostupný z WWW: <<http://news.thomasnet.com/>>
- [14] KÜNZEL, Gunnar. *AUTOMATIZACE ŘÍZENÍ VÝROBY, učební text*. Praha: TF ČZU, 2007. Dostupný z WWW: < <http://skola.spectator.cz/> >
- [15] SCHMID, Dietmar a kol. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Praha: Europa - Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.

- [16] ABB Robotics [online]. 2014 , 1.4.2014 [cit. 2014-4-1]. Dostupný z WWW: <<http://new.abb.com/products/robotics>>.
- [17] Kolektiv autorů. *Úvod do pneumatiky*. Esslingen: FESTO Didactic., 1989. ISBN: 80-01-00042-7. Dostupný z www: <[www.strojar.com](http://www.strojar.com)>
- [18] SALAH Mohamad. *Introduction of pneumatic systems, učební text*. Zarqa: Department of Mechatronics Engineering. Dostupný z WWW: <[www.msalah.com](http://www.msalah.com)>.
- [19] PASHKOV, Eugeny a kol. *Electropneumatics in Manufacturing Process*. Sevastopol: Isdatelstvo SevNTU, 2004. 472 s. ISBN 966-7473-60-0.
- [20] SMC Training [online], 2014. 17.1.2014 [cit. 2014-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.smc.cz/>>
- [21] WOLF, A.; STEINMANN, R. SCHUNK, H. *Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks*. Springer, 2005. 242 s. ISBN 978-3-540-27718-7
- [22] MAŠÍN, Ivan, *Inovační management, učební text*. Bližší informace dostupné z WWW: <<http://www.iki-institut.cz/>>
- [23] Masarykova universita MUNI [online]. 2014, 29.4.2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupný z WWW: <<http://is.muni.cz/>>
- [24] Kraus, V. *Tepelné zpracování a slinování, učební text*. Plzeň, ZČU katedra materiálů a strojírenské technologie. Dostupný z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/>>
- [25] ABB Robotics, *Product specification robot IRB 4600*. Není volně dostupný.
- [26] KOLAT, P. *Přenos tepla a hmoty, skripta VŠB-TU Ostrava*, Ostrava 2001, 3. vydání. ISBN 80-248-0003-9, 266 stran

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PRaM		Průmyslové roboty a manipulátory.
RTP		Robotické technologické pracoviště
MÚH		Mechanická úchopná hlavice.
OM		Objekt manipulace.
$a$	[m/s <sup>2</sup> ]	Zrychlení
$a_k$	[m/s <sup>2</sup> ]	Kritické zrychlení
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	Gravitační zrychlení
$G$	[N]	Síla vyvolaná tíhou objektu manipulace
$U$	[N]	Uchopovací síla
$U_z$	[N]	Uchopovací síla pro pohyb v ose Z (vertikální zdvih)
$U_x$	[N]	Uchopovací síla pro pohyb v ose X (horizontální pohyb)
$U_y$	[N]	Uchopovací síla pro pohyb v ose Y (horizontální pohyb)
$F_1$	[N]	Síla působící z čelisti na OM
$F_2$	[N]	Síla působící z čelisti na OM
$F_t$	[N]	Třecí síla mezi OM a čelistí vyvolaná gravitační tíhou
$F_{tx}$	[N]	Třecí síla mezi OM a čelistí při pohybu v ose Y
$\mu$	[-]	Koeficient tření mezi povrchy
$k$	[-]	Bezpečnostní koeficient
$R$	[m]	Poloměr pohybu po kružnici
$\omega$	[°/s]	Úhlová rychlost
$\varepsilon$	[°/s <sup>2</sup> ]	Úhlové zrychlení
$m$	[kg]	Hmotnost OM
$T$	[K]	Absolutní teplota

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Mechanický automat „Písař“[3]</i> .....	12
<i>Obr. 2 Robotický průzkumník mise na Marsu[3]</i> .....	14
<i>Obr. 3 Budiž robot![6]</i> .....	15
<i>Obr. 4 Geometrie pracovního prostoru</i> .....	17
<i>Obr. 5 Manipulační systémy[15]</i> .....	18
<i>Obr. 6 Univerzální manipulátor[9]</i> .....	20
<i>Obr. 7 Průmyslový robot v kovárně [5]</i> .....	21
<i>Obr. 8 Armádní servisní robot[10]</i> .....	22
<i>Obr. 9 Servisní úlohy[7]</i> .....	22
<i>Obr. 10 Robot s hlavicí na obloukové svařování[13]</i> .....	24
<i>Obr. 11 Zásobník frézovacích hlav[5]</i> .....	25
<i>Obr. 12 Pasivní mechanické hlavice[8,14]</i> .....	27
<i>Obr. 13 Aplikace pasivního úchopného prvku [2]</i> .....	28
<i>Obr. 14 Možné principy řešení MÚH typu T1[2]</i> .....	30
<i>Obr. 15 Možné principy řešení MÚH typu T4[2]</i> .....	31
<i>Obr. 16 Jednočinný pístový motor</i> .....	33
<i>Obr. 17 Membránový motor[17]</i> .....	34
<i>Obr. 18 Motor s odvalující membránou[17]</i> .....	34
<i>Obr. 19 Dvojitý pístový motor[17]</i> .....	35
<i>Obr. 20 Pístový motor s průchozí pístnicí[17]</i> .....	36
<i>Obr. 21 Tandemový pístový motor[17]</i> .....	36
<i>Obr. 22 Vícepolohový pístový motor[17]</i> .....	37
<i>Obr. 23 Pístový motor s převodem na rotační pohyb[17]</i> .....	37
<i>Obr. 24 Motor s otočnou lopatkou[17]</i> .....	38
<i>Obr. 25 Způsoby uchycení pneumotoru[17]</i> .....	38
<i>Obr. 26 Schéma analýzy vstupních údajů pro návrh úchopné hlavice[2]</i> .....	39
<i>Obr. 27 Možná poloha OM v úchopné hlavici[2]</i> .....	41
<i>Obr. 28 Možný tvar úchopných hlavic</i> .....	42
<i>Obr. 29 Bod uchopení předmětu[20]</i> .....	43
<i>Obr. 30 Poměr délky ramene čelisti k vyosení těžiště předmětu[20]</i> .....	43
<i>Obr. 31 Diagram L, H, p[20]</i> .....	44
<i>Obr. 32 Úchopná hlavice s OM[19]</i> .....	44

