

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

KONCOVÉ EFEKTORY V PRŮMYSLOVÉ ROBOTICE

END EFFECTORS IN ROBOTICS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN HRADIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ALEŠ POCHYLÝ

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Hradil Jan

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Koncové Efektory v Průmyslové Robotice

v anglickém jazyce:

End Effectors in Robotics

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nosná část práce spočívá v analýze koncových efektorů pro průmyslové roboty a primárně určené pro manipulační operace.

Cíle bakalářské práce:

1. Vyhotovte přehled používaných koncových efektorů používaných v souvislosti s průmyslovými roboty. Základní rozdělení proveďte dle typu úlohy; např. svařování, řezání, manipulace a paletizace.
2. Podrobněji se zaměřte na úchopové hlavice (elektrické či pneumatické) pro úlohy typu manipulace či paletizace.
3. Analyzujte a vlastními slovy popište možnosti použití úchopových hlavic a vymezte základní metodiku pro návrh koncového efektoru, tj. analyzujte konkrétní úlohu, výběr úchopové hlavice, konstrukce příruby, výpočty úchopových sil a možnosti řízení.
4. Krátce pojednejte na téma využitelnosti adaptivních koncových efektorů v současné průmyslové praxi.

Seznam odborné literatury:

PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2007. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3

WOLF, A., STEINMANN, R. SCHUNK, H. Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks. Springer, 2005. 242 s. ISBN 978-3-540-27718-7

SCHMID, D. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Europa-Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9

SKAŘUPA, J. ZELINA, P. Hlavice průmyslových robotů. 1. vyd. Vysoká škola báňská v Ostravě, 1993. 105 s.

SKAŘUPA, J. ZELINA, P. Navrhování a výpočty efektorů PRaM. 1. vyd. VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 1996. 107 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Pochylý


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 19.11.2008



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato bakalářská práce uvádí přehled koncových efektorů používaných v průmyslové robotice. Dělení je provedeno na základě různých hledisek, avšak hlavním z nich je podle průmyslové aplikace. Na to navazuje rozbor uchopovacích modulů, které zastupují nejširší aplikaci - manipulaci. Dále je řešeno připojení chapadla k robotu v laboratořích Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky a výpočty uchopovacích sil. V práci je uveden i přehled nejpoužívanějších průmyslových robotů a manipulátorů.

Klíčová slova


Koncový efektor, průmyslový robot, manipulace, chapadlo, úchopová hlavice

Abstract

This bachelor's thesis provides a summary of end effectors used in industrial robotics. The classification is made from various points of view, but the most important one is according to the industrial application. Regarding previous condition, an analysis of gripper modules is performed. Those units are representatives of the widest application – manipulation. Further on there is shown a possibility of connection between a gripper and a robot in laboratories of Institute of Production Machines, Systems and Robotics and calculation of gripping forces. This thesis contains a summary of the most used industrial robots and manipulators as well.

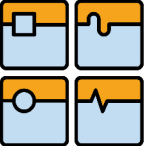
Keywords

End effector, industrial robot, manipulation, gripper, gripper module

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Bibliografická citace

HRADIL, J. *Koncové Efektory v Průmyslové Robotice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 77 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Aleš Pochylý.

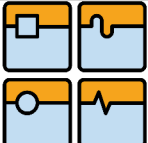
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Koncové Efektory v Průmyslové Robotice* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Aleše Pochylého a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 15. května 2009





Jan Hradil

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Aleši Pochylému za odborné vedení mé práce a dále Ing. Pavlovi Ambrožovi, za rady a informace, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

Děkuji rodině a přátelům za podporu a pomoc, kterou mi věnovali při dosavadním studiu.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Obsah

