

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Návrh uchopovacího mechanismu pro aplikaci Bin Picking

Autor: **Bc. Štefan TUČNÝ**

Vedoucí práce: **Ing. Roman ČERMÁK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Romanu Čermákovi, Ph.D. za vedení diplomové práce, za jeho čas, který věnoval konzultacím a za poskytnutí cenných rad.

Dále děkuji Ing. Petru Čihákovi za ochotný přístup, zasvěcení do problematiky a za poskytnutí potřebných materiálů.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Tučný	<b>Jméno</b> Štefan	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. ČERMÁK, Ph.D.	<b>Jméno</b> Roman	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh uchopovacího mechanismu pro aplikaci Bin Picking		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	63	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	49	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	14
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce je zaměřena na technologii Bin Picking. Cílem bylo analyzovat současné řešení uchopovací hlavičky firmy Blumenbecker a navrhnout vlastní řešení. Dále byly obě hlavičky porovnány a zhodnocen přínos nové hlavičky.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Bin Picking, robot, strojní vidění, uchopovací hlavičky, chapadlo, kolize

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Tučný	<b>Name</b> Štefan	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T001 "Transport and handling machinery"		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. ČERMÁK, Ph.D.	<b>Name</b> Roman	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of grasping mechanism for Bin Picking application		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	63	<b>TEXT PART</b>	49	<b>GRAPHICAL PART</b>	14
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis is aimed on Bin Picking technology. The purpose of this thesis was analyze current grasping head designed by Blumenbecker company and design new grasping head. Both of these heads were compared and the asset of new head was evaluated.
<b>KEY WORDS</b>	Bin Picking, robot, machine vision, grasping head, gripper, collision

## Obsah

1	Úvod .....	4
2	Bin-Picking .....	4
2.1	Princip technologie Bin-Picking .....	5
2.1.1	Použití odkládacího přípravku .....	5
2.2	Využití Bin-Picking .....	6
2.3	Layout pracoviště .....	6
2.4	Roboty pro Bin-Picking .....	7
2.5	Uchopování dílů .....	9
2.5.1	Uchopovací hlavice .....	9
2.5.2	Antropomorfní ruka .....	13
2.6	Strojové vidění .....	13
2.6.1	Laserová triangulace .....	14
2.6.2	Stereo vize .....	15
2.7	Problematika vybírání dílů z bedny .....	16
3	Současné řešení .....	17
3.1	Skenování a Image Processing .....	18
3.2	Konstrukce současné uchopovací hlavice .....	19
3.3	Analýza kolizních stavů .....	21
3.3.1	Postup .....	22
3.3.2	Vodorovný kotouč .....	22
3.3.3	Kotouč nakloněný kolem příčné osy .....	24
3.3.4	Kotouč nakloněný kolem podélné osy .....	27
3.4	Nedostatky současného řešení .....	27
4	Návrh nové hlavice .....	29
4.1	Výpočet a volba chapadla .....	29
4.2	Návrh a konstrukce gripperu .....	31
4.3	Rozmístění gripperů .....	33
4.4	Návrh nosné konstrukce .....	34
4.4.1	Varianta s dvěma bočnicemi .....	34
4.4.2	Varianta s podélnou deskou .....	35
4.4.3	Výběr vhodné varianty .....	35
4.4.4	Konstrukce vybrané varianty .....	36

4.5	Celková sestava .....	39
5	Kolizní analýza nové uchopovací hlavice .....	39
5.1	Vodorovný kotouč .....	39
5.2	Kotouč nakloněný kolem příčné osy .....	41
5.3	Kotouč nakloněný kolem podélné osy .....	41
6	Srovnání původního a nové hlavice .....	42
6.1	Srovnání z hlediska užitnosti .....	42
6.2	Srovnání z hlediska konstrukce .....	44
7	Závěr .....	45
8	Literatura .....	46
9	Seznam obrázků .....	47
10	Seznam příloh .....	49

## Seznam použitých zkratk a symbolů

Symbol	Název	Jednotky
$F_G$	Gravitační síla	N
$m$	Hmotnost	kg
$f$	Součinitel tření	-
$F_N$	Normálová síla	N
$k$	Koeficient bezpečnosti	-
$F_p$	Přítlačná síla prstu	N
$g$	Gravitační zrychlení	$\text{ms}^{-2}$
$\sigma_D$	Dovolené napětí	MPa
$\sigma_o$	Ohybové napětí	MPa
$M_o$	Ohybový moment	Nm
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	$\text{mm}^3$
$E$	Modul pružnosti	MPa
$I$	Kvadratický moment	$\text{mm}^4$



## 1 Úvod

V dnešní době pokročilé techniky je v průmyslu lidská práce stále častěji nahrazována činností robotů. Důvodů je spousta- robot je spolehlivější, rychlejší a preciznější, neodmlouvá, nezaspí a pracuje 24 hodin denně, není nemocný a netrpí nemocemi z povolání. Přestože pořizovací náklady na robota jsou vysoké, z dlouhodobého hlediska vyjde firmu levněji než lidský pracovník. Využití průmyslových robotů a manipulátorů najde uplatnění v různých odvětvích průmyslu. Běžně se využívají pro svařování, montáž, obrábění, manipulaci s výrobky atd.

Cílem této práce bude obecně popsat technologii Bin-Picking. Dále bude v této práci analyzováno konkrétní řešení firmy Blumenbecker, přičemž analýza bude zaměřena zejména na uchopovací hlavici robotu. Po provedení a vyhodnocení analýzy budou navrženy nové varianty uchopovací hlavice a jedna vybraná varianta bude detailně rozpracována. Na závěr bude provedeno srovnání původní a nové varianty.

## 2 Bin-Picking

Bin-Picking je poměrně nová technologie, která je na začátku rozvoje. Technologie Bin-Picking přichází s myšlenkou manipulovat s předměty, které jsou náhodně uspořádané v bedně. Při běžných robotických aplikacích je potřeba, aby byly všechny díly jednoznačně orientované. To znamená vyskládané na paletě popřípadě nějakým jiným způsobem uspořádané. S příchodem technologie Bin-Picking se tato nutnost eliminuje a otevírají se tím nové možnosti na poli automatizace.



Obr. 1 - Bin-Picking [1]

Při aplikaci technologie Bin-Picking je potřeba řešit následující úlohy:

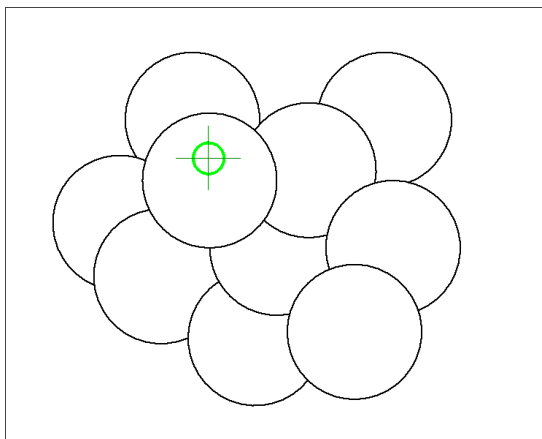
- Řízení robotu
- Strojové vidění
- Konstrukce uchopovací hlavice
- Layout pracoviště

## 2.1 Princip technologie Bin-Picking

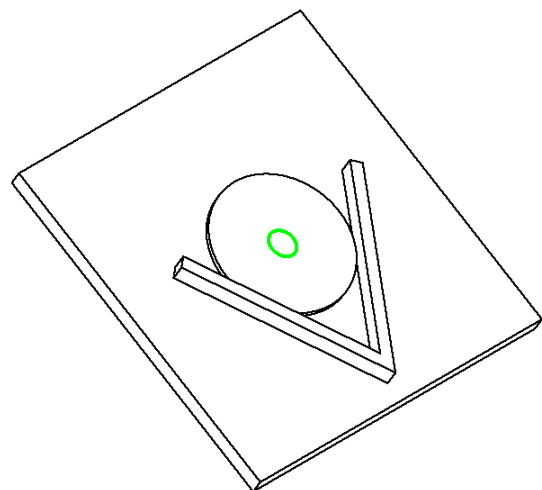
Všechny součásti jsou náhodně rozmístěné v bedně. Tyto součásti jsou naskenovány pomocí kamery a laseru. Naskenovaná data se dále zpracovávají. Zpracování těchto obrazových dat se nazývá „Image-Processing“. Následně software vyhodnotí, která součást je nejvhodnějším adeptem pro vyjmutí z bedny. Robot tuto součást vyjme z bedny a vloží ji na místo určení (např. do CNC stroje). Většinou je potřeba před založením další součásti do stroje vyjmout součást, která již byla strojem zpracována. Tuto zpracovanou součást pak robot vynese na odkládací místo (bedna, paleta, odkládací plech...). Po odebrání každé součásti z bedny je nově vzniklá situace vždy znovu naskenována. Pokud nenastane nějaký problém, opakuje se tento cyklus stále dokola.

### 2.1.1 Použití odkládacího přípravku

V některých případech není možné založit díl do stroje rovnou, protože jej nelze napoprvé přesně uchopit. Děje se tak u dílů, které nelze uchopit tvarově (např. plechové díly). Pro uchopení těchto dílů se často využívá koncový efektor s přísavkou. V tomto případě je potřeba provést jeden pracovní krok navíc, během kterého robot odloží díl na odkládací stůl s přípravkem. Tento přípravek zajistí přesně definovanou polohu součásti. Při vyjmutí dílu z přípravku je již zajištěna správná poloha uchopovaného dílu a robot ji může přemístit na místo určení.



Obr. 2 – První (nepřesné) uchopení dílu



Obr. 3 – Druhé (přesné) uchopení dílu

Odkládací přípravek je také nutné využít v případě, že je potřeba uchopit součást z druhé strany, než za kterou byla vytažena z bedny.

## 2.2 Využití Bin-Picking

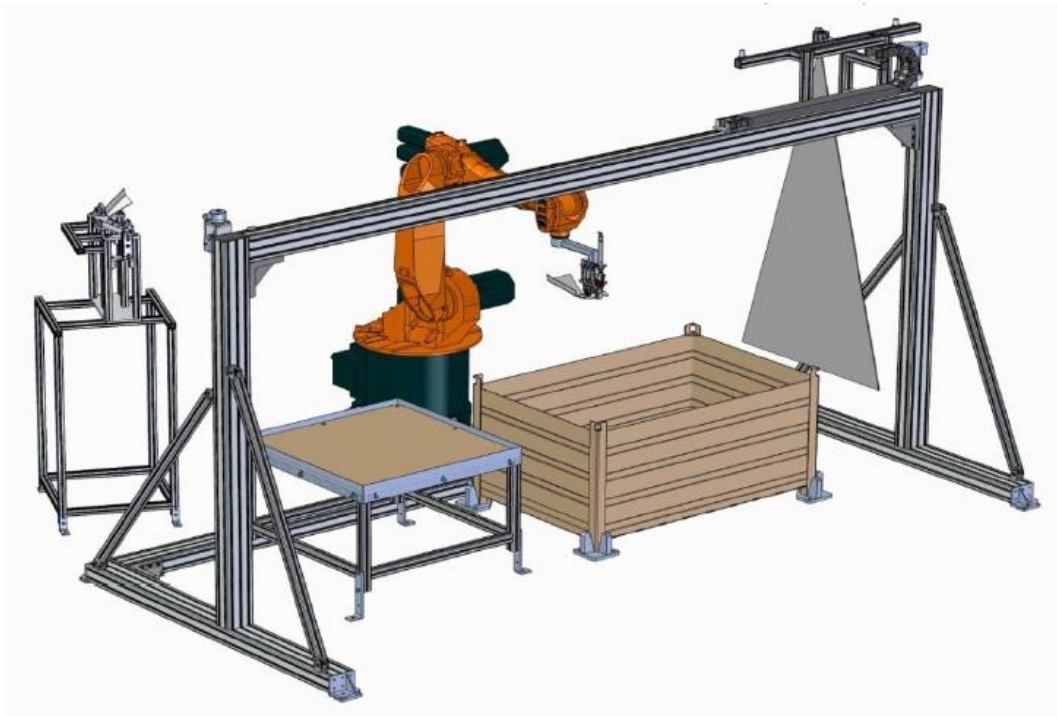
Nejvyšší stupeň automatizace a robotizace byl vždy v automobilovém průmyslu. Proto není žádným překvapením, že se tato technologie poprvé objevila na výrobních linkách automobilek. Bin-Picking je na počátku vývoje a zatím není příliš rozšířená, ale i přesto už našla využití v různých odvětvích průmyslu.

### Typické využití:

- Lisovny
- Obrábění
- Montáž
- Řešení automatizovaného vstupu polotovaru do výrobní linky

Tato technologie má velký potenciál a je jen otázka času, kdy se začne používat ve větším měřítku.

## 2.3 Layout pracoviště



Obr. 4 – Layout [2]

Přesné rozvržení pracoviště závisí na konkrétní aplikaci a prostorových možnostech. Výchozím objektem při návrhu pracoviště je robot, který musí být umístěn v blízkosti cílové pozice pro odkládání dílů. Poloha bedny se volí v závislosti na poloze robotu. Je důležité, aby byl k bedně snadný přístup kvůli její výměně po vyprázdnění. V dosahu robotu je také umístěna konstrukce s odkládacím přípravkem, pokud je v dané aplikaci zapotřebí. Další součástí pracoviště je portál, na kterém je umístěn lineární pojezd (s jedním stupněm volnosti) se skenovacím zařízením (kamera + laser), která snímá rozmístění dílů v bedně. Tento portál bývá

často smontován z hliníkových profilů. Pokud jsou díly ze stroje robotem vyjímány, bude součástí pracoviště odkládací prostor pro tyto díly.

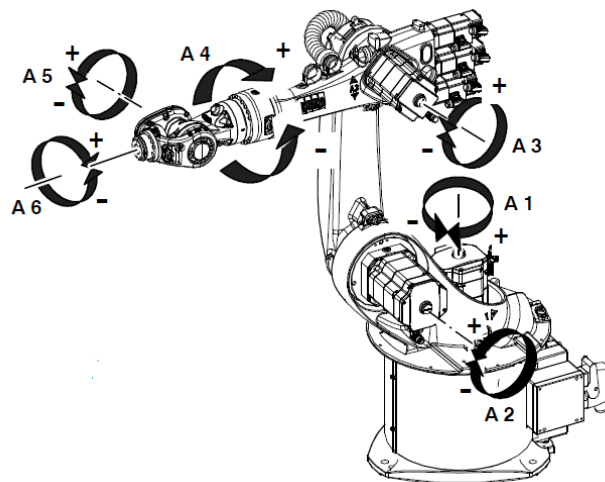
Celé pracoviště je zakrytováno, aby bylo zamezeno případnému úrazu. Krytování bývá doplněno některými bezpečnostními prvky. Mezi ně patří bezpečnostní zámek, který zabrání vstupu pracovníka do prostoru pracoviště, pokud je robot v chodu. Vedle dveří by mělo být bezpečnostní tlačítko pro nouzové vypnutí.



Obr. 5 - Zakrytované Bin-Picking pracoviště [3]

## 2.4 Roboty pro Bin-Picking

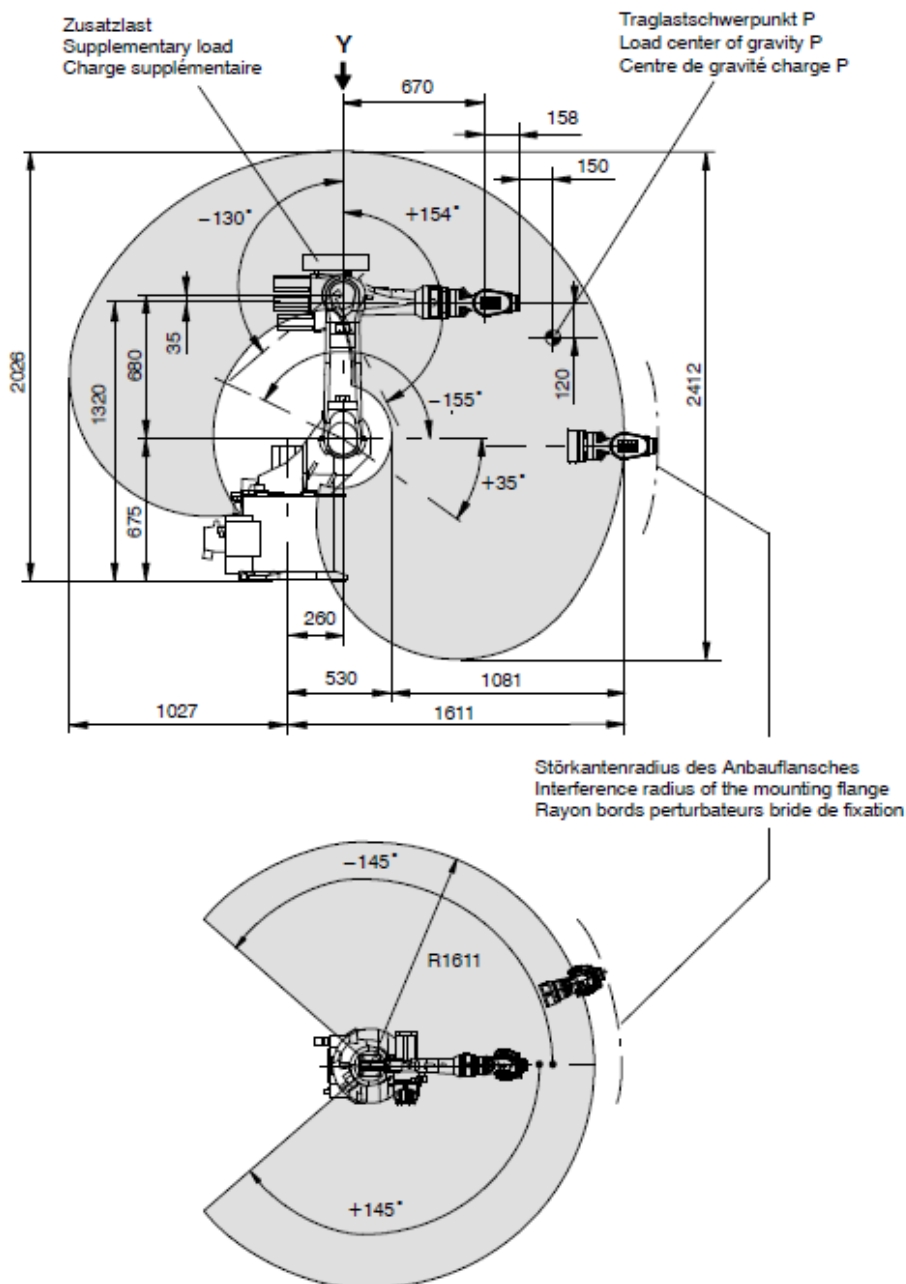
Nejpoužívanějším typem robotu v aplikaci pro Bin-Picking je průmyslový robot se šesti stupni volnosti a sériovou kinematikou. Všechny vazby jsou rotační. Roboty s paralelní kinematikou nejsou pro tuto aplikaci vhodné.



Obr. 6 - Robot se šesti stupni volnosti (KUKA KR 16) [4]

Zápěstí robotu je zakončeno přírubou, ke které se připevňuje koncový efektor. Koncový efektor je technické zařízení, které přímo vykonává činnost, ke které je robot určen. Touto činností může být výroba (dělení materiálu, svařování, obrábění, lakování), kontrola a manipulace. V rámci Bin-Picking nás zajímají pouze efektor určené k manipulaci- uchopovací hlavice. Ty budou rozvedeny v následující kapitole.

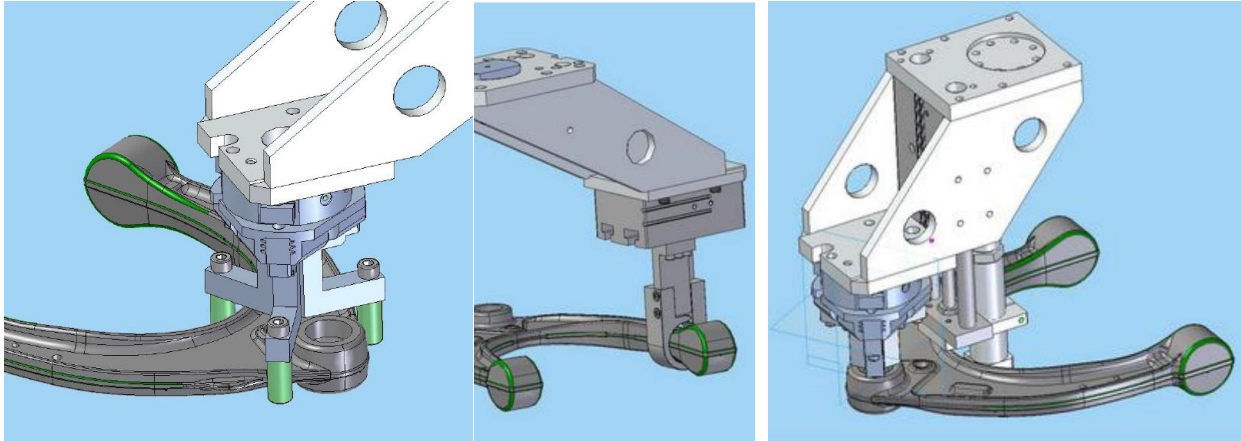
Roboty se vyrábějí v různých rozměrových řadách. Při výběru správné velikosti nás zajímá zejména nosnost a pracovní rozsah. Minimální nosnost je dána součtem hmotnosti přenášeného dílu a uchopovací hlavice. Potřebný pracovní rozsah je určen velikostí a polohou bedny, ze které budou díly vybírány.



Obr. 7 - Pracovní rozsah robotu [4]

## 2.5 Uchopování dílů

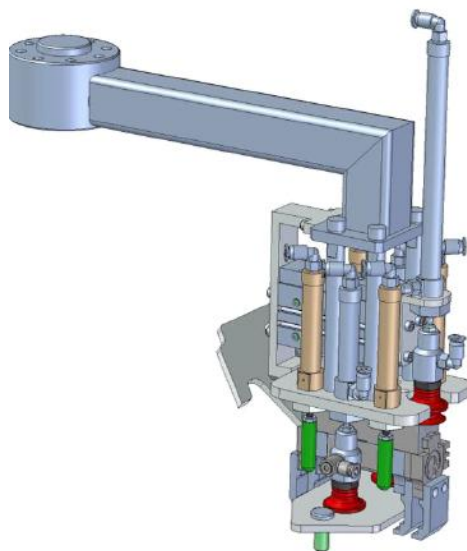
Bin-Picking lze uplatnit pro manipulaci s předměty jednoduchých i složitých tvarů. Je možné vybírat díly plošné, rotační, symetrické i nesymetrické. Tvar, rozměry, hmotnost a povrch předmětu jsou kritérii pro volbu vhodného způsobu uchopení a konstrukci uchopovací hlavičky. Většinou existuje více možností, jak danou součást uchopit.



Obr. 8 - Různé možnosti uchopení součásti [2]

### 2.5.1 Uchopovací hlavičky

Součástí každé hlavičky je takzvaný „gripper“. Gripper je zařízení, jehož prostřednictvím je součást uchopena. Grippers mohou být mechanické, vakuové nebo magnetické. Gripper je připevněn k nosné konstrukci, která je zakončena přírubou. Přes tuto přírubu se připevňuje hlavička k zápěstí robotu. Nosná konstrukce bývá konstruována tak, aby byl gripper vyosen vůči robotu. Díky tomuto vyosení lze vybírat díly, které se nacházejí u stěny bedny. V některých případech je na nosné konstrukci připevněna dvojice kamer doplněná osvětlením (viz kapitola „Strojní vidění“).

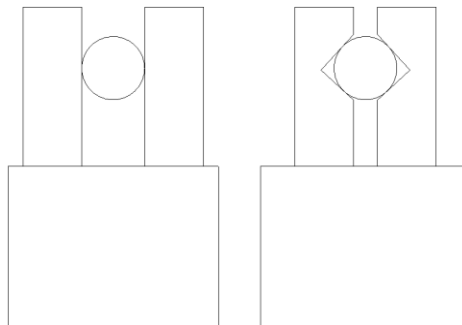


Obr. 9 – Uchopovací hlavička s vyosením [2]

Pokud je potřeba před založením nové součásti do stroje odebrat již hotovou součást, používají se gripperly dva- zakládací a odebírací.

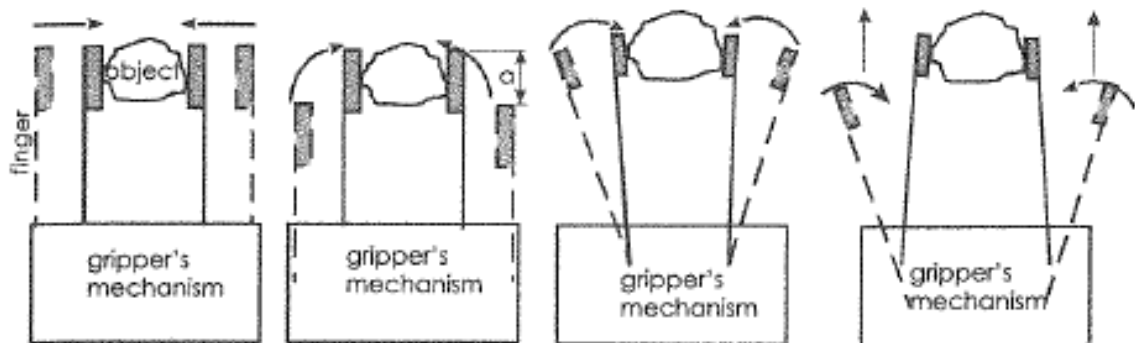
### 2.5.1.1 Mechanický gripper

Výstupní částí mechanického gripperu jsou mechanické prsty, které mezi sebou sevřou uchopovanou součást. Pohyb prstů je zajištěn elektromotorem nebo pneumatickým (popřípadě hydraulickým) válcem. Počet prstů může být různý, záleží na tvaru a velikosti součásti. Běžně se používají dvouprstové a tříprstové gripperly. Prsty se pohybují synchronizovaně. Styk mezi prsty a uchopovanou součástí může být buď silový (k uchopení je využito jen třecích sil) nebo tvarový (prsty mají do určité míry negativní tvar uchopované součásti).



Obr. 10 - Silový/tvarový styk

Prsty mají jeden stupeň volnosti a jejich pohyb může být posuvný (lineárně nebo po křivce), rotační nebo kombinací posuvného a rotačního pohybu. Způsob, jakým se budou prsty pohybovat, záleží na použitém typu mechanismu v gripperu.