<i>Obr. 33 Diagram síla - délka ramena[19]</i> .....	44
<i>Obr. 34 Schéma postupu při návrhu</i> .....	46
<i>Obr. 35 Model konečného výkovku „bridge“</i> .....	46
<i>Obr. 36 Hrubé rozměry výkovku</i> .....	47
<i>Obr. 37 Průmyslový robot série IRB 4600[16]</i> .....	48
<i>Obr. 38 Rozměry robota[16]</i> .....	49
<i>Obr. 39 Počet patentů na stát</i> .....	52
<i>Obr. 40 Teploty použití</i> .....	52
<i>Obr. 41 Velikost objektu manipulace</i> .....	53
<i>Obr. 42 Časová osa patentů</i> .....	53
<i>Obr. 43 Řešení čelisti – tepelná izolace</i> .....	54
<i>Obr. 44 Řešení čelisti – pohybový aparát</i> .....	54
<i>Obr. 45 Pneumatický uchopovač – pohybový aparát</i> .....	55
<i>Obr. 46 Pneumatický uchopovač – pohybový aparát</i> .....	55
<i>Obr. 47 Proces výběru konceptu[22]</i> .....	57
<i>Obr. 48 Skica</i> .....	59
<i>Obr. 49 Vertikální pohyb</i> .....	60
<i>Obr. 50 Horizontální pohyb v ose X</i> .....	61
<i>Obr. 51 Horizontální pohyb v ose Y</i> .....	62
<i>Obr. 52 Rotační pohyb</i> .....	63
<i>Obr. 53 Úprava vzorců pro tvarové uchopení[21]</i> .....	64
<i>Obr. 54 Působení sil na páce</i> .....	66
<i>Obr. 55 Rozměry páky</i> .....	67
<i>Obr. 56 DSNU válec od firmy FESTO</i> .....	69
<i>Obr. 57 Úchopná hlavice otevřená – ST5</i> .....	71
<i>Obr. 58 Pohled od příruby a zobrazené těžiště. Vzdálenost Y a Z</i> .....	72
<i>Obr. 59 Pohled na těžiště. Vzdálenost X a Z</i> .....	72
<i>Obr. 60 Hmotnostní parametry a vzdálenost těžiště od příruby</i> .....	73
<i>Obr. 61 Úchopná hlavice zavřená – NX</i> .....	73
<i>Obr. 62 Pohled od příruby a zobrazené těžiště. Vzdálenost Y a Z</i> .....	74
<i>Obr. 63 Pohled na těžiště. Vzdálenost X a Z</i> .....	74
<i>Obr. 64 Hmotnostní a objemové parametry úchopné hlavice</i> .....	75
<i>Obr. 65 Způsob jak číst z diagramu</i> .....	76

---

<i>Obr. 66 Zátěžový diagram robotu IRB 4600 45/2.05[25]</i> .....	77
<i>Obr. 67 Model zápusky a stříhacího lisu</i> .....	78
<i>Obr. 68 Stabilita soustavy[23]</i> .....	79
<i>Obr. 69 Iso-pohled na výkovek v podstavci</i> .....	79
<i>Obr. 70 Půdorys podstavce s výkovkem</i> .....	80
<i>Obr. 71 Přechycený výkovek</i> .....	80



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Oblast použití PRaM .....</i>	18
<i>Tab. 2 Klasifikační schéma úchopných prvků .....</i>	26
<i>Tab. 3 Typy aktivních hlavic[2] .....</i>	29
<i>Tab. 4 Výhody pneumatického systému[18] .....</i>	32
<i>Tab. 5 Nevýhody pneumatického systému[18] .....</i>	33
<i>Tab. 6 Specifikace OM .....</i>	47
<i>Tab. 7 Specifikace robota[16] .....</i>	49
<i>Tab. 8 Morfologická matice .....</i>	56
<i>Tab. 9 Rozhodovací matice pro hrubé třídění .....</i>	58
<i>Tab. 10 Rozhodovací matice pro detailní hodnocení konceptů .....</i>	58
<i>Tab. 11 Výpočet uchopovacích sil – silový styk .....</i>	65
<i>Tab. 12 Výpočet uchopovacích sil – tvarový styk .....</i>	65
<i>Tab. 13 Základní konfigurace pohonu .....</i>	70