1 Úvod	12
2 Základní pojmy	13
3 Zařízení pro automatizaci v průmyslu	15
3.1 Průmyslový robot.....	15
3.1.1 Angulární šestiosé roboty (6DOF Robots).....	16
3.1.2 Paletizační roboty.....	16
3.1.3 SCARA roboty.....	17
3.2 Jednoúčelový manipulátor.....	18
3.2.1 Elektrické pohony.....	18
3.2.2 Pneumatické pohony.....	19
3.3 Důležité a parametry pro výběr robotu nebo manipulátoru.....	22
4 Koncové efekторы	23
4.1 Základní funkční rozdělení koncových efektorů.....	23
4.1.1 Technologické hlavice.....	23
4.1.2 Kontrolní a měřicí hlavice.....	23
4.1.3 Kombinované hlavice.....	24
4.1.4 Speciální hlavice.....	24
4.2 Rozdělení podle druhu průmyslové aplikace.....	25
4.3 Použití v průmyslových odvětvích.....	27
5 Úchopné hlavice (gripper, der Greiffer)	27
5.1 Definice úchopných hlavice.....	27
5.2 Základní principy uchopení.....	28
5.2.1 Základní druhy úchopných hlavice podle principu uchopení.....	28
5.3 Základní části mechanických úchopných hlavice.....	29
5.4 Důležité parametry mechanického uchopovacího modulu.....	30
5.5 Základní druhy pohonů mechanických úchopných hlavice.....	31
5.5.1 Důležité parametry elektrických pohonů uchopovacích modulů.....	34
5.5.2 Důležité parametry pneumatických pohonů uchopovacích modulů.....	34
5.6 Základní kinematická schémata mechanických úchopných hlavice.....	34
5.7 Uchopovací čelisti mechanických úchopných hlavice.....	35
5.8 Přehled provedení mechanických úchopných hlavice.....	37
5.9 Další druhy konstrukčních prvků úchopných hlavice.....	39
5.9.1 Přísavky.....	39
6 Silové působení na objekt manipulace	40
6.1 Definice a výpočet uchopovací síly.....	40
6.2 Výpočet uchopovací síly pomocí software výrobců.....	41
6.2.1 Software SCHUNK.....	41
6.2.2 Software FESTO.....	41
7 Fáze manipulace	42

8	Obecný postup při výběru chapadla	42
8.1	Další faktory ovlivňující výběr chapadla včetně stupně ovlivnění	43
9	Manipulační úloha	44
9.1	Stanovení tvaru a vlastností objektu manipulace	44
9.2	Dráha objektu manipulace.....	44
9.3	Definice externích sil působících na obrobek podél celé dráhy pohybu	45
9.4	Návrh uchopovacího elementu.....	45
9.5	Stanovení uchopovací síly	46
9.6	Respektování dalších požadavků.....	48
9.7	Výběr chapadla	49
9.8	Připojení chapadla k robotu.....	49
9.8.1	Konstrukce muzikusu (poz. 4)	49
9.8.2	Konstrukce příruby (poz. 3)	50
9.8.3	Konstrukce středící vložky (poz. 6) a podložky (poz. 7).....	50
9.8.4	Kompletace sestavy	50
9.9	Možnosti řízení	51
9.9.1	Stanovení souřadných systémů pro řízení	52
9.9.2	Program pro manipulaci 1	53
9.9.3	Program pro manipulaci 2	54
9.9.4	Program pro manipulaci 3,4	55
10	Využitelnost adaptivních koncových efektorů	56
10.1	Zvýšení adaptibility pomocí dalšího modulu.....	57
11	Exkurze ve společnosti ZKL.....	59
12	Závěr.....	60
13	Seznam použitých zdrojů	62
14	Seznam použitých symbolů	69
15	Seznam obrázků	71
16	Seznam diagramů	73
17	Seznam odkazů	74
18	Seznam příloh.....	76

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

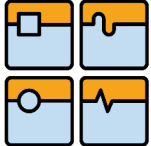
1 Úvod

Tato práce je složena ze tří základních částí. První z nich je rešeršní, na kterou navazují výpočtová a zbylá konstrukční část. V teoretických kapitolách je vždy uveden obecný přehled a rozdělení, který je většinou v posledních podkapitolách doplněn o výčet důležitých parametrů, či konkrétních uplatnění v průmyslové praxi. Zvláštní důraz je kladen na pojmy používané v této oblasti, protože převážná část odborné literatury a materiály uváděné výrobcí jsou psány anglicky nebo německy. Z tohoto důvodu jsou vytvářeny některé trojjazyčné diagramy nebo popisy.

Detailní rozbor úchopových hlavic se snaží reflektovat současný stupeň vývoje a zároveň i trendy v aplikacích manipulace. Toto je provedeno na základě chapadel a jejich příslušenství nabízených na trhu. Z tohoto hlediska jsou velmi důležité i ekonomické parametry jednotlivých produktů (například adaptibilita úchopových hlavic a související cena).

Výpočtová a konstrukční část je založena na manipulační úloze, která požaduje základní přemístění definovaných objektů manipulace. Její velmi stručné zadání zní: „Přemístěte pomocí robota v laboratoři Ústavu výrobních strojů systémů a robotiky plastový válec a krychli po definované dráze.“ K jejímu řešení jsou věnovány např. kapitoly výpočtů uchopovacích sil, výběr chapadla a možnosti řízení. Při navrhování upevnění chapadla na přírubu robota je řešena základní problematika, která doprovází každou manipulační jednotku v průmyslu. Jsou v ní však uplatňovány hlavně znalosti a zkušenosti ze studia tříletého programu Obecného inženýrství na VUT v Brně.

„Lidská ruka je nástroj všech nástrojů, prostředek všech prostředků“ (Aristoteles)

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2 Základní pojmy

Veškerá odvětví lidské činnosti se vyznačují svým specifickým jazykem a hlavně konkrétními objekty, které dané termíny popisují. Za zavádění pravidel a norem v oblasti Automatizačních systémů a jejich integrace zodpovídá technická komise TC 184 mezinárodní organizace pro standardizaci ISO.

Od založení v roce 1983 je předmětem jejího zájmu normalizovat návrh, výzkum, výrobu, doručení, podporu, údržbu a likvidaci produktů a přidružených zařízení na poli automatizačních systémů. Oblasti standardizace zahrnují informační systémy, pevné i mobilní robotické jednotky v průmyslových i specifických neprůmyslových prostředích, dále automatizační a kontrolní programy společně s integračními technologiemi.

Komise TC 184 se dělí na čtyři podkomise, z nichž se robotikou a robotickými zařízeními zabývá TC184/SC 2. Více specifickou problematiku najdeme však až na úrovni pracovních skupin např. TC 184/SC 2/WG 1, která vydává normalizovaný slovník pojmů (odkaz na slovník naleznete [zde2-1](#)).

Do nynějška komise TC 184/SC 2 vydala přímo 13 standardů, které jsou závazné pro 17 zemí, mezi nimiž je i Česká republika, a dalších 8 zemí tyto normy dodržuje (přehled těchto standardů s možností nahlédnutí do jednotlivých abstraktů naleznete [zde2-2](#)).

Organizací, která je úzce spjata s touto komisí je Mezinárodní federace pro robotiku IFR (odkaz na IFR naleznete [zde2-3](#)).

Normy pro koncové efekторы jsou:

- ISO 14539:2000 Manipulating industrial robots -- Object handling with grasp-type grippers -- Vocabulary and presentation of characteristics (odkaz naleznete [zde2-4](#))
- ISO 11593:1996 Manipulating industrial robots -- Automatic end effector exchange systems -- Vocabulary and presentation of characteristics (odkaz naleznete [zde2-5](#))

Podle [2] jsou níže uvedeny stěžejní pojmy této práce, jejichž obsah bude v následujících kapitolách upřesněn a rozšířen.

1. **manipulační zařízení** (handling device / moving device ; das Handhabungsgerät / die Handhabungseinrichtung)

- je to technické zařízení, které umožňuje pohybovat s objektem manipulace. To zahrnuje nejjednodušší pohyby, jako rotace a přímočarý pohyb objektu manipulace, tak i obecné pohyby průmyslových robotů.

2. **příruba** (adaption / flange adapter ; der Zwischenstück / der Adapter)

-slouží k uchycení uchopovacího modulu na manipulační zařízení a zprostředkovává spojení mezi rozhraními obou systémů.

3. **uchopovací hlavice** (gripper module ; der Greifmodul)

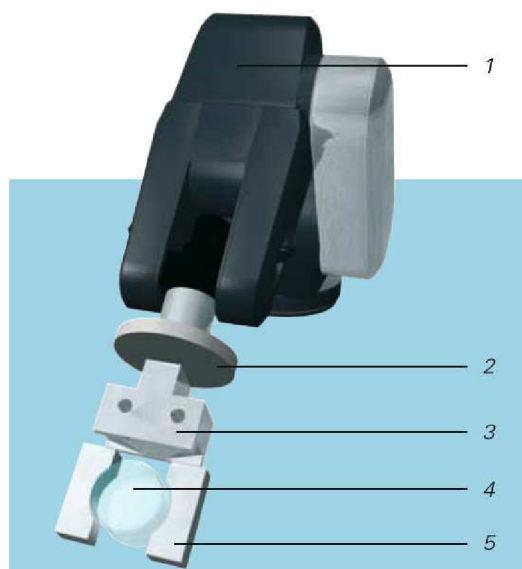
-jedná se o kinematickou součást, která v sobě obsahuje pohonnou jednotku a na ni nepřímě navázané výkonné členy - uchopovací čelisti. Jejím úkolem je přenést pohyb pohonu, rotační nebo translační tak, aby uchopovací prsty působily na objekt manipulace definovanou silou.

4. **objekt manipulace** (workpiece ; das Werkstück)

- jedná se o definovaný objekt, se kterým je pohybováno. Během manipulace se nemění.

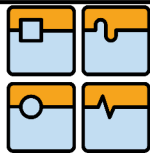
5. **uchopovací čelist/prst** (gripper finger / force transfer element ; der Finger)

-je to výkonný člen. Nachází se v přímém kontaktu s objektem manipulace a působí na něj odpovídající silou, aby toto těleso mohlo být přemístěno na požadované místo.



Obr. 2-1.: Určení stěžejních pojmů [2]

Pro lepší orientaci v pojmech, které jsou u jednotlivých produktů často uváděny ve více jazycích, vytváří některé firmy vlastní slovníky. Konstruktor i obchodník poté jednodušeji nachází společnou řeč u konkrétních problémech. (např. odkaz na slovník firmy FESTO najdete [zde2-6](#))



Festo Dictionary of Automation

Please select		
Source language	English	
Search for	gripper	
Search...		
28 entries found.		

Entry		
German	Backengreifer <i>m</i>	<i>Pneumatics</i>
English	mechanical gripper	
	X-point gripper (in Zusammensetzungen)	
German	3-Punkt-Greifer <i>m</i>	<i>Pneumatics</i>
	Dreipunktgreifer <i>m</i>	<i>Standard for Festo</i>
	Dreipunkt-Greifer <i>m</i>	
English	3-point gripper	
	three-point gripper <i>standard</i>	
Spanish	pinza de tres dedos <i>f</i>	
French	pince à serrage concentrique	
Italian	pinza a tre griffe	
Schwedish	trepunktsgripdon	
Portugese	garra de três pontos	
Type	code sample HGD	

Obr. 2-2.: Ukázka slovníku FESTO [50]

3 Zařízení pro automatizaci v průmyslu

Činnost manipulátoru nebo robotu spočívá v nastavování diskrétních poloh koncového efektoru nebo ve spojitém pohybu pracovní hlavičky po definované obecně prostorové dráze, přičemž se zpravidla řídí i orientace pracovní hlavičky. [4], [5]

3.1 Průmyslový robot

V dnešní době z kinematického hlediska najdeme v nabídce výrobců nejčastěji tři základní druhy robotů:

