TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Univerzální uchopovací hlavice pro válcové tvary dílů

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojní inženýrství

Autor práce: **Radka Staňková**
Vedoucí práce: Ing. Šimon Kovář, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Liberec 2022

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Zadání bakalářské práce

Univerzální uchopovací hlavice pro válcové tvary dílů

Jméno a příjmení: **Radka Staňková**
Osobní číslo: S16000163
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojní inženýrství
Zadávající katedra: Katedra textilních a jednoúčelových strojů
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši uchopovacích hlavic pro kruhové tvary,
2. Navrhněte dva způsoby uchopení válcových tvarů pro rozsah průměrů 10 – 50 mm,
3. Navržené způsoby prověřte pomocí výpočtu, popřípadě experimentem,
4. Pro vybranou variantu vypracujte výkresovou dokumentaci.

Rozsah grafických prací: Vykresová dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

[1] MONKMAN, G., S. HESSE, R. STEINMANN and H. SCHUNK. Robot Grippers. Wile, 2006. ISBN 978-3-527-40619-7 [2] NOVOTNÝ, František. Efektory průmyslových robotů. Liberec: Technická univerzita, 2015. TUL: 55-017-15
[2] MEERKAMM, Harald. Technical pocket guide. University of Erlangen-Nuremberg. Schaeffler Technologies GmbH & Co.KG, 1st edition, March 2014. MATNR 084713119
[3] RIDER, Michael. Designing with Creo Parametric 3.0. SDCpublication. 2015. ISBN 9781585039807

Vedoucí práce: Ing. Šimon Kovář, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání práce: 30. října 2019
Předpokládaný termín odevzdání: 31. ledna 2022

L.S.

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 30. října 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

11. ledna 2022 Radka Staňková

Anotace

Bakalářská práce se zabývá výstupními uchopovacími hlavicemi robotu. Rešerše obsahuje základní rozdělení uchopovacích hlavic a k jednotlivým druhům uvádí možnosti, kterými lze uchopovat válcové díly. Praktická část práce obsahuje dva návrhy univerzální uchopovací hlavice pro válcové tvary dílů o různém průměru. K vybranému návrhu uvádí optimalizaci rozměrů mechanismu a konstrukčním řešením vybraného návrhu, ke kterému jsou uvedeny výstupní parametry navržené hlavice a technická dokumentace.

Klíčová slova

Robotické uchopování, univerzální hlavice, uchopování válce, uchopování různých průměrů, kloubový mechanismus, optimalizace mechanismu, konstruování

Annotation

The bachelor thesis deals with the output grippers of the robots. The theoretical part contains a basic division of grippers and lists the possibilities how cylindrical shapes of parts can be gripped. The practical part of the work contains two designs of universal grippers for cylindrical shapes of parts of different diameters. For the selected design, it states the optimization of the dimensions of the mechanism and the design solution of the selected design, to which the output parameters of the designed head and technical documentation are given.

Keywords

Robotic gripping, universal grippers, cylinder grip, gripping of different diameters, articulated mechanism, mechanism optimization, design

Poděkování

„Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Šimonu Kovářovi, Ph.D. za jeho velmi přínosné rady, vstřícný přístup při konzultacích a trpělivost při vedení bakalářské práce. Dále bych tímto chtěla poděkovat TU v Liberci a zejména Katedře textilních a jednoúčelových strojů za umožnění této bakalářské práce.“

OBSAH

Seznam použitých zkratek a symbolů 8

Úvod 9

1 Uchopovací hlavice 10

1.1 MECHANICKÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE 11
1.1.1 Pohony mechanických uchopovacích hlavic 12
1.1.2 Transformační blok 13
1.1.3 Rozdělení mechanických hlavic podle úchopných prvků 14
1.2 MAGNETICKÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE 15
1.3 PODTLAKOVÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE 16
1.4 UNIVERZÁLNÍ UCHOPOVACÍ HLAVICE 16

2 Návrh univerzální uchopovací hlavice 19

2.1 PARALELNÍ UCHOPOVACÍ HLAVICE 19
2.2 TŘÍČELISŤOVÁ UCHOPOVACÍ HLAVICE 21
2.2.1 Optimalizace rozměrů mechanismu 22
2.2.2 Výpočet uchopovací síly 27

3 Konstrukční řešení 33

3.1 ČEPOVÉ SPOJE 37
3.2 MONTÁŽNÍ PRVKY HLAVICE 38
3.3 VLASTNOSTI UCHOPOVACÍ HLAVICE 40

Závěr 41

Použitá literatura 42

Seznam příloh 44

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značení	Význam	Jednotky
i_{ch}	počet stupňů volnosti mechanismu	[-]
r	poloměr válce	[mm]
α_{10}; α_{02}	úhly pootočení	[°]
A_1; A_0; A_2	označení polohy posuvné čelisti	[-]
P	označení polohy pevného bodu rotační čelisti	[-]
Y_P	souřadnice ve směru y bodů A	[mm]
Y_A	souřadnice ve směru y bodu P	[mm]
A_0‘; A_2‘	označení pozice relativních bodů	[-]
P_1; P_2; P_0	označení polohy krajních bodů rotační čelisti	[-]
A; B; C;L	rozměry mechanismu	[mm]
β	úhel zalomení rotační čelisti	[°]
F	síla pneumatického válce	[N]
α; μ	transformační úhly mechanismu	[°]
ϒ	úhel působení rotačních čelistí	[°]
R_1;R_2	teoretické úchopné síly od čelistí	[N]
N_1;N_2	normálové síly rotačních čelistí	[N]
T_1;T_2	tečné síly rotačních čelistí	[N]
f_1;f_2	koeficient tření	[-]
F_1; F_2;F_3;F_4	síly namáhání binárního členu	[N]
R_x, R_y	reakční síly v místě pevného čepu	[N]
p_1;p_2	tlak ve stykových plochách	[MPa]
P_D	dovolený tlak stykových ploch na otlačení	[MPa]
S_1;S_2	stykové plochy	[mm^2]

ÚVOD

Průmyslové roboty a manipulátory se rozšiřují do všech oborů lidské činnost. Bývají zakončené výstupní hlavicí, která z velké části ovlivňuje využití robotu.

Bakalářská práce se zabývá problematikou výstupních uchopovacích hlavic, které jsou určené k mezioperační manipulaci. První část se zabývá rešerší o uchopovacích hlavicích pro kruhové tvary. V rešerši je uvedeno základní rozdělení hlavic podle technologie uchopování, rozdíly mezi aktivními a pasivními hlavicemi a podrobnější rozbor mechanických a univerzálních hlavic. Ke každé technologii udává na příkladu možnost uchopení kruhových tvarů.

Druhá část práce obsahuje dva návrhy univerzální hlavice pro válcové tvary o různém průměru dle zadání. K vybranému návrhu je zpracována pomocí grafické metody optimalizace rozměrů, která zaručí přesné uchopení válců o průměru v rozsahu 10-50 milimetrů. Optimalizace rozměrů je zároveň základ pro konstrukční řešení.

Konstrukčním řešením vybrané uchopovací hlavice se zabývá třetí část práce. Popisuje vymodelovanou sestavu navržené hlavice, způsob jakým je provedena její montáž k zvolenému robotu a způsoby výroby jednotlivých dílů. V závěru této části jsou stručně shrnuté parametry hlavice.

1 UCHOPOVACÍ HLAVICE

Průmyslové roboty a manipulátory se postupně rozšiřují do všech oborů lidské činnosti. Nahrazují manuální práci, která je fyzicky náročná, monotónní nebo pro člověka nebezpečná. Výhodou nahrazení lidské síly zavedením robotů do výroby je rychlost, přesnost a bezpečnost při práci. [1]

Pohybový systém průmyslových robotů a manipulátorů bývá zakončený dalším samostatným pohybovým ústrojím, které je přizpůsobeno požadované činnosti. Ve výrobním procesu se jedná o mezioperační manipulaci, vyjímaní a vkládání objektů do pracovního prostoru a o technologické a kontrolní operace. Přidáním výstupního členu ke konstrukci robotu se rozšíří jeho pohybové možnosti. Přídavné zařízení je umístěno na výstupu, proto se označuje jako výstupní hlavice. Podle způsobu použití se rozdělují na uchopovací, technologické, kombinované nebo speciální hlavice. Výstupní hlavice ovlivňují možnosti využití průmyslových robotů, proto je důležitým faktorem jejich konstrukce. Při návrhu pracovní hlavice jsou základními požadavky minimální hmotnost, minimální rozměry, provozní bezpečnost a spolehlivost uchopení. [1]

Uchopovací hlavice má funkci uchopení, manipulování a následného uvolnění předmětu. Úchopné prvky hlavice přichází bezprostředně do kontaktu s objektem manipulace. Mezi povrchem předmětu a úchopnými prvky dochází k rovnováze vnějších sil působících na objekt. Vznikne zde mechanický styk, který zajistí stabilní a nehybné uchopení objektu. [2]

Uchopovací hlavice lze rozdělit dle různých hledisek. Základní rozdělení spočívá ve způsobu vyvozování úchopné síly, která může být pasivní nebo aktivní. Hlavice složené z pasivních úchopných prvků patří k nejjednodušším prostředkům uchopování, protože nepotřebují vlastní řídicí systém. Při uchopení předmětu není možné ovládat úchopnou sílu a k jeho uvolnění je zapotřebí vnější zásah. Hlavice složené z úchopných prvků, které ke své funkci využívají řídicí systém, se označují jako aktivní. [2]

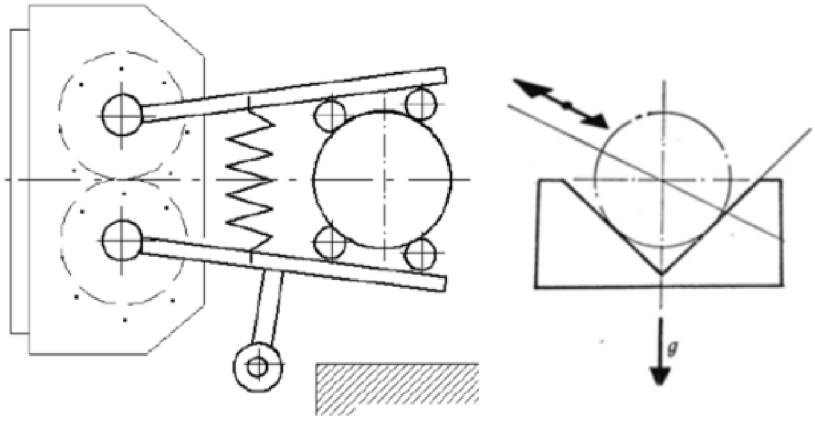
Uchopovací hlavice lze dále dělit podle charakteru uchopení. Existuje uchopení silové, tvarové a kombinované. K silovému uchopení dochází působením vnějších sil, které mohou být mechanické, gravitační, magnetické, podtlakové nebo adhezní. U tvarového uchopení mají uchopovací prvky chapadla tvar negativu zvedaného předmětu, tímto způsobem se zajistí pevné a přesné uchopení. [2]

Tabulka 1 Základní rozdělení úchopných prvků [2]

Mechanické	Pasivní	Pevné stavitelné opěry	
		Odpružené čelisti	
	Aktivní	Čelisti s pohonem	Pneumatický pohon
			Elektromotor
			Hydromotor
			Elektromagnet
Magnetické	Pasivní	Permanentní magnety	
	Aktivní	Elektromagnety	
Podtlakové	Pasivní	Deformační přísavky	
	Aktivní	Podtlakové komory	s vývěvou
			s ejektorem

1.1 MECHANICKÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE

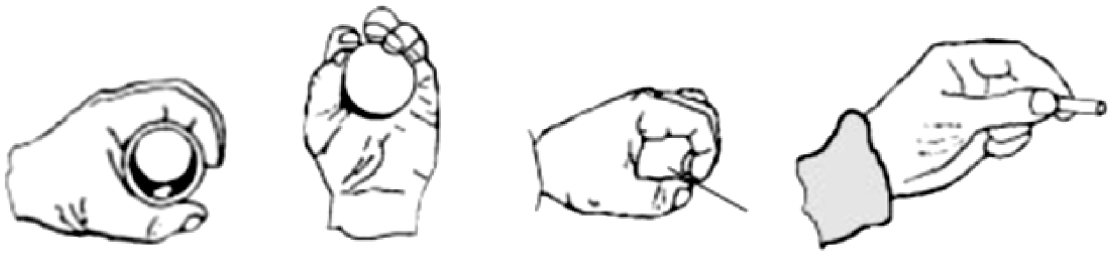
Pasivní mechanické hlavice využívají k uchopování pružné nebo odpružené čelisti stavitelné podpěry a prizmatická lůžka. Odpružené čelisti využívají k vyvození úchopné síly pružnou deformaci pružiny, která svírá čelisti. K rozevření čelistí dochází pomocí zarážky, která po najetí na objekt rozevře úchopné prvky. Stavitelné podpěry a prizmatická lůžka využívají ke zvedání předmětů gravitační síly. Úchopná síla je vyvozena vlastní tíhou předmětu, kterou je přitlačována k pevným opěrám hlavice. V provozu je u těchto hlavic zapotřebí zvýšená bezpečnost při manipulaci, aby nedošlo k vypadnutí předmětu. [2,3]



Obrázek 1.1 Příklad pasivní hlavice s odpruženými čelistmi a prizmatické lůžko[2]

Aktivní mechanické hlavice jsou označovány jako chapadla. Chapadla mají minimálně jednu ovládanou čelist. Konstrukce aktivních čelistí je inspirována lidskou rukou. Lidská ruka

dokáže mnoha způsoby zvednout předměty, které jsou tvarově neomezené. K jejich uchopení využívá minimálně dva prsty. Z tohoto předpokladu vychází technické řešení mechanických hlavic, které mají alespoň dvě čelisti. [3]



Obrázek 1.2 Možnosti uchopení válcových tvarů lidskou rukou [4]

Mechanické hlavice se skládají ze základních prvků, kterými jsou pohon, transformační blok, úchopné prvky a senzorika. Vše je připevněno k nosnému systému, kterým je rám. V zjednodušených případech nemusí chapadlo obsahovat senzoriku a transformační blok. Mechanická chapadla lze dělit dle použitého pohonu, transformačního bloku a počtu a typu úchopných prvků. [4]

1.1.1 POHONY MECHANICKÝCH UCHOPOVACÍCH HLAVIC

Výběr pohonu je pro návrh chapadla důležitý, protože podmiňuje jeho základní pohybové, silové a výkonové parametry. Pohon plní funkci akčního členu chapadla. Na výstupu vykonává rotační nebo lineární pohyb. [4]

Za nejčastěji používané pohony se označují pneumatické válce. Důvodem je především jejich nízká cena a odolnost proti přetížení. Nevýhodou je problematické řízení úchopné síly. Hydraulické pohony patří stejně jako pneumatické mezi tekutinové pohony, které vykonávají na výstupu lineární neboli posuvný pohyb. Jejich výhodou je velká výstupní síla v poměru s velikostí pohonu. Další výhodou je možnost nastavení velikosti výstupní rychlosti čelistí hlavice a velikosti uchopovací síly. Jako pohony rotační se používají zejména elektromotory, u kterých lze snadno nastavit rychlost a velikost uchopovací síly. Nevýhodou je vyšší cena. [4]

Tabulka 2 Porovnání vlastností jednotlivých pohonů [4,5]

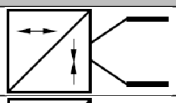
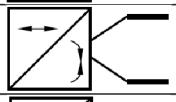
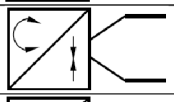
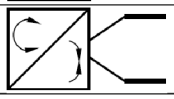
Pohon / Vlastnost	Pneumatický	Hydraulický	Elektrický
Uchopovací síla	○	●	○
Ovladatelnost	○	◐	●
Velikost a hmotnost	○	●	◐
Životnost	○	●	◐
Cena	●	◐	○
Bezpečnost	●	◐	◐

Výhodné ● Nevýhodné ○

1.1.2 TRANSFORMAČNÍ BLOK

Spojení pohonu s úchopnými prvky může být přímé, tzn. každá čelist má samostatný pohon, nebo může být realizováno pomocí mechanického převodu. Mechanický převod umožní ovládání dvou a více čelistí jedním pohonem. V případě, kdy je zapotřebí transformovat pohyb pohonu na odlišný typ pohybu, je potřeba ke konstrukci hlavice přidat transformační blok. Transformační blok plní funkci mechanismu, který využívá převodovou funkci k změně výstupního pohybu pohonu na potřebný vstupní pohyb čelistí. [5]

Tabulka 3 Typy transformačních bloků [6]

Typ motoru	Pohyb úchopných prvků	Transformace pohybu	Typ transformačního bloku
posuvný	posuvný		T1
posuvný	rotační		T2
rotační	posuvný		T3
rotační	rotační		T4

1.1.3 ROZDĚLENÍ MECHANICKÝCH HLAVIC PODLE ÚCHOPNÝCH PRVKŮ

Úchopné prvky přichází do přímého kontaktu s uchopovaným dílem. Síly ve stykových plochách zajišťují bezpečné a pevné sevření při manipulaci. Zvolený počet a tvar stykových ploch ovlivňuje středící schopnost chapadla. [2]

$$6 + i_{ch} = m + k \tag{1}$$

Pro zajištění stability uchopení platí rovnice statické určitosti (1). Stabilita uchopení závisí na typu kontaktu. Pro válcové a kruhové tvary jsou tři základní případy plocha/čára, plocha/bod a plocha/ zdvojená čára. [2]

Základní dělení mechanických hlavic je na základě počtu úchopných prvků. Nejrozšířenější jsou dvoučelisťová chapadla. Dále existují chapadla centrická tříčelisťová a nebo vícečelisťová. [2]

Dvoučelisťové paralelní hlavice mají dva úchopné prvky, které se vůči sobě pohybují lineárně. V praxi je tento typ uchopovací hlavice nejrozšířenější, protože jednoduchá konstrukce má mnoho využití. Většina paralelních hlavic má výměnné úchopné prvky. Pro válcové tvary je vhodné využít minimálně tříbodový styk, kdy je zamezeno vyklouznutí dílu. Dvoučelisťová angulární chapadla jsou obdobná jako paralelní hlavice. Mají dva úchopné prvky, které se vůči sobě pohybují po kružnici. [7]

Obrázek 1.3 Paralelní hlavice pro malé válcové tvary [13]

Centrická chapadla patří mezi tříčelisťové hlavice. Úchopné prvky mají rovnoměrně rozložené po obvodu efektoru tedy po 120°. Využívají se k přesnému vystředění obrobku na příklad u soustruhu. Jsou vhodné pro uchopení válcových tvarů, kde je zapotřebí přesný soustředný úchop. V některých případech mohou mít i více čelistí. Čelisti vykonávají při úchopu lineární pohyb. Existují i centrické hlavice s angulárním pohybem, ale nejsou tak běžné. [7]

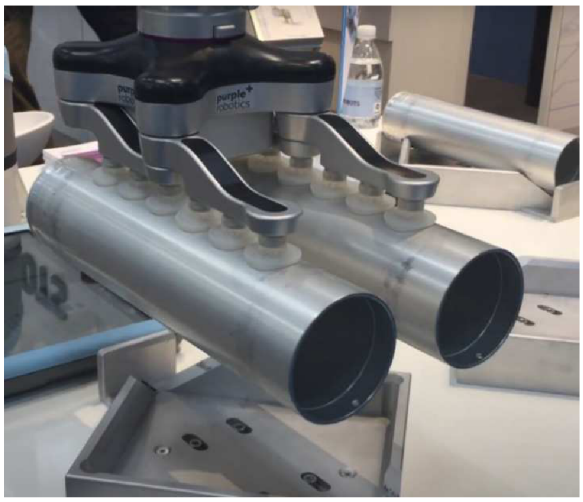
1.2 MAGNETICKÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE

Magnetické hlavice je možné využít pouze na uchopení předmětů, které jsou z magnetických materiálů. Nemají specifické požadavky na tvar uchopovaného dílu, proto jsou vhodné i k manipulaci s válcovými díly. Obvykle se využívají při manipulaci s objekty malých rozměrů a hmotností. Například se může jednat o různé plechové výlisky nebo podložky. Výhodou těchto hlavic je jednoduchá konstrukce. Uchopovací síla je určena počtem použitých magnetů. U permanentních magnetů je zapotřebí předmět z hlavice uvolnit. Uvolnění se provádí strhnutím předmětu z magnetu pomocí vyhazovačů. Elektromagnety patří mezi aktivní uchopovací hlavice. K napájení využívají stejnosměrný proud. Po vypnutí přívodu proudu je zapotřebí provést odmagnetování a poté se předmět uvolní. Nevýhodou magnetických hlavic je možnost uchopení okolních kovových předmětů a malých částic. [3]

Obrázek 1.4 Elektroagnetická hlavice od firmy Schmalz [16]

1.3 PODTLAKOVÉ UCHOPOVACÍ HLAVICE

Podtlakové hlavice využívají k uchopení předmětu přísavky nebo podtlakové komory. Přísavky se přitlačením k povrchu předmětu zdeformují a tím vytvoří potřebný podtlak. Na velikost úchopné síly má vliv tvar a tuhost přísavky a kvalita povrchu zvedaného předmětu. Povrch musí být hladký a neporušený, aby mezi ním a přísavkou došlo k těsnému styku. Podtlakové komory vytvoří potřebný podtlak odsátím vzduchu z komory. Využívají vývěvy nebo ejektory. Podtlakové hlavice obecně vyžadují hladký, rovný nebo minimálně zaoblený povrch, proto uchopování válcových tvarů je u toho typu chapadel omezené. [3]



Obrázek 1.5 Podlaková uchopovací hlavice od Purple robotic [19]

1.4 UNIVERZÁLNÍ UCHOPOVACÍ HLAVICE

Doposud uvedené uchopovací hlavice slouží k manipulaci s předměty, které mají přesně dané rozměry, tvar, materiál a další vlastnosti. V dnešní době se využití robotů rozšiřuje i do malosériové a zakázkové výroby, kde se používají různé nástroje, polotovary a přípravky, se kterými je potřeba střídavě manipulovat. Univerzální hlavice nahrazují v automatizovaných systémech ruční výměnu efektorů a zvyšují tak využitelnost programovatelných robotů. [5]

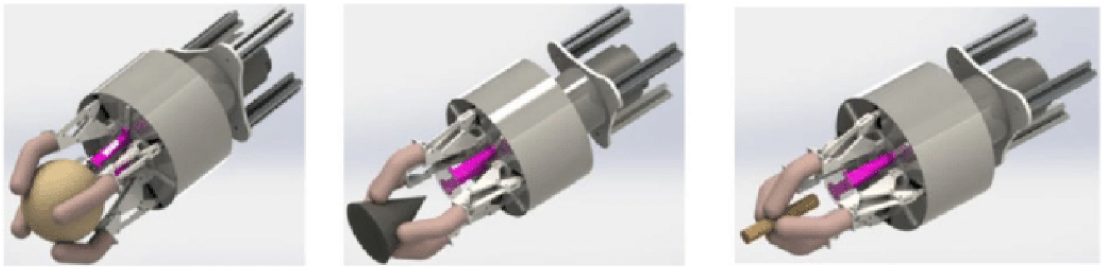
Za univerzální hlavice může být označena hlavice, která má automatizovanou výměnu efektoru, specifickou konstrukci pro díly různých rozměrů nebo využívá adaptivní technologii. [5]

Automatická výměna efektoru není vhodná do prostřední, kde je potřeba minimalizovat čas výroby. Výměna efektoru zabere čas. Výměnné prvky potřebné pro

automatickou záměnu efektoru musí být na hlavici připevněné, snižují tím nosnost ramene robotu. Toto řešení univerzální hlavice není vhodné do výroby, kde je potřeba častá výměna uchopovaných dílů. [5]

Adaptivní chapadla s využitím speciální technologie mohou dosáhnout tvarově neomezenému využití. Úchopné prvky adaptivních hlavic se přizpůsobí zvedanému dílu. Musí se brát v potaz zatížení úchopných prvků, protože pro každý tvar dílů bude rozložení zatěžovacích sil jiné. Adaptivní chapadla zatím nejsou na trhu rozšířena pro běžné použití.[5]

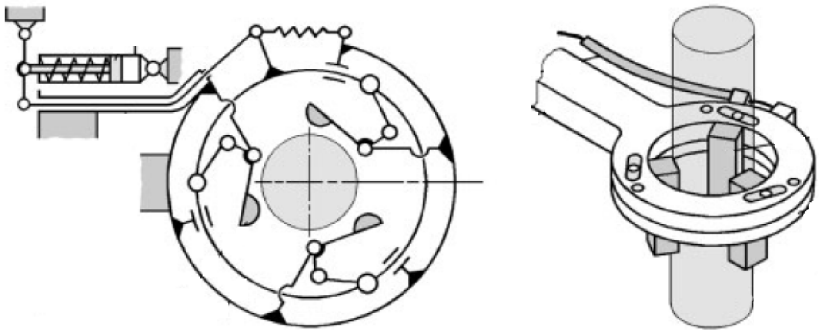
Obrázek 1.6 Adaptivní chapadla od firmy Festo [20,21]



Obrázek 1.7 Kombinace měkkého adaptivního chapadla a mechanické hlavice určené pro uchopování předmětů o různém průměru [18]

U mechanických hlavic je možné při vhodné konstrukci rozšířit jejich využití pro předměty o širší škále rozměrů. Například se může jednat o hlavice, které dokážou uchopit válce o různém průměru. Z univerzálních hlavic je řešení upravené konstrukce mechanických hlavic nejrozšířenější. Mechanické centrické hlavice jsou pro zvedání dílů o různém průměru ideální. Jejich princip pohybu čelistí zamezí vychýlení osy. Univerzální hlavice mohou být i

paralelní nebo angulární, ale nejsou vhodné pro přesné uchopování, protože se při úchopu osa vychýlí. Vychýlení je možné zamezit poddajným úchopem, ale tím se zhorší přesnost.[4]



Obrázek 1.8 Dva příklady schematického řešení centrické hlavice pro různé průměry [4]

Obrázek 1.9 Univerzální centrické chapadlo od firmy Schunk [14]

Mezi univerzální mechanické hlavice patří i antropomorfní chapadla, která napodobují lidskou ruku. Jednotlivé prsty se pohybují nezávisle na sobě a mají mnoho stupňů volnosti. Mají náročný řídicí systém, ale jejich využití je od jiných chapadel mnohem více univerzální. [7]

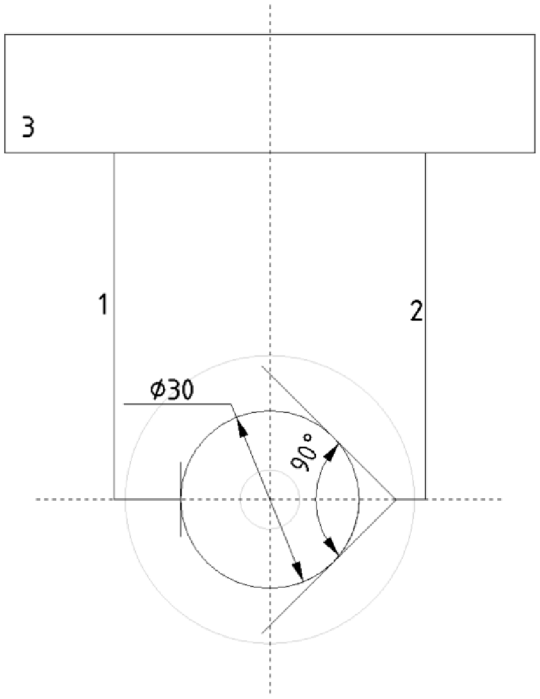
Obrázek 1.10 Antropomorfní chapadlo [15]

2 NÁVRH UNIVERZÁLNÍ UCHOPOVACÍ HLAVICE

Zadáním této bakalářské práce je navrhnout dvě řešení univerzální uchopovací hlavice, která bude schopna uchopit válcové díly o průměru v rozsahu 10 až 50 milimetrů.

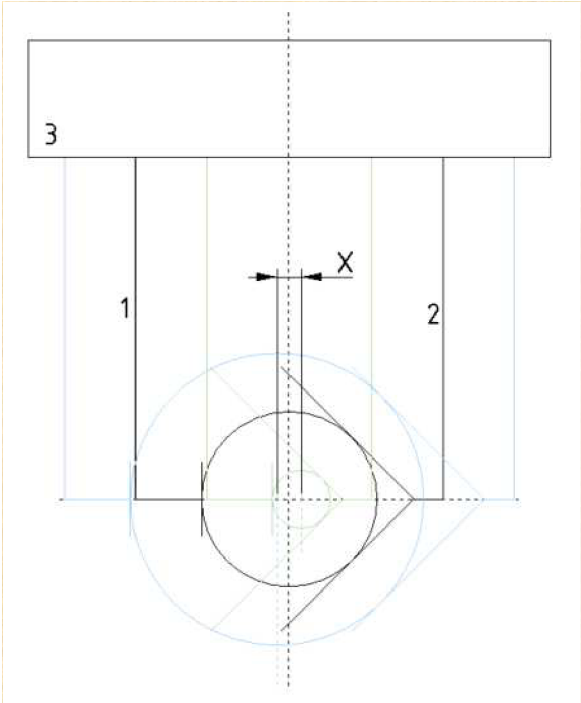
2.1 PARALELNÍ UCHOPOVACÍ HLAVICE

U prvního návrhu univerzální uchopovací hlavice se jedná o mechanické paralelní chapadlo, ke kterému jsou připevněné dvě tvarové čelisti. Chapadlo uchopuje válec tříbodovým stykem. Čelist 1 má jednu stykovou plochu, která přichází do kontaktu s uchopovaným dílem rovnoběžně s osou hlavice. Druhá čelist označená na obrázku 2.1 číslem 2 uchopuje válcový díl dvěma plochami, které jsou pod úhlem 90°.



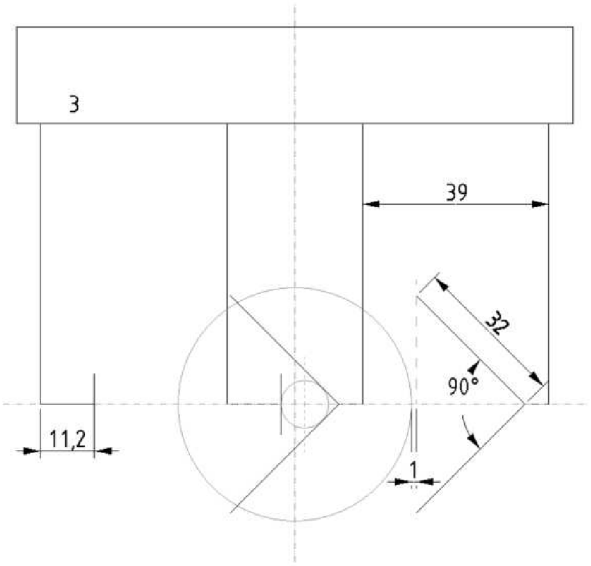
Obrázek 2.1 Schematicky znázorněný první návrh uchopovací hlavice

Jednoduché řešení univerzální hlavice má jednu nevýhodu. Na obrázku 2.2 jsou znázorněné čelisti ve třech polohách, kde uchopují válce o průměrech 10, 30 a 50 mm. Písmenem X je označená odchylka os jednotlivých průměrů. Toto vychýlení je nežádoucí, protože uchopované válce o různém průměru budou při sevření v jiných polohách vůči ose uchopovací hlavice. Proto není hlavice vhodná pro případ využití, kdy je zapotřebí sevření a následné uvolnění dílu do přesné pozice.



Obrázek 2.2 Uchopení válců o průměru 10, 30 a 50 milimetrů

Tvarové čelisti jsou připevněné k paralelní hlavici. Pro uchopení válcových dílů o průměru v rozmezí 10-50 mm je zapotřebí, aby paralelní hlavice měla zdvih na jedné čelisti alespoň 39 mm. Například se může jednat o paralelní chapadlo HGPD od firmy Festo.

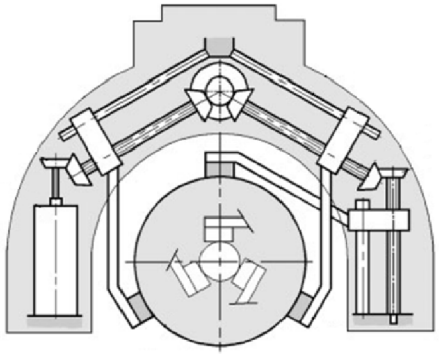


Obrázek 2.4 Rozměry hlavice, znázorněný minimální zdvih na jednu čelist

Obrázek 2.3 Vybrané paralelní chapadlo HGPD od firmy Festo [8]

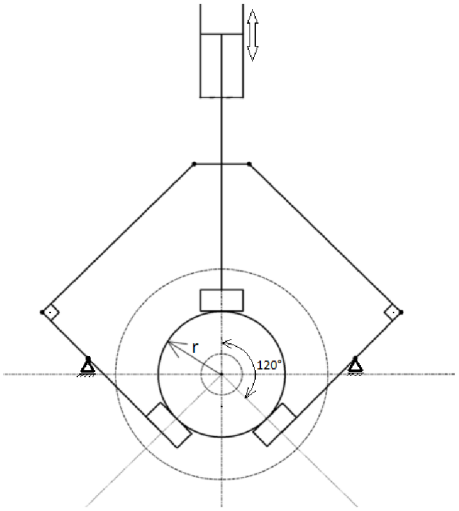
2.2 TŘÍČELISŤOVÁ UCHOPOVACÍ HLAVICE

Druhý návrh uchopovací hlavice je inspirovaný hlavicí znázorněné na obrázku číslo 2.5. Na obrázku je zobrazené konstrukční řešení mechanického tříčelisťového chapadla, které je složené z pohyblivých matic, vodících šroubů, ozubených kol a je poháněno rotačním motorem. Z této uchopovací hlavice je převzat princip pohybu čelistí. Složité řešení ozubených převodů nahrazuje šestičlenný kloubový mechanismus, který je poháněný pneumatickým pohonem.



Obrázek 2.5 Mechanické tříčelisťové chapadlo [4]

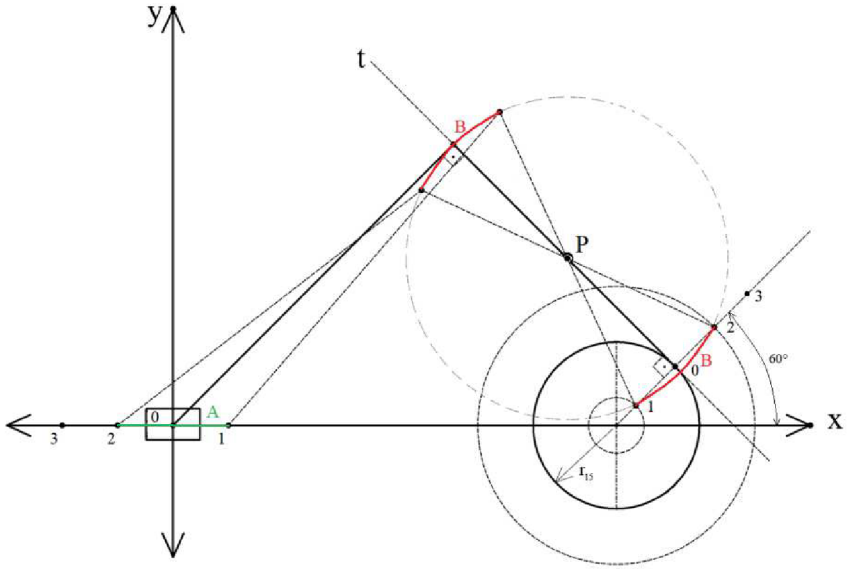
Navržený mechanismus na obrázku 2.6 se skládá z posuvné čelisti, dvou rotačních čelistí, dvou binárních členů a rámu. Rotační čelisti vykonávají funkci vahadla a otáčí se kolem pevného bodu. Čelisti jsou ve styku s válcem v třech bodech respektive přímkách, které jsou na válci rozložené rovnoměrně. Mají mezi sebou úhel o velikosti 120°.V porovnání s prvním návrhem uchopuje tříčelisťová hlavice válec bez odchýlení osy při sevření různých průměrů.



Obrázek 2.6 Kinematické schéma úchopné hlavice

2.2.1 OPTIMALIZACE ROZMĚRŮ MECHANISMU

Při návrhu hlavice je důležitou částí volba rozměrů mechanismu. Transformační blok musí převést posuvný pohyb pneumatického válce na rotační, tak aby se čelisti pohybovali souměrně. Mechanismus vykonává pohyb v rovině a je symetrický, proto lze rozměry navrhovat pro jednu polovinu. Aby chapadlo správně fungovalo, musí se rovnat vzdálenosti A a B. Vzdálenost A označenou na obrázku 2.7 zeleně vykonává posuvný člen mechanismu. Vzdálenosti B značené červeně jsou dány délkou oblouku, který opisují krajní body rotační čelisti. K navržení optimálních rozměrů je použita grafická metoda pro návrh klikového mechanismu pomocí přiřazení tří poloh. Podobnost navržené mechanismu s klikovým je zřejmá. Posuvná čelist je na obrázku znázorněná jako křižák, rotační čelist jako klika a binární člen vykonává funkci ojnice.

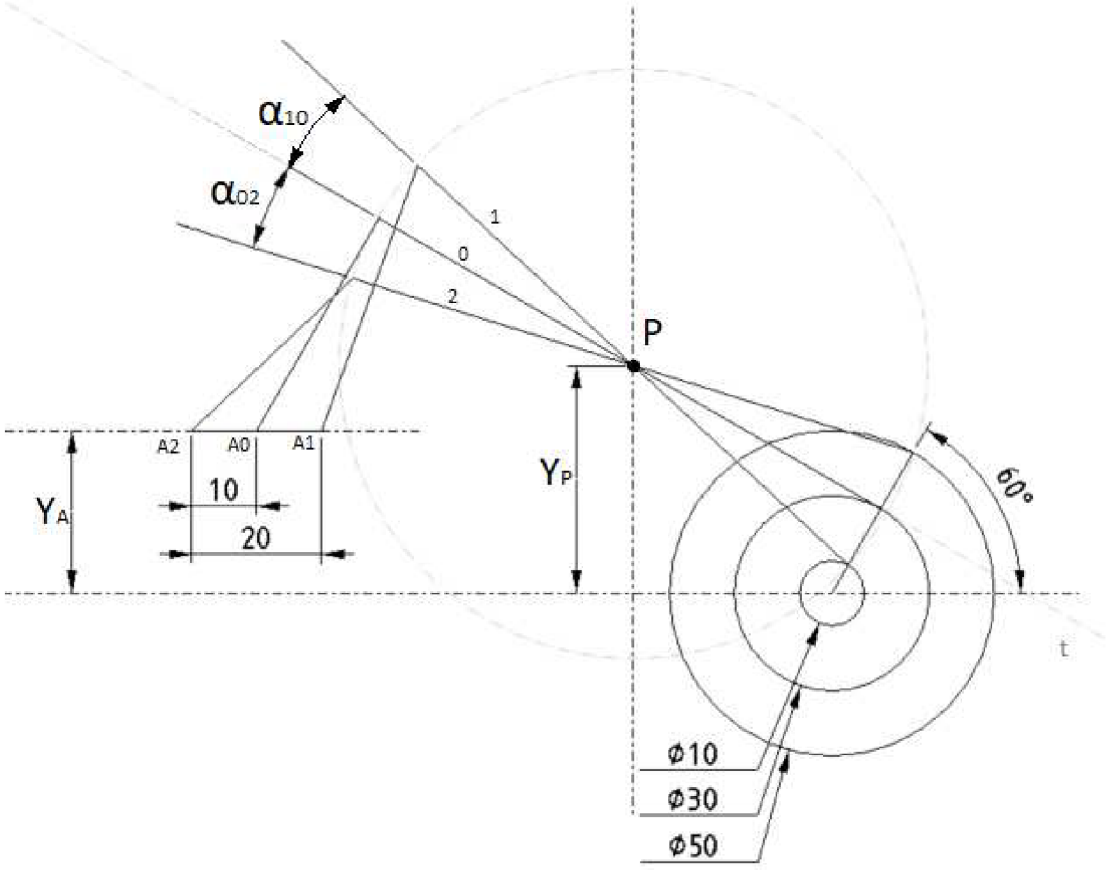


Obrázek 2.7 Schematické znázornění pohybu mechanismu

Grafická metoda pro návrh rozměrů mechanismu uchopovací hlavice vychází ze tří zvolených poloh. Dvě polohy jsou krajními polohami čelistí při uchopení válců o průměru 10 a 50 mm. Třetí zvolená poloha je uchopení prostředního válce o průměru 30 mm.

K vybraným polohám kliky jsou přiřazené polohy bodů A_1, A_0 a A_2 a úhly pootočení α_{10} a α_{02}, které svírají paprsky označené na obrázku 2.8 číslicemi 1,0 a 2. Velikost úhlů vychází ze základního předpokladu o transformaci pohybu, kdy je ideální velikost transformačního úhlu 90°, proto je ve střední poloze, kterou znázorňuje paprsek 0, rotační

čelist kolmá na binární člen. Pro parsek 0 dále platí, že je tečný ke střednímu válci. Bod značený P je pevný bodem, kolem kterého se otáčí rotační čelist. Pro odvození výchozích hodnot grafické metody leží bod P na paprsku 0 a značí střed rotačního ramene. Za těchto předpokladů platí rovnost úhlu α_{10} a α_{02} a je dána jejich přesná velikost.

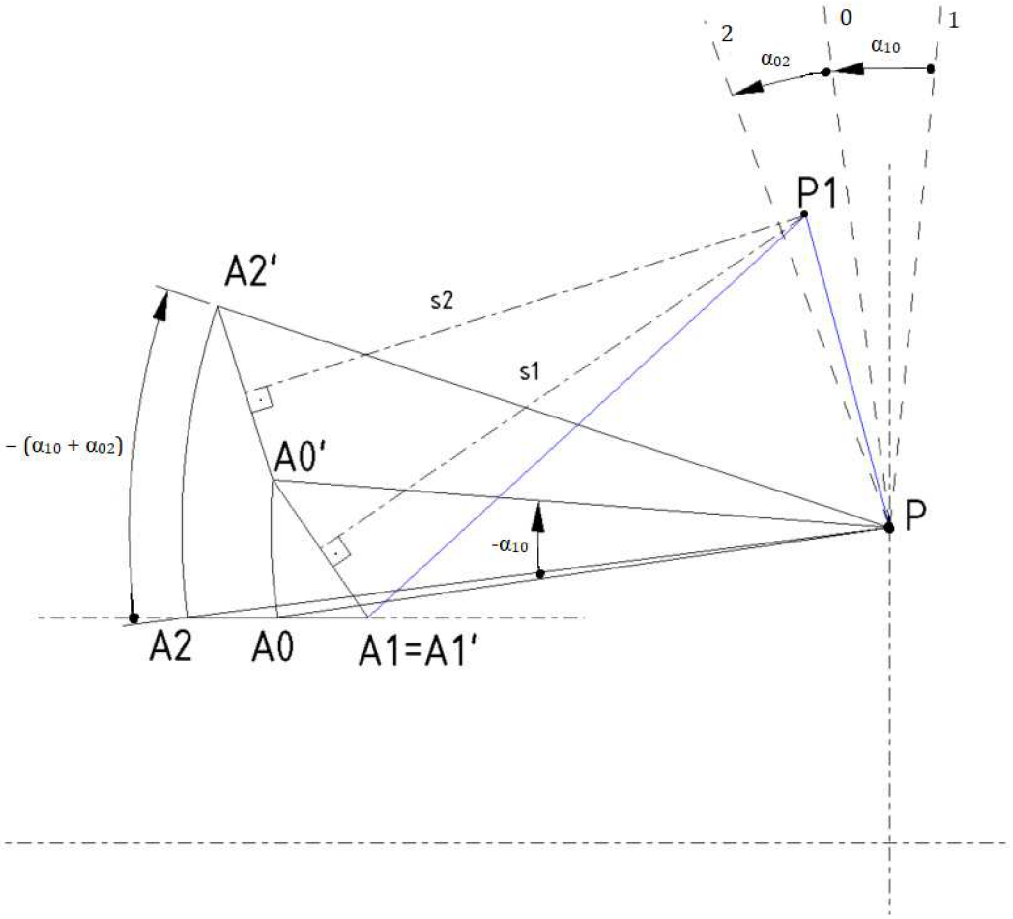


Obrázek 2.8 Odvození výchozích parametrů pro grafickou metodu

Řešení grafické metody vychází z polohy bodu P vůči poloze bodů A_1, A_0 a A_2. Souřadnice Y_P a Y_A jsou zvoleny, tak aby transformace pohybu byla plynulá a rozměry mechanismu byly co nejmenší, aby se minimalizovala hmotnost celé hlavice. Zbylé parametry jsou odvozeny.

Samotné řešení grafické metody je znázorněné na obrázku 2.9. Nejprve se stanoví relativní polohy A_0‘, A_2‘ bodů A_0, A_2. Relativní body leží na průvodičích PA_0 a PA_2, které jsou pootočeny o $-\alpha_{10}$ a $-(\alpha_{10} + \alpha_{02})$ kolem bodu P vzhledem k paprsku 1 jako myšlenému rámu. Střed kružnice, která prochází body A_1, A_0‘, A_2‘, značí bod P_1.

Spojením bodů A_1, P_1 a P je dán hledaný klikový mechanismus v první poloze.

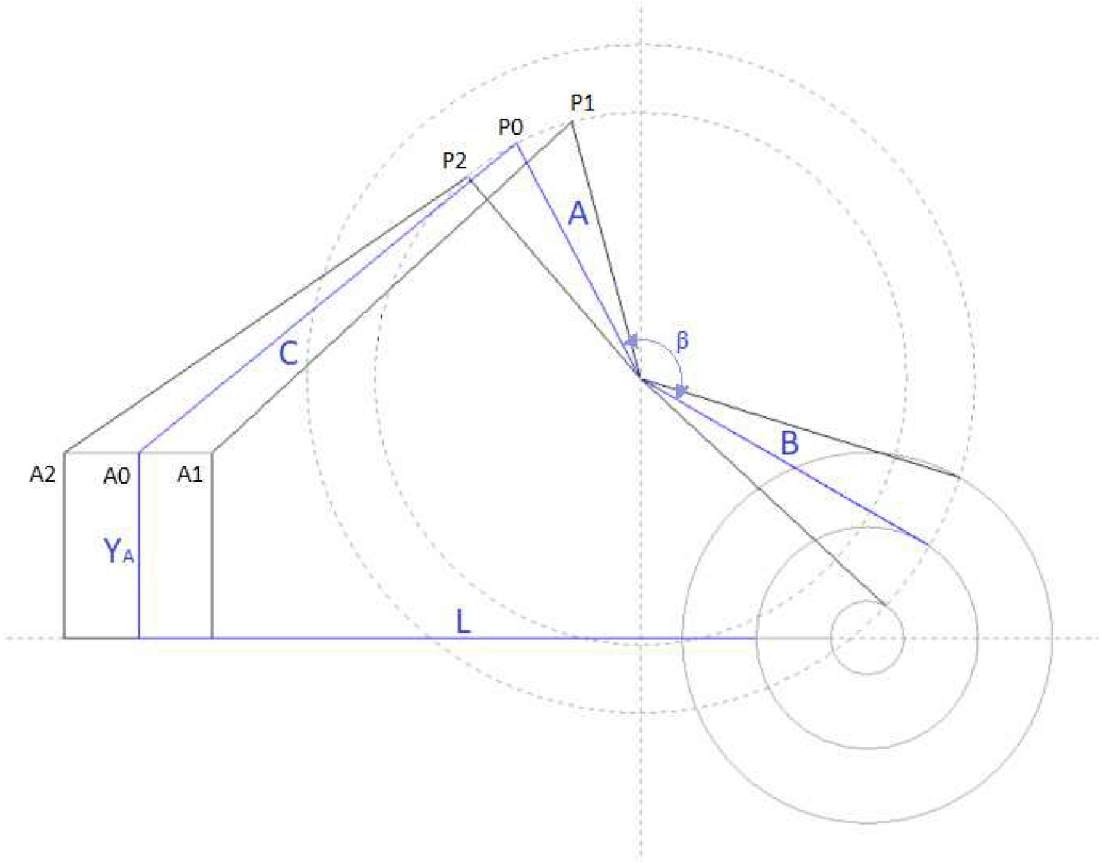


Obrázek 2.9 Grafická metoda - Tři přiřazené polohy

Ze získané první polohy klikového mechanismu jsou odvozeny zbylé rozměry mechanismu uchopovací hlavice znázorněné na obrázku 2.10. Pootočením úsečky P_1P kolem bodu P o úhel α_{10} a $(\alpha_{10} + \alpha_{02})$ jsou dány body P_0 a P_2. Spojením bodů P_0 a P je dána jedna část rotačního ramene ve střední pozici. Ze střední pozice je odvozena druhá část ramene i zbylé rozměry mechanismu.

Bod P již nebude střed rotačního ramene a jeho druhá část značená B bude o úhel β pootočená vůči části značené písmenem A. Velikost úhlu pootočení se zjistí díky na osu x dokreslené kružnici, která znázorňuje uchopovaný válec. Rameno B musí být na kružnici o středním průměru tečné v bodu, který je pod úhlem 60°. Velikost úhlu 60° je dána rovnoměrným rozložením stykových přímek čelistí na uchopovaném válci. Binární člen značený C ve střední poloze je zobrazen jako spojnice bodů P_0 a A_0.

Na obrázku je modře znázorněn výsledný tvar mechanismu, který uchopuje střední průměr válce respektive kružnice. Ze střední pozice konečné odvození rozměrů vycházelo.

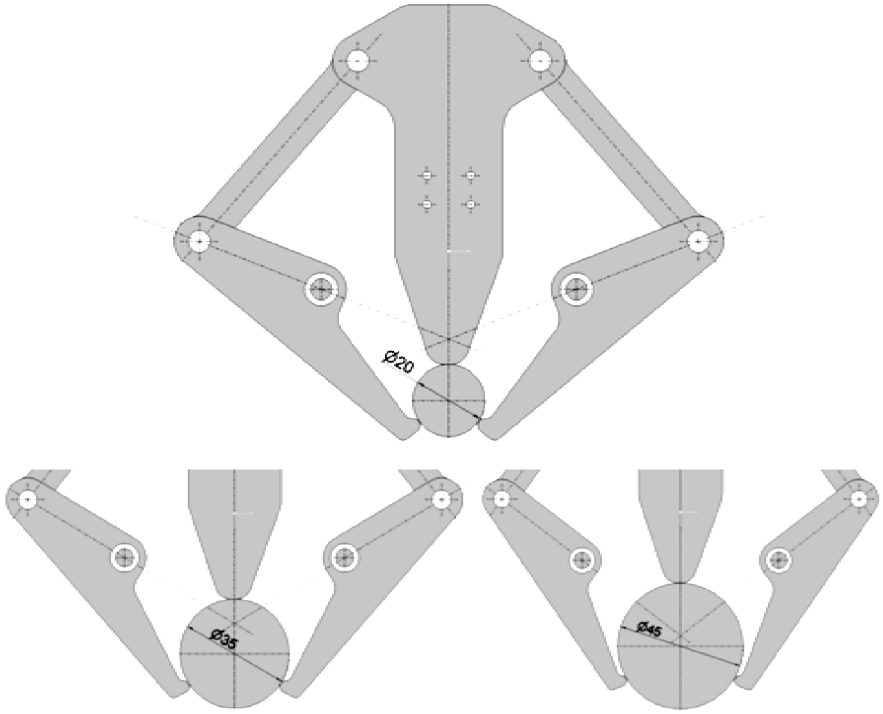


Obrázek 2.10 Odvození rozměrů mechanismu uchopovací hlavice

Tabulka 4 Rozměry mechanismu uchopovací hlavice

Zvolené parametry		**Výsledné rozměry mechanismu**	
YP	35 mm	A	35,9 mm
YA	25 mm	B	45,1 mm
Odvozené parametry		C	66 mm
α10	12,8°	L	83,5 mm
α02	12,8°	β	147° 54’

Správnost rozměrů navrženého řetězce mechanismu je ověřena v programu PTC Creo. V pohyblivé sestavě je vytvořený schematický model znázorněný na obrázku 2.11, který dokazuje přesné uchopení válců o průměru v rozsahu 10-50 mm. Pro ověření přesnosti jsou vybrané průměry 20, 35 a 45 mm.



Obrázek 2.11 Ověření přesného uchopení válců o různém průměru

2.2.2 VÝPOČET UCHOPOVACÍ SÍLY

Uchopovací síla chapadla je síla, kterou působí čelisti hlavice na válec o daném průměru. Pro posouzení kvality uchopení se provádí orientační výpočet uchopovací síly.[2] Pro dimenzování součástí se pomocí výpočtu statické rovnováhy mechanismu vypočítají teoretické velikosti reakčních sil v kloubech. Výpočet určí přibližnou velikost uchopovací síly ve statické poloze, kdy na mechanismus působí pouze síla od pneumatického válce.

Pomocí rovnice statické určitosti se ověří stabilita uchopení. Stabilita je zajištěna pokud platí vztah (2), kde je písmenem k označený počet souřadnic se zachycením sil pouze třením a písmenem m je značen počet kontaktních bodů, které je možné teoreticky uskutečnit mezi kinematickou dvojicí objeku a úchopných prvků hlavice. Hodnota koeficientu k je odvozená z obrázku 2.12 a hodnota m je dána typem kontaktních ploch dvojitá čára/bod.

$$6 + i_{ch} = m + k \tag{2}$$

$$m = 5 \; ; k = 2$$

Všechny části mechanismu vykonávají pohyb v jedné rovině, proto lze počítat počet stupňů volnosti ze vzorce (3), který je určen pro rovinné případy. Počet stupňů volnosti se rovná jedné. Jedná se tedy o pohyblivý mechanismus.

Počet členů: $n = 6$

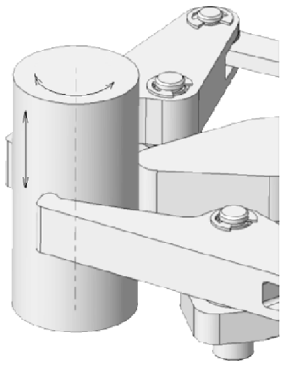
Počet rotačních vazeb: $r = 6$

Počet posuvných vazeb: $p = 1$

Počet stupňů volnosti: $i_{ch} = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (r + p) = 1$ (3)

$$i_{ch} = 15 - 14 = \mathbf{1}$$

Po dosazení hodnot do vzorce (1) je ověřena stabilita uchopení.

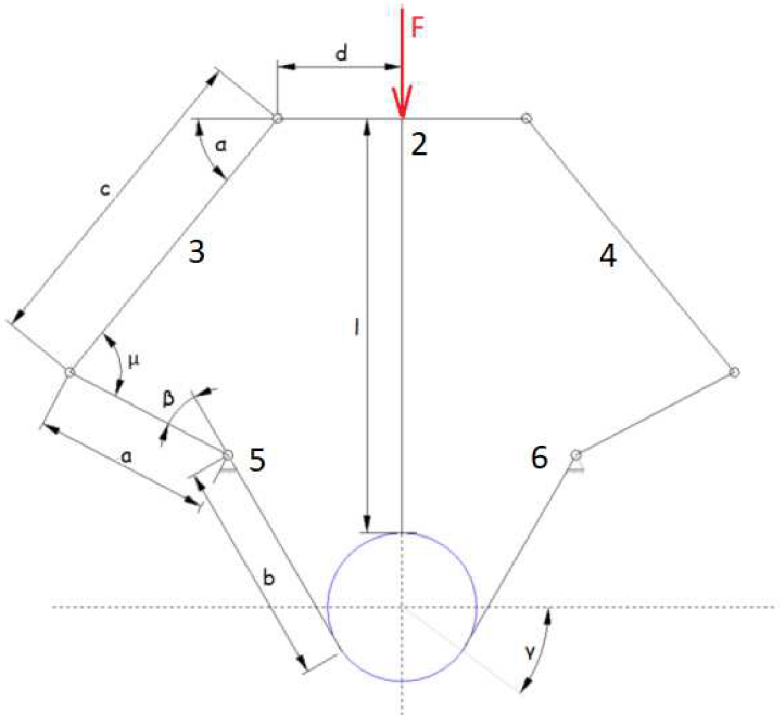


Obrázek 2.12 Uchopení třemi čelistmi a znázorněný možný směr pohybu k=2

Statická rovnováha mechanismu

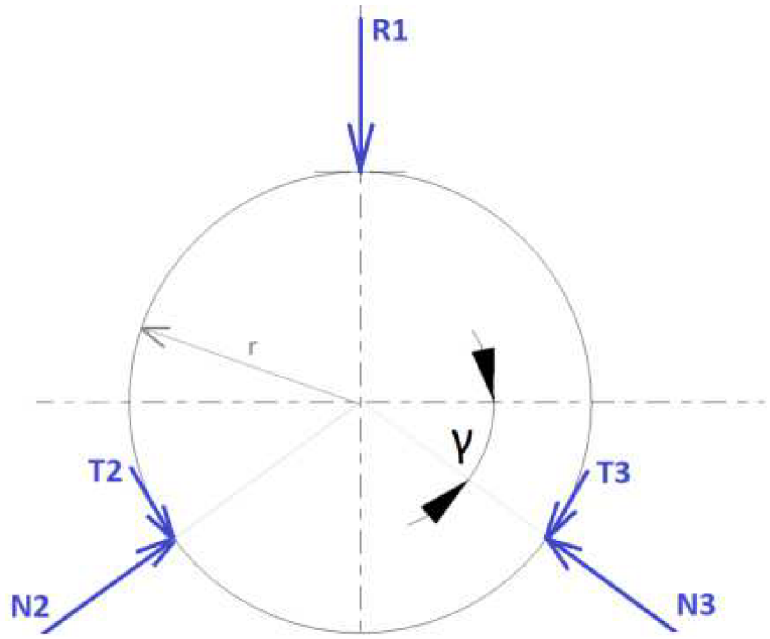
Ze statické rovnováhy se určí reakce v úložných bodech mechanismu. Výpočty platí pro zjednodušený rovinný případ, kdy je mechanismus zatěžován pouze silou od pneumatického válce. Rovnice vychází ze statické polohy mechanismu při sevření válce. Na válec působí síly od čelistí mechanismu.

Skutečná velikost úchopných sil bude rozdílná, protože na ní mají vliv dynamické síly, zrychlení a hmotnost válce. Pro jednoduché dimenzování čepů a kluzných ložisek je statický výpočet dostačující.



Obrázek 2.13 Schéma pro výpočet statické rovnováhy mechanismu

Pro výpočet namáhání jednotlivých členů mechanismu se používá uvolňovací metoda a pro každý uvolněný člen platí rovnice rovnováhy.



Obrázek 2.14 Zatížení uchopovaného válce

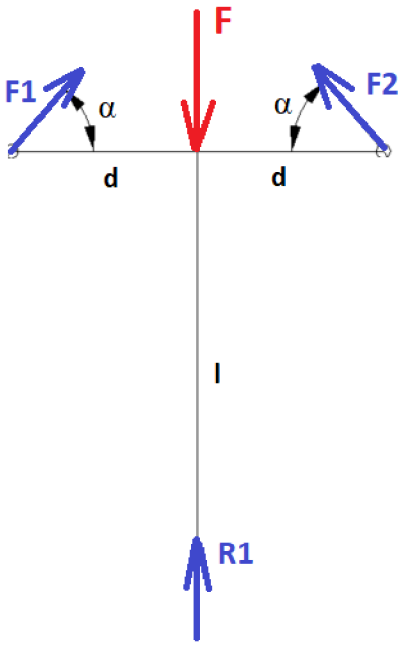
Rovnice rovnováhy pro válec zatížený silami od čelistí. Síly působící na válec od rotačních čelistí se skládají ze dvou složek, složky normálové a tečné. Síla od posuvné čelisti má nulovou tečnou složku, protože působí směrem do středu válce.

X: $N_2 \cdot cos\,\gamma - \mathrm{N}_3 \cdot cos\,\gamma + T_2 \cdot sin\,\gamma - T_3 \cdot sin\,\gamma = 0$ (4)

Y: $N_2 \cdot sin\,\gamma + N_3 \cdot sin\,\gamma - T_2 \cdot cos\,\gamma - \mathrm{T}_3 \cdot cos\,\gamma - \mathrm{R}_1 = 0$ (5)

$T_2 = N_2 \cdot f_2$ (6)

$T_3 = N_3 \cdot f_3$ (7)



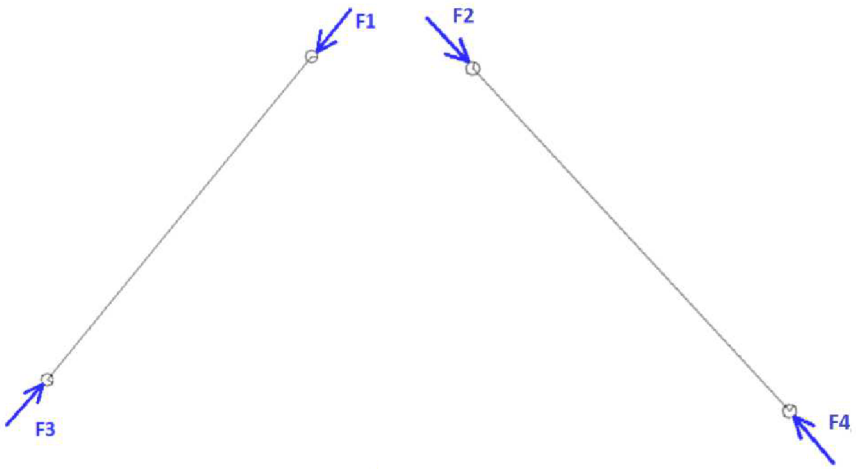
Obrázek 2.15 Uvolnění posuvného členu mechanismu

Rovnice rovnováhy posuvného členu, na který působí síla od pneumatického válce.

X: $F_1 \cdot \cos\alpha - F_2 \cdot \cos\alpha = 0$ (8)

Y: $F_1 \cdot \sin\alpha - F + R_1 + F_2 \cdot \sin\alpha = 0$ (9)

M: $F \cdot d - R_1 \cdot d - F_2 \cdot \sin\alpha \cdot 2 \cdot d = 0$ (10)



Obrázek 2.16 Uvolnění binárních členů

Binární člen je namáhaný pouze na tlak.

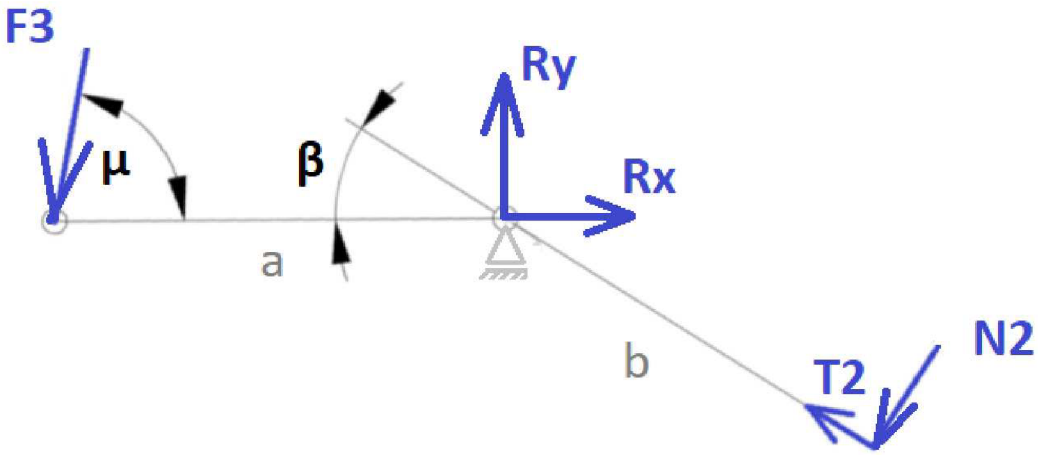
Platí: $F_1 = F_3;\ F_2 = F_4$ (11)

Rovnice rovnováhy rotační čelisti.

X: $-F_3 \cdot cos\,\mu - T_2 \cdot cos\,\beta - N_2 \cdot \sin\beta + R_x = 0$ (12)

Y: $-F_3 \cdot sin\,\mu + T_2 \cdot sin\,\beta - N_2 \cdot cos\,\beta + R_y - = 0$ (13)

M: $F_3 \cdot sin\,\mu \cdot a - N_2 \cdot b = 0$ (14)



Obrázek 2.17 Uvolnění rotační čelisti

Pro rotační čelisti značené platí stejné rovnice rovnováhy, protože je mechanismus symetrický. Reakce a působící síly mají stejnou hodnotu, ale některé mají opačný směr působení.

Rovnice rovnováhy pro druhou rotační čelist jsou stejné pouze síly ve směru x působí obráceným směrem. Velikosti výsledných reakcí jsou stejné. To je dáno symetrií mechanismu. Z rovnic (8) a (11) platí rovnost: $F_1 = F_3 = F_2 = F_4$

Výsledná soustava rovnic řešením rovnice jsou dány velikosti reakcí a teoretická velikost uchopovací síly od posuvné čelisti.

$$T_2 = N_2 \cdot f_2 \tag{15}$$

$$R_1 = F - 2 \cdot F_1 \cdot \sin\alpha \tag{16}$$

$$F_1 = \frac{N_2 \cdot b}{\sin\mu \cdot a} \tag{17}$$

$$R_1 = 2 \cdot N_2 \cdot \sin\gamma + 2 \cdot T_2 \cdot \cos\gamma \tag{18}$$

$$R_x = F_1 \cdot \cos\mu + T_2 \cdot \cos\beta + N_2 \cdot \sin\beta \tag{19}$$

$$R_y = F_1 \cdot \sin\mu - T_2 \cdot \sin\beta + N_2 \cdot \cos\beta \tag{20}$$

Neznámé: $R_1;\ N_2; T_2\ ; F_1;\ R_x;\ R_y$

Velikost celkové síly R_2 od rotačních čelistí je dána vektorovým součtem tečné a normálové síly.

3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Konstrukční návrh uchopovací hlavice je realizován pro zvolený robot IRB 2600 od firmy ABB. Multifunkční robot je vhodný k obloukovému svařování, manipulaci s materiálem nebo k obsluze strojů. Součástí robotu je pohyblivé rameno, které má nosnost 15 kg. Na koncovou přírubu ramene robotu je navržené konstrukční řešení univerzální hlavice, která je určená k manipulaci válcovými díly. [9]

Obrázek 3.1 Robot IRB 2600 [9]

Mechanická hlavice je samostatný člen robotu s vlastním pohonem. Výběr pneumatického pohonu je stanoven podle požadovaných parametrů chapadla. Velikost zdvihu válce je dána zdvihem mechanismu na jednu čelist. Musí se počítat s rezervou na rozevření čelistí. Dále se zvolí vnitřní průměr válce, který je dán zatížením hlavice. Při velkém zatížení se volí válce s tlumením. Také je zapotřebí zohlednit způsob montáže válce a typ připojení pístnice. Požadované parametry navržené hlavice splňuje pneumatický pohon od firmy Festo označený DPDM-20-40-PA. [10]

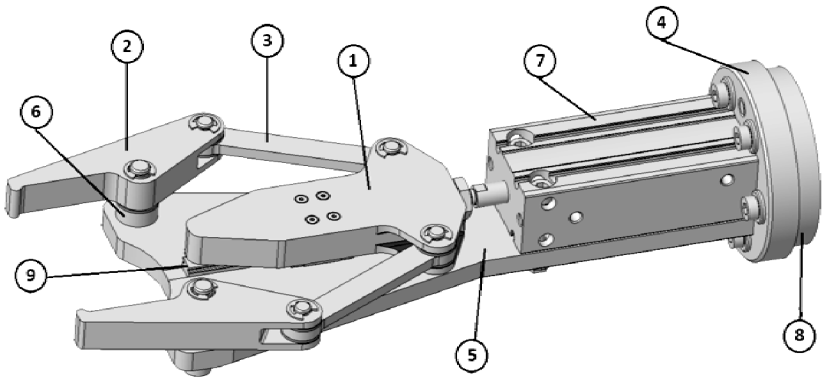
Obrázek 3.2 Kompaktní vále DPDM-20-40-PA [10]

Tabulka 5 Základní parametry kompaktního válce DPDM-20-40-PA [10]

Parametr	Hodnota
Zdvih	40 mm
Průměr pístu	20 mm
Provozní tlak	0,1-0,8 Mpa
Teoretická síla při 6 barech	188 N (dopředný chod)

Návrh konstrukčního řešení uchopovací hlavice je vytvořen v programu PTC Creo. 3D model výsledné sestavy je složený z navržených dílů a normalizovaných komponentů jako jsou šrouby, čepy nebo kluzná ložiska.

Tříčelisťová uchopovací hlavice se skládá ze z posuvné čelisti, dvou rotačních čelistí a dvou binárních členů. Jednotlivé členy mechanismu jsou spojeny pohyblivými čepovými spoji a poháněny zvoleným pneumatickým pohonem DPDM-20-40-PA. Lineární pohyb hlavice zajišťuje lineární vedení s vozíkem, na který je připevněna posuvná čelist. Vše je přimontováno k upevňovací desce, která je připevněná na mezipřírubu. Mezipříruba je spojovací prvek s přírubou robotu.



Obrázek 3.3 Navržená uchopovací hlavice: 1 posuvná čelist, 2 rotační čelist, 3 binární člen, 4 mezipříruba, 5 upevňovací deska, 6 pevný čep, 7 pneumatický pohon, 8 příruba robotu IBR 2600; 9 lineární vedené

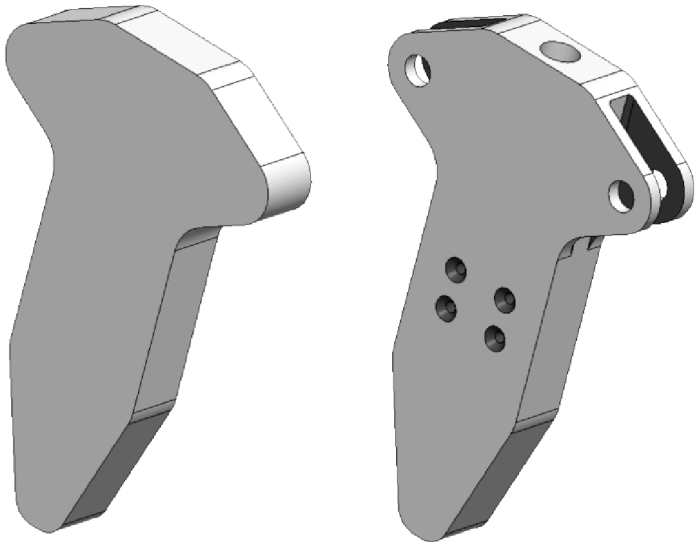
Jednotlivé členy mechanismu jsou vyrobené ze slitiny hliníku značené EN AW-2017A, která má chemické složení AlCuMgSi(A). Slitiny hliníku, které obsahují měď, se obecně nazývají dural. Dural se vyznačuje velmi dobrou pevností obrobitelností, tvrdostí a díky tomu, že tvoří při obrábění krátké třísky, i dobrou obrobitelností. [12]

Posuvná čelist je namontovaná přímo na pístnici zvoleného pohonu. Ze spodní strany je spojena s vozíkem lineárního vedení, které zajišťuje její přesný pohyb v ose hlavice. Přesné namontování vozíku je opatřeno geometrickou tolerancí ve výkrese, kdy je dána poloha otvorů pro šrouby vůči základním plochám posuvné čelisti.

Posuvná čelist se stejně jako binární člen a rotační čelist vyrábí pomocí technologie řezání laserem. Pomocí laseru lze dělit materiál přesně a díky ovládání paprsku je možné vyříznout i složité tvary. [11]

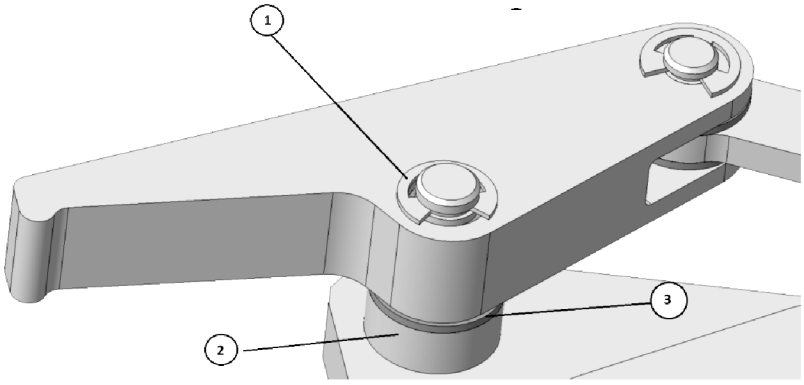
Pomocí laseru je do polotovaru o dané tloušťce vyříznutá základní kontura dílů. V dalším kroku jsou obrobeny potřebné drážky a otvory.

Polotovary pro díly řezané laserem jsou volené, tak aby se tloušťka již nemusela dále obrábět. Použité desky jsou dle normy ČSN EN 485-4, která udává kvalitu povrchu a přesnost rozměrů.



Obrázek 3.4 Příklad vyříznutí základního tvaru posuvné čelisti laserem a hotový obrobený díl

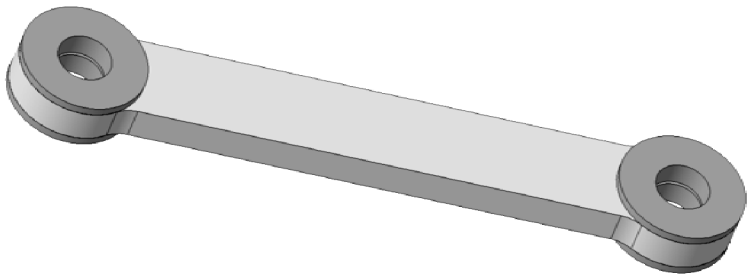
Rotační čelist je spojena s binárním členem pohyblivým čepovým spojem a dále je usazená na pevné čepu, kolem kterého se otáčí. V místě pevného čepu je opatřena ložiskem, které je nalisované do díry s tolerancí H7. Ložisko zaručí plynulejší otáčivý pohyb a v místě čepu čelist vyztuží. Navržené kluzné ložisko je z plastu značeného Inglidur G. Inglidur je speciálně vyvinutý plast na samomazná ložiska. Díky tuhému mazivu ve struktuře nepotřebují již jiné mazivo.



Obrázek 3.5 Detail upevnění rotační čelisti; 1 třmenový kroužek; pevný čep; nalisované ložisko

U banárního členu jsou použita ložiska s atypickými rozměry. Do každé díry dílu jsou nalisovaná dvě ložiska s přírubou proti sobě. Vzhledem k malé tloušťce binárního členu pouhé 4 mm má každé ložisko rozměry 6x8x3 mm, kde 3 mm značí délku ložiska včetně

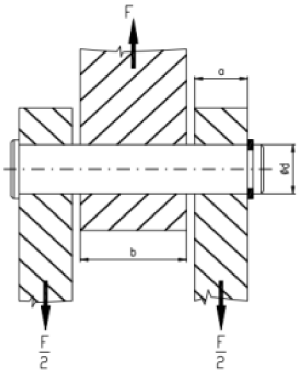
příruby. Ložiska jsou značeného POM nebo polyacetal. Polyacel patří mezi termoplasty a využívá se k výrobě přesných součástí. Řadí se mezi samomazná ložiska. Chrání binární člen před opotřebením.



Obrázek 3.6 Binární člen s nalisovanými ložisky

3.1 ČEPOVÉ SPOJE

Členy mechanismu jsou propojeny pohyblivými čepovými spoji. V kloubových spojích je mezi spojovanými díly vůle, proto je kolík namáhaný na smyk a ohyb zároveň. Toto zatížení je zanedbatelné. Stykové plochy se kontrolují na otlačení podle vzorce (21) a (22).



Obrázek 3.7 Schéma čepového spoje s vůlí

$$p_1 = \frac{F}{S_1} \leq p_D \tag{21}$$

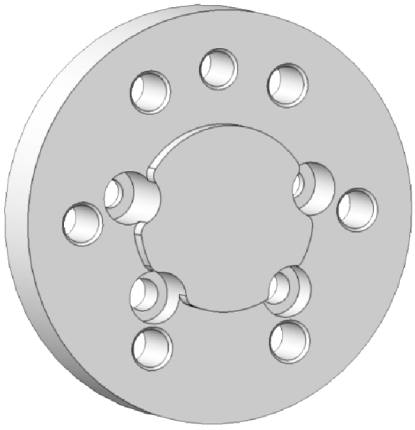
$$p_2 = \frac{F}{S_2} \leq p_D \tag{22}$$

Návrh čepu kolem, kterého se otáčí rotační čelist, je z cementační oceli 14 220. Čep je pevně usazený do otvoru v desce a ze spodu je zajištěný šroubem. Hlava čepu je zajištěná třmenovým kroužkem, pro který je vysoustružená drážka s předepsanou šířkou 0,85 mm s plusovou tolerancí +0,05 a průměrem 6h11. Uložení čepu v desce je s tolerancí H7/r6. Kolík je namáhaný pouze plochou od rotační čelisti. Kontrola se provádí na otlačení stykových.

Obrázek 3.8 Navržený pevný čep

3.2 MONTÁŽNÍ PRVKY HLAVICE

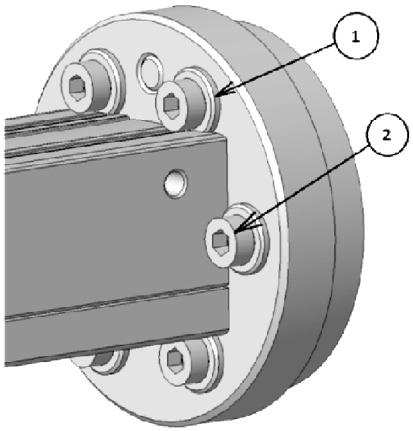
Mezipříruba je navržená na přírubu od zvoleného robotu. Je to hlavní spojovací díl, ke kterému se z jedné strany přimontuje pomocí čtyř šroubů M5x12 upevňovací deska a pohon uchopovací hlavice a z druhé strany se celá hlavice připevní na přírubu robotu.



Obrázek 3.9 Navržená mezipříruba na připojení k robotu

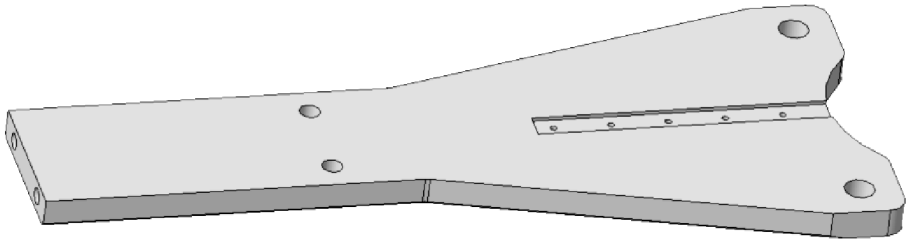
Hlavním kritériem na spojení s přírubou robotu je přesnost a pevnost. Přesnost spojení je zajištěná osazením s tolerancí h7 vůči díře v přírubě robotu H7. Osazení zajistí přesnou soustřednou pozici uchopovací hlavice s ramenem robotu. Správnou pozici natočení zajišťuje nalisovaný kolík o průměru 6 milimetrů. Parametry a tolerance kolíku jsou dány

výrobcem robotu. Bezpečné spojení je zajištěno šesti zapuštěnými šrouby M6x12. Zvolené šrouby s označení KBB6 mají menší průměr hlavy, kvůli prostorovému omezení okolo pohonu. Jsou opatřeny podložkou, která musí být ze stejného důvodu seříznuta. Velikost seříznutí je uvedena ve výkresové dokumentaci.



Obrázek 3.10 Detail na montáž atypických šroubů, 1 seříznutá podložka, 2 šroub KBB6

Upevňovací deska je navržený díl, který spojuje jednotlivé části uchopovací hlavice. Tvar desky je navržený tak, aby byla co nejmenší spotřeba materiálu, co nejmenší váha a zároveň dostatečná pevnost. Deska je stejně jako části mechanismu vyrobená ze slitiny hliníku EN AW 2017-A. Pomocí laseru se vypálí do polotovaru základní tvar a poté se obrobí drážky a otvory. Vyfrézovaná drážka slouží k uložení lineárního vedení, které zajišťuje přímý pohyb posuvné čelisti. Dále je na desku pomocí šroubového spoje s maticí přidělaný pohon. Do děr s tolerancí H7 je nalisovaný pevný čep s výrobní tolerancí r6. Tolerance zajistí potřebné uložení s přesahem, díky kterému se zamezí protáčení pevného čepu.



Obrázek 3.11 Upevňovací deska

Lineární vedení zajišťuje plynulý a přímý pohyb posuvné čelisti, ke které je připevněný vozík. Vedení je přimontované šrouby M2x6 k upevňovací desce. Zvolený typ vedení s označením SSEB8G-70 je od firmy Misumi. Lineární vedení je vhodné pro konstrukci uchopovací hlavice, protože má stejné jmenovité zatížení ve všech směrech.

Obrázek 3.12 Linearni vedení SSE2B8G-70

3.3 VLASTNOSTI UCHOPOVACÍ HLAVICE

Univerzální tříčelisťová hlavice po optimalizaci řetězce mechanismu uchopí válce v rozsahu průměrů 10-50 mm přesně a bez vychýlení os. Celkové rozměry hlavice jsou změřené v modelu PTC Creo. Hlavice měří přibližně 250x135 mm a váží okolo 2 kg. Tato váha je vyhovující, protože nosnost ramene je 15 kg. Hmotnost je pouze orientační, platí pro materiály, které jsou dané programem Creo. Například slitina uhlíku čelistí nemá stejné složení, jako zvolená slitina v návrhu.

Hlavice je navržena, tak aby rovina úchopu válce procházela jeho těžištěm a délka zvedané válcové trubku by neměla být několika násobně delší než je její průměr. Hlavice je navržena pouze pro krátší díly. U delších dílů by mohlo dojít k vyvrácení, aby se tomu předešlo, musela by hlavice mít například zdvojené čelisti.

ZÁVĚR

Bakalářská práce řeší problematiku uchopování válcových tvarů o různém průměru. Z rešerše o uchopovacích hlavicích pro kruhové tvary vyplývá, že nejvhodnější způsobem uchopování válců je použití mechanických chapadel s alespoň tříbodovým stykem. Naopak nejméně vhodné jsou podtlakové hlavice, které mají díky technologii úchopu dané požadavky na kvalitu a rovinnost povrchu. Z univerzálních hlavic, které jsou určené k uchopení válců o různém průměru je nejpraktičtější volbou mechanické centrické chapadlo, které má jednoduchou konstrukci, umožňuje přesný úchop válcových tvarů a na trhu je snadno dostupné.

Druhá část se zabývá návrhem konkrétních řešení úlohy dle zadání. Prvním návrhem jsou tvarové čelisti pro paralelní hlavici. Tvarové čelisti zajistí tříbodový úchop pro válce o průměru v rozsahu 10-50 mm. Druhý návrh vycházel z pohybu čelistí centrických chapadel. Složité převody byly nahrazeny mechanismem složeným z posuvné čelisti a dvou rotačních čelistí. Po porovnání návrhů byl k dalšímu zpracování vybrán druhý návrh. Důvodem bylo vychýlení osy válce při úchopu v prvním návrhu.

Pro vybraný návrh tříčelisťové hlavice bylo hlavním cílem navrhnout kinematický řetězec tak, aby se čelisti, které vykonávají rozdílný typ pohybu, pohybovali rovnoměrně. Optimalizace byla provedena pomocí grafické metody pro zjištění pozice křižáku vůči klice klikového mechanismu. Tato metoda přiřazení tří poloh lze aplikovat na návrh mechanismu hlavice, protože navržený mechanismu uchopovací hlavice se klikovému mechanismu podobá.

Pro optimalizované rozměry uchopovací hlavice byl vytvořen pohyblivý 3D model mechanismu, kde byla ověřena správná funkčnost chapadla. Zjištěné optimální rozměry byly výchozími parametry i pro návrh konstrukčního řešení, kterým se zabývá poslední část práce.

Výsledný návrh universální uchopovací hlavice pro válcové tvary dílů o průměru 10 - 50 milimetrů splňuje zadání práce bez chybného posunu os válců. Konstrukční návrh má jednoduché řešení, kde je vše přimontováno k jedné desce a ta je pomocí navržené mezipříruby propojena s přírubou zvoleného robotu. Zvolené konstrukční řešení umožňuje plynulý pohyb mechanismu a snaží se zamezit nepřesnostem vzniklým při montáži nebo nepřesné výrobě.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] MATIČKA, Robert a Jaroslav TALÁCKO. Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů. 2. Dopl. Vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1991. ISBN 80-03-00567-1.

[2] NOVOTNÝ, František a Marcel HORÁK. Efektory průmyslových robotů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-195-5.

[3] KOLÍBAL, Zdeněk a Zdeněk KADLEC. Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlavic. Brno: PC-DIR - Nakladatelství, 1993. ISBN 80-214-0533-3.

[4] MONKMAN, Gareth, Stefan HESSE, Ralf STEINMANN, Henrik SCHUNK a Valentin PETROV. Robot Grippers. Darmstadt: betz-druck, 2004. ISBN 978-3-527-40619-7.

[5] PALKO, Anton a Juraj SMRČEK. Robotika: Koncové efektory pre priemyselné a servisné roboty. Košice: Edídia vedeckej a odbornej literatúry TU v Košiciach, 2004. ISBN 80-8073-218-3

[6] SKUŘAPA, Jiří. Průmyslové roboty a manipulátory [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2022-01-16]. ISBN ISBN 978-80-248-1522-0. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf. Učební text. VŠB – Technická univerzita Ostrava.

[7] SLAVÍK, David. Porovnání chapadel s pneumatickým a elektrickým pohonem. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Marcel Horák, Ph.D.

[8] Festo: Paralelní chapadla HGPD [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/paralelni-chapadla-id_HGPD/

[9] ABB Product specification: IRB 2600. ABB Product specification [online]. 2021, AA(1), 98 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: doi:3HAC035959-001

[10] Kompaktní válce DPDM se snadnou montáží [online]. Německo: Festo, 2022 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: https://www.festo.com/media/pim/639/D15000100152639.PDF

[11] Lintech: Laserové řezání [online]. Lintech [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/laser-podle-aplikace/laserove-rezani

[12] Hliníkové PROAL profily [online]. Ostrava-Svinov: NPS PROAL S.R.O, 2022 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-2017a/

[13] [2] MEERKAMM, Harald. Technical pocket guide. University of Erlangen-Nuremberg. Schaeffler Technologies GmbH & Co.KG, 1st edition, March 2014. MATNR 084713119

[14] JGZ: Univerzální středící chapadlo. Schunk [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: https://schunk.com/fileadmin/_processed_/csm_IM0001679_37c7e2233a.jpg

[15] Šikovné ruce robotů podají i nejtitěrnější součástku. Robotic journal: Svět robotiky a automatizace v průmyslu [online]. 2016 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: https://www.roboticjournal.cz/imager/imager.php?id=28

[16] Handling Sets SGM-SV. Schmalz [online]. Německo: Schmalz, 2021 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: https://media.schmalz.com/assets/Anwendungsbild/A_PGE-05979_003.jpg

[17] Grippers for Small Parts. Assembly [online]. Německo [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: https://www.assemblymag.com/articles/94073-grippers-for-small-parts

[18] Zhijie Tang, Jiaqi Lu a Zhen Wang. The development of a new variablestiffness soft gripper: Intelligent Manufacturing and Robotics - Research Article. International journal of advanced systems [online]. 2019, 5(16), 50 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: doi:10.1177/1729881419879824

[19] OnRobot acquires Purple Robotics, raises new funding. The robot report: Exploring the business and applications of robotics [online]. [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: https://www.therobotreport.com/onrobot-acquires-purple-robotics-raises-new-funding/

[20] Adaptive gripper Festo. DesignApplause [online]. 2013 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: http://objects.designapplause.com/wp-content/xxG58hlz9/2013/01/festo-1-287x191.png

[21] Picking up with chamaleon tongue. Industrialmeeting [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: https://www.industrialmeeting.club/wp-content/uploads/2020/04/Adaptive-Shape-Gripper-Festo-lr-2.jpg

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Výkresová dokumentace