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres sestavy hlavice

Příloha P II: Kusovník sestavy hlavice

Příloha P III: UTB\_výkres \_14\_001

Příloha P IV: UTB\_výkres \_14\_002

Příloha P V: UTB\_výkres \_14\_003

Příloha P VI: UTB\_výkres \_14\_004

Příloha P VII: UTB\_výkres \_14\_005

Příloha P VIII: UTB\_výkres \_14\_006

Příloha P IX: UTB\_výkres \_14\_007

Příloha P X: UTB\_výkres \_14\_008

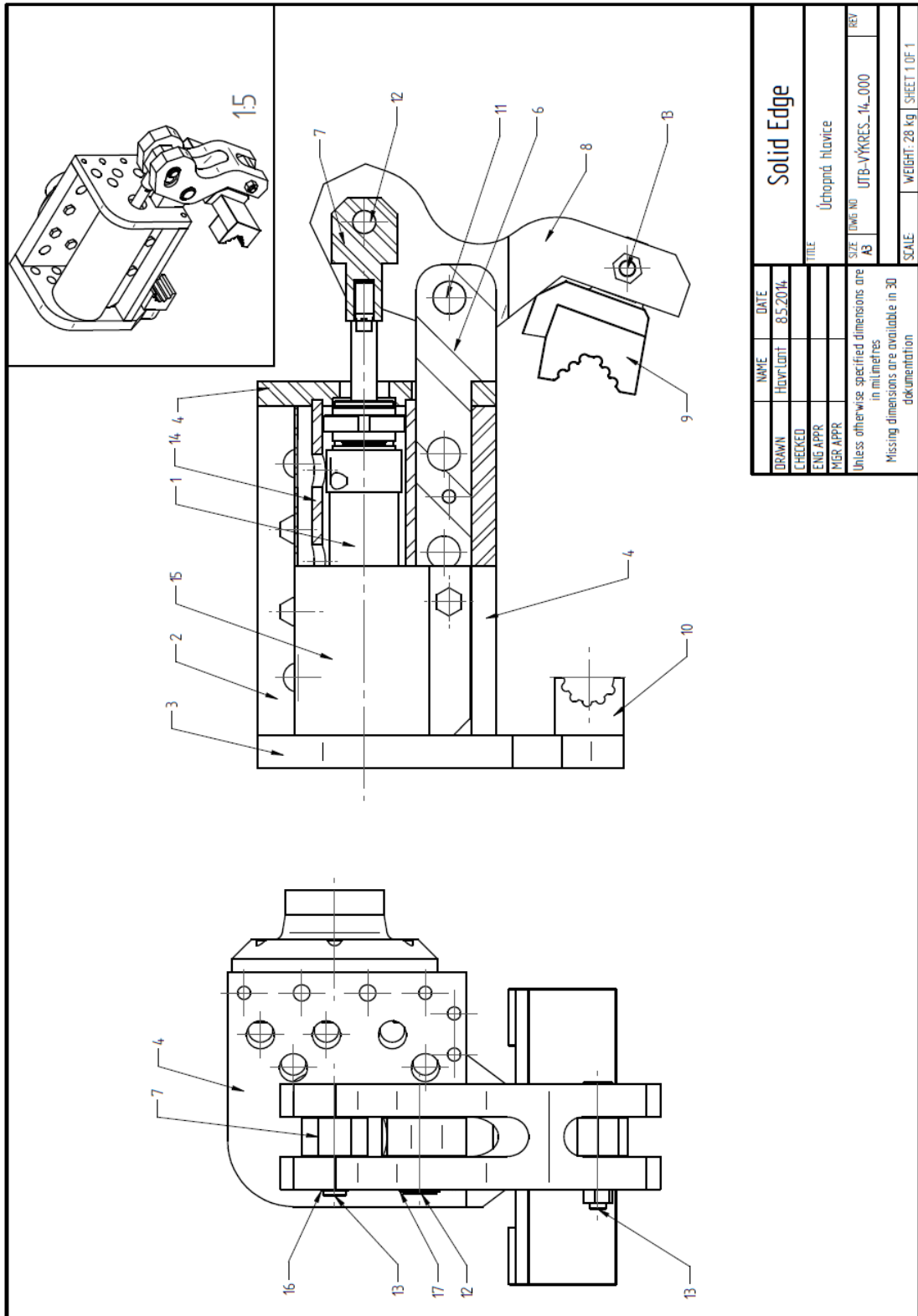
Příloha P XI: UTB\_výkres \_14\_009

Příloha P XII: UTB\_výkres \_14\_010

Příloha P XIII: UTB\_výkres \_14\_011

Příloha P XIV: UTB\_výkres \_14\_012

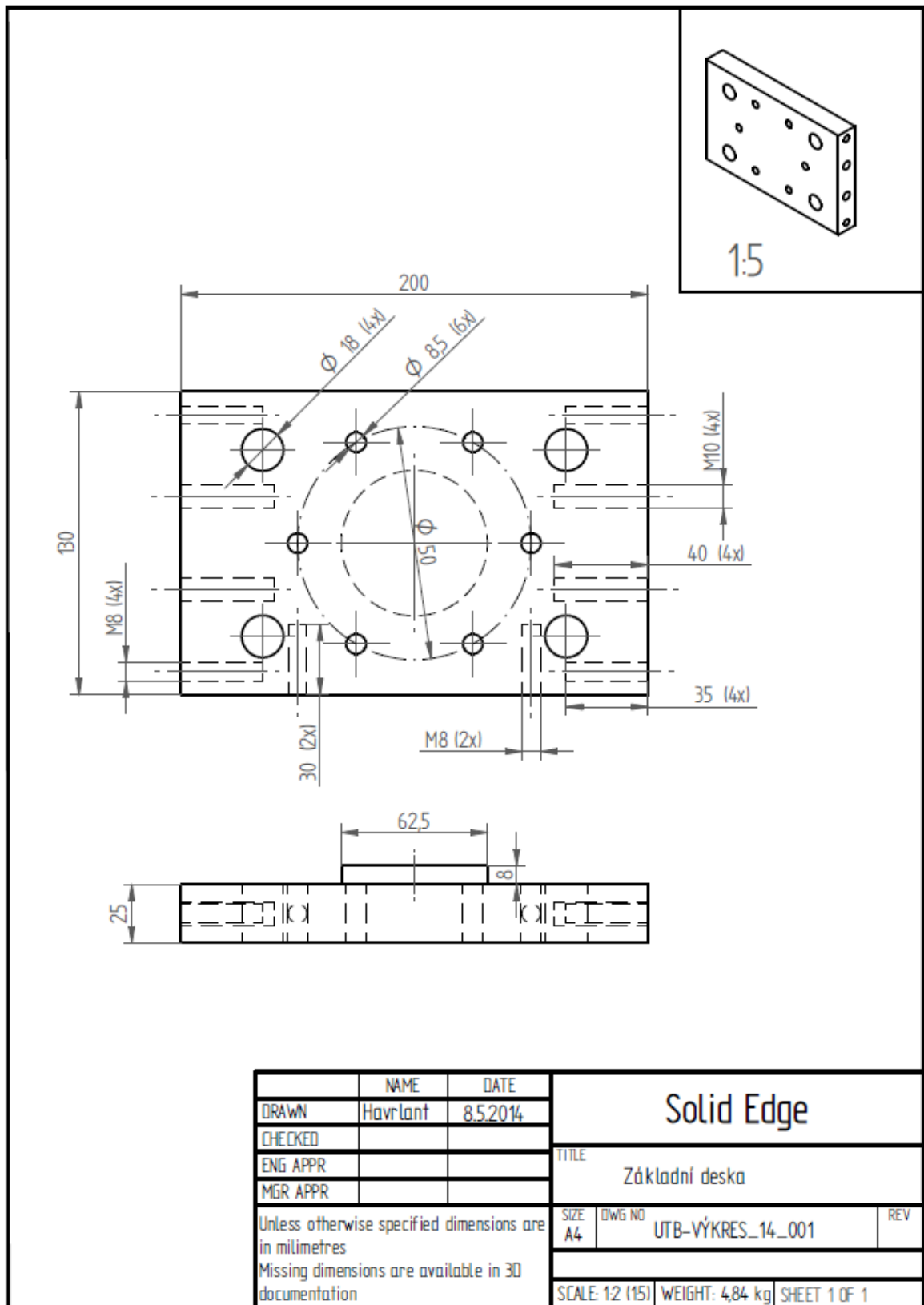
# PŘÍLOHA P I: VÝKRES SESTAVY



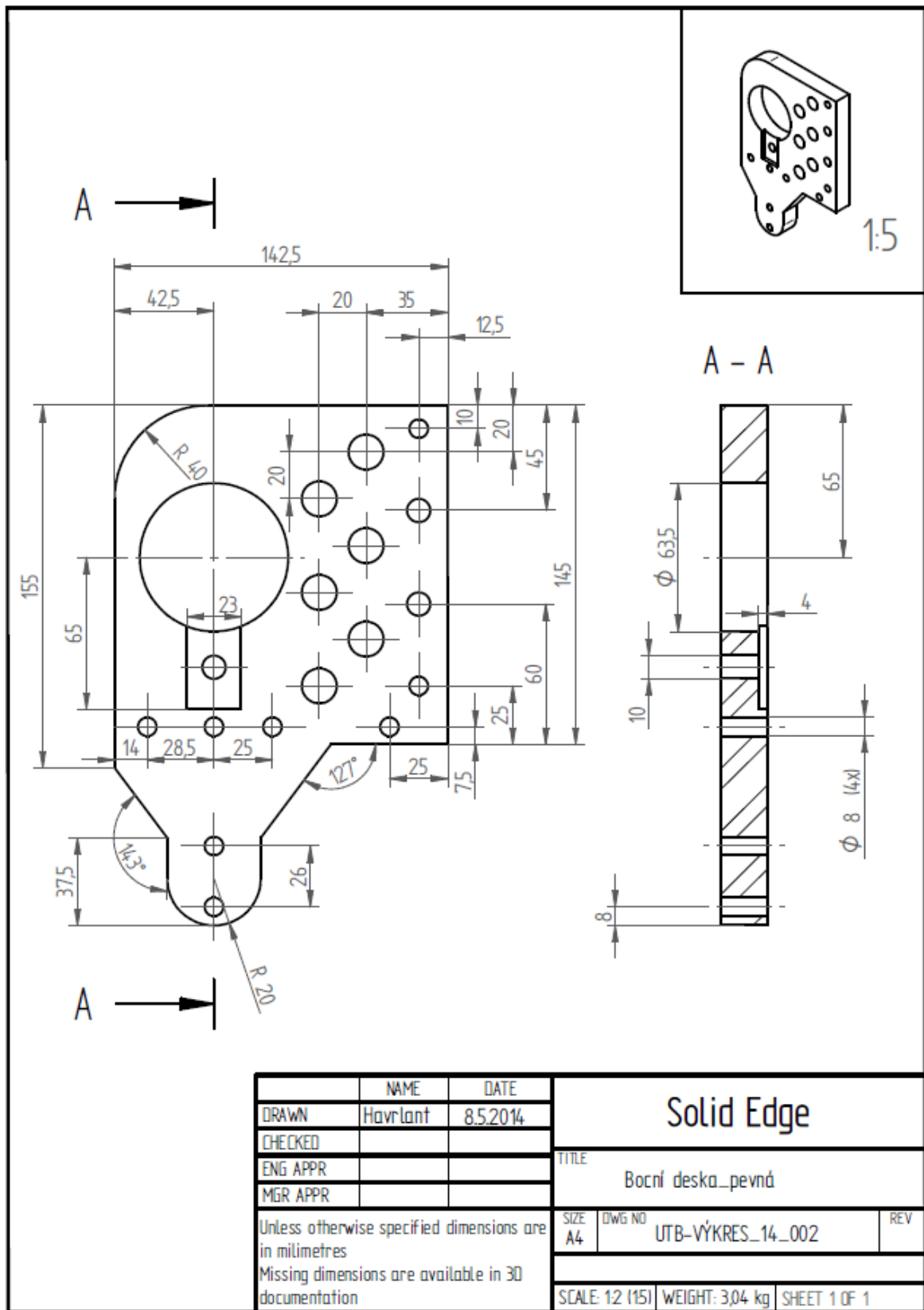
## PŘÍLOHA P II: KUSOVNÍK SESTAVY

Číslo	Název - rozměr	Ks	Výkres - Norma	Materiál
1	Pneumatický válec	1		
2	Základní deska	1	UTB_VÝKRES_14_001	17 255
3	Boční deska_pevná	1	UTB_VÝKRES_14_002	17 255
4	Boční deska	1	UTB_VÝKRES_14_003	17 255
5	Spodní deska	1	UTB_VÝKRES_14_004	17 255
6	Držák	1	UTB_VÝKRES_14_005	17 255
7	Spojka válec-páka	1	UTB_VÝKRES_14_006	17 255
8	Páka	1	UTB_VÝKRES_14_007	17 255
9	Čelist pohyblivá	1	UTB_VÝKRES_14_008	17 255
10	Čelist pevná	1	UTB_VÝKRES_14_009	17 255
11	Čep_páka	1	UTB_VÝKRES_14_010	12 061
12	Čep_spojka	1	UTB_VÝKRES_14_011	12 061
13	Čep_čelist	1	UTB_VÝKRES_14_012	12 061
14	Trubka	1		
15	Štít	1		
16	Pojistný kroužek 14	1	ČSN 02 2930	
17	Pojistný kroužek 20	1	ČSN 02 2930	
18	Matice M10 x 1	1		
19	Šroub M8x34	2	ISO 4762	
20	Šroub M8x45	6	ISO 4762	
21	Šroub M8x55	8	ISO 4762	
22	Šroub M8x60	4	ISO 4762	
23	Šroub M10x55	5	ISO 4762	

PŘÍLOHA P III:UTB\_VÝKRES\_14\_001

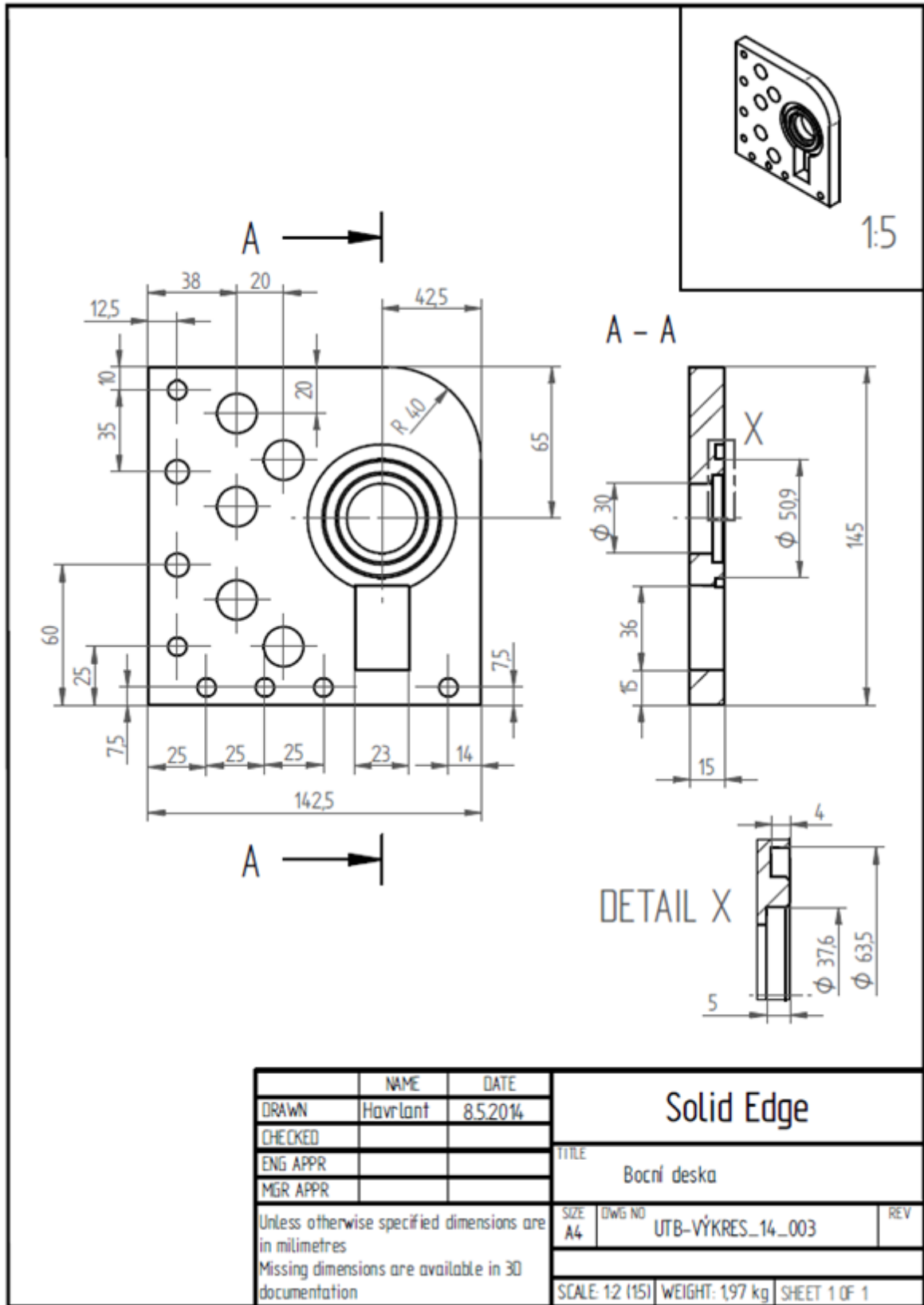


# PŘÍLOHA P IV: UTB\_VÝKRES\_14\_002



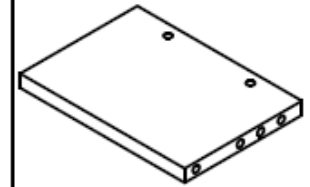
		NAME	DATE	Solid Edge	
DRAWN	Havrant	8.5.2014	TITLE		
CHECKED			Bocní deska_pevná		
ENG APPR			SIZE	DWG NO	REV
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_002	
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			SCALE: 12 (15)   WEIGHT: 3,04 kg   SHEET 1 OF 1		