Obr. 11 - Pohyb mechanických prstů [5]

#### 2.5.1.1.1 Mechanický gripper s pneumatickým pohonem

Tento typ gripperu je v průmyslové praxi nejpoužívanější. Jeho hlavní výhodou je nízká cena. Nevýhodou je obtížnější řízení síly a rychlosti sevření. Aktuátorem je pneumatický motor, který může být dvojčinný (prsty se vrátí do výchozí polohy za pomoci tlakového vzduchu) nebo jednočinný (návrat prstů zajistí pružina). Pokud je vyžadována velmi vysoká čistota prostředí (např. výroba elektrických komponent), musí být zajištěn odvod vzduchu ven a cena zařízení se prodražuje.



Obr. 12 - Gripper s pneumatickým pohonem [6]

#### 2.5.1.1.2 Mechanický gripper s elektrickým pohonem

Vyhodou je absence dalšího media v systému. Řízení síly a rychlosti uchopení je snadné a přesné. Kompaktnost zařízení je srovnatelná s gripperem s pneumatickým pohonem. Nevýhodou je vysoká cena, která je několikanásobně vyšší než u pneumatických gripperů. Proto jsou používány jen v opodstatněných případech.



Obr. 13 - Gripper s elektrickým pohonem [7]

#### 2.5.1.2 Vakuový gripper

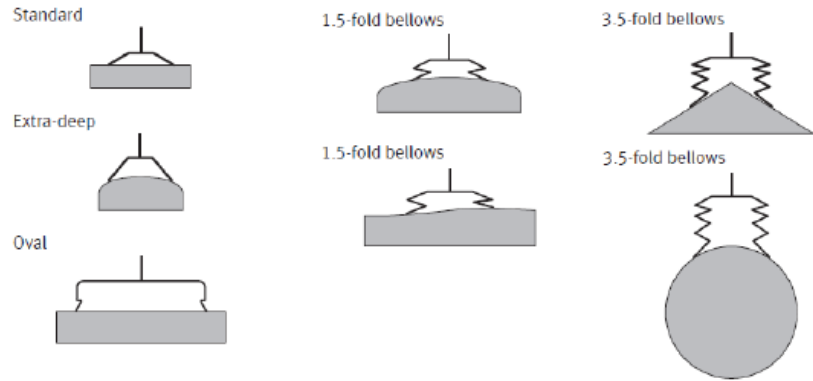
Jedná se o jednoduchou přísavku, která k uchopení součásti využívá podtlaku. K uchopení součásti se používá jedna nebo více přísavek. Pomocí nich je možno manipulovat s díly, které by šly mechanickými gripperem jen těžko uchopit (např. sklo, plechové díly). Přísavky se také využívají k manipulaci s díly, u kterých by mohlo dojít k poškození povrchu při sevření mechanickým gripperem. Předpokladem k využití tohoto způsobu uchopení je hladký povrch součásti v místě styku s přísavkou. Nevýhodou oproti mechanickým gripperům je nižší



únosnost. Pokud není povrch součástí čistý, může dojít k ucpaní přísavky. Při uchopování skleněných předmětů může přísavka zanechávat otisky. Přísavky mohou mít různé tvary, většinou se však používají kulaté nebo oválné.



Obr. 14 - Vakuová přísavka [8]



Obr. 15 - Tvary vakuových přísavek [9]

### 2.5.1.3 Magnetické hlava

Tento způsob je jednoduchý, levný a prakticky bezúdržbový. Hlava může být elektromagnetická nebo z permanentního magnetu (doplněna vyhazovacím kolíkem pro uvolnění součástí). Lze jej využít k manipulaci s kovovými předměty. Výhodou je univerzálnost- jednu hlavu můžeme využít k uchopování různých předmětů.

#### Nevýhody:

- Nebezpečí uchopení více součástí najednou
- Při zakládání do obráběcího stroje se na hlavicí mohou přichytit třísky
- Součásti přenášené magnetickou hlavou mohou zůstat zmagnetizované
- Přenášení jen feromagnetických součástí



Obr. 16 - Magnetická hlava [10]

### 2.5.2 Antropomorfní ruka

Jde o robotickou ruku inspirovanou rukou lidskou. Prsty antropomorfní ruky mají více stupňů volnosti a můžou se hýbat nezávisle na sobě. Díky tomu je antropomorfní ruka univerzální a v porovnání s běžnými grippery je mnohem šikovnější a obratnější. Předmět je možno uchopit buď konečky prstů, nebo celou plochou ruky. Uchopením předmětu konečky prstů bude přesnější, ale nebude tak pevné jako při uchycení „do dlaně“. Antropomorfní ruka je náročná na řízení a má vysokou pořizovací cenu. Přestože výrobci nabízejí různé typy antropomorfních rukou, je to stále ještě záležitost spíše pro výzkumné laboratoře než pro průmyslové aplikace. Proto se používají jen pro velmi specifické aplikace jako je protetika, androidní roboti, apod.



Obr. 17 - Antropomorfní ruka [11]

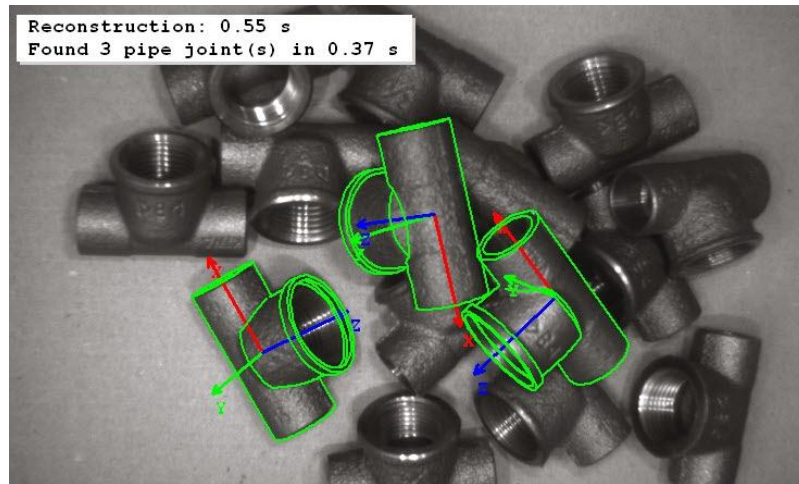
V průmyslových aplikacích se velmi dobře osvědčili jednoduché pneumatické grippery. Jsou jednoduché, spolehlivé, ekonomicky výhodné, a proto jsou využívány ve větší míře než ostatní typy gripperů.

### 2.6 Strojové vidění

Strojové vidění je realizováno kamerou a následným zpracováním obrazu (Image-Processing) Využívá k různým účelům:

- Identifikace
  - Čtení výrobních kódů
  - Rozlišení předmětu podle tvaru, barvy
- Kontrola kvality
  - Hledání vad
  - Měření
- Reverse engineering
- Navádění stroje/roboty
  - Svařování
  - Bin-Picking

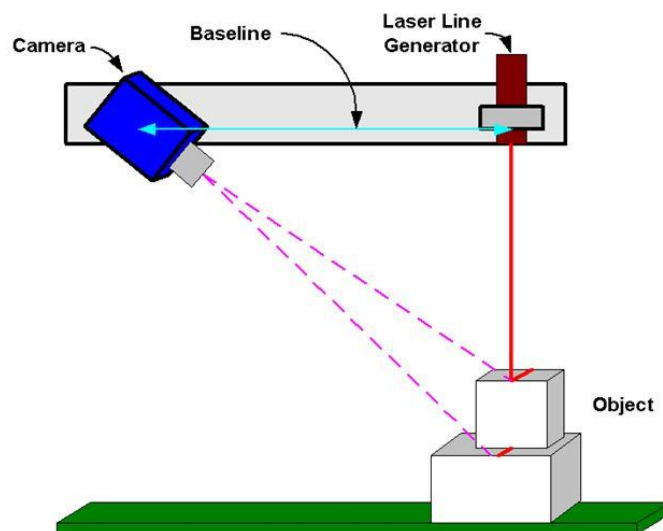
Aby mohl robot vybírat jednotlivé předměty z bedny, musí získat 3D obraz o situaci v bedně. V Bin-Picking se pro to používají dvě metody- stereo vize a laserová triangulace. Získaná obrazová data jsou dále zpracována pomocí Image-Processingu. Během tohoto zpracování jsou rozpoznány jednotlivé předměty. Z těchto předmětů jsou vyfiltrovány ty, které je možné uchopit (aniž by došlo ke kolizi robotu s okolím), a následně vybrán nejvhodnější kandidát k vyjmutí.



Obr. 18 - Image Processing- rozpoznané díly [12]

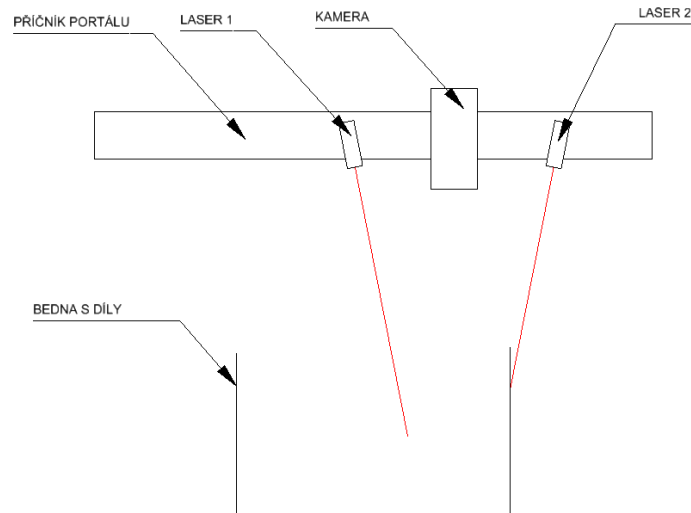
### 2.6.1 Laserová triangulace

Laserová triangulace je stereoskopická technika, kde je vzdálenost objektu vypočtena pomocí rozkmitávaného laserového paprsku a kamer. Laserový paprsek je promítán na povrch snímaného tělesa, kde jej snímají kamery. Kamery jsou umístěny ve známé poloze vůči skeneru a lze pomocí trigonometrie vypočítat 3D prostorové (XYZ) souřadnice bodů povrchu. Kamery zaznamenávají průřez laseru na povrch a digitalizují všechny body z laserové čáry. [16]



Obr. 19 - Princip laserové triangulace [13]

V Bin-Picking je kamera s laserem připevněna na portále, po kterém během skenování bedny přejíždí. Osa kamery je kolmá k příčnicku portálu a laser je nakloněn pod úhlem. Jak je vidět na Obr. 20, u kraje bedny vzniká prostor, který není schopen laser pokrýt. Proto je nutné použít dvojici laserů.

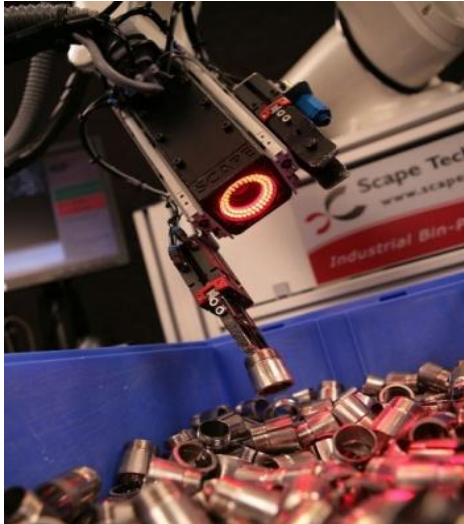


Obr. 20 – Nutnost použití dvou laserů

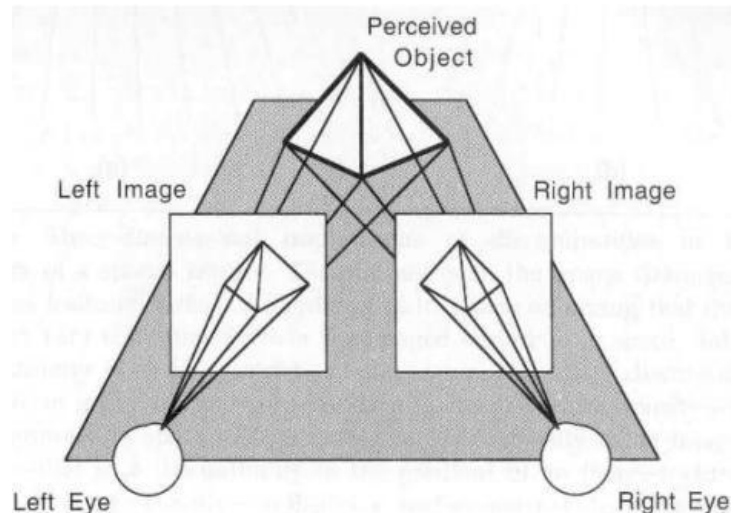
### 2.6.2 Stereo vize

Funguje na podobném principu jako lidský zrak. Tato metoda využívá dvou kamer, které směřují k objektu pod různým úhlem. Ze sejmuté dvojice obrazů z obou kamer se dá pomocí algoritmů zkonstruovat 3D obraz.

Při Bin-Picking je dvojice kamer připevněna na nosné konstrukci uchopovací hlavičky a je doplněna světlem.



Obr. 21 - Uchopovací hlavice se stereovízi [14]



Obr. 22 - Princip stereovize [15]

## 2.7 Problematika vybírání dílů z bedny

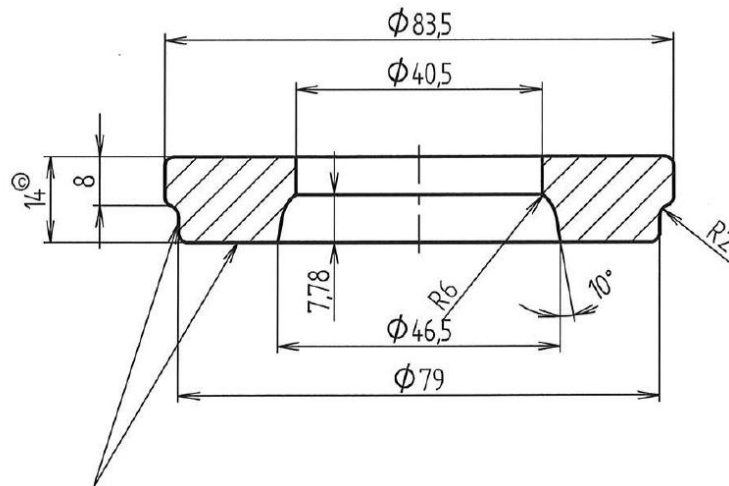
U technologie Bin-Picking nelze zaručit výběr 100% dílů z bedny, aniž by se robot zastavil. Vlivem náhodného uspořádání dílů v bedně může dojít k situaci, kdy není možné vybrat žádný další díl z bedny a robot nemůže pokračovat v práci. Může se tak stát z různých příčin. Jednou z příčin je **kolizní stav robotu s okolním prostředím** při výběru jakéhokoliv rozpoznatého dílu v bedně. Kolizní stavy se kontrolují vzhledem k bedně a vzhledem k ostatním dílům v bedně. Problematická místa pro výběr dílů jsou u stěn a v rozích bedny. Kolizní stavy můžeme redukovat vhodnou konstrukcí uchopovací hlavice. Další situace vedoucí k zastavení robotu je **nerozpoznání dílů v bedně**. Může k tomu dojít, pokud jsou díly v bedně natočeny pod takovým úhlem, že je Image-Processing není schopný identifikovat. Může také dojít k situaci, že některá ze souřadnic **natočení kloubu je mimo pracovní rozsah robotu**.

Všechny popsané situace jsou nežádoucí, protože dojde k zastavení produkce a je potřeba „rozmíchat“ díly v bedně, aby mohl robot pokračovat v práci. Díly musí rozmíchat pracovník manuálně, pokud není bedna postavena na vibračním podstavci, který v případě potřeby s bednou zatřese.

Z výše uvedeného vyplývá, že u technologie Bin-Picking nelze zaručit výběr 100% dílů z bedny, aniž by se zastavila produkce. Při návrhu řešení Bin-Picking je snaha zvýšit pravděpodobnost úspěchu výběru součástí na maximum.

### 3 Současné řešení

V této kapitole bude analyzováno řešení firmy Blumenbecker pro výběr součástí kotoučového tvaru z bedny. Kotouče jsou ocelové výkovky, které budou zakládány do CNC obráběcího stroje. Jako robot je použit KUKA KR 16.



Diese Flächen werden nicht bearbeitet

Obr. 23 - Rozměry kotouče [2]

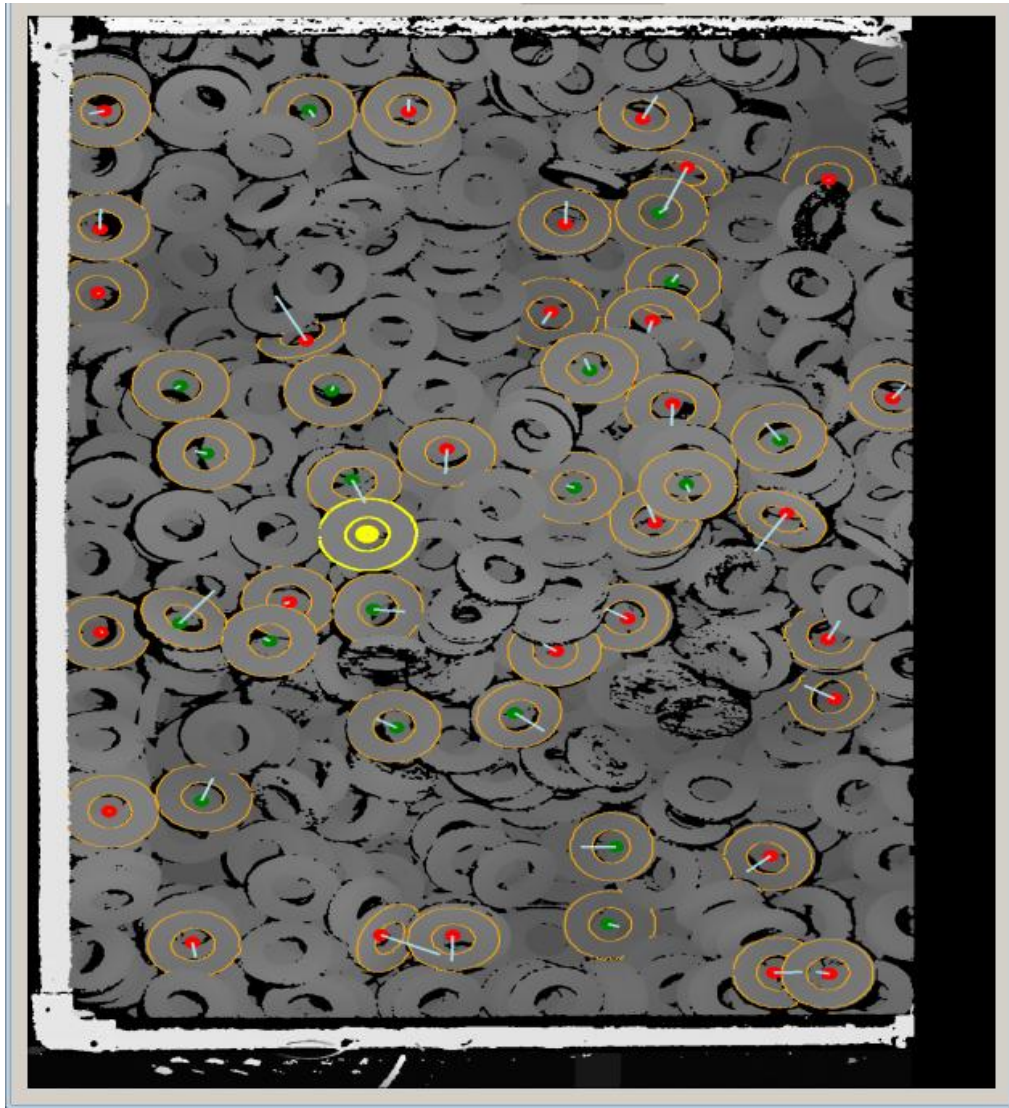
Kotouč se uchopuje prsty gripperu za vnitřní průměr. Součást není symetrická podle vodorovné osy a je tedy nutné rozlišovat rub a líc. Pokud je součást vytažena z bedny tak, že rubová strana směřuje nahoru, je potřeba ji odložit nejprve na odkládací přípravek. Poté robot uchytí součást znovu, tentokrát však lícovou stranou nahoru.

Před založením součásti do stroje se nejprve vyjme již obrobená součást. Proto je uchopovací hlavice vybavena dvěma gripper- zakládacím a odebíracím. Obrobený díl pokládá robot na paletu.

Kotoučů, které budou vybírány robotem, je celá sada. Liší se velikostí, tvarově jsou stejné. Bedna bude naplněna vždy kotouči o stejné velikosti. Při přechodu na jinou velikost kotoučů bude potřeba zaměnit čelisti gripperu. V této práci provedena analýza, ve které se bude vycházet z kotouče zobrazeného na Obr. 23. Při dimenzování však budeme počítat s tíhou největšího kotouče z celé sady. Jeho hmotnost je 1,3 kg.

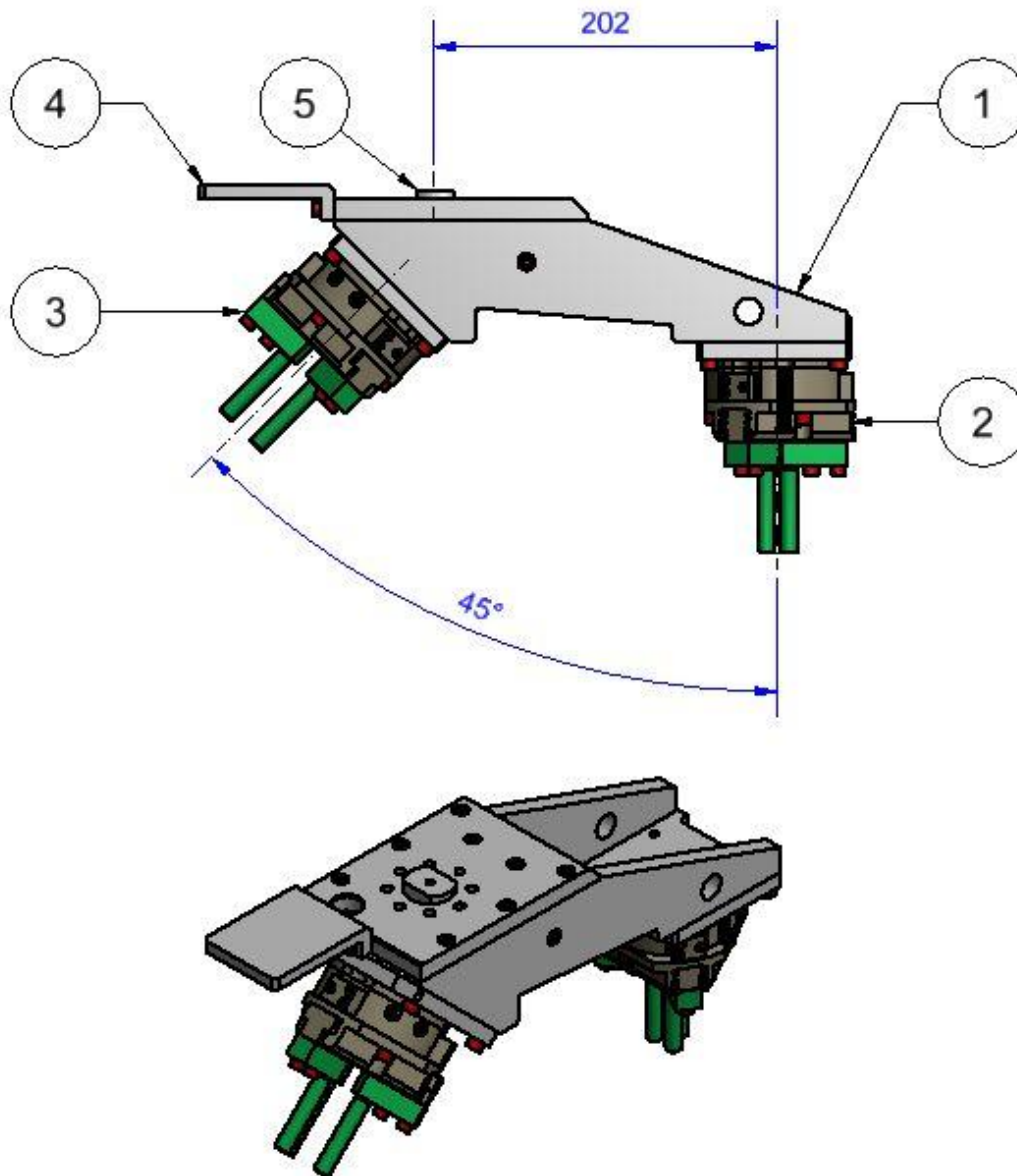
### 3.1 Skenování a Image Processing

Po zpracování obrazu označeny součásti, které byly rozpoznány. Červenou tečkou jsou označeny součásti, které nelze z bedny vyjmout kvůli kolizní situaci. Zelenou tečkou jsou označeny součásti, které lze z bedny vyjmout. Žlutě je označena součást, která byla vybrána jako kandidát k vyjmutí pro následující cyklus robotu.



Obr. 24 - Obraz zpracovaný Image Processingem [2]

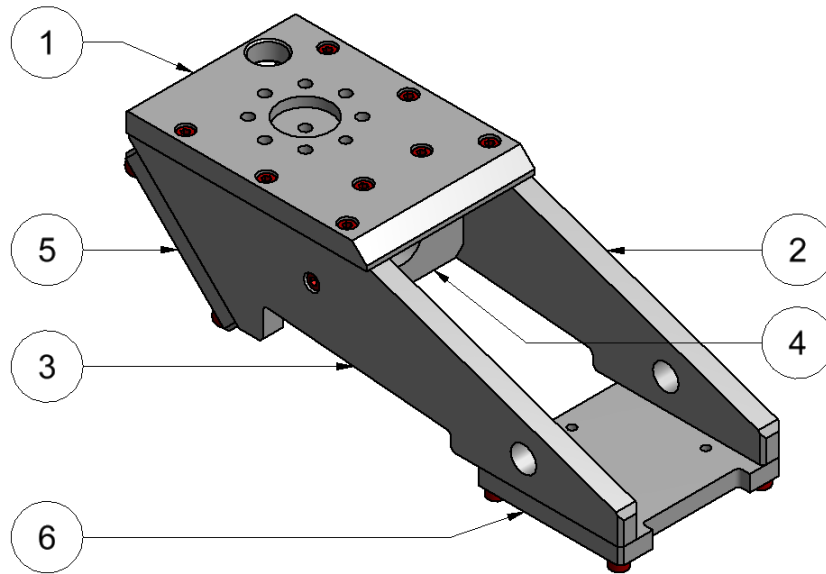
### 3.2 Konstrukce současné uchopovací hlavice



Obr. 25 - Současná uchopovací hlavice

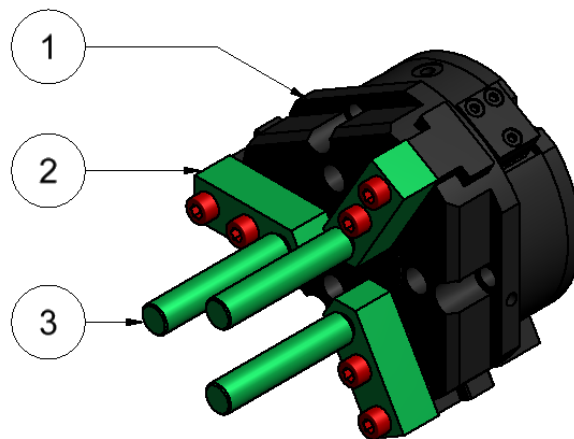
Hlavice se skládá z nosné konstrukce (1), na které je připevněn základací gripper (2) a odebírací gripper (3). Základací gripper je vyosen vzhledem k ose zápěstí robotu o 202mm, aby bylo možné odebírat díly, které jsou situovány v okolí okraje bedny. Aby odebírací gripper při vybírání dílů z bedny nepřekážel, je vykloněn o 45°. K nosné konstrukci je připevněn úchyt flexibilní hadice (4). Skrz flexibilní hadici jsou vedeny vzduchové hadice vedoucí ke gripperům. K hlavní desce nosné konstrukce je přišroubován středící čep (5), který zajistí přesnou polohu uchopovací hlavice vůči zápěstí robotu.





Obr. 26 - Nosná konstrukce

Všechny díly nosné konstrukce jsou kvůli nízké hmotnosti vyrobeny z hliníku. K hlavní desce (1) jsou přišroubovány bočnice (2;3). Poloha bočnic vzhledem k desce je zajištěna kolíky. K bočnicím jsou připevněny desky pro uchycení gripperů (5;6), jejichž správná poloha je také zajištěna kolíky. Konstrukce je mezi bočnicemi vyztužena žebrem (4). Průchozí díry v bočnicích, žebru a hlavní desce slouží k protažení vzduchových hadic. V hlavní desce je vyvrtáno osm otvorů pro šrouby M6. Těmito šrouby se připevňuje uchopovací hlavice k zápěstí robotu. Zahloubení v hlavní desce slouží k připevnění středícího čepu.



Obr. 27 – Gripper

Konstrukce základního i odebíracího gripperu je totožná. Hlavní komponentou je pneumatické chapadlo Schunk JGZ 80-1 (1). Toto chapadlo má tři čelisti, které se pohybují paralelně v T-drážce. Ke každé čelisti je připevněna malá lišta (2), do které je našroubována prst (3). Prst tvoří závitová tyč o velikosti M10. Po přivedení tlakového vzduchu do pneumatického chapadla se všechny tři prsty roztáhnou a uchopí kotouč za vnitřní průměr. Chapadlo je vybaveno snímači koncové polohy, díky kterým je možno detekovat dva stavy polohy prstů-

„zcela otevřené“ a „zcela zavřené“. Součást je vyhodnocena jako úspěšně uchopená, pokud není detekován ani jeden z těchto stavů.

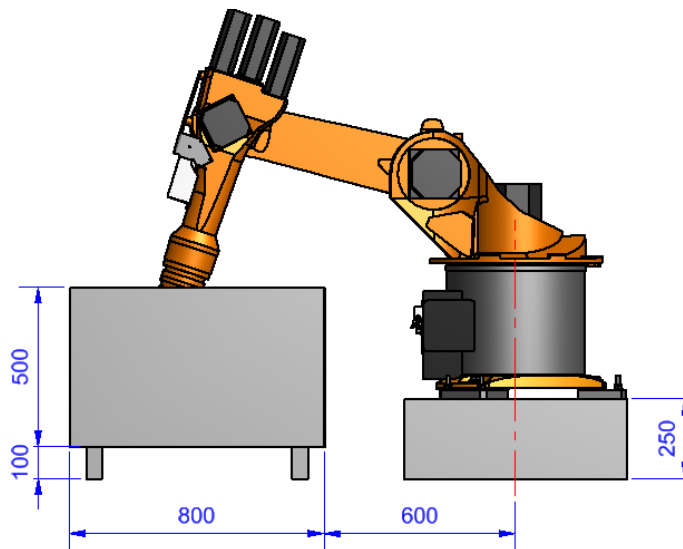


Obr. 28 - Chapadlo SCHUNK JGZ 80-1 [15]

### 3.3 Analýza kolizních stavů

Ne všechny díly, které jsou rozpoznány Image Processingem, je možné uchopit. Robot je naprogramován tak, aby se za každých okolností vyhnul kolizím jak s bednou, tak i s dalšími součástmi v bedně. Protože součástí této práce bude návrh uchopovací hlavice, která bude mít větší úspěšnost při vybírání dílů z bedny, než původní řešení, provedeme analýzu kolizních stavů. Výsledky této analýzy budou vodítkem při návrhu nové hlavice. Budeme brát v úvahu pouze kolize s bednou, nebudeme v rámci analýzy uvažovat ovlivnění situace okolními kotouči. Nově navržená hlavice bude také podrobena analýze a srovnáním výsledků bude možné ověřit přínos nového řešení.

Analýza bude řešena pomocí vytvořeného testovacího modelu v programu Autodesk Inventor 2012. Tento model bude obsahovat robota (včetně podstavce a uchopovací hlavice) a bednu. Rozměry bedny (1200x800x500) a její poloha vůči robotu odpovídají skutečnosti. V této bedně bude umístěn jeden kotouč. Pozici kotouče budeme postupně měnit, přičemž budeme sledovat kolizní stavy robotu s bednou.



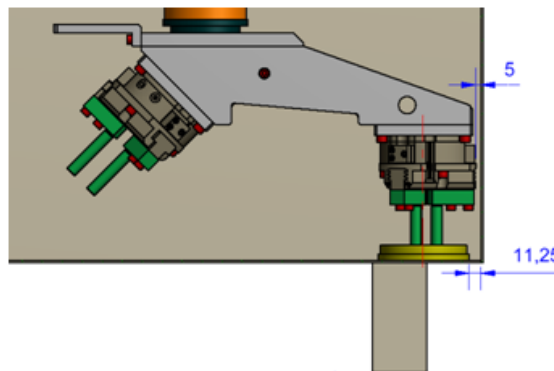
Obr. 29 - Model vytvořený pro analýzu

### 3.3.1 Postup

K této analýze bude použit jeden model kotouče, který umístíme do prostoru bedny. Zakládací gripper zakončíme pomocí vazeb ke kotouči. Budeme zkoumat kolizní situaci po celém obvodu bočních stěn bedny. Polohu kotouče zvolíme vždy tak, aby byl co nejbliž příslušné stěně bedny a zároveň aby žádná z částí robotu (ani uchopovací hlavice) nebyla v kolizi se stěnou. Kvůli bezpečnosti budeme uvažovat minimální možnou vzdálenost jakékoliv části robotu (uchopovací hlavice) 5mm od stěny bedny. Trasu kotouče budeme zaznamenávat, abychom mohli analýzu následně vyhodnotit. Kolize budeme hodnotit při třech různých polohách kotouče- vodorovná, nakloněná podél vodorovné osy a nakloněná podél příčné osy. Úhel naklonění bude  $45^\circ$ , což je maximální možné naklonění, kdy je kotouč možné Image-Processingem detekovat.

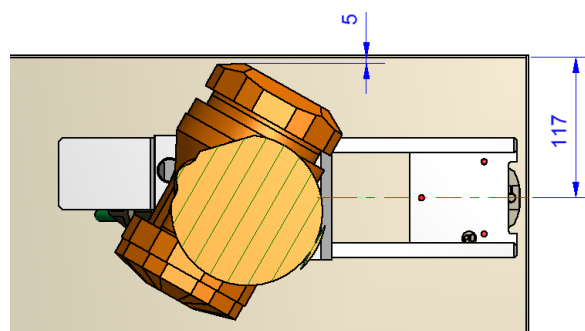
### 3.3.2 Vodorovný kotouč

Nejprve budeme hledat nejmenší možnou vzdálenost kotouče od přední stěny. V této situaci bude podélná osa uchopovací hlavice kolmá k přední stěně. Pokud odsadíme uchopovací hlavici od stěny o bezpečnou bezkolizní vzdálenost 5mm, odsazení kotouče nám vyjde 11,25 mm. Bude to platit po celou výšku bedny. Znamená to tedy, že všechny vodorovně orientované kotouče, které budou mít menší vzdálenost od přední stěny, nebude možné robotem odebrat.



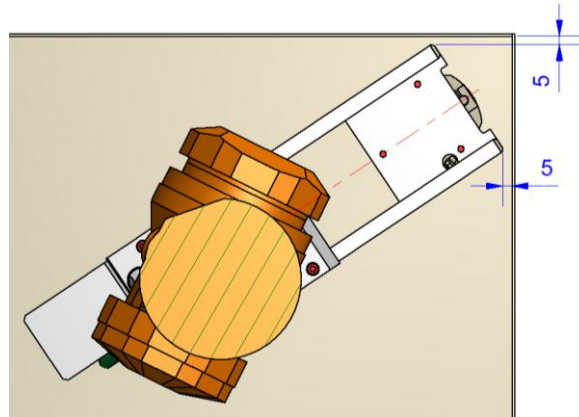
Obr. 30 - Kotouč u přední stěny

Dále budeme posouvat kotoučem směrem k boční stěně, dokud se k ní robotem nepřiblížíme na nejmenší možnou bezpečnou vzdálenost. Kotouč se nyní nachází v blízkosti rohu bedny.



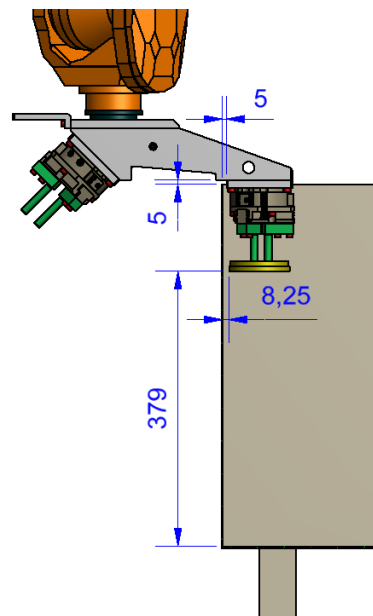
Obr. 31 – Kotouč v blízkosti rohu

Z této pozice budeme kotoučem pohybovat tak, aby se postupně oddaloval od přední stěny a přibližoval se ke stěně boční. Během této fáze se bude uchopovací hlavice otáčet. Po celou dobu pohybu musíme hlídat kolizi stěn s hranami uchopovací hlavice i se zápěstím robotu.



Obr. 32 – Kotouč v rohu

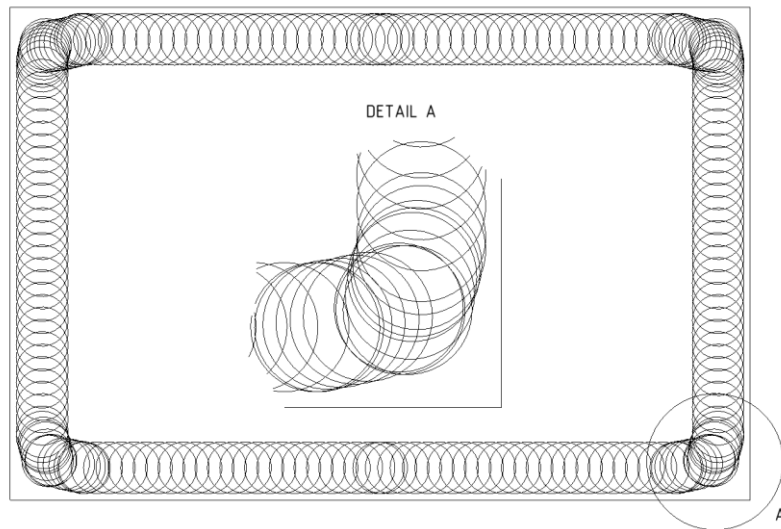
Až se dostaneme dostatečně daleko od přední stěny, najdeme nejbližší možnou bezpečnou vzdálenost kotouče ke stěně boční (podélná osa uchopovací hlavice bude kolmá k boční stěně). Ta bude stejná jako u přední stěny, ale jen do výšky 379mm nad dnem. Kotouče, které budou umístěné výš, je možno vybrat robotem zvenčí.



Obr. 33 - Kotouč u pravé stěny, vybírání zvenčí

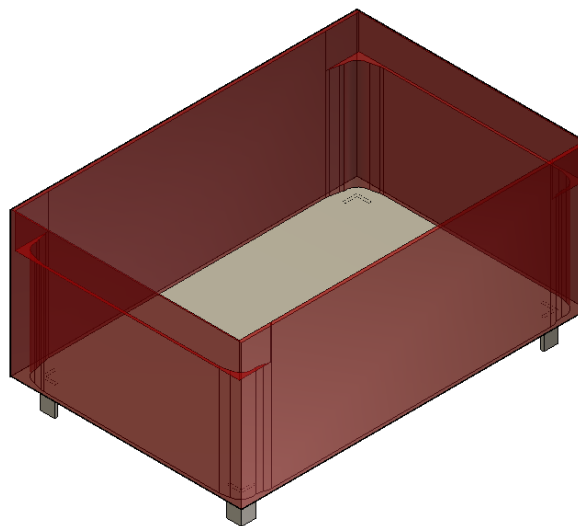
Kotoučem opět projedeme podél celé stěny, dokud se nepřiblížíme do dalšího rohu. V této chvíli budeme pohybovat kotoučem obdobným způsobem jako v předchozím rohu, dokud se nedostaneme k nejbližší možné vzdálenosti k zadní stěně. U zadní stěny není možné vybírat kotouče zvenčí, dostali bychom se mimo pracovní rozsah robotu. Situaci u pravé stěny není třeba zkoumat, neboť bude stejná jako u levé jen zrcadlově obrácená.

Nyní můžeme vyhodnotit dosažitelnost kotoučů v celém prostoru bedny. Při pohybu po dně bedny byly postupně do půdorysného náčrtu promítány kružnice představující obvod kotouče. Tato množina kružnic nám vytváří jakousi obálku.



Obr. 34 - Obálka

Vně obálky vzniká plocha, kterou budeme nazývat „mrtvá zóna“. Pokud se jakýkoliv (vodorovný) kotouč nachází (byť jen částí svého objemu) v prostoru mrtvé zóny, není možné ho z kolizních důvodů z bedny vyjmout. Mrtvou zónu vysuneme do prostoru a zmenšíme ji o prostor, kde je možné vybírat díly zvenčí. Její model si zobrazíme v bedně červenou barvou:



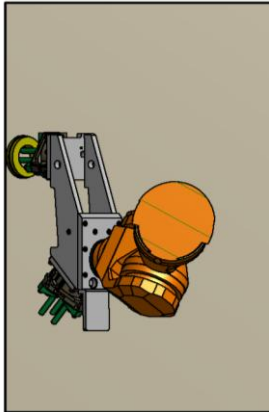
Obr. 35 - Mrtvá zóna

Mrtvá zóna tvoří **4,5%** z celkového objemu bedny.

### 3.3.3 Kotouč nakloněný kolem příčné osy

Budeme postupovat obdobným způsobem jako u vodorovného kotouče. U levé boční stěny je možné vybrat všechny kotouče. Jediné omezení je v rozích, kde jsme omezeni kolizí

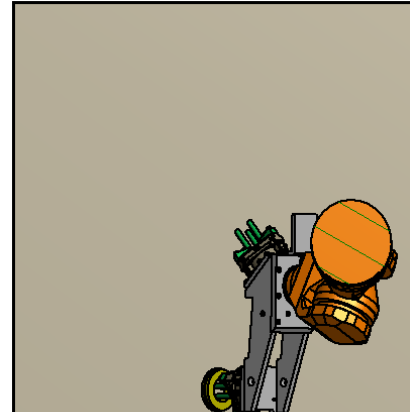
uchopovací hlavice s přední/zadní stěnou bedny. Podél přední a zadní stěny je nejbližší možná vzdálenost kotouče neměnná, pokud se nacházíme v dostatečné vzdálenosti od pravé stěny.



Obr. 36 - Levá stěna

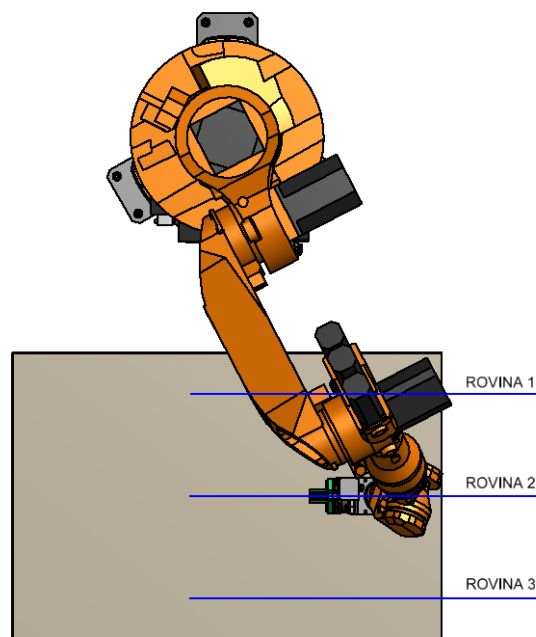


Obr. 37 - Přední stěna



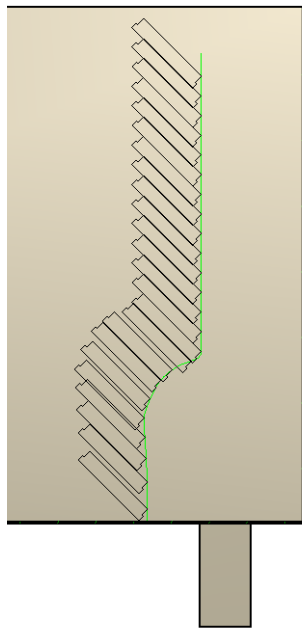
Obr. 38 - Zadní stěna

Situace u pravé stěny je trochu komplikovanější. Zde jsme omezeni kolizí zápěstí robotu. Nejbližší možná vzdálenost kotouče od stěny je proměnná jak při podélném tak i svislém pohybu. Je to dáno tím, že zápěstí se při pohybu natáčí a mění svou vzdálenost od stěny. Abychom vytyčili mrtvou zónu, budeme zkoumat pohyb kotouče ve svislém směru ve třech různých rovinách. První rovina bude v blízkosti přední stěny, druhá v prostředku bedny a třetí v blízkosti zadní stěny.

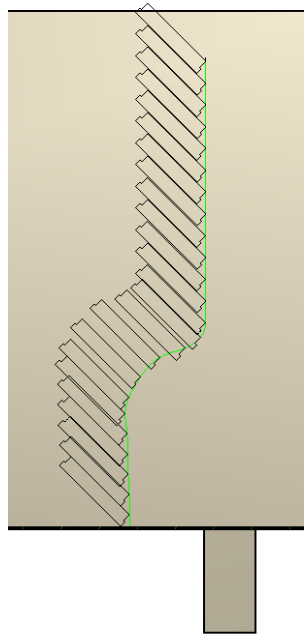


Obr. 39 - Roviny obálek

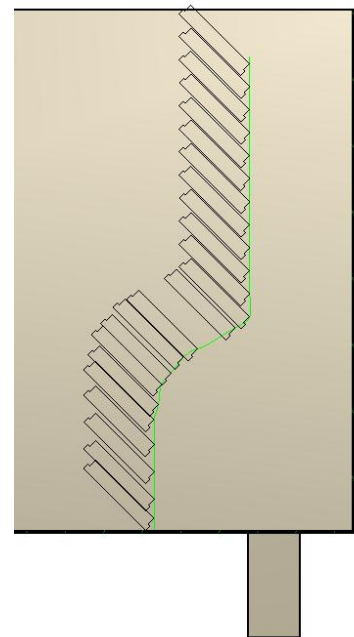
V každé této rovině sestavíme obálku pohybu. Budou nás zajímat vnější křivky těchto obálek.



Obr. 40 - Křivka 1

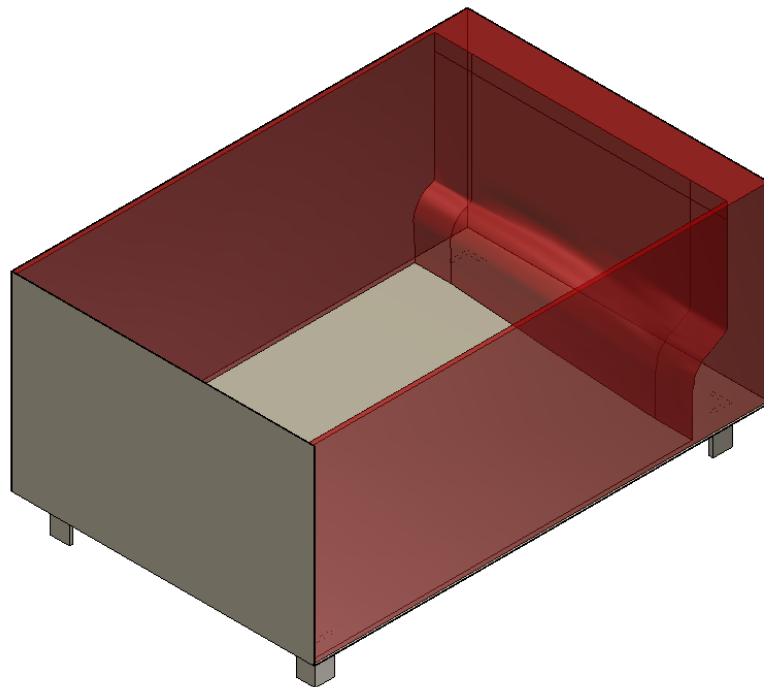


Obr. 41 - Křivka 2



Obr. 42 - Křivka 3

Vzniklé křivky proložíme rovinou, kterou bude ohraničena mrtvá zóna. Nyní už můžeme sestavit celkový model mrtvé zóny v bedně. Ta tvoří **12,7%** z celkového objemu bedny.

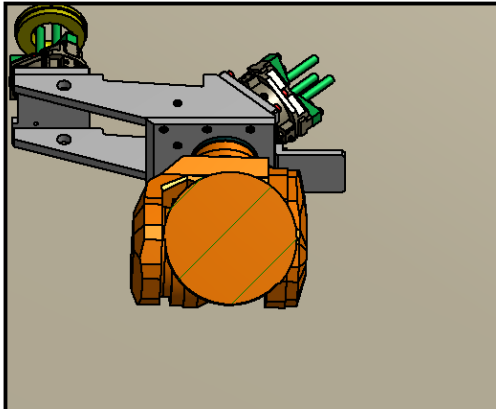


Obr. 43 - Mrtvá zóna

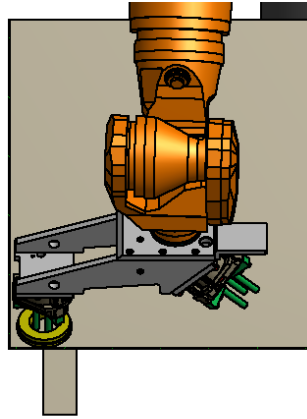
Pokud bude kotouč natočen o 45° v opačném smyslu, výsledek bude totožný jen zrcadlově obrácený.

### 3.3.4 Kotouč nakloněný kolem podélné osy

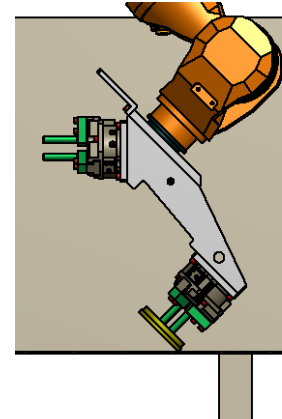
Kotouče podél stěny lze vybrat všechny. Přiblížení se k bočním stěnám je opět omezeno uchopovací hlavicí. U zadní stěny jsme omezeni zápěstím robotu.



Obr. 44- Přední stěna

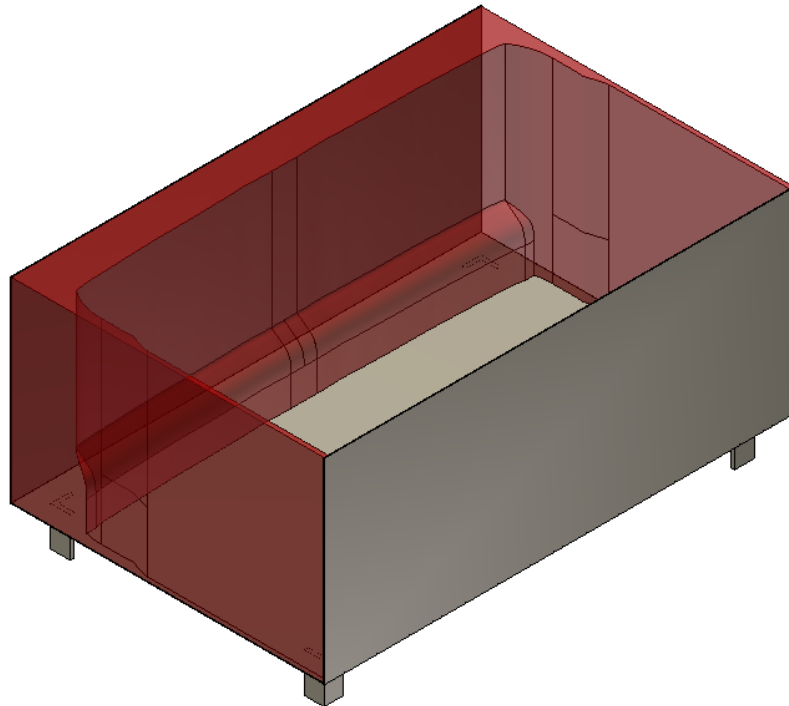


Obr. 45 - Boční stěna



Obr. 46 – Zadní stěna

Obdobným způsobem jako v předchozích dvou případech sestavíme model mrtvé zóny. Její objemový podíl tvoří **16,5%**.

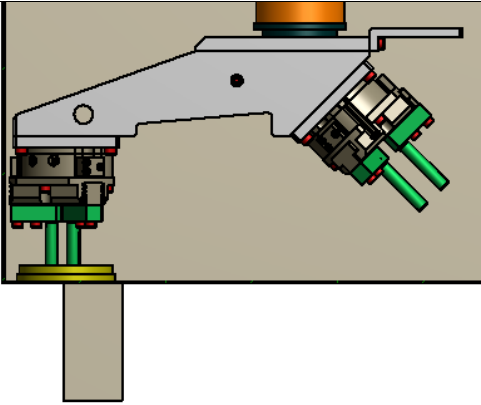
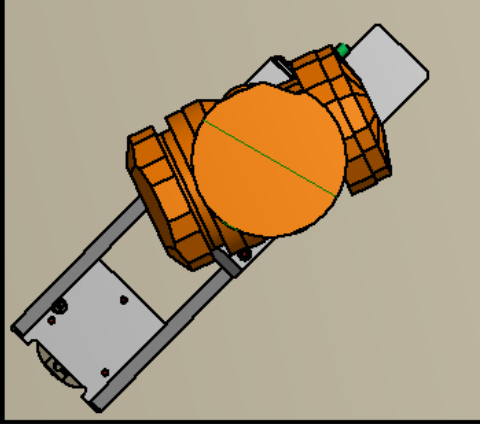
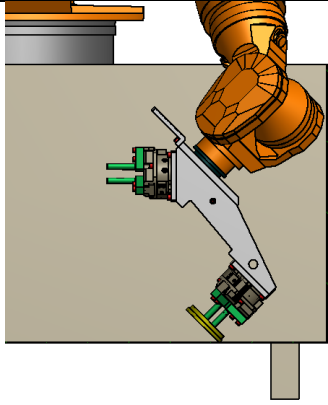
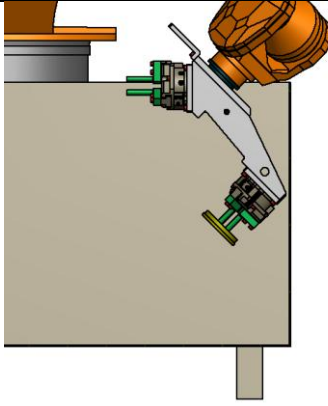


Obr. 47 - Mrtvá zóna

## 3.4 Nedostatky současného řešení

Ke zkoumání nedostatků můžeme vyjít z provedené analýzy. Zaměříme se na příčiny vzniku mrtvých zón, a budeme hledat řešení k jejich odstranění.



<b>Vodorovný kotouč</b>	
	<p><b><u>Nedostatky:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Přesah nosné konstrukce mimo kotouč</li><li>• Přesah gripperu mimo kotouč</li></ul> <p><b><u>Řešení:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zarovnání nosné konstrukce</li><li>• Použití menšího chapadla</li></ul>
	<p><b><u>Nedostatky:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Překážející rohy nosné konstrukce</li></ul> <p><b><u>Řešení:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Odstranění rohů</li></ul>
<b>Nakloněný kotouč</b>	
	<p><b><u>Nedostatky:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Překážející zápěstí robotu</li></ul> <p><b><u>Řešení:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zvětšení vyosení gripperu</li></ul>
	<p><b><u>Nedostatky:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Překážející boční stěny nosné konstrukce</li></ul> <p><b><u>Řešení:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Odstranění překážející části</li></ul>

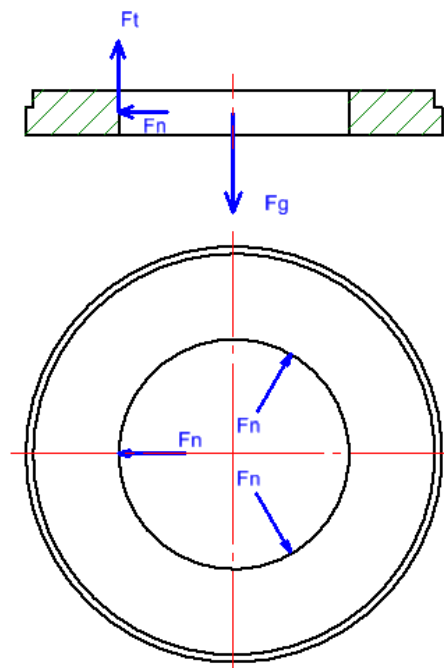
Dalším nedostatkem současné hlavice je konstrukční řešení prstů gripperu. Ty jsou tvořeny závitovou tyčí M10 (bez tepelného zpracování). Kontaktní plocha závitu s kotoučem je velmi malá, což v praxi vedlo k velkému tlaku na vnější průměr závitové tyče a jejímu otláčení. Při delším provozu došlo také k ohnutí prstů.

## 4 Návrh nové hlavice

Při návrhu nového řešení budeme vycházet z provedené analýzy a budeme se snažit odstranit již zmíněné nedostatky. Uchopování za vnitřní průměr zůstane zachované. Kotouče se navzájem různě překrývají, a proto je tento způsob jednoznačně nejvýhodnější. Protože se chapadlo Schunk typu JGZ v praxi prokázalo jako velmi spolehlivé, bude použito i v novém návrhu. Snahou bude použít chapadlo menší velikosti, jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole. Proto nejprve provedeme výpočet, dle kterého vybereme z katalogu nejmenší možné chapadlo, které bude spolehlivě plnit svou funkci.

### 4.1 Výpočet a volba chapadla

Abychom zvolili správnou velikost chapadla, je potřeba spočítat potřebnou sílu jedné čelisti k udržení kotouče. Na kotouč bude působit vlastní tíha a proti této síle bude působit třecí síla. Ze série přenášených kotoučů budeme uvažovat hmotnost toho nejtěžšího, který váží 1,3 kg. Po sestavení rovnice silové rovnováhy můžeme spočítat potřebnou normálovou sílu. Ve výpočtu nejsou zahrnuty dynamické účinky a také není zohledněna možnost, že kotouč je z části překryt jiným kotoučem. Proto tuto sílu ještě vynásobíme koeficientem  $k=4$ , čímž bude zajištěno bezpečné uchopení kotouče.



Obr. 48 - Síly na kotouči

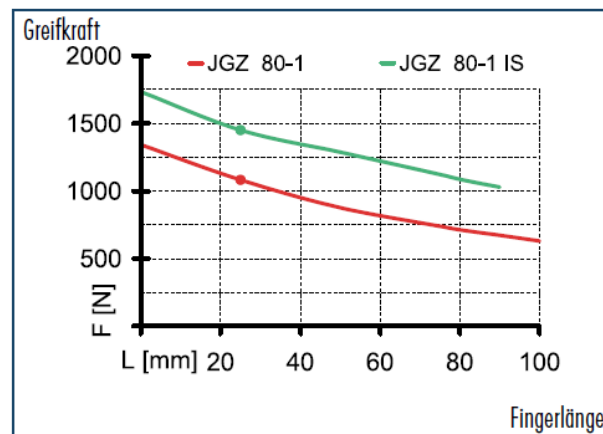
$$F_G = m \cdot g = 1,3 \cdot 9,81 = 12,8N$$

$$F_G = 3 \cdot F_N \cdot f \Rightarrow F_N = \frac{F_G}{3 \cdot f} = \frac{12,8}{3 \cdot 0,15} = 28,4N$$

$$F_P = k \cdot F_N = 4 \cdot 28,4 = 114N$$

Při pohledu do katalogu Schunk je zřejmé, že použitá velikost chapadla (JGZ 80-1) na stávající hlavici je zbytečně velká. Při délce prstů 66 mm je úchopná síla jedné čelisti (při tlaku 6 bar) rovna cca 800N. **Stávající chapadlo je tedy sedminásobně předimenzované.**

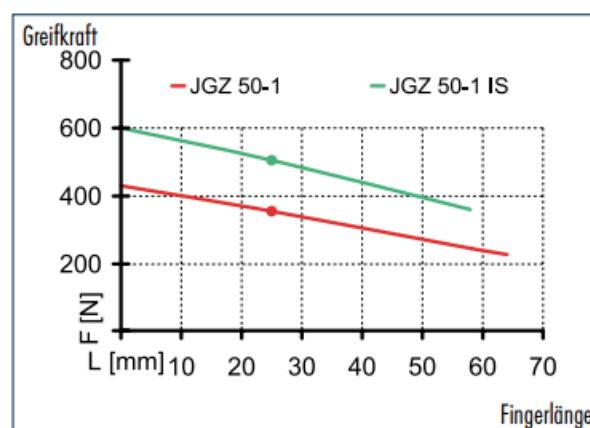
## Greifkraft Innengreifen



Obr. 49 - Síla úchopu (JGZ 80-1)

Vybereme proto z katalogu menší chapadlo. Budeme vybírat nejmenší možné, které má úchopnou sílu jedné čelisti větší než potřebných 114N. Tomuto požadavku odpovídá chapadlo JGZ 50-1, které má při stejné délce prstů úchopnou sílu cca 210N. Při použití tohoto chapadla bude výsledný koeficient bezpečnosti úchopu 7,4.

## Greifkraft Innengreifen



Obr. 50 - Síla úchopu (JGZ 50-1)

## 4.2 Návrh a konstrukce gripperu

Základní stavební jednotkou gripperu bude již zvolené chapadlo Schunk. K tomuto chapadlu bude potřeba připevnit prsty a zajistit jejich správnou polohu.

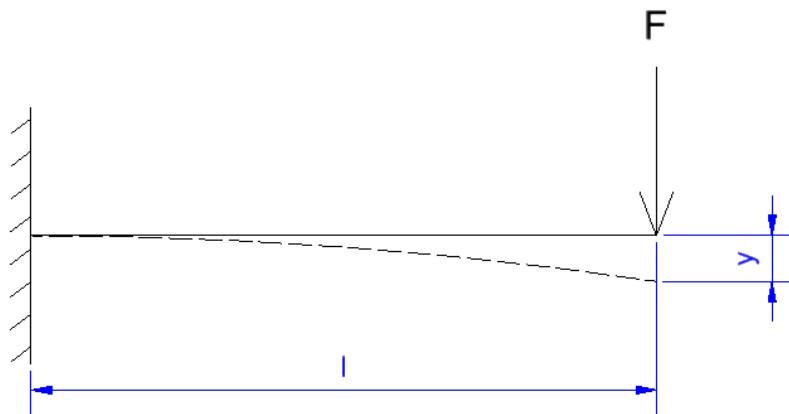
Jak už bylo zmíněno, dosavadní řešení prstů v podobě závitů není vyhovující. Jako řešení připadá v úvahu kruhová tyč v následujících variantách:

- Obyčejná
- S navulkanizovanou pryží
- S vroubkováním

Pokud by byly prsty opatřeny pryží, zvýšil by se koeficient tření a bylo by možné použít o řadu menší gripper. Během provozu by mohlo dojít k otlacení pryže a prsty by bylo potřeba v určitých servisních intervalech vyměňovat. Vroubkování na kulatině by přispělo k bezpečnějšímu úchopu kotouče. Výroba vroubkování by byla však časově náročná a drahá. Proto volím obyčejnou kulatinu.

Délku prstu volím tak, aby zůstala zachována stejná vzdálenost čela prstu od čelisti chapadla jako u původního řešení. Délka prstu vychází na 51mm. Průměr prstu bude také zachován, tedy 10mm. Materiál prstu volím ocel ČSN 11 500. Protože bude povrch prstu namáhán rázy při každém sevření kotouče, bude potřeba zvýšit jeho tvrdost. Prst bude z tohoto důvodu zakalen.

Nyní provedeme kontrolu na ohyb. Prst budeme uvažovat jako vetknutý nosník:



Obr. 51 - Kontrola prstu

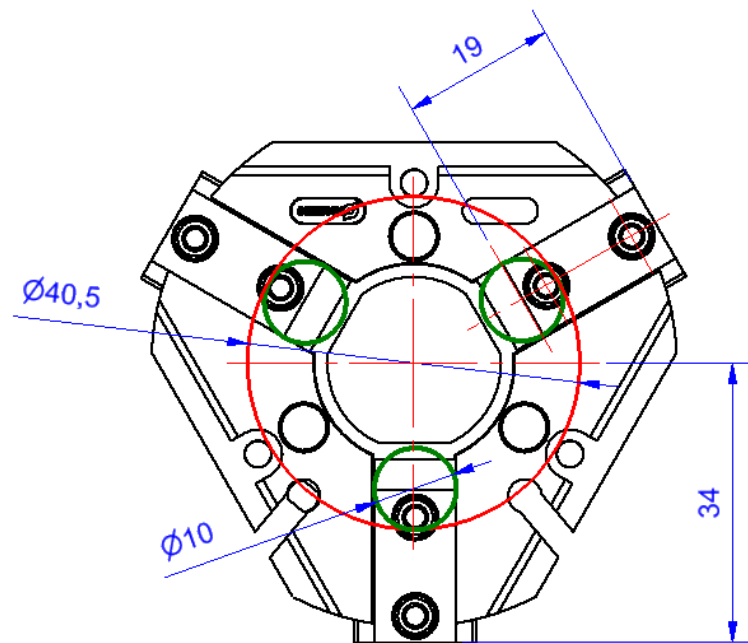
$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{k} = \frac{270}{2} = 135 \text{ MPa}$$
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F \cdot l}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{210 \cdot 51}{\frac{3,14 \cdot 10^3}{32}} = 109 \text{ MPa}$$
$$\sigma_o < \sigma_D$$

Prst tedy pevnostně vyhovuje.

Maximální průhyb prstu bude:

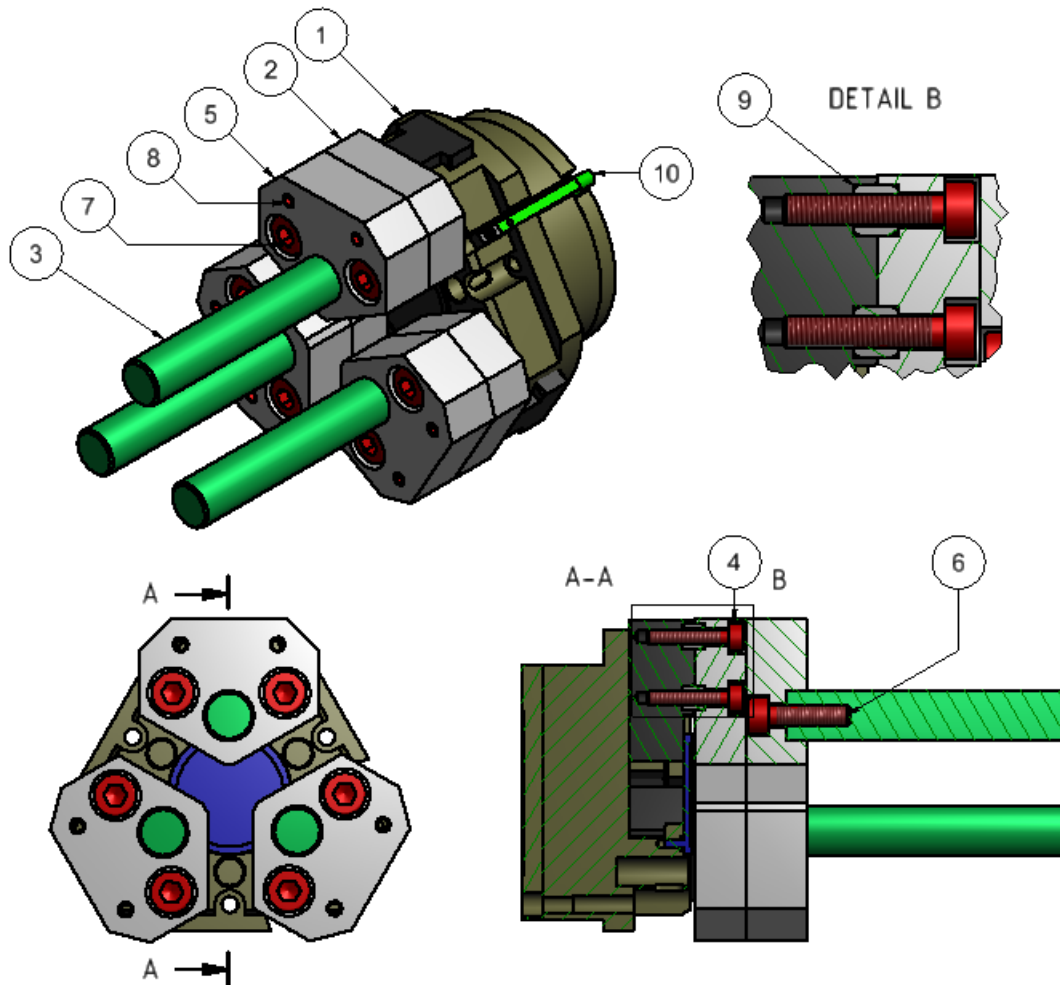
$$y = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{210 \cdot 51^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 491} = 0,09mm$$

Dle katalogu je vzdálenost vnějšího čela čelisti od osy chapadla v mezních polohách rovna 30,8 mm a 34,8 mm. Poloha čelisti při kontaktu prstů s vnitřním průměrem kotouče musí být o něco menší, než horní mezní, aby došlo k sevření kotouče. Budeme uvažovat sevření kotouče při vysunutí čelisti 34mm. Při známém průměru prstů (10mm) získáme potřebnou vzdálenost osy prstu od čela chapadla (19mm).



Obr. 52 - Poloha prstů

Protože poloha prstu se překrývá s polohou montážní díry čelisti, bude potřeba, aby byla příruba prstu dělená. Výsledná konstrukce gripperu vypadá takto:

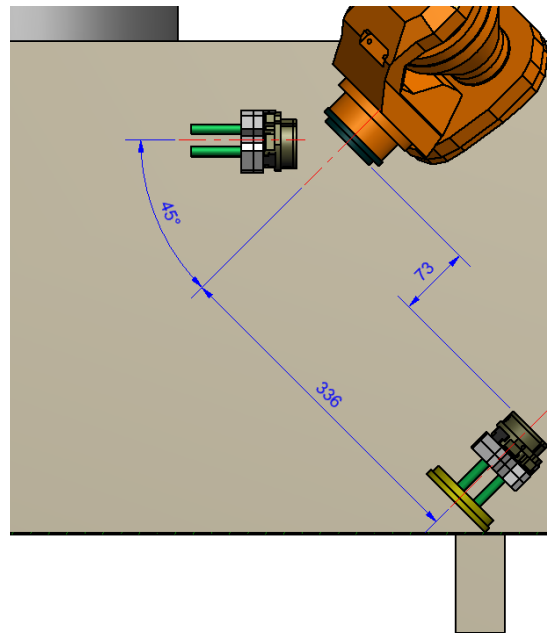


Obr. 53 - Konstrukce gripperu

K čelistem chapadla (1) je přišroubována spodní příruba (2). Její přesná poloha je zajištěna středícími válečky (9), které jsou dodávány k chapadlu. Do díry v horní přírubě (5) je vložen prst (3), který je z druhé strany zajištěn šroubem (6). Příruby jsou k sobě sešroubovány a jejich vzájemná poloha je zajištěna kolíky (8). Obě příruby jsou vyrobeny z hliníku a jejich hrany jsou sražené, aby co nejméně překážely při pohybu v bedně. Posledním dílem je magnetický snímač polohy (10) Schunk RMS 22, který patří mezi volitelné komponenty k chapadlu.

### 4.3 Rozmístění gripperů

Vyosení základacího gripperu bude zvětšeno natolik, aby při vybírání nakloněných kotoučů nepřekáželo zápěstí robotu a bylo možné vybrat maximum možných dílů. Vzdálenost vyosení vychází na 336 mm. Polohu odebíracího gripperu je nutné volit tak, aby co nejméně překážela. Tuto podmínku spolehlivě splňuje původní řešení, a proto volím polohu gripperu podobnou- v těsné blízkosti zápěstí robotu, vyklonění o 45°. Polohu odebíracího gripperu určíme zatím jen orientačně, přesná poloha vyplyne až z návrhu nosné konstrukce.

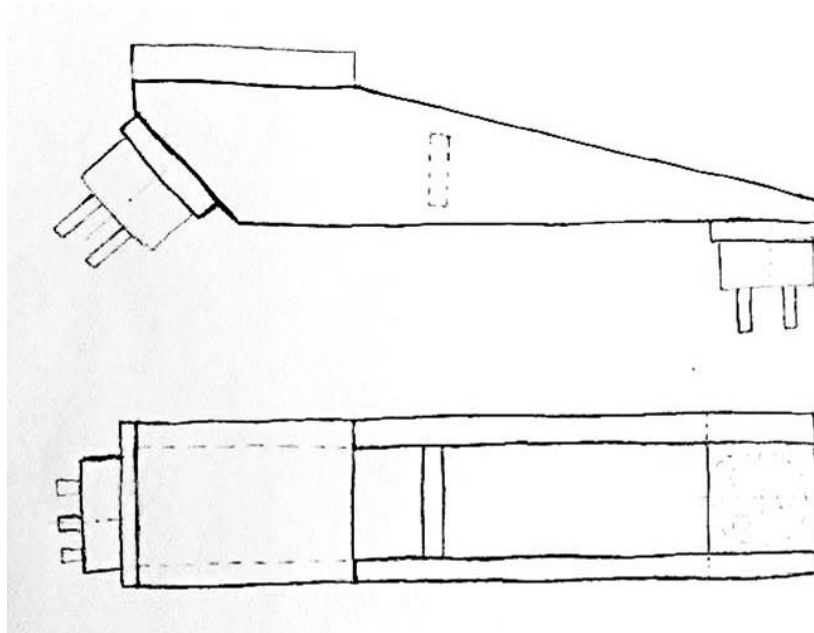


Obr. 54 - Umístění základního gripperu

## 4.4 Návrh nosné konstrukce

### 4.4.1 Varianta s dvěma bočnicemi

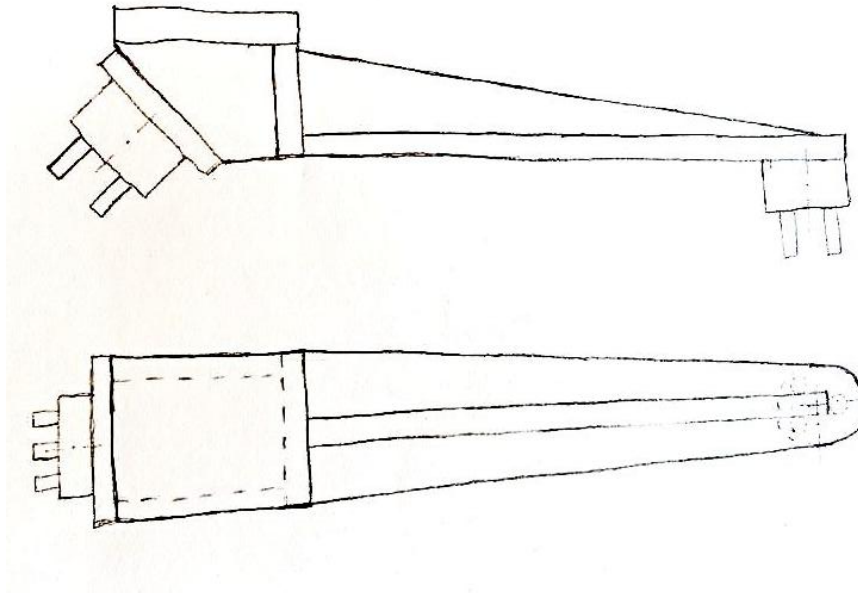
V této variantě jsou příruby gripperů připevněny k dvěma podélným bočnicím. Mezi bočnicemi je umístěno žebro pro zvýšení stability. Bočnice jsou z horní strany zastřešeny přírubou, která se bude montovat k zápěstí robotu.



Obr. 55 - Varianta 1

#### 4.4.2 Varianta s podélnou deskou

V tomto případě je základací gripper přišroubován na podélnou desku, která je připevněna kolmo k čelní desce. Mezi těmito deskami je připevněno žebro. Čelní deska je připevněna k bočnicím. Na zkosené plochy bočnic dosedá příruba pro odebírací gripper. Bočnice jsou zastřešeny přírubou, která se připevní k zápěstí robotu.



Obr. 56 - Varianta 2

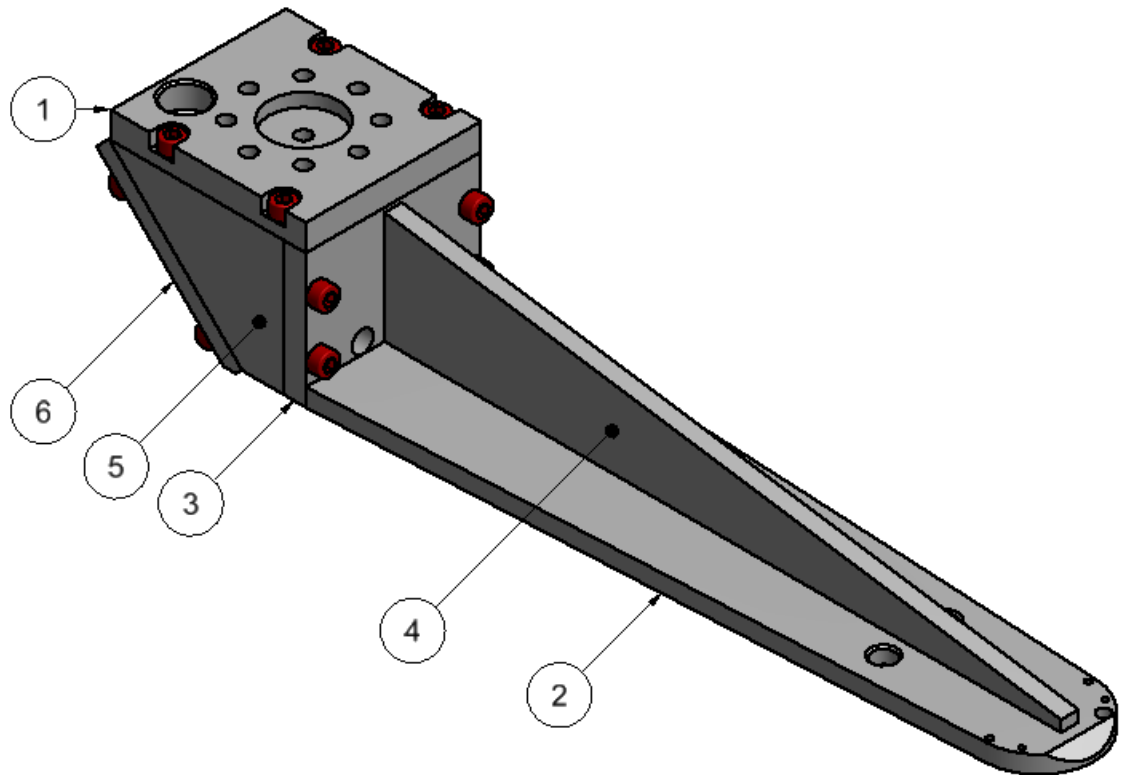
#### 4.4.3 Výběr vhodné varianty

První varianta je oproti té druhé jednodušší jak z hlediska konstrukce, výroby i montáže. Nicméně v těsném okolí základacího gripperu překáží bočnice, což povede k vyššímu podílu mrtvé zóny v bedně. Naší snahou je objem mrtvých zón minimalizovat a proto volím druhou variantu. Vzhledem k tomu, že se bude uchopovací hlavice vyrábět v objemu jen 1ks, nebude o něco vyšší složitost druhé varianty příliš velká ekonomická zátěž.

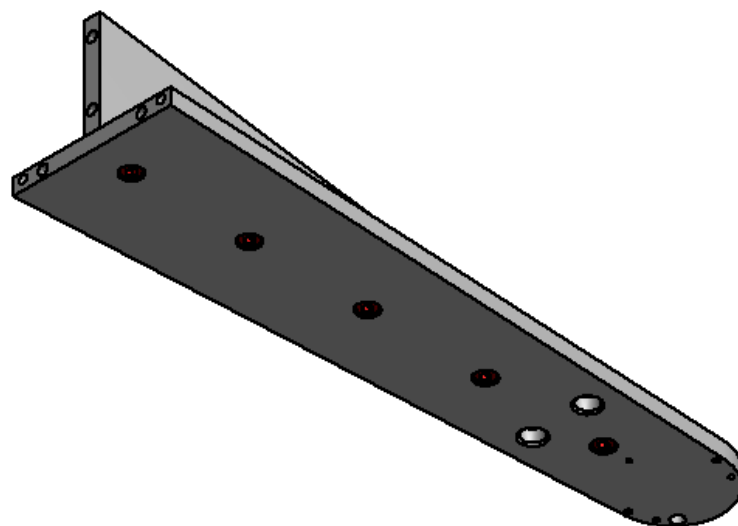
Nosná konstrukce bude kvůli nízké hmotnosti vyrobena z hliníkové slitiny. Dále bude třeba se rozhodnout, zda bude konstrukce svařovaná nebo šroubovaná. Šroubovaná konstrukce bude náročnější na montáž. Při obrábění jednotlivých dílů bude potřeba vyvrtat mnohem více děr. Přesnou polohu jednotlivých dílů bude potřeba zajistit kolíky. Svařování hliníku je drahé. Kvůli případné tepelné deformaci by bylo nutné obrábět díry pro montáž gripperu až po svařování, aby byla dodržena jejich přesná poloha. Pokud by došlo z důvodu nějakého pochybení ke kolizi a některá z částí nosné konstrukce by se poškodila, bylo by potřeba vyrábět celou konstrukci znovu. Rozhoduji se tedy pro šroubovanou konstrukci.



#### 4.4.4 Konstrukce vybrané varianty



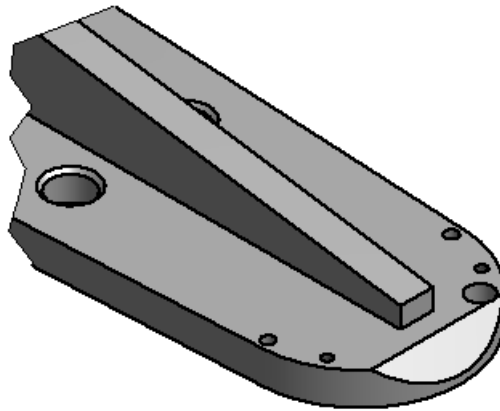
Podélná deska (2) slouží k připevnění základacího gripperu, který, jak už bylo výše zmíněno, musí být vyosen. Deska je vyztužena podélným žebrem (4). Žebro je k desce připevněno pěti šrouby M5. Síla desky i žebra je 8mm.



Obr. 57 - Nosná deska se žebrem

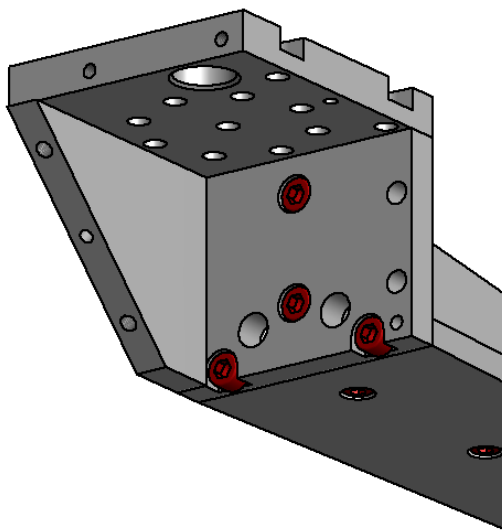
Na konci podélné desky je v místě upevnění gripperu provedeno několik opatření k minimalizaci vzniku mrtvých zón. Prvním je radius, který kopíruje tvar gripperu a umožní vy-

brat více dílů v rohu bedny. Dalším je sražení v oblasti radiusu, které umožní robotu dostat se blíže ke stěně při vybírání nakloněných kotoučů. V těchto místech desky jsou také vyvrtány dva otvory pro protažení pneumatických hadic a další otvor pro kabel snímače polohy.

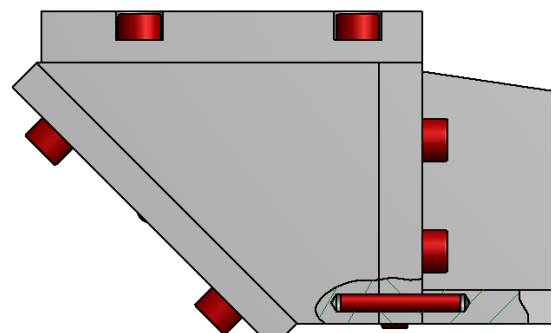


Obr. 58 - Detail nosné desky

Podélná deska je společně s žebrem připevněna k čelní stěně (3) čtyřmi šrouby M6. Aby tyto šrouby nepřekážely při montáži hlavní příruby (1) k robotu, jsou do desky zapuštěny. V čelní stěně jsou vyvrtány otvory, jimiž budou protaženy pneumatické hadice a kabel snímače polohy. Skrz čelní stěnu jsou po stranách vyvrtány průchozí otvory pro kolíky, jejichž účelem bude zajistit polohu podélné desky vzhledem k bočnicím (5). Čelní deska je k bočnicím přišroubována čtyřmi šrouby M6.

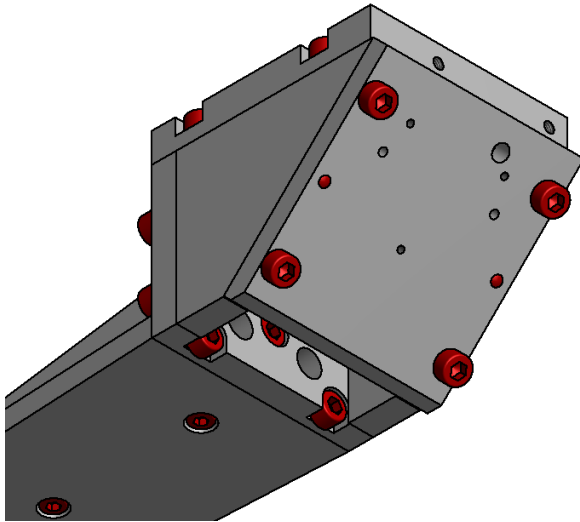


Obr. 59 - Čelní stěna

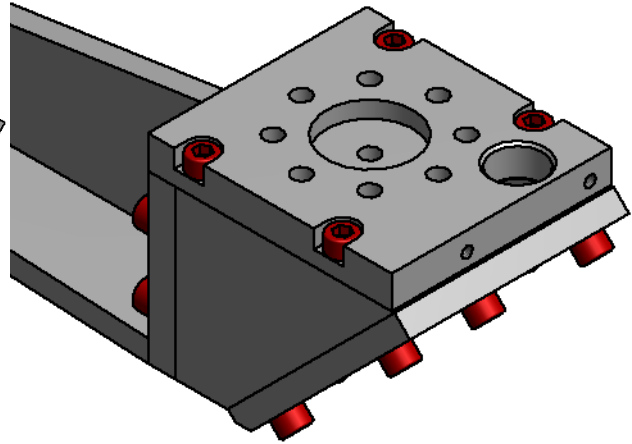


Obr. 60 - Zajištění polohy kolíkem

Bočnice jsou zkoseny pod úhlem  $45^\circ$  a nesou přírubu odebíracího gripperu (6), jejíž poloha je zajištěna dvěma kolíky. Je v ní vyvrtána průchozí díra pro protažení kabelu snímače polohy. Ve spodní části nosné konstrukce vzniká nezakrytý prostor, kterým budou vedeny pneumatické hadice od odebíracího gripperu. Hrany příruby gripperu jsou v tomto místě zkoseny, aby nedošlo k poškození hadic.



Obr. 61 - Příruba odebíracího gripperu

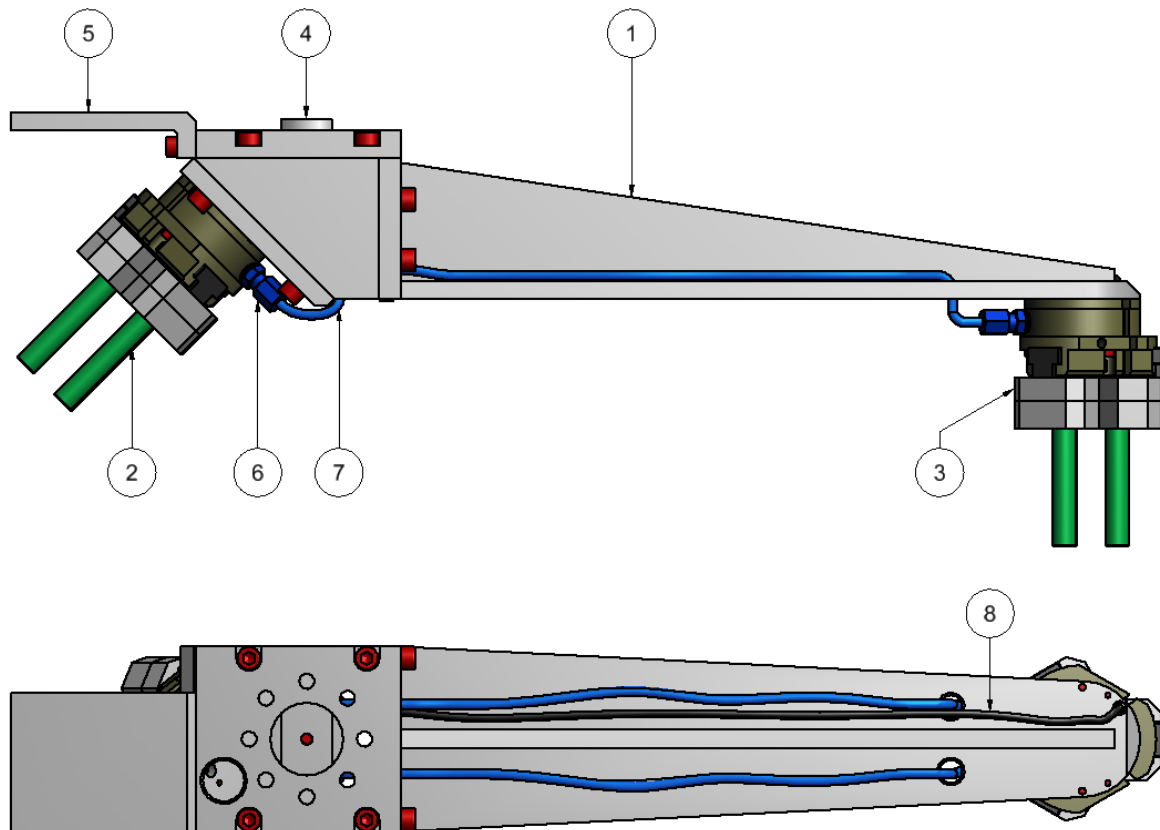


Obr. 62 - Hlavní příruba

K bočnicím je přišroubována a dvěma kolíky zajištěna hlavní příruba, která bude připevněna k zápěstí robotu. Uprostřed je vytvořeno zahloubení pro čep, kterým bude přenášen krouticí moment. Na okraji příruby je vyvrtána průchozí díra, kterou budou protaženy všechny hadice a kabely.

Materiálem pro všechny desky volím hliníkovou slitinu EN AW 2007. Je vhodný pro středně namáhané strojní součásti a mezi jeho vlastnosti patří dobrá obrobiteľnosť. Mez kluzu dosahuje hodnoty 250 MPa.

## 4.5 Celková sestava



Obr. 63 - Sestava uchopovací hlavice

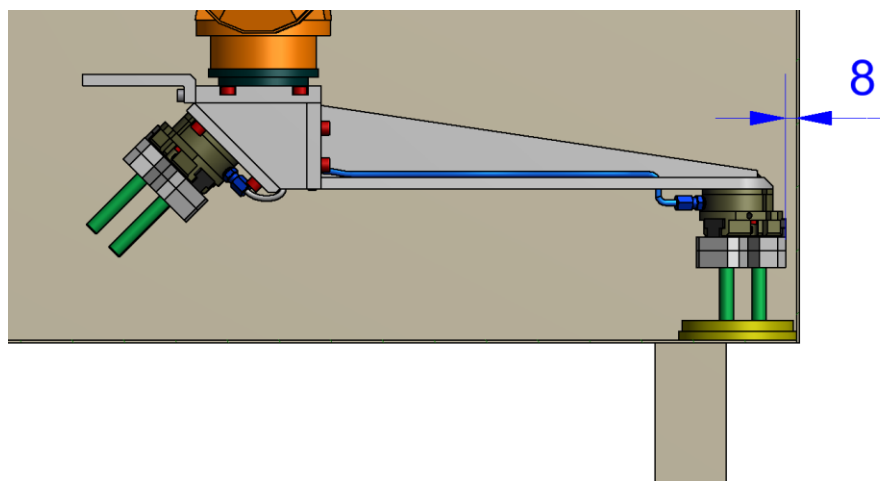
Oba grippery (2;3) jsou připevněny k nosné konstrukci třemi šrouby M3 a jejich poloha zajištěna kolíky. K chapadlům gripperu jsou přišroubovány pneumatická šroubení s nástrčnou koncovkou (6), k nimž jsou nataženy pneumatické hadice (7). K hlavní přírubě nosné konstrukce je připevněn čep (4), kterým bude přenášen kroučící moment. K této přírubě je připevněn držák flexihadice (5), skrz které povedou pneumatické hadice a kabely snímačů.

## 5 Kolizní analýza nové uchopovací hlavice

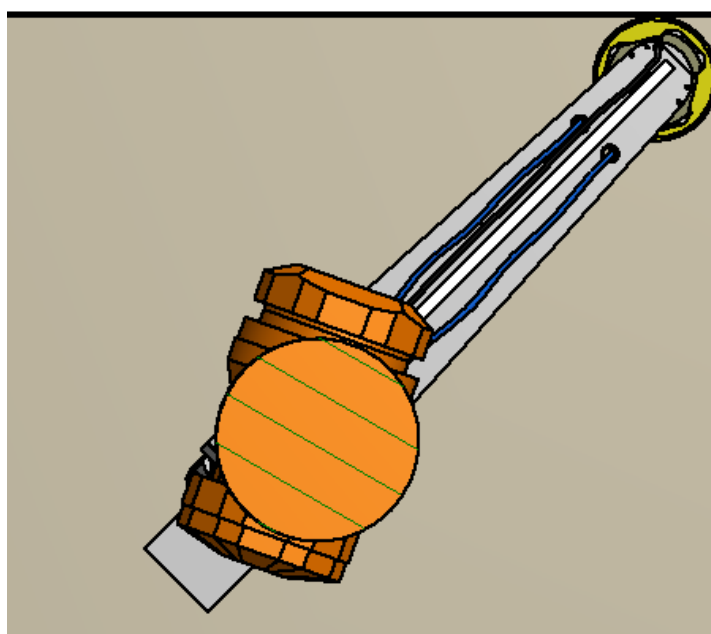
Analýza bude provedena stejným způsobem jako u původní varianty.

### 5.1 Vodorovný kotouč

S novou uchopovací hlavicí je robot schopen vybrat všechny vodorovné kotouče jak u stěn, tak v rozích, aniž by se přiblížila jakákoliv část robotu či hlavice ke stěně na vzdálenost menší než bezpečných 5mm. **Mrtvá zóna tedy v tomto případě nebude žádná.**

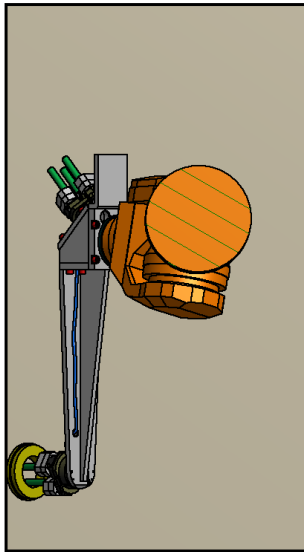


Obr. 64 – Vodorovný kotouč u stěny

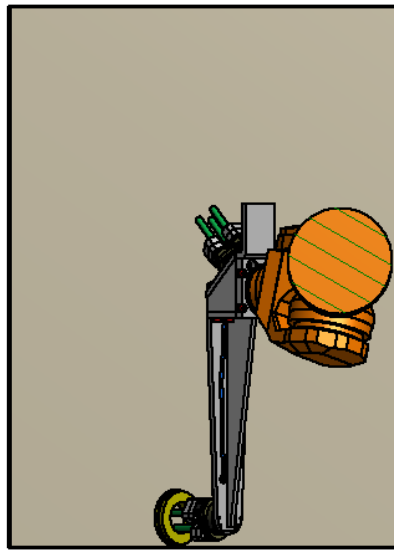


Obr. 65 - Vodorovný kotouč v rohu

## 5.2 Kotouč nakloněný kolem příčné osy



Obr. 66 - Levá stěna

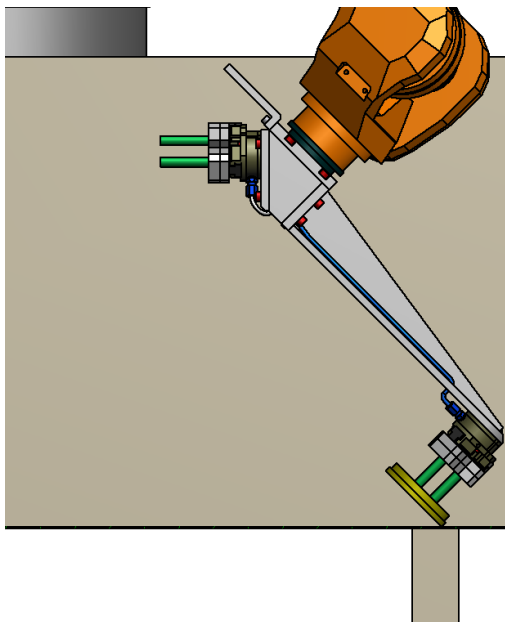


Obr. 67 - Zadní stěna

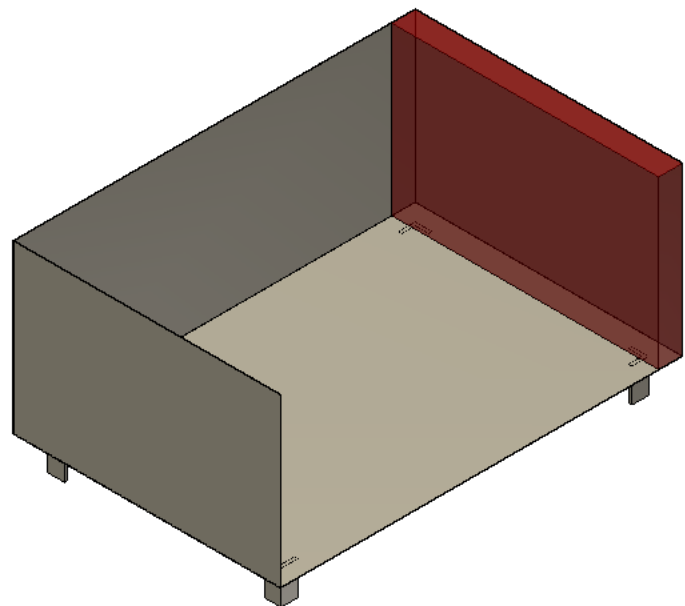


Obr. 68 - Přední stěna

V tomto případě bude možné vybrat všechny kotouče nacházející se u levé, zadní a přední stěny. U pravé stěny bude situace jiná a vznikne zde mrtvá zóna. Procentuální objem mrtvé zóny v bedně je **5,9%**.



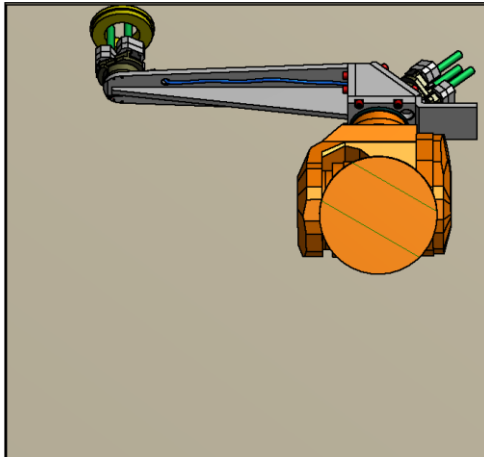
Obr. 69 - Pravá stěna



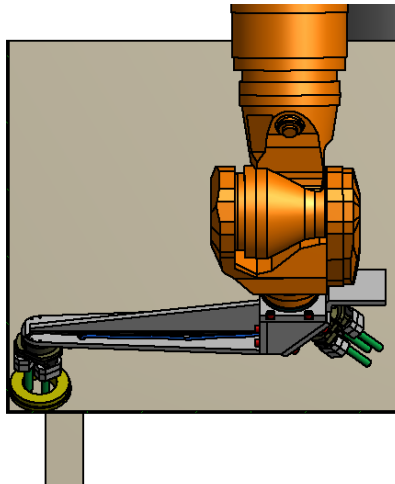
Obr. 70 - Mrtvá zóna

## 5.3 Kotouč nakloněný kolem podélné osy

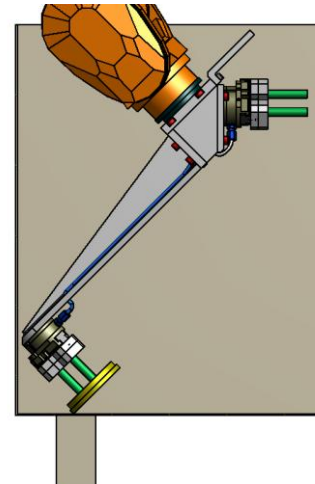
Hlavice zvládne vybrat všechny díly v okolí bočních stěn a přední stěny. U zadní stěny vznikne mrtvá zóna, která bude mít tvar kvádru. Tvoří objemový podíl **8,8%**.



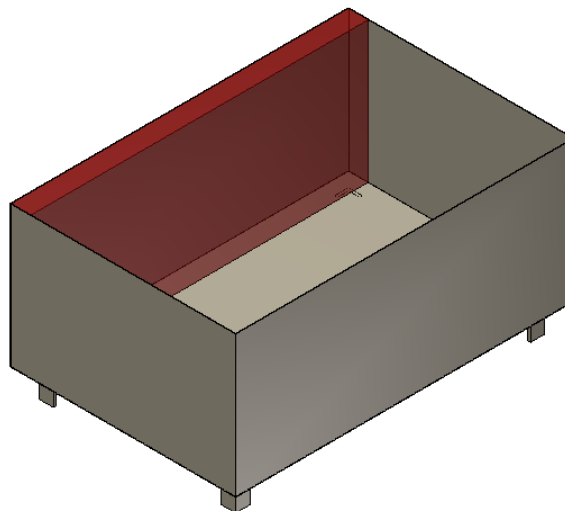
Obr. 71 - Přední stěna



Obr. 72 - Boční stěna



Obr. 73 - Zadní stěna



Obr. 74 - Mrtvá zóna

## 6 Srovnání původního a nové hlavice

Obě hlavice srovnáme podle dvou kritérií a to z hlediska užitnosti a konstrukce.

### 6.1 Srovnání z hlediska užitnosti

Nejprve budeme srovnávat původní a novou hlavici s ohledem na kolize s bednou. Pro srovnání vyjdeme z kolizní analýzy pro původní a nové řešení, jejichž výsledky jsou vyjádřeny objemovým podílem mrtvé zóny pro kotouč ve třech různých polohách. V následující tabulce je vidět srovnání výsledků:

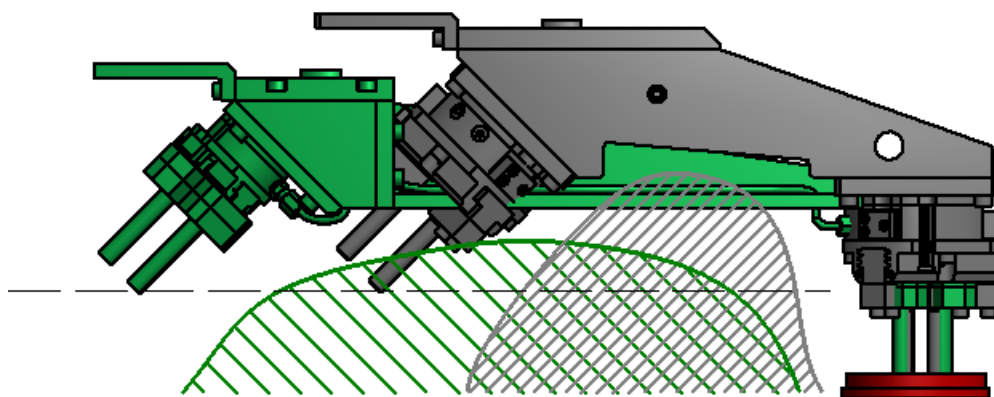
	<i>Objemový podíl mrtvé zóny [%]</i>		
	<i>Původní</i>	<i>Nové</i>	<i>Rozdíl</i>
<i>Vodorovný kotouč</i>	4,5	0	4,5
<i>Nakloněný kotouč 1</i>	12,7	5,9	6,8
<i>Nakloněný kotouč 2</i>	16,5	8,8	7,7

Z porovnání výsledků je vidět, že nové řešení snížilo podíl mrtvé zóny při všech testovacích polohách kotouče a to v řádu několika procent. Je však dobré si uvědomit, že každý kotouč, který není možné z bedny odebrat, překáží k odebrání dílů pod ním popřípadě dílům v blízkém okolí. Proto i malé snížení objemu mrtvé zóny může mít za následek větší úspěšnost vybraných dílů, než by se mohlo na první pohled zdát.

Ze získaných výsledků bohužel není možné přesně určit procentuální podíl úspěšně a neúspěšně vytažených dílů z celé bedny. Pro vypočtení tohoto podílu bychom museli provést analýzu pro více různých úhlu natočení a také mít k dispozici statistiku, ve které by byl pro každý úhel natočení kotouče uveden počet takto natočených kotoučů. Z těchto dat by bylo možné určit pravděpodobnost výskytu kotoučů náležící k určitému intervalu úhlů (např. rozdělení po 5° intervalech v rozmezí od 0-45°). Poté už by bylo možné spočítat předpokládané množství úspěšně vytažených dílů z celé bedny. Při takovémto postupu by mělo smysl analýzu automatizovat. Pro vytvoření automatizace by musel být naprogramován algoritmus, který by postupně měnil polohu kotouče v bedně a každou z těchto poloh by označil za kolizní nebo bezkolizní. Tímto způsobem by algoritmus otestoval kotouč v celém prostoru bedny. Poté by se úhel natočení kotouče změnil o zvolený přírůstek a opět by proběhl cyklus testování, který by se stále opakoval (poslední cyklus by proběhl při natočení kotouče pod úhlem 45°).

Protože nemáme k dispozici žádnou statistiku, nemělo smysl v rámci této práce analýzu automatizovat a byla provedena manuálně.

Hlavice ještě porovnáme s ohledem na kolize s ostatními kotouči. Pro porovnání si zobrazíme obě hlavice tak, aby byly zarovnané podle základacího gripperu. Na následujícím obrázku je zobrazena původní hlavice šedou barvou a nová hlavice zelenou. U obou hlavic naznačíme plochu, která představuje rozmístění okolních kotoučů, které se můžou vyskytovat pod hlavicí, aniž by s ní kolidovaly. Při šedé konfiguraci dílů je šedá hlavice schopna červený kotouč odebrat, zelená však nikoliv. To samé platí naopak. Šedá konfigurace dílů je méně stabilní než zelená. To znamená, že pravděpodobnost výskytu zelené konfigurace je vyšší a v případě nakupení kotoučů pod hlavicí bude pravděpodobně úspěšnější zelená hlavice.



Obr. 75 - Porovnání hlavic



## 6.2 Srovnání z hlediska konstrukce

Svou koncepcí se nová hlavice se od té původní příliš neliší. Mezi hlavní rozdíly patří:

- Použití menších chapadel
- Větší vyosení gripperu
- Změna prstů a jejich připevnění ke gripperu
- Rozdílná koncepce nosné konstrukce
- Odstranění překážejícího materiálu nosné konstrukce v okolí gripperu

Nová hlavice má složitější konstrukci gripperů kvůli nutnosti použití dvojité příruby prstů. Nosná konstrukce je také o trochu složitější, co se výroby i montáže týče. Celková hmotnost nové hlavice je 3 kg oproti původním 3,7 kg. Setrvačný moment vůči ose otáčení se zvýšil ze 70500 kg.mm<sup>2</sup> na 135000 kg.mm<sup>2</sup>. Pro otáčení hlavice při stejném zrychlení bude tedy potřeba téměř dvojnásobný krouticí moment. Pokud srovnáme setrvačné momenty vzhledem ke kloubu zápěstí robotu, rozdíl už není tak významný. U původní hlavice je tento setrvačný moment (uvažujeme nejméně příznivé natočení hlavice, při kterém bude moment maximální) roven 267 000 kg.mm<sup>2</sup>, u nové hlavice vychází 305 000 kg.mm<sup>2</sup>.

## 7 Závěr

Tato práce se zabývala poměrně novou technologií Bin-Picking. V úvodu byla vypracována teoretická část, která obecně popisuje tuto problematiku.

Dále bylo popsáno řešení výběru kotoučů z bedny firmy Blumenbecker. Popis byl zaměřen zejména na uchopovací hlavici. Bylo vytvořeno virtuální testovací prostředí, kde byla hlavice podrobena kolizní analýze. Smyslem této analýzy bylo zjistit slabiny stávající hlavice související s kolizemi s bednou, ve které jsou díly umístěny. Hlavice byla testována na výběr vodorovných i nakloněných kotoučů. Dalším důvodem k analýze bylo získání modelu takzvaných „mrtvých zón“, což je prostor, ze kterého nelze z kolizních důvodů odebírat kotouče.

Po analýze následovala práce na novém návrhu hlavice. Cílem bylo navrhnout hlavici tak, aby bylo možné jejím prostřednictvím vytáhnout z bedny větší množství kotoučů než s původní hlavici. Po vyhodnocení analýzy původní hlavice bylo zjištěno, že je potřeba použít menší chapadla, zvětšit vyosení základacího gripperu a odstranit materiál nosné konstrukce v okolí gripperu. Všechny tyto změny byly zahrnuty v novém konstrukčním návrhu hlavice, který byl v této práci detailně popsán.

Nová hlavice byla také podrobena analýze a výsledky analýzy původní a nové hlavice byly mezi sebou porovnány podle objemového podílu mrtvých zón. U nové hlavice bylo prokázáno snížení tohoto podílu v řádu několika procent jak pro vodorovné tak i nakloněné kotouče.

Pro novou hlavici byla vypracována dokumentace obsahující výkresy sestav s kusovníky a výkresy jednotlivých dílů.

## 8 Literatura

- [1] Liebherr [Online] <http://www.liebherr.us/AS/en-GB/133593.wfw/id-19506-0>
- [2] Prezentace firmy Blumenbecker
- [3] Scape Technologies [Online] <http://scapetechnologies.com/solutions>
- [4] Kuka [Online] [http://www.kuka-robotics.com/res/sps/e6c77545-9030-49b1-93f5-4d17c92173aa\\_Spez\\_KR\\_16\\_en.pdf](http://www.kuka-robotics.com/res/sps/e6c77545-9030-49b1-93f5-4d17c92173aa_Spez_KR_16_en.pdf)
- [5] CARBONE, G. *Grasping in robotics*. London Springer, 2013
- [6] Direct Industry [Online] <http://www.directindustry.com/prod/festo/pneumatic-grippers-4735-30245.html>
- [7] Robotiq [Online] <http://blog.robotiq.com/bid/70988/5-Factors-to-Consider-before-Buying-a-Robot-Gripper>
- [8] Festo [Online] [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_040200](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_040200)
- [9] FIPA [Online] [http://www.fipa.com/en\\_GB/products/216817-bellows-cups/25/1](http://www.fipa.com/en_GB/products/216817-bellows-cups/25/1)
- [10] Robotiq [Online] <http://blog.robotiq.com/bid/65794/Magnetic-Robot-End-Effector-Top-5-Pros-and-Cons>
- [11] Schunk [Online] [http://www.schunk.com/schunk\\_files/attachments/SCHUNK\\_Automation\\_Modulare\\_Robotik\\_200809\\_DE\\_EN.pdf](http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/SCHUNK_Automation_Modulare_Robotik_200809_DE_EN.pdf)
- [12] BP [Online] [http://1.bp.blogspot.com/-XbfVSArySyw/UzG\\_Cycsebl/AAAAAAAAAL0/2IXCrmuqs5g/s1600/Halcon+Example-bin+picking+-+locate\\_pipe\\_joints\\_stereo.hdev.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-XbfVSArySyw/UzG_Cycsebl/AAAAAAAAAL0/2IXCrmuqs5g/s1600/Halcon+Example-bin+picking+-+locate_pipe_joints_stereo.hdev.jpg)
- [13] Teledyne Dalsy [Online] <http://blog.teledynedalsa.com/2013/02/calibrating-2d-cameras-for-3d-machine-vision-inspection/>
- [14] Scape Technologies [Online] [http://www.fotoagent.dk/single\\_picture/11133/25/large/ScapeT.jpg](http://www.fotoagent.dk/single_picture/11133/25/large/ScapeT.jpg)
- [15] Schunk [Online] [http://www.schunk.com/schunk\\_files/attachments/JGZ\\_80\\_DE.pdf](http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/JGZ_80_DE.pdf)
- [16] CAD.CZ [Online] <http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2851-3d-skenovani.html>

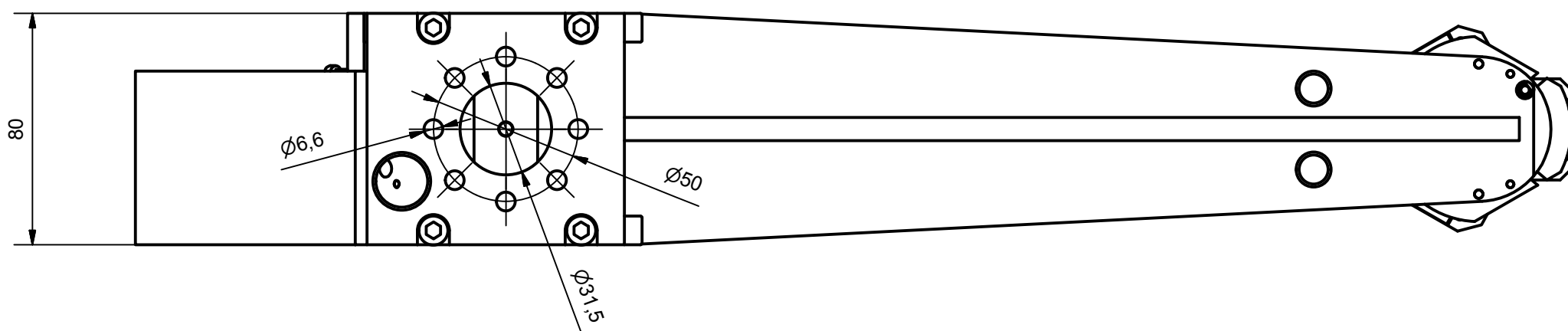
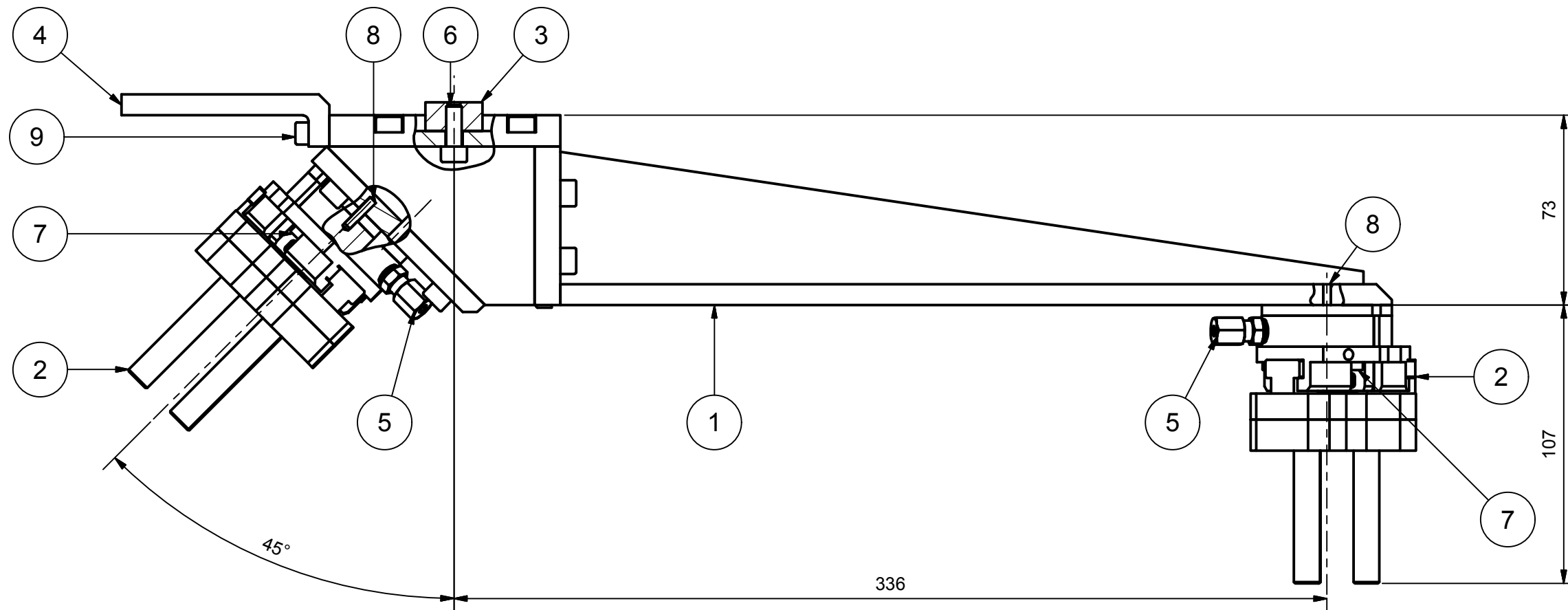
## 9 Seznam obrázků

Obr. 1 - Bin-Picking [1].....	4
Obr. 2 – První (nepřesné) uchopení dílu.....	5
Obr. 3 – Druhé (přesné) uchopení dílu .....	5
Obr. 4 – Layout [2] .....	6
Obr. 5 - Zakrytované Bin-Picking pracoviště [3] .....	7
Obr. 6 - Robot se šesti stupni volnosti (KUKA KR 16) [4] .....	7
Obr. 7 - Pracovní rozsah robotu [4] .....	8
Obr. 8 - Různé možnosti uchopení součásti [2].....	9
Obr. 9 – Uchopovací hlavice s vyosením [2] .....	9
Obr. 10 - Silový/tvarový styk .....	10
Obr. 11 - Pohyb mechanických prstů [5].....	10
Obr. 12 - Grippers s pneumatickým pohonem [6] .....	11
Obr. 13 - Grippers s elektrickým pohonem [7] .....	11
Obr. 14 - Vakuová přísavka [8] .....	12
Obr. 15 - Tvary vakuových přísavek [9] .....	12
Obr. 16 - Magnetická hlava [10].....	12
Obr. 17 - Antropomorfní ruka [11].....	13
Obr. 18 - Image Processing- rozpoznání díly [12].....	14
Obr. 19 - Princip laserové triangulace [13] .....	14
Obr. 20 – Nutnost použití dvou laserů.....	15
Obr. 21 - Uchopovací hlavice se stereovizí [14] .....	16
Obr. 22 - Princip stereovize [15] .....	16
Obr. 23 - Rozměry kotouče [2].....	17
Obr. 24 - Obraz zpracovaný Image Processingem [2].....	18
Obr. 25 - Současná uchopovací hlavice.....	19
Obr. 26 - Nosná konstrukce .....	20
Obr. 27 – Gripper.....	20
Obr. 28 - Chapadlo SCHUNK JGZ 80-1 [15] .....	21
Obr. 29 - Model vytvořený pro analýzu .....	21
Obr. 30 - Kotouč u přední stěny .....	22
Obr. 31 – Kotouč v blízkosti rohu .....	22
Obr. 32 – Kotouč v rohu .....	23
Obr. 33 - Kotouč u pravé stěny, vybírání zvenčí.....	23
Obr. 34 - Obálka .....	24
Obr. 35 - Mrtvá zóna .....	24
Obr. 36 - Levá stěna.....	25
Obr. 37 - Přední stěna .....	25
Obr. 38 - Zadní stěna .....	25
Obr. 39 - Roviny obálek .....	25
Obr. 40 - Křivka 1.....	26
Obr. 41 - Křivka 2.....	26
Obr. 42 - Křivka 3.....	26

Obr. 43 - Mrtvá zóna .....	26
Obr. 44- Přední stěna .....	27
Obr. 45 - Boční stěna .....	27
Obr. 46 – Zadní stěna.....	27
Obr. 47 - Mrtvá zóna .....	27
Obr. 48 - Síly na kotouči.....	29
Obr. 49 - Síla úchopu (JGZ 80-1) .....	30
Obr. 50 - Síla úchopu (JGZ 50-1).....	30
Obr. 51 - Kontrola prstu.....	31
Obr. 52 - Poloha prstů.....	32
Obr. 53 - Konstrukce gripperu .....	33
Obr. 54 - Umístění zakládacího gripperu .....	34
Obr. 55 - Varianta 1 .....	34
Obr. 56 - Varianta 2 .....	35
Obr. 58 - Nosná deska se žebrem .....	36
Obr. 59 - Detail nosné desky .....	37
Obr. 60 - Čelní stěna.....	37
Obr. 61 - Zajištění polohy kolíkem .....	37
Obr. 62 - Příruba odebíracího gripperu.....	38
Obr. 63 - Hlavní příruba .....	38
Obr. 64 - Sestava uchopovací hlavice.....	39
Obr. 65 – Vodorovný kotouč u stěny .....	40
Obr. 66 - Vodorovný kotouč v rohu .....	40
Obr. 67 - Levá stěna.....	41
Obr. 68 - Zadní stěna .....	41
Obr. 69 - Přední stěna .....	41
Obr. 70 - Pravá stěna .....	41
Obr. 71 - Mrtvá zóna .....	41
Obr. 72 - Přední stěna .....	42
Obr. 73 - Boční stěna .....	42
Obr. 74 - Zadní stěna .....	42
Obr. 75 - Mrtvá zóna .....	42
Obr. 76 -Porovnání hlavic.....	43

## 10 Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Sestava uchopovací hlavice
- Příloha č. 2 – Sestava nosné konstrukce
- Příloha č. 3 – Hlavní příruba
- Příloha č. 4 – Podélná deska
- Příloha č. 5 – Čelní stěna
- Příloha č. 6 – Žebro
- Příloha č. 7 – Příruba odebíracího gripperu
- Příloha č. 8 – Bočnice
- Příloha č. 9 – Čep
- Příloha č. 10 – Držák flexihadice
- Příloha č. 11 – Gripper
- Příloha č. 12 – Spodní příruba
- Příloha č. 13 – Horní příruba
- Příloha č. 14 – Prst



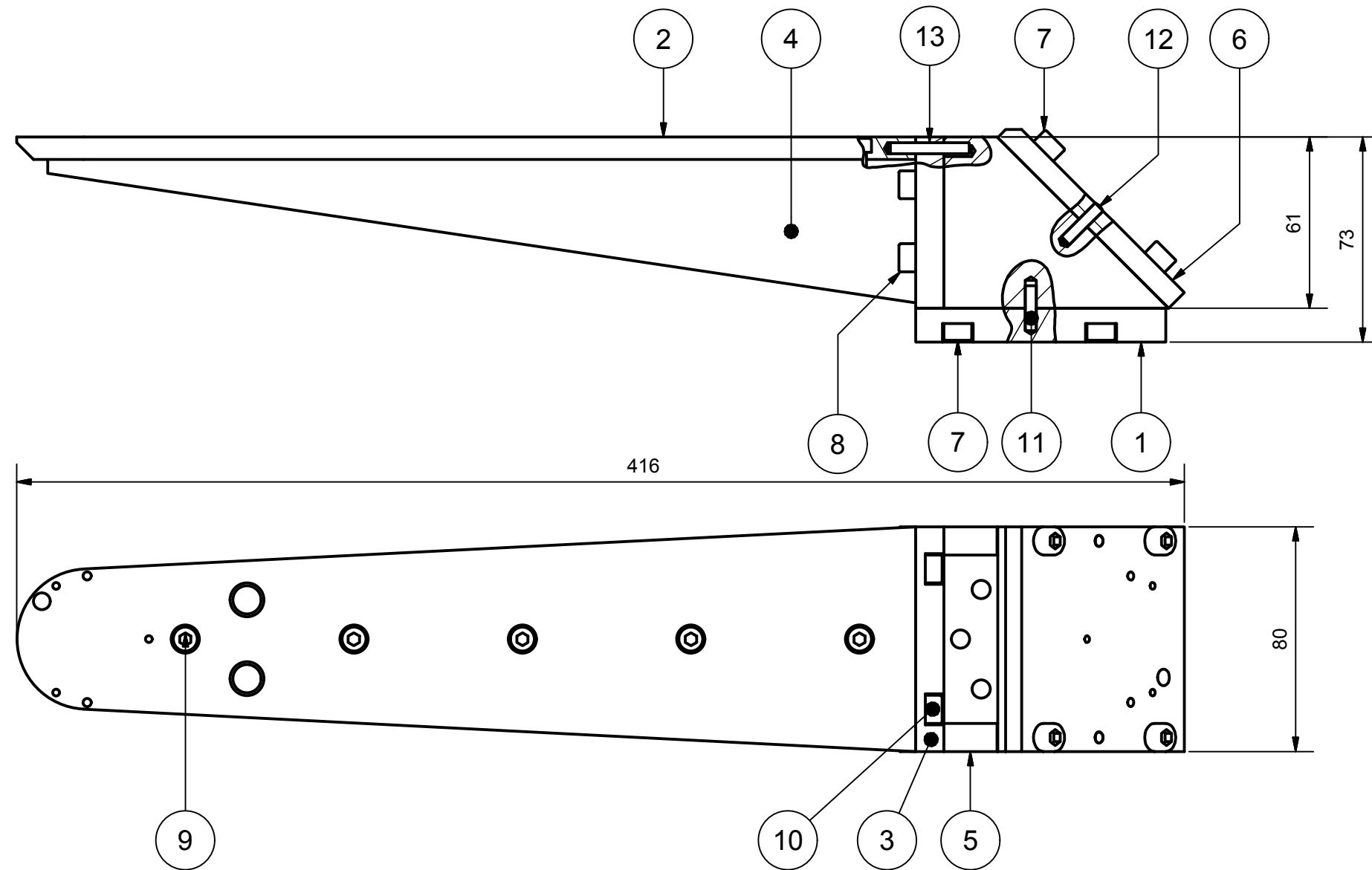
9	Šroub - M5 x 16	ISO 4762	Ocel	0,004 kg		2
8	Kolík - 3 h11 x 14 - C	ISO 2338	Ocel	0,001 kg		4
7	Šroub - M3 x 30	ISO 4762	Ocel	0,002 kg		6
6	Šroub - M6 x 16	ISO 4762	Ocel	0,007 kg		1
5	Pneumatické šroubení	FESTO		0,001 kg		4
4	Držák flexihadice	ČSN EN 485-4 20-80x60	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,117 kg	S008ZCU	1
3	Čep	ČSN EN 10060 Ø34-11	EN S235J2	0,053 kg	D007ZCU	1
2	Gripper			0,517 kg	S003ZCU	2
1	Nosná konstrukce			1,857 kg	S002ZCU	1
POZ.	POPIS	NORMA	MATERIÁL	HMOTNOST	ČÍSLO VÝKRESU	KS

KUSOVNÍK

GAD:	Datum / Date	Jmeno / Name			
Kresil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	
Tolerance / Tolerování ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 1:2
	Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No. S001ZCU		
Název / Title			C.hmot.sestavy 3		Format A3
SESTAVA UCHOPOVACÍ HLAVICE			C.číslo výkresu / Drawing No. S001ZCU		
			List / sheet no.		Počet listů / sheets





FAKULTA STROJNÍ  
ZAPADOČESKÉ  
UNIVERZITY  
V PLZNI



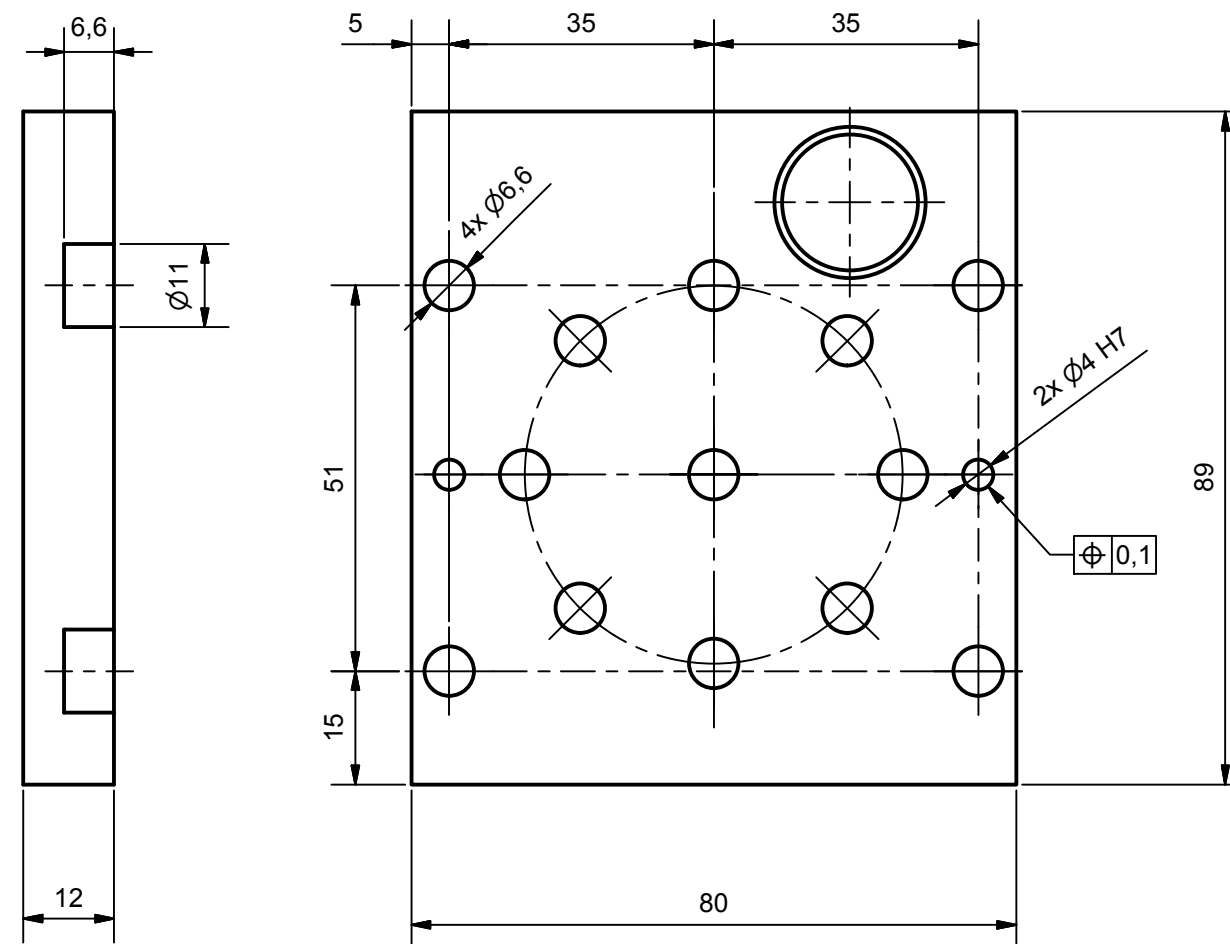
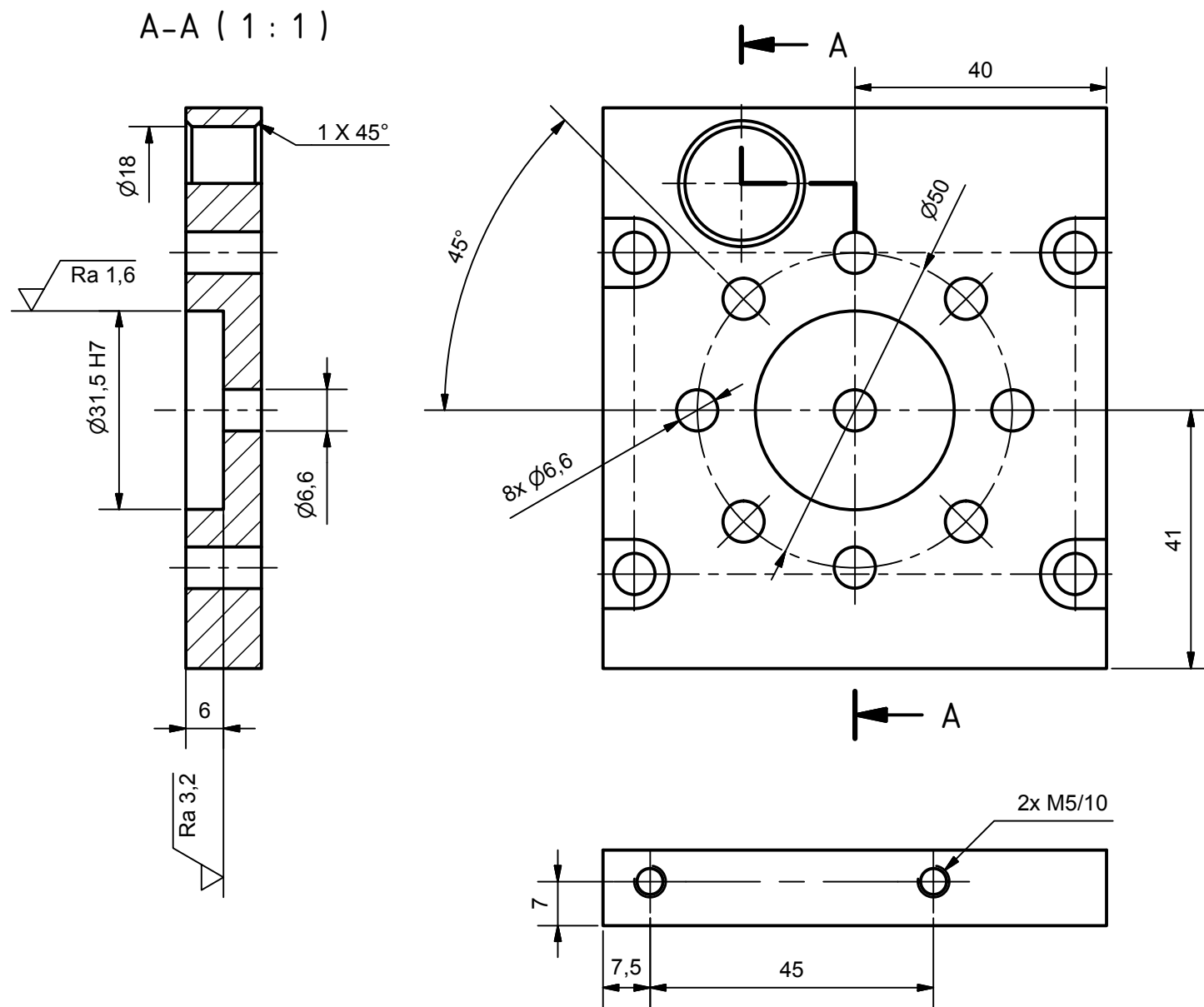
13	Kolík - 4 h11 x 28 - C	ISO 2338	Ocel	0,003 kg		2
12	Kolík - 4 m6 x 18 - A	ISO 2338	Ocel	0,002 kg		2
11	Kolík - 4 h11 x 16 - C	ISO 2338	Ocel	0,002 kg		2
10	Šroub - M6 x 12	ISO 4762	Ocel	0,006 kg		4
9	Šroub - M5 x 12	ISO 4762	Ocel	0,004 kg		5
8	Šroub - M6 x 20	ISO 4762	Ocel	0,007 kg		4
7	Šroub - M6 x 16	ISO 4762	Ocel	0,007 kg		8
6	Příruba odebíracího gripperu	ČSN EN 485-4 8-86x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,142 kg	D005ZCU	1
5	Bočnice	ČSN EN 485-4 10-61x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,077 kg	D006ZCU	2
4	Žebro	ČSN EN 485-4 8-309x51	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,184 kg	D004ZCU	1
3	Čelní stěna	ČSN EN 485-4 10-61x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,115 kg	D003ZCU	1
2	Podélná deska	ČSN EN 485-4 8-320x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,421 kg	D002ZCU	1
1	Hlavní příruba	ČSN EN 485-4 12-89x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,190 kg	D001ZCU	1
POZ.	POPIS	NORMA	MATERIÁL	HMOT	ČÍSLO VÝKRESU	KS



KUSOVNÍK

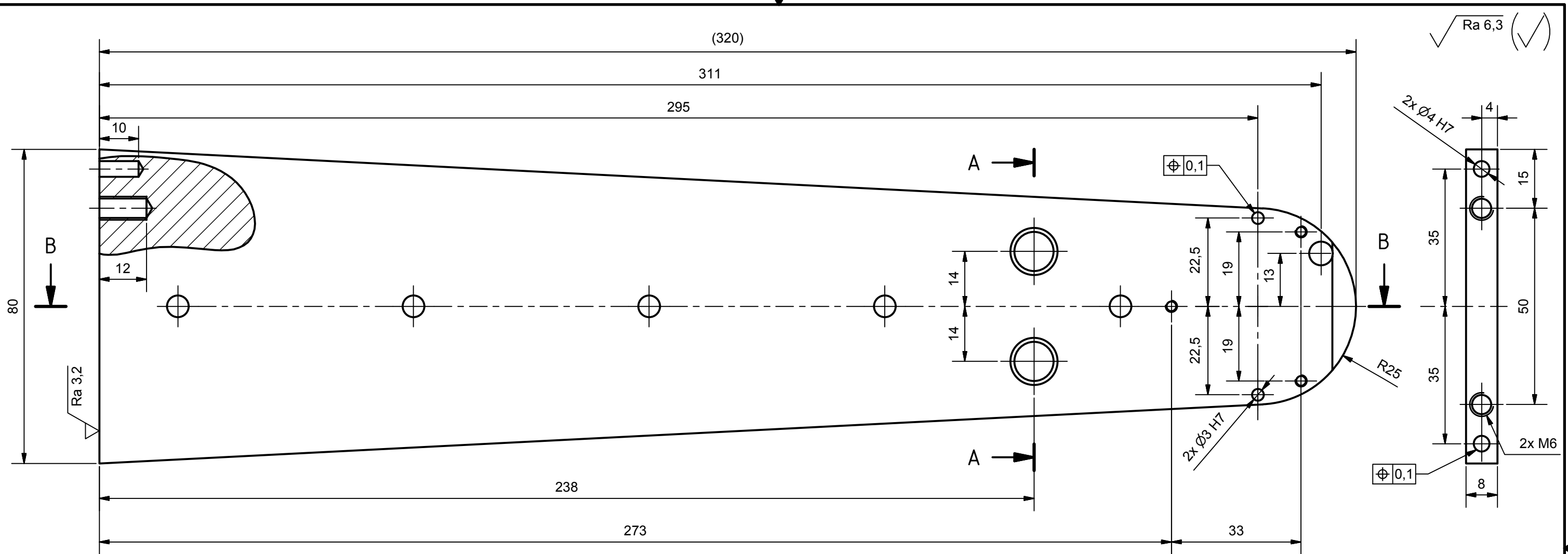
EAD: Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	
Kreslí / Drawn by		TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by		—			
Schválil / Approved by		—			
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE	Meritko / Scale 1:2
ISO 128		Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No. S002ZCU	
Název / Title		Rev.		C,hmot,sestavy 1,857	Format A3
NOSNÁ KONSTRUKCE		S002ZCU		Císlo vykresu / Drawing No.	
		List / sheet no.		Počet listů / sheets	



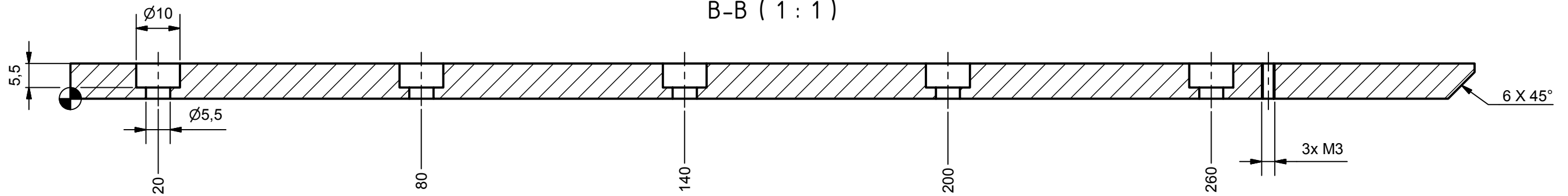
√ Ra 6,3 (✓)



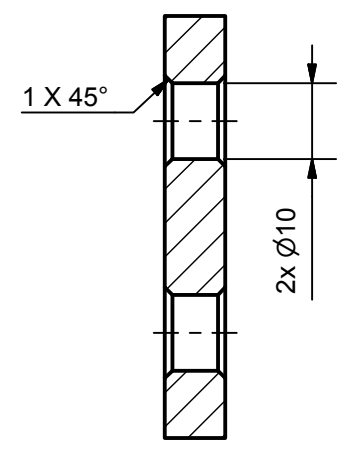
1	ČSN EN 485-4 12-89x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,190 kg		
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST		
GAD:1	Datum / Date	Jmeno / Name	 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI		
Kresil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:	UCHOPOVACÍ HLAVICE	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No.	S002ZCU	
Název / Title			C,hmot,sestavy	0,190	Format
Hlavní příruba			Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.	
			List / sheet no.	Pocet listu / sheets	A3





B-B ( 1 : 1 )

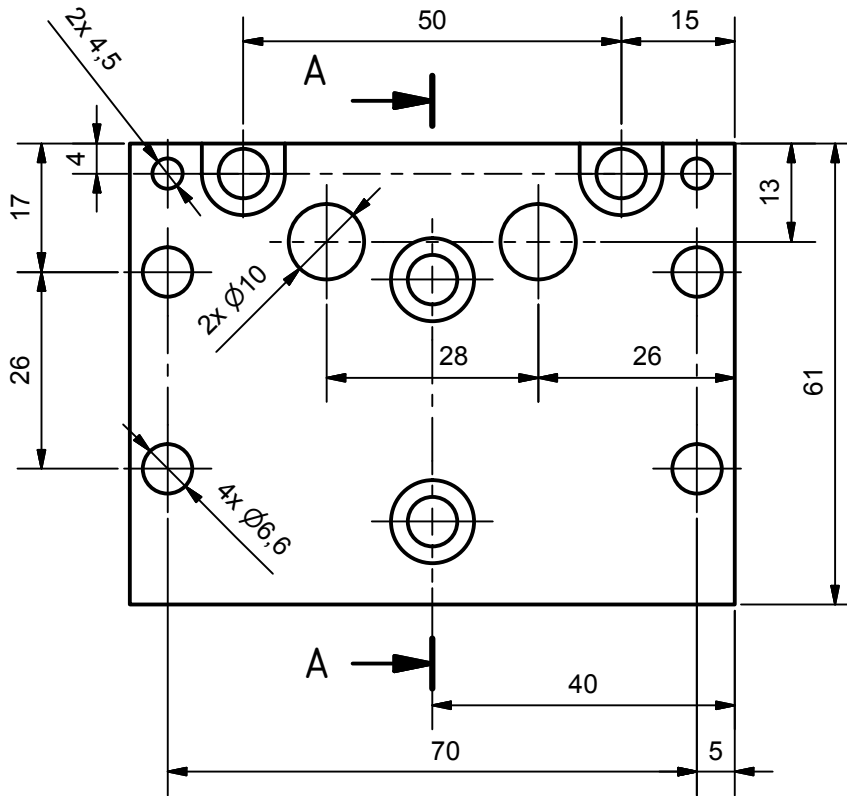


A-A ( 1 : 1 )

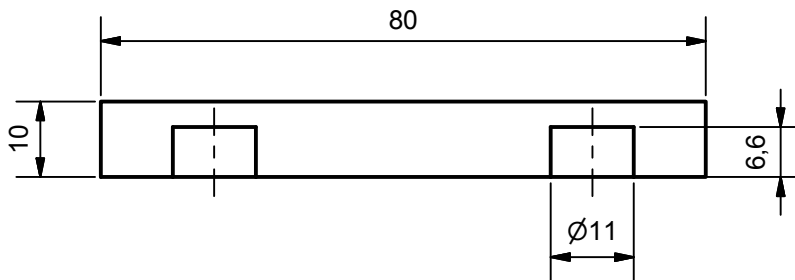
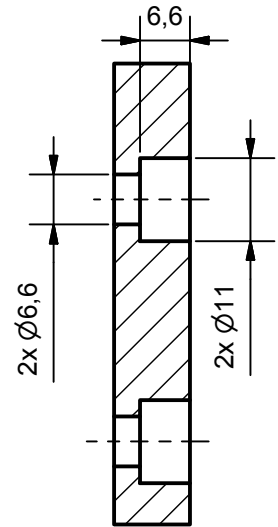




1	ČSN EN 485-4 8-320x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,421 kg		
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST		
GAD:1	Datum / Date	Jmeno / Name	 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		
Kreslil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	UCHOPOVACÍ HLAVICE	Meritko / Scale	1:1
ISO 128	Soubor-vykres / DRW-file	C,sestavy / Assembly No.	S002ZCU	Format	
Nazev / Title <b>Podélná deska</b>		Rev.	C,hmot,sestavy 0,421	Cislo vykresu / Drawing No.	D002ZCU
				List / sheet no.	Pocet listu / sheets

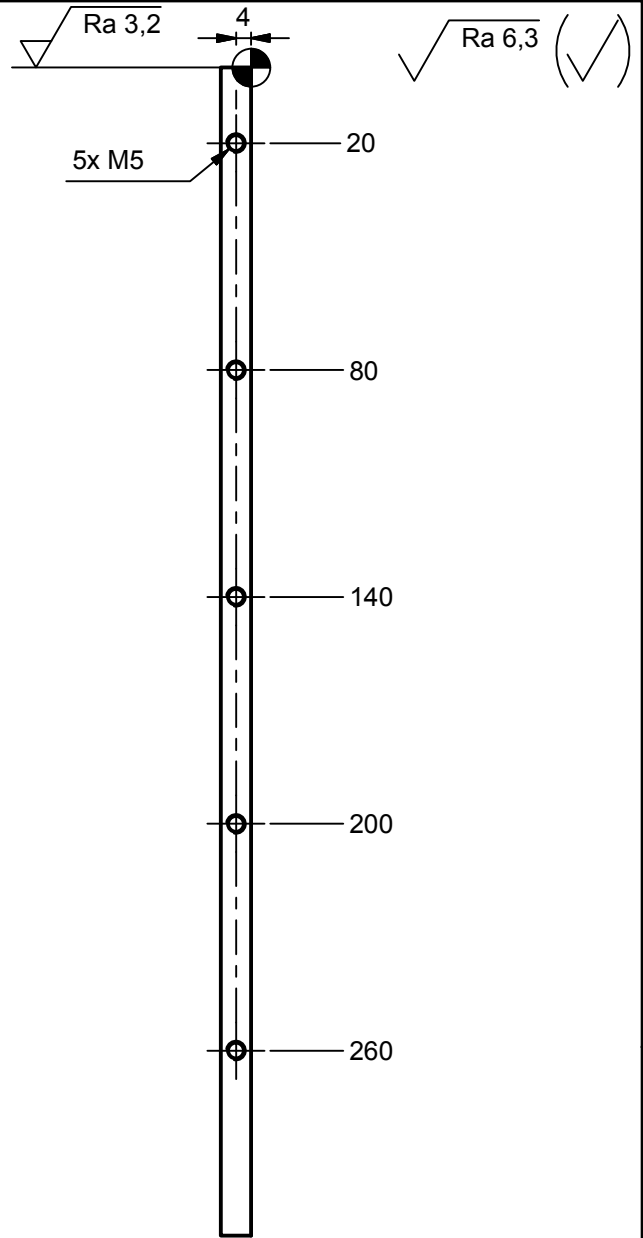
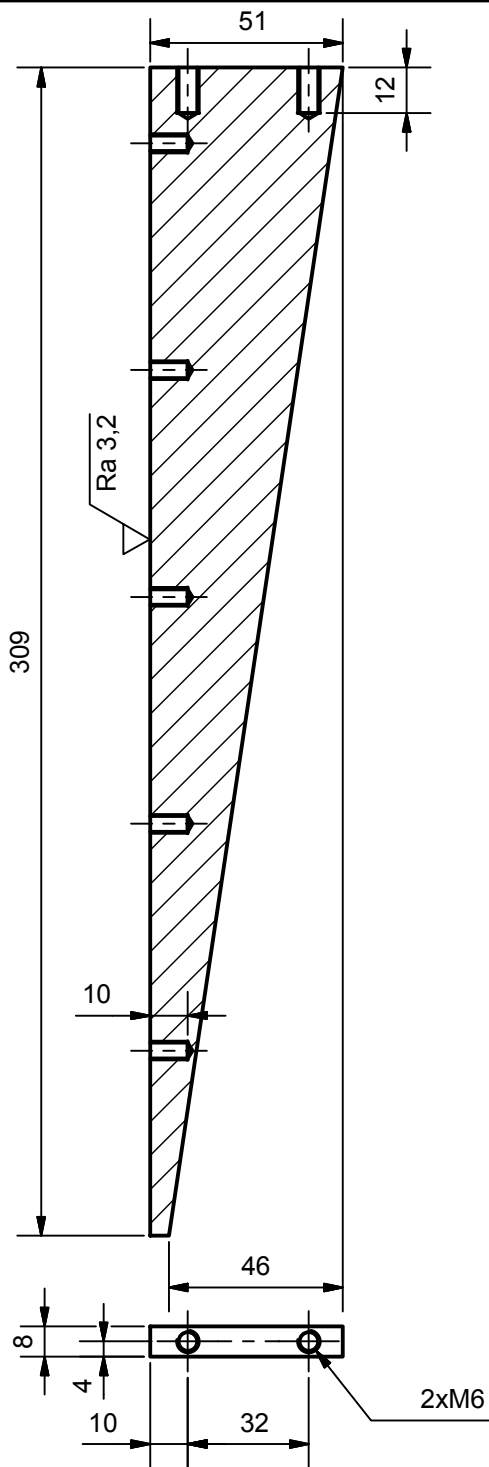
√ Ra 6,3



A-A (1:1)



1	ČSN EN 485-4 10-61x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)			0,115 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL			HMOTNOST
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name			 FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI
Kreslil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 1:1
	Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No. S002ZCU		
			C.hmot.sestavy 0,115		
Nazev / Title <b>ČELNÍ STĚNA</b>				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No. D003ZCU Format A4
				List / sheet no.	Pocet listu / sheets

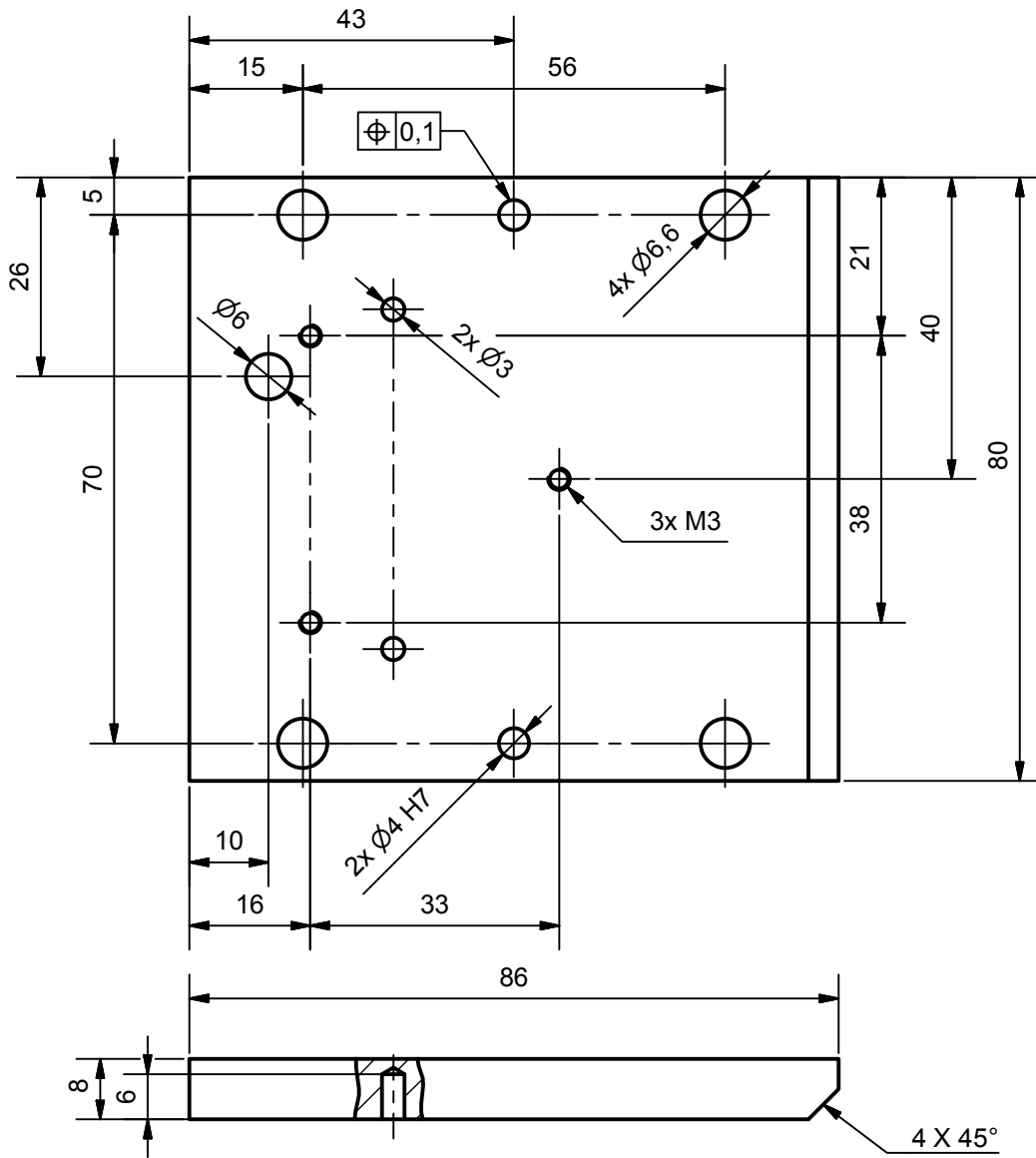


1	ČSN EN 485-4 8-309x51	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,184 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST
CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name
Kreslil / Drawn by	19.5.2015		TUČNÝ
Prezkoušel / Checked by	—		—
Schválil / Approved by	—		—
Index změny	Popis změny / change description	Schval. / APP	Datum / Date
—	—	—	—
—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE
	Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No.: S002ZCU
			C,hmot,sestavy 0,184
Meritko / Scale		1:2	
Nazev / Title		Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.
ŽEBRO			D004ZCU
List / sheet no.		Pocet listu / sheets	
		Format	
		A4	

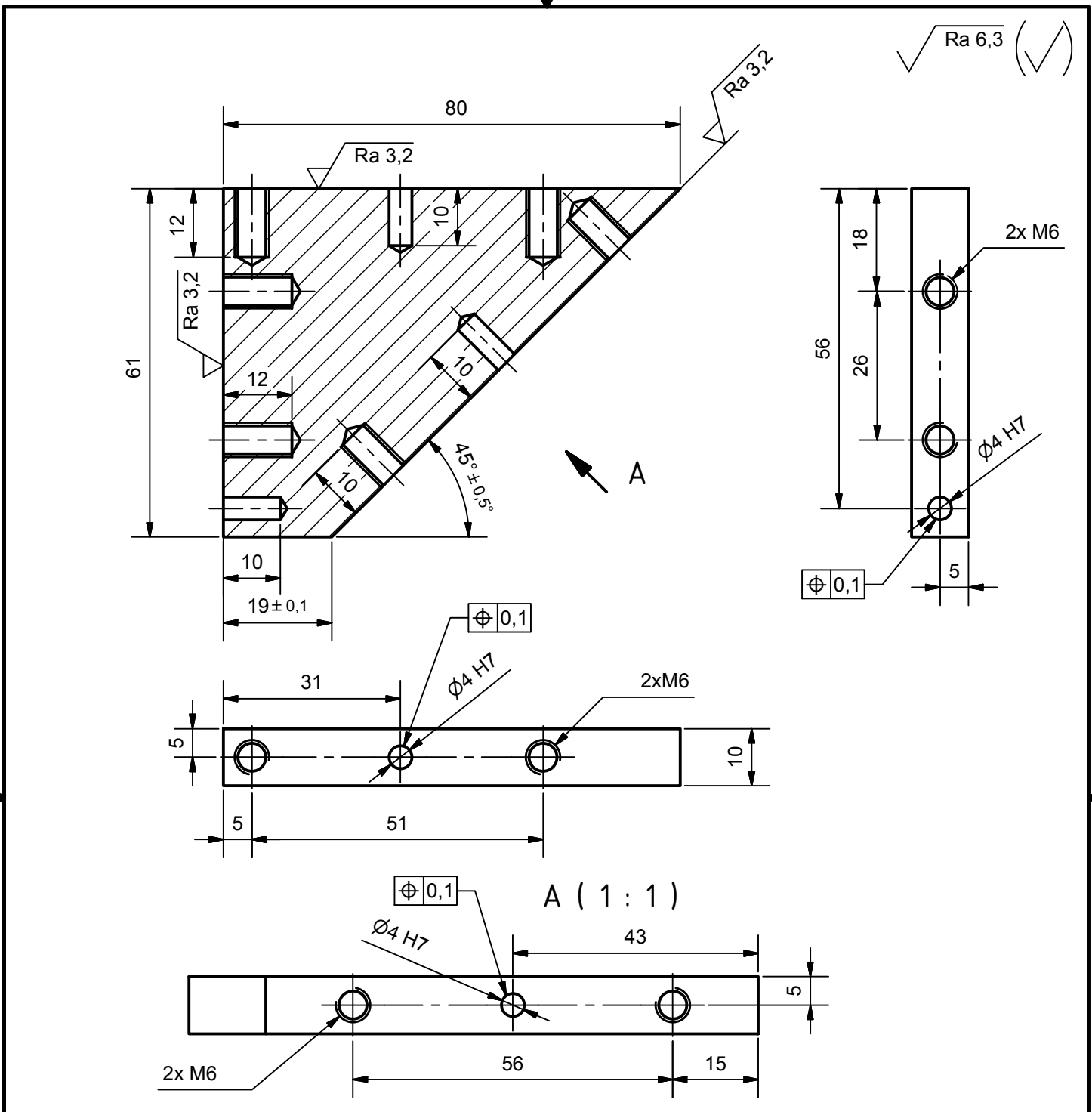


FAKULTA STROJNÍ  
ZAPADOČESKÉ  
UNIVERZITY  
V PLZNI



√ Ra 6,3



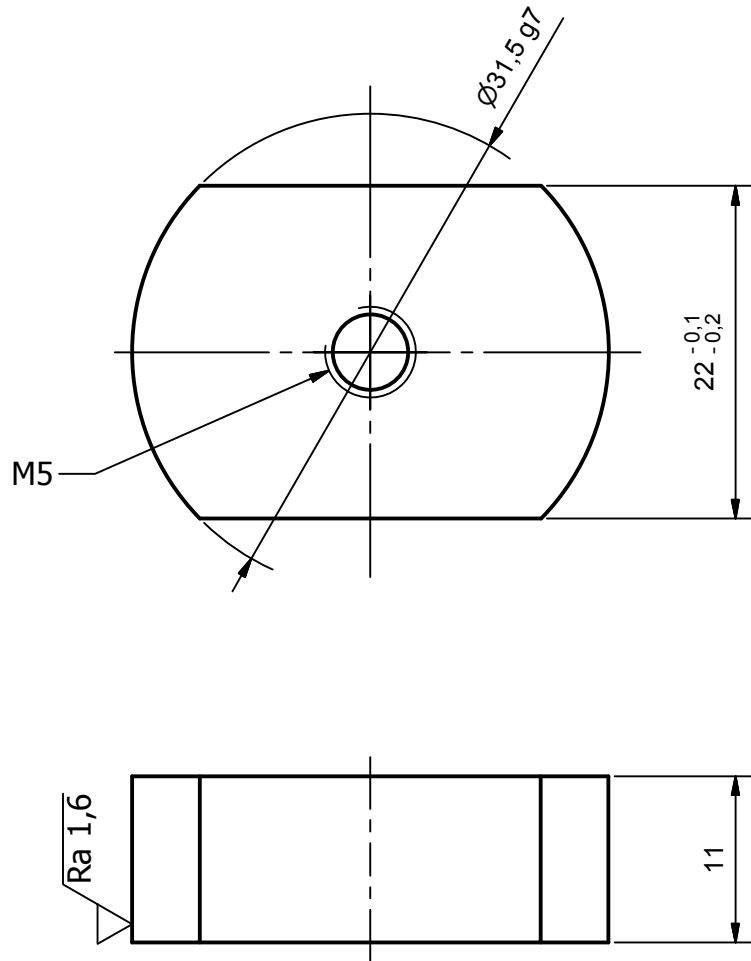
1	ČSN EN 485-4 8-86x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,142 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name	
Kreslil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ	
Prezkoušel / Checked by	—	—	
Schválil / Approved by	—	—	
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date
—	—	—	—
—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE	
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No. S002ZCU	
		C.hmot.sestavy 0,142	
Meritko / Scale		1:1	
Nazev / Title		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.
PŘÍRUBA ODEBÍRACÍHO GRIPPERU			D005ZCU
List / sheet no.		Pocet listu / sheets	
		Format	
		A4	



1	ČSN EN 485-4 10-61x80	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,077 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST

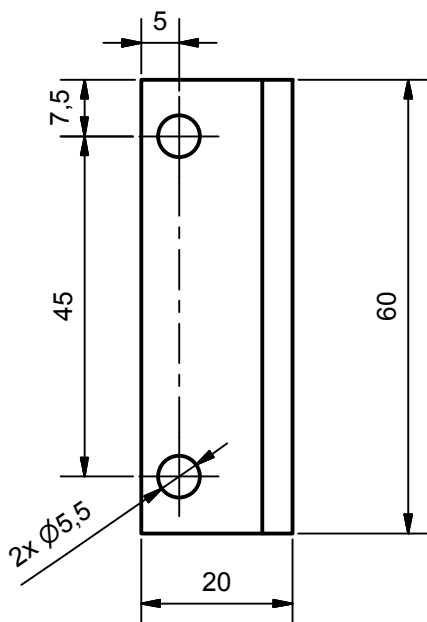
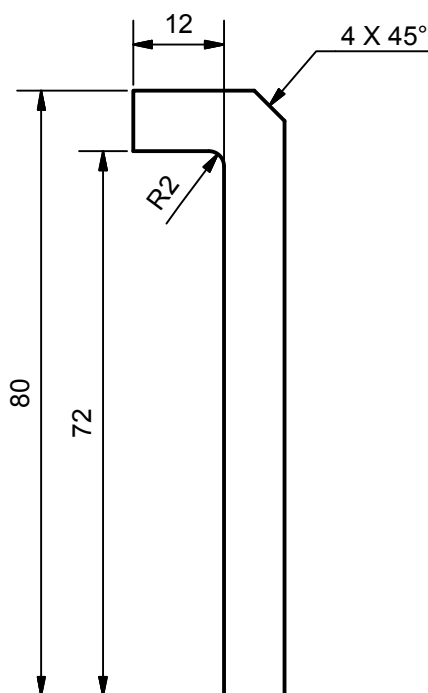
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI
Kreslil / Drawn by		19.5.2015		TUČNÝ		
Prezkoušel / Checked by		—		—		
Schválil / Approved by		—		—		
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 1:1	
	Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No. S002ZCU			
			C,hmot,sestavy 0,077			
Nazev / Title <b>BOČNICE</b>				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No. D006ZCU	Format A4
				List / sheet no.	Pocet listu / sheets	

√ Ra 3,2 (✓)





1	ČSN EN 10060 Ø34-11	EN S235J2			0,053 kg	
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL			HMOTNOST	
CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name			
Kreslil / Drawn by	19.5.2015		TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—		—			
Schválil / Approved by	—		—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 2:1	
	Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No. S001ZCU			
			C.hmot.sestavy 0,053			
Nazev / Title <b>ČEP</b>			Rev.	Císlo vykresu / Drawing No. D007ZCU		Format A4
				List / sheet no.	Pocet listu / sheets	

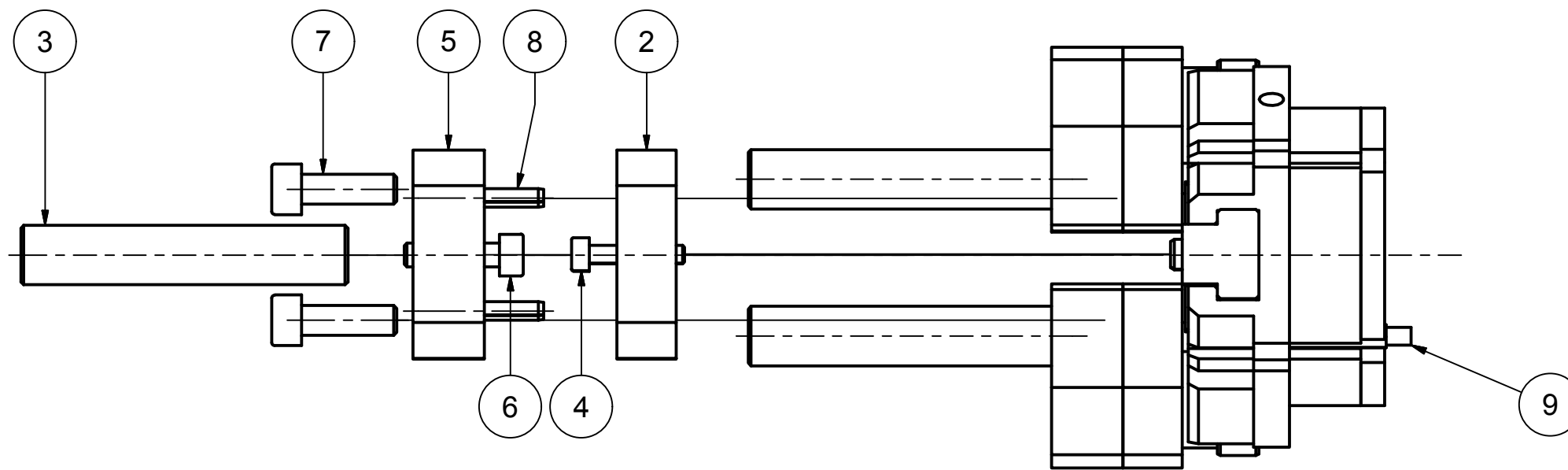
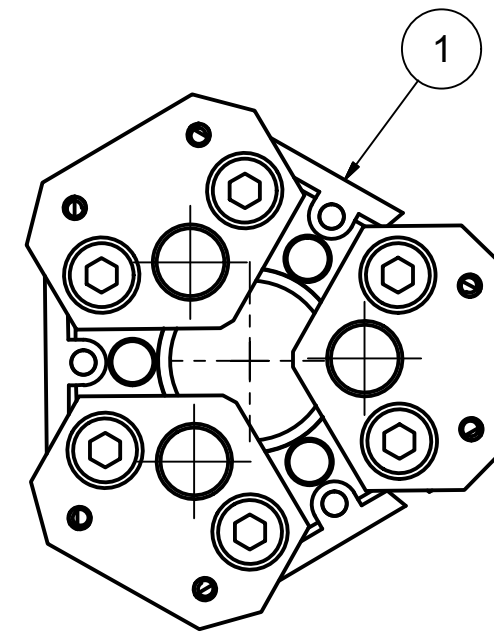
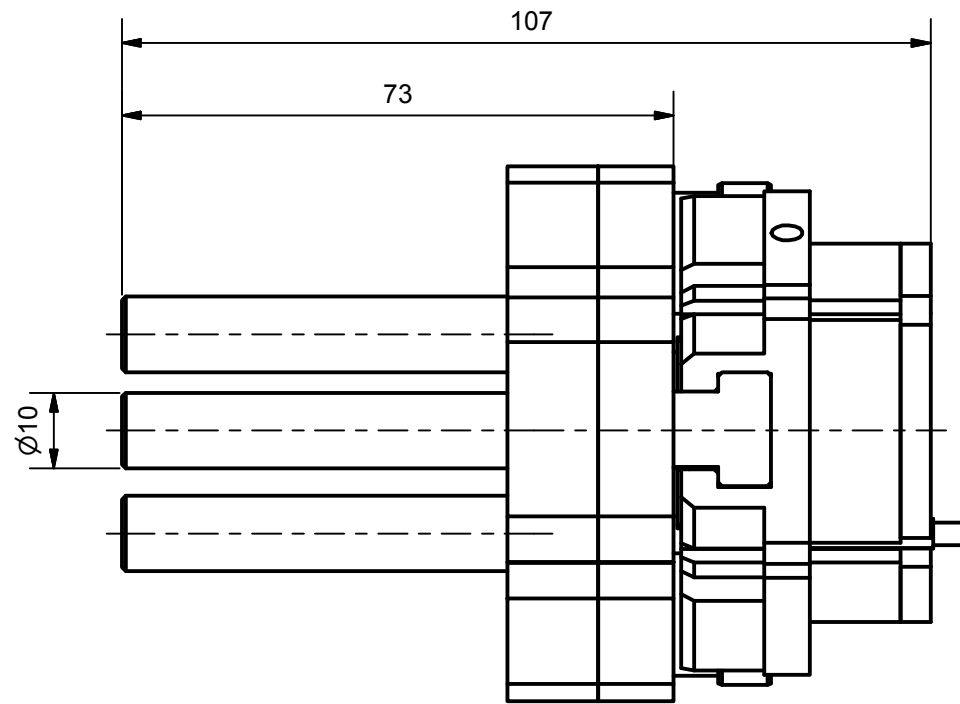
✓ Ra 6,3



1	ČSN EN 485-4 20-80x60	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,117 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI	
Kreslil / Drawn by		19.5.2015		TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by		—		—			
Schválil / Approved by		—		—			
Index zmeny		Popis zmeny / change description		Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—		—		—	—	—	—
—		—		—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 1:1		
	Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No. S001ZCU				
			C,hmot,sestavy 0,117				
Nazev / Title <b>DRŽÁK FLEXIHADICE</b>				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No. D008ZCU		Format A4
					List / sheet no.	Pocet listu / sheets	





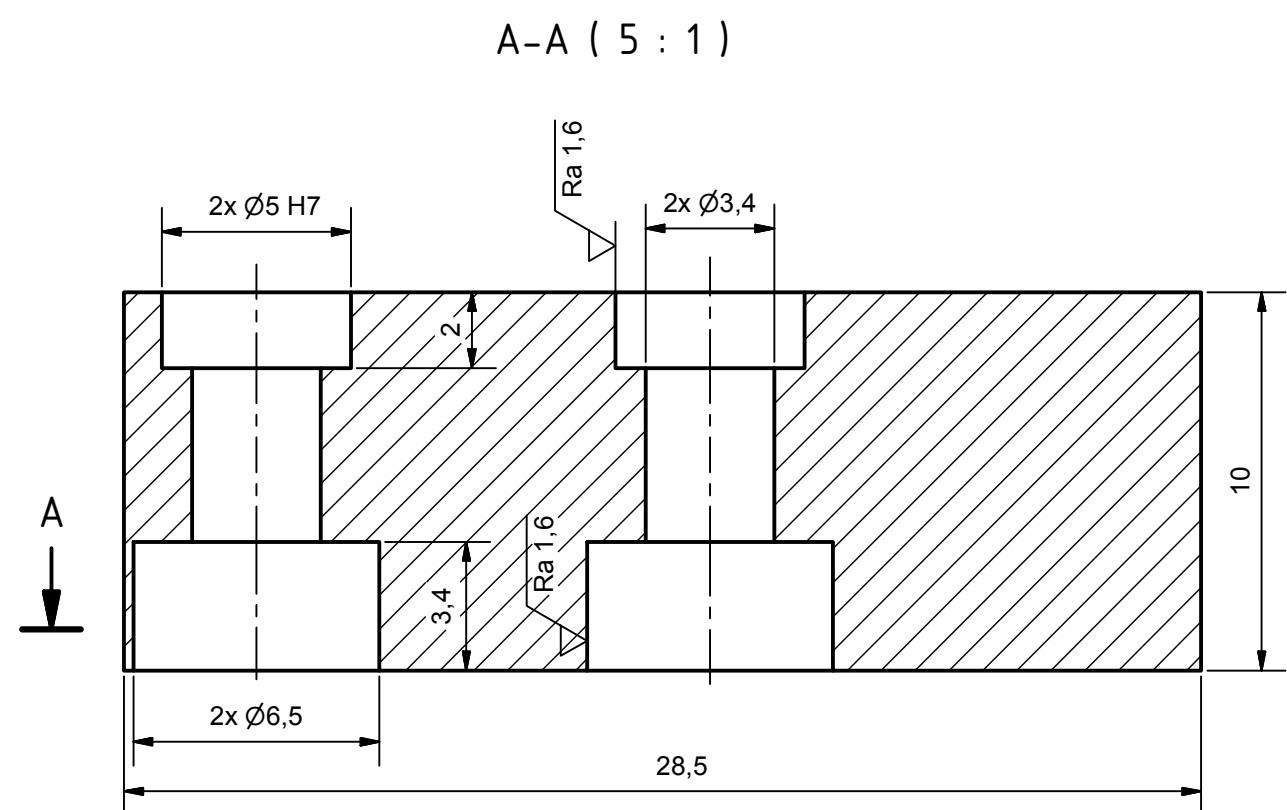
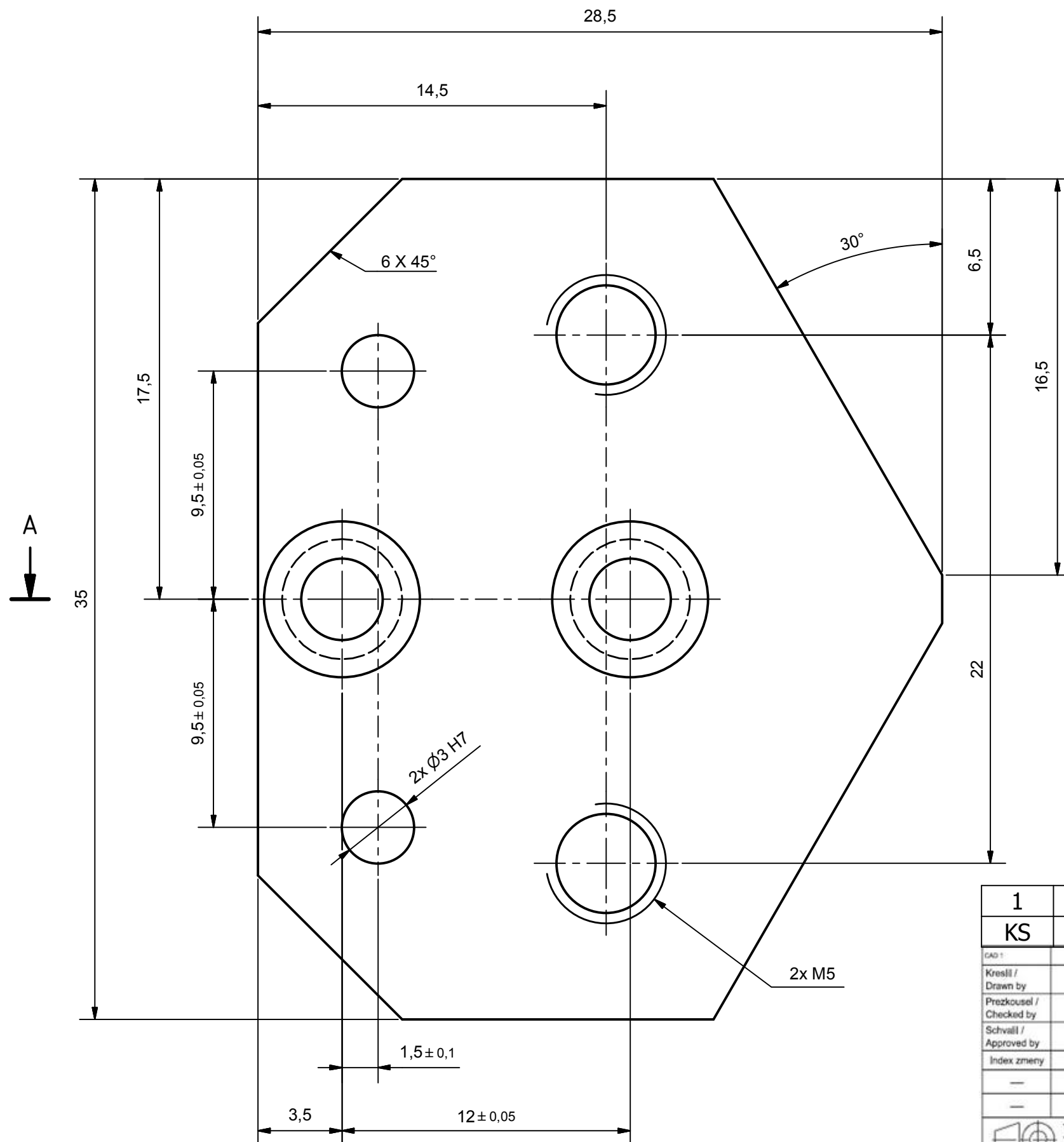
9	Snímač RMS_22_S_M8	SCHUNK		0,003 kg		1
8	Kolík - 3 x 22	ISO 8750	Ocel	0,001 kg		6
7	Šroub - M5 x 16	ISO 4762	Ocel	0,004 kg		6
6	Šroub - M4 x 16	ISO 4762	Ocel	0,003 kg		3
5	Spodní příruba	ČSN EN 485-4 12-29x35	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,021 kg	D010ZCU	3
4	Šroub - M3 x 16	ISO 4762	Ocel	0,001 kg		6
3	Prst	ČSN EN 10278 Ø10-55	ČSN 11 500	0,033 kg	D011ZCU	3
2	Horní příruba	ČSN EN 485-4 10-29x35	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,020 kg	D009ZCU	3
1	JGZ-3-Finger Universal Gripper	SCHUNK		0,250 kg		1
POZ.	POPIS	NORMA	MATERIÁL	HMOTNOST	ČÍSLO VÝKRESU	KS

KUSOVNÍK

GAD:1	Datum / Date	Jmeno / Name				
Kresil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ				
Prezkoušel / Checked by	—	—				
Schválil / Approved by	—	—				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale	
	Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No. S003ZCU		1:1	
Název / Title			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		
GRIPPER				S003ZCU		
				List / sheet no.      Pocet listu / sheets		
				Format		
				A3		

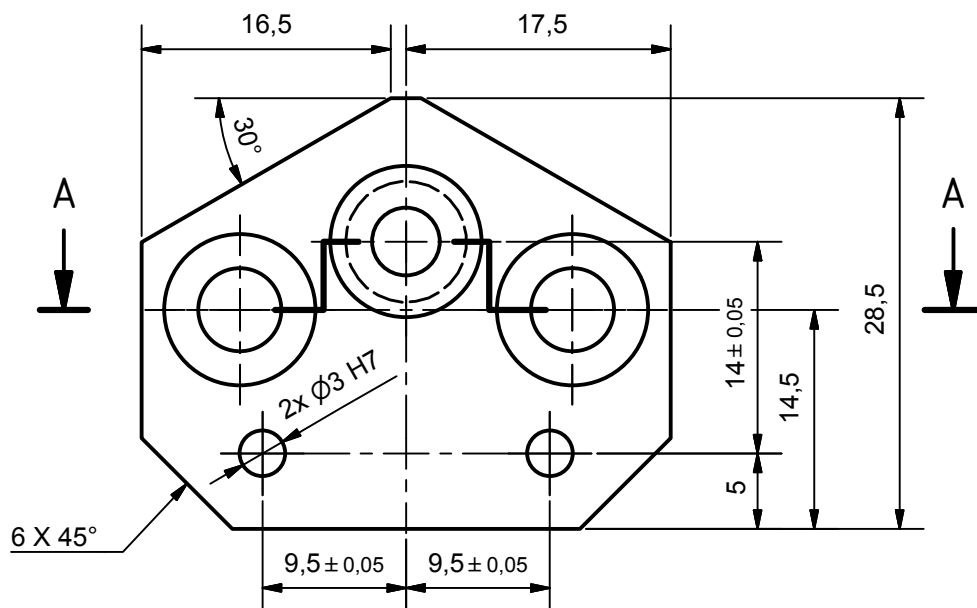


√ Ra 6,3 (✓)

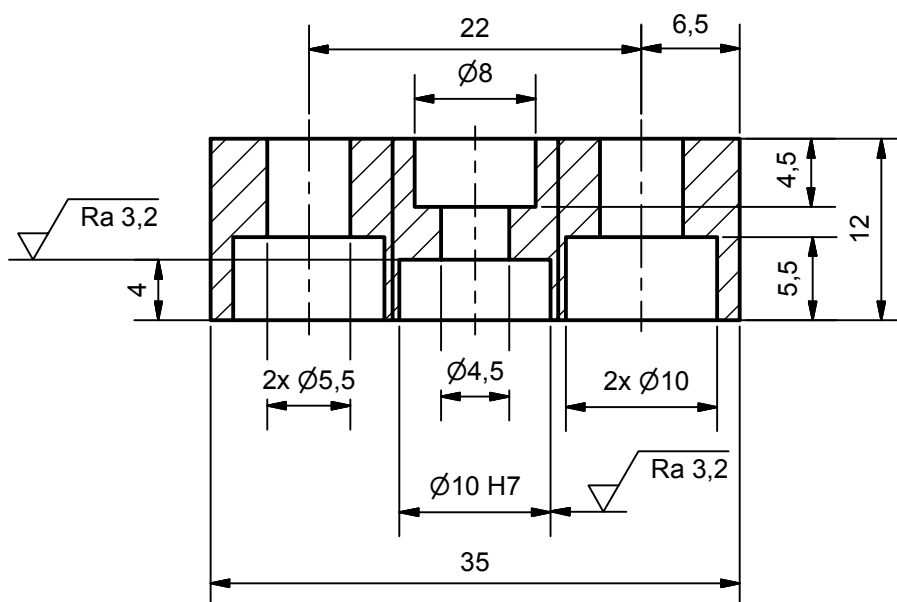


1	ČSN EN 485-4 10-29x35	EN AW-2007 (ALCUMGPB)	0,020 kg		
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST		
GAD:1	Datum / Date	Jmeno / Name	 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI		
Kresil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	UCHOPOVACÍ HLAVICE	Meritko / Scale	5:1
ISO 128	Soubor-vykres / DRW-file	C,sestavy / Assembly No.	S003ZCU		
Nazev / Title		C,hmot,sestavy	0,2		
		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		
HORNÍ PŘÍRUBA			D009ZCU		Format A3
			List / sheet no.	Pocet listu / sheets	

√ Ra 6,3 (✓)

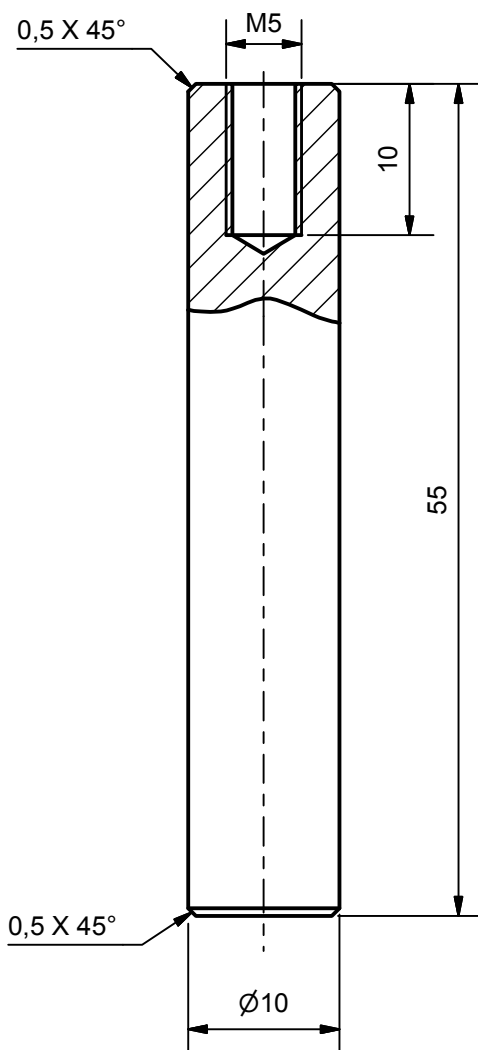


A-A ( 2 : 1 )





1	ČSN EN 485-4 12-29x35	EN AW-2007 (ALCUMGPB)			0,021 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL			HMOTNOST
CAD :	Datum / Date	Jmeno / Name			 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI
Kreslil / Drawn by	19.5.2015	TUČNÝ			
Prezkoušel / Checked by	—	—			
Schválil / Approved by	—	—			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE		Meritko / Scale 2:1
	Soubor-vykres / DRW-file		C,sestavy / Assembly No. S003ZCU		
			C,hmot,sestavy 0,021		
Nazev / Title <b>SPODNÍ PŘÍRUBA</b>				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No. D010ZCU Format A4
				List / sheet no.	Pocet listu / sheets

√ Ra 6,3



ZAKALIT NA 58 HRC

1	ČSN EN 10278 Ø10-55	ČSN 11 500	0,033 kg
KS	POLOTOVAR	MATERIÁL	HMOTNOST

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 <p>FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI</p>		
Kreslil / Drawn by		19.5.2015		TUČNÝ				
Prezkoušel / Checked by		—		—				
Schválil / Approved by		—		—				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—			
 <p>ISO 128</p>	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file				Projekt / Project: UCHOPOVACÍ HLAVICE	Meritko / Scale	
	ISO 8015	Soubor-vykres / DRW-file				C.sestavy / Assembly No. S003ZCU		2:1
	ISO 2768mK					C,hmot,sestav 0,033		
Nazev / Title					Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.	Format	
PRST						D011ZCU	A4	
						List / sheet no.	Pocet listu / sheets	