PŘÍLOHA P IV:UTB\_VÝKRES\_14\_003

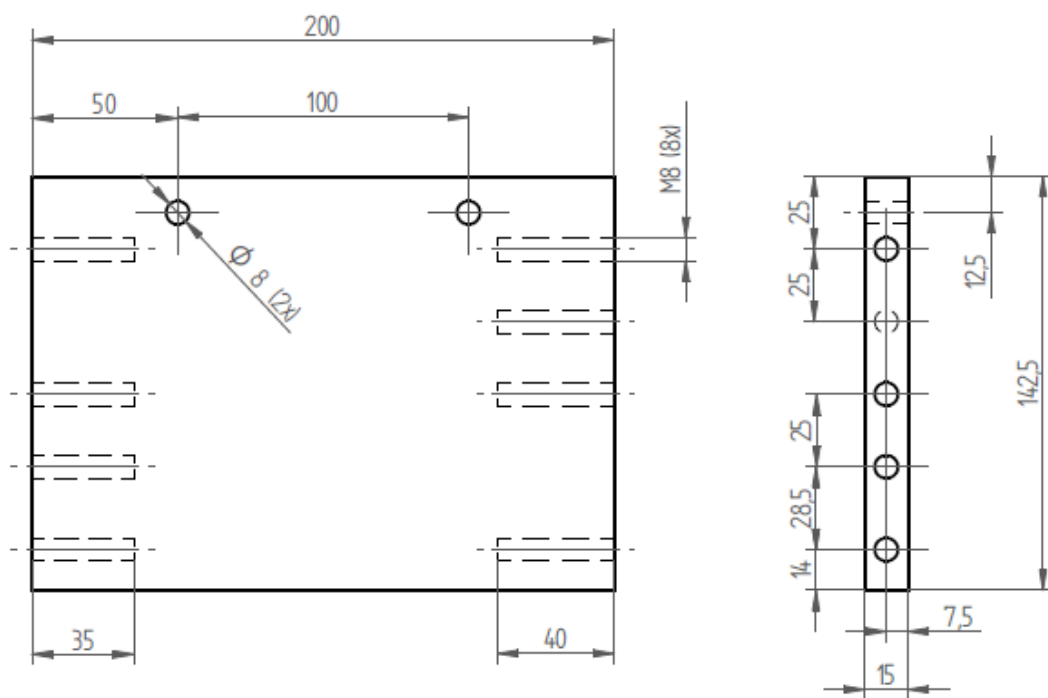


	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE		
CHECKED			Bocní deska		
ENG APPR			SIZE	DWG NO	REV
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_003	
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			SCALE: 12 (1:5)   WEIGHT: 197 kg   SHEET 1 OF 1		

PŘÍLOHA P VI:UTB\_VÝKRES\_14\_004



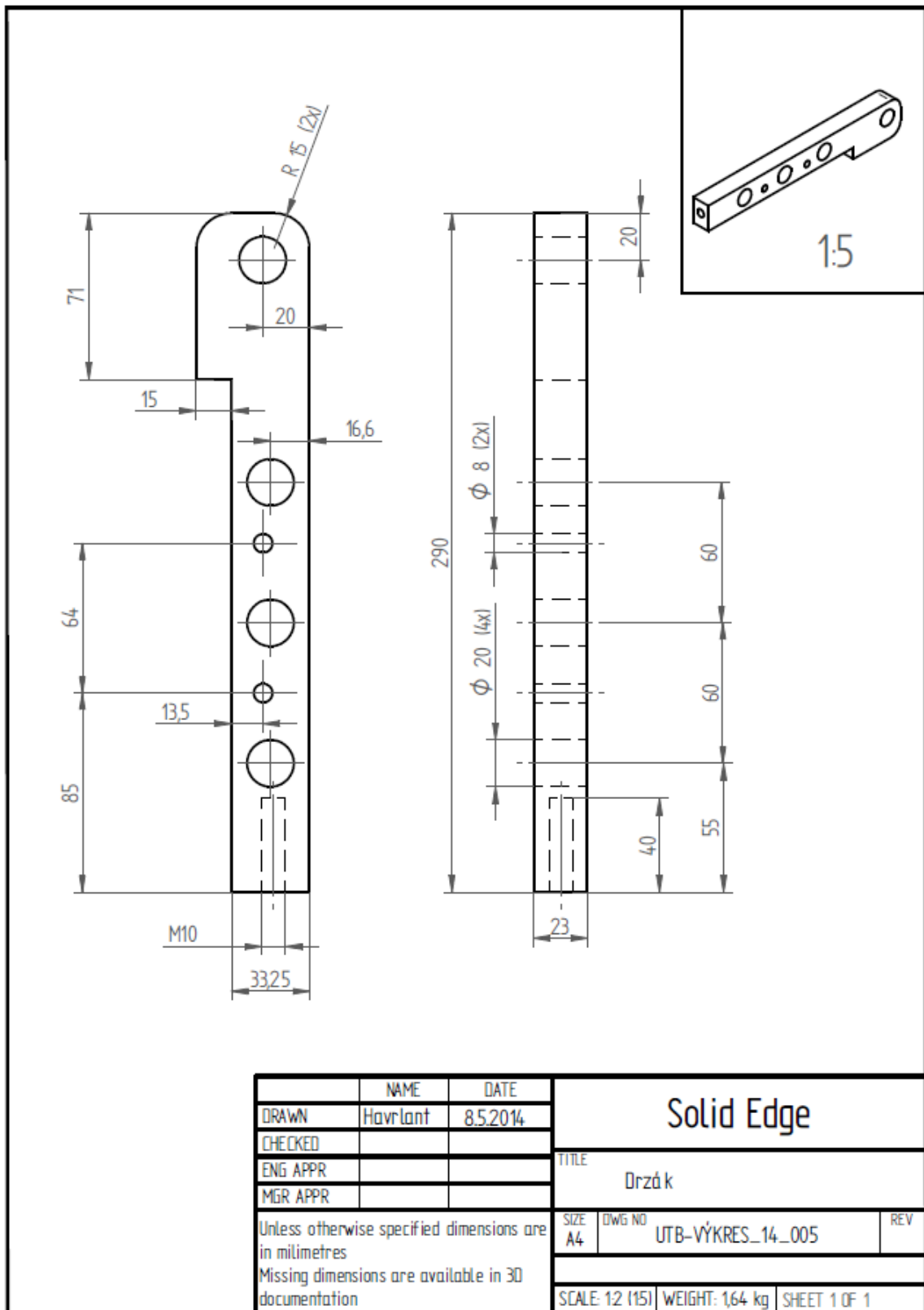
1:5



	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE		
CHECKED			Spodní deska		
ENG APPR			SIZE	DWG NO	REV
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_004	
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres			SCALE: 1:5		
Missing dimensions are available in 3D documentation			WEIGHT: 322 kg SHEET 1 OF 1		

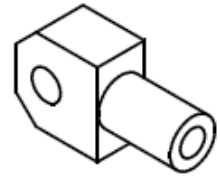


PŘÍLOHA P VII:UTB\_VÝKRES\_14\_005

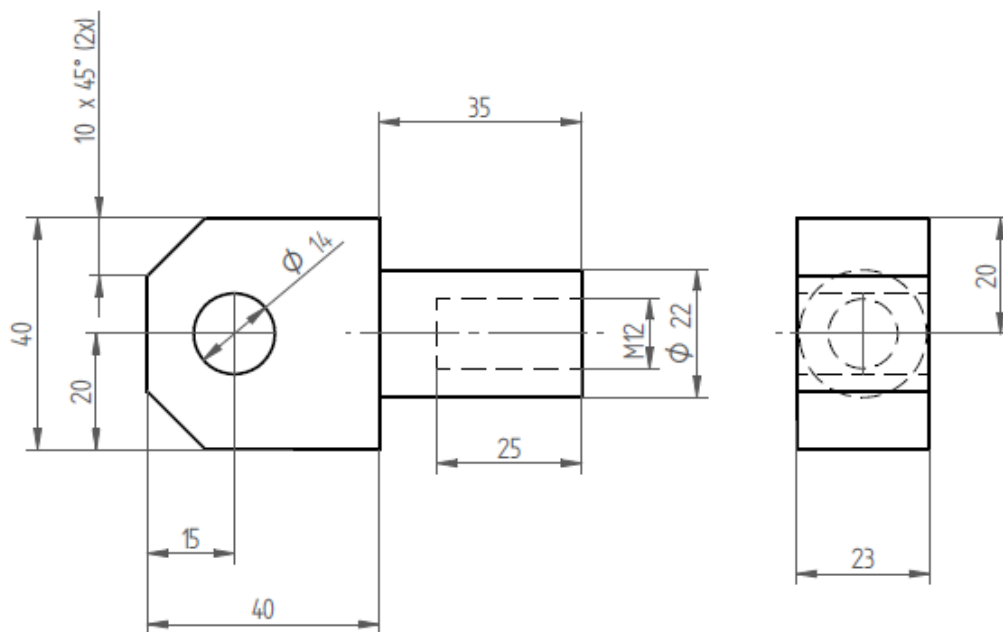


	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE		
CHECKED			Drzák		
ENG APPR			SIZE	DWG NO	REV
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_005	
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres			SCALE: 1:2 (15)		
Missing dimensions are available in 3D documentation			WEIGHT: 1,64 kg		
			SHEET 1 OF 1		

PŘÍLOHA P VIII:UTB\_VÝKRES\_14\_006

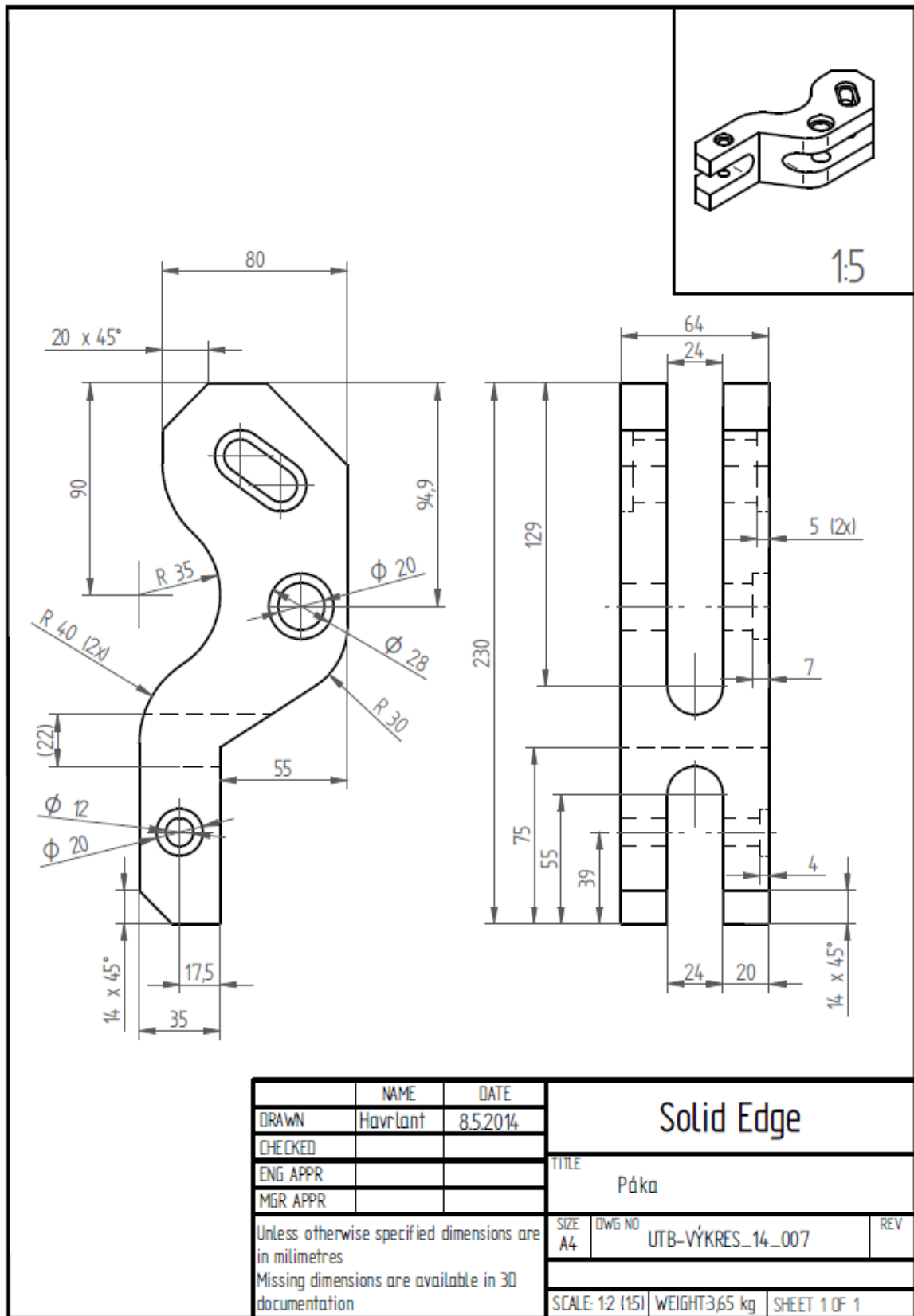


1:2

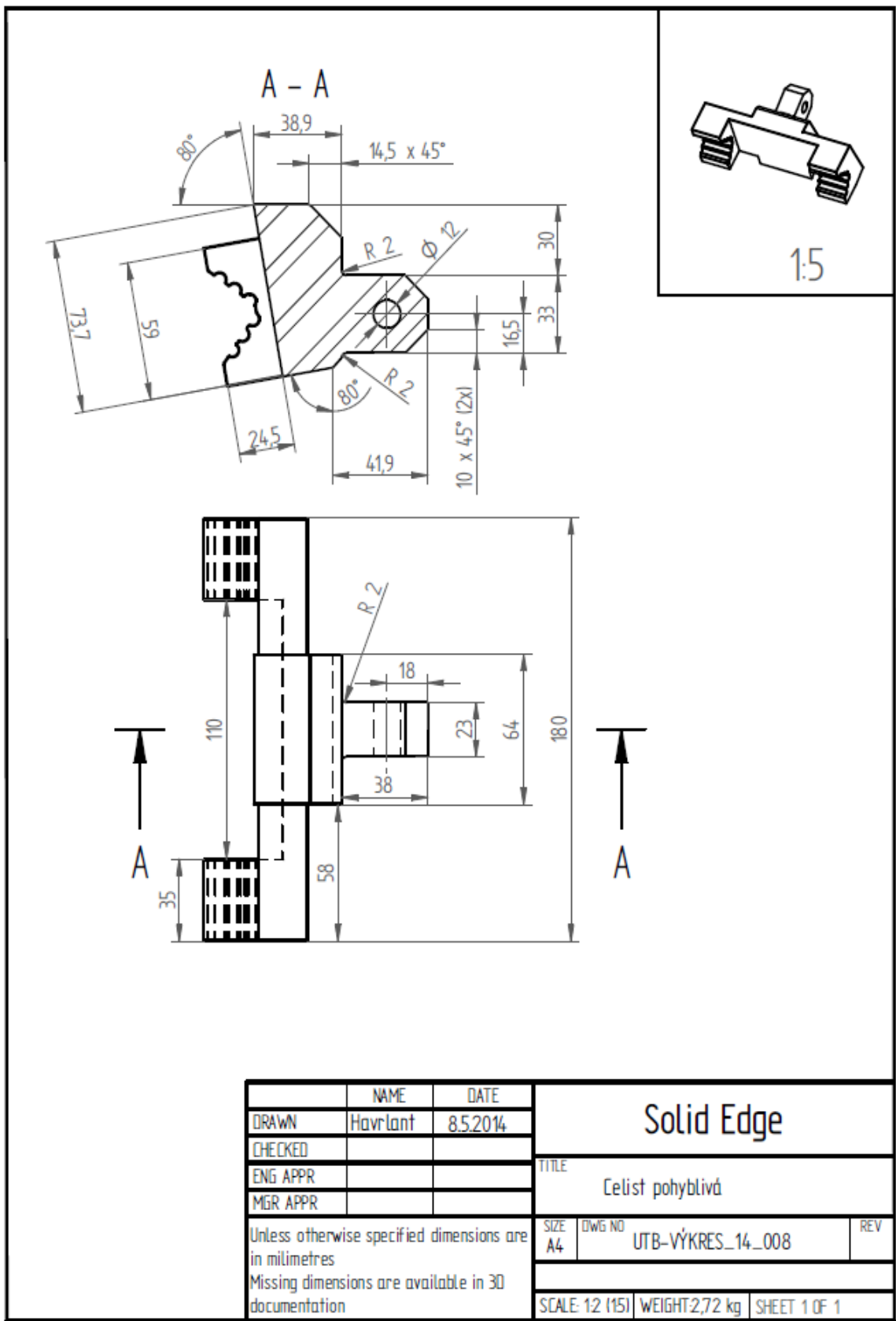


	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE Spojka válec-páka		
CHECKED					
ENG APPR					
MGR APPR					
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			SIZE A4	DWG NO UTB-VÝKRES_14_006	REV
			SCALE: 1:1 (1:2)	WEIGHT: 0,33 kg	SHEET 1 OF 1

PŘÍLOHA P IX:UTB\_VÝKRES\_14\_007

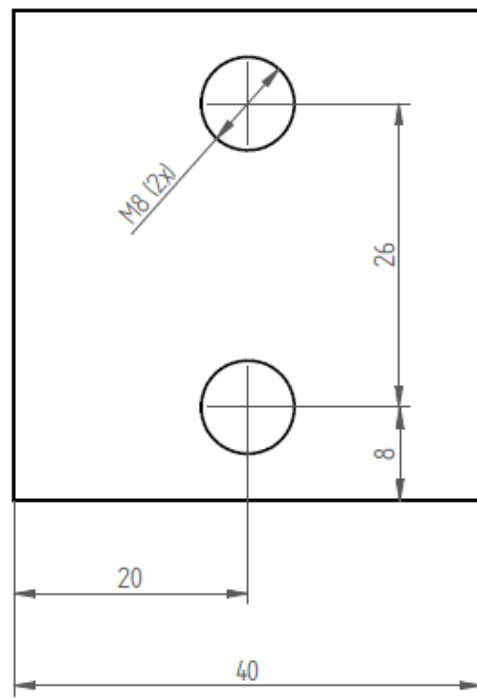
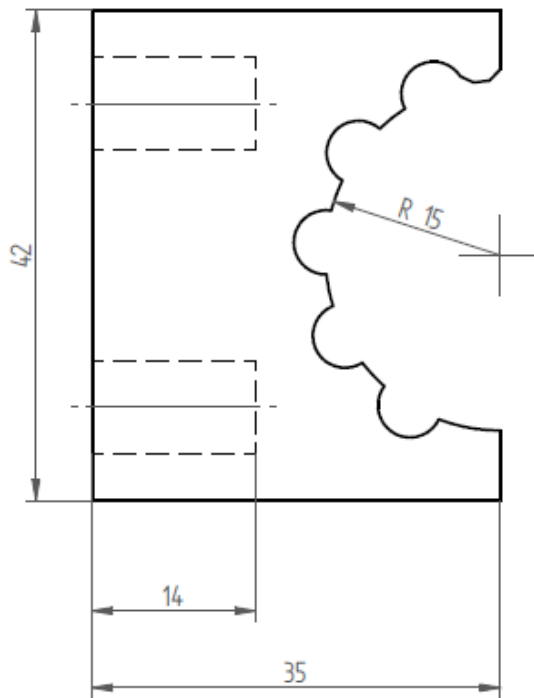


PŘÍLOHA P X:UTB\_VÝKRES\_14\_008



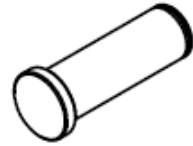
	NAME	DATE	Solid Edge	
DRAWN	Havrlant	8.5.2014		
CHECKED			TITLE	
ENG APPR			Celist pohyblivá	
MGR APPR			SIZE	DWG NO
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			A4	UTB-VÝKRES_14_008
			SCALE: 12 (15)	WEIGHT: 2,72 kg
			SHEET 1 OF 1	REV

PŘÍLOHA P XI:UTB\_VÝKRES\_14\_009

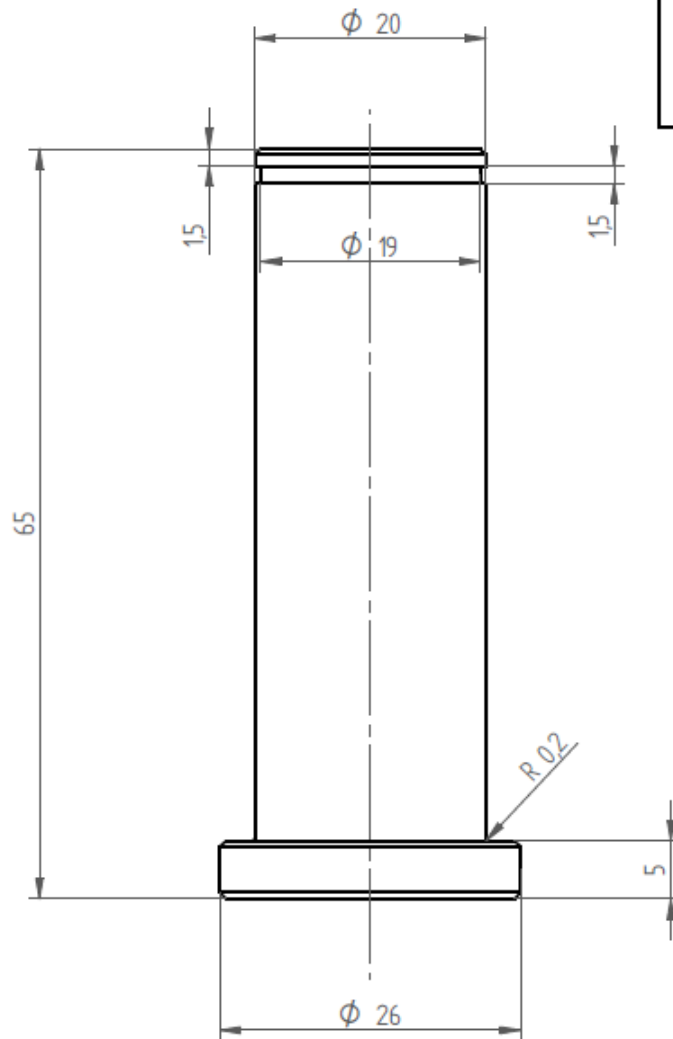


	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE Celist pevná		
CHECKED					
ENG APPR					
MGR APPR					
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			SIZE A4	DWG NO UTB-VÝKRES_14_009	REV
			SCALE: 2:1 (1:2)	WEIGHT: 0,32 kg	SHEET 1 OF 1

PŘÍLOHA P XII:UTB\_VÝKRES\_14\_010



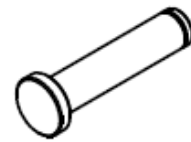
1:2



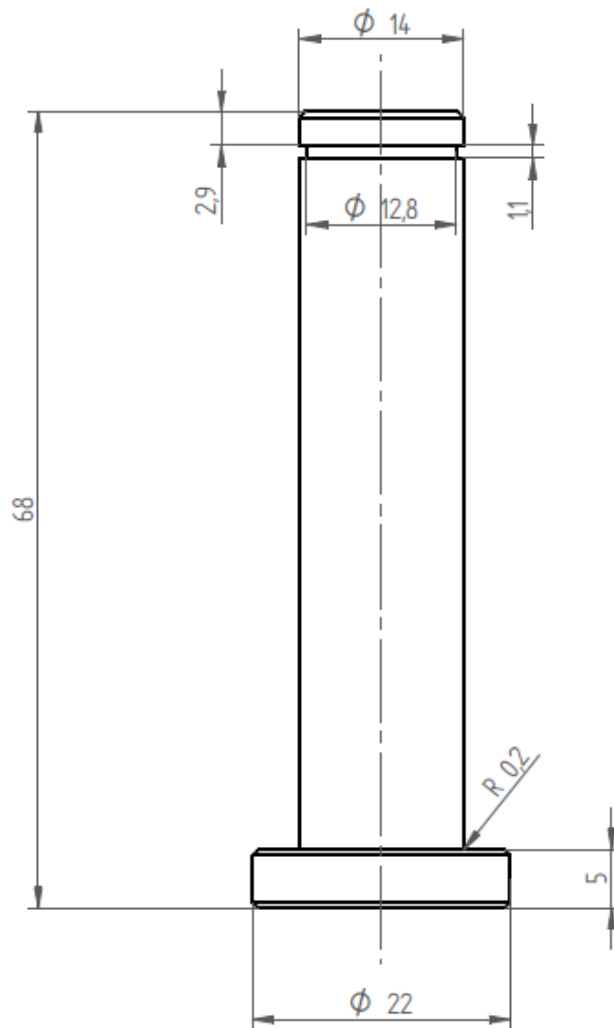
Zkosení hran 0,5 x 45°

	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE Cep_Páka		
CHECKED			SIZE A4 DWG NO UTB-VÝKRES_14_010 REV		
ENG APPR			SCALE: 2:1 (1:2) WEIGHT 0,17 kg SHEET 1 OF 1		
MGR APPR					
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation					

PŘÍLOHA P XIII:UTB\_VÝKRES\_14\_011



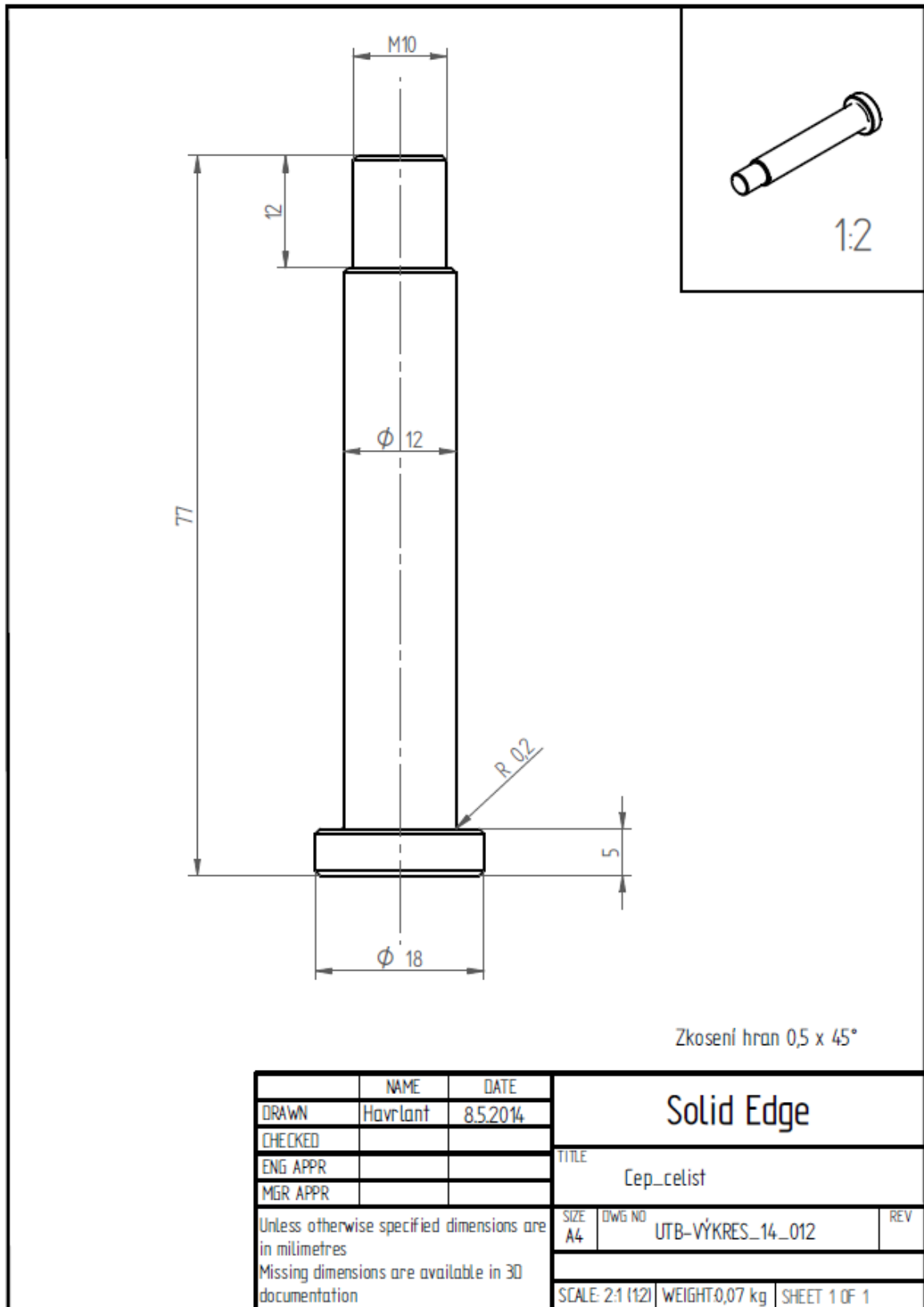
1:2



Zkosení hran 0,5 x 45°

	NAME	DATE	Solid Edge	
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE	
CHECKED			Cep_spojka	
ENG APPR			SIZE	DWG NO
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_011
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres			REV	
Missing dimensions are available in 3D documentation			SCALE: 2:1 (1:2)	WEIGHT:0,09 kg
			SHEET 1 OF 1	

PŘÍLOHA P XIV:UTB\_VÝKRES\_14\_012



Zkosení hran 0,5 x 45°

	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Havrlant	8.5.2014	TITLE		
CHECKED			Cep_celist		
ENG APPR			SIZE	DWG NO	REV
MGR APPR			A4	UTB-VÝKRES_14_012	
Unless otherwise specified dimensions are in millimetres Missing dimensions are available in 3D documentation			SCALE: 2:1 (1:2)   WEIGHT: 0,07 kg   SHEET 1 OF 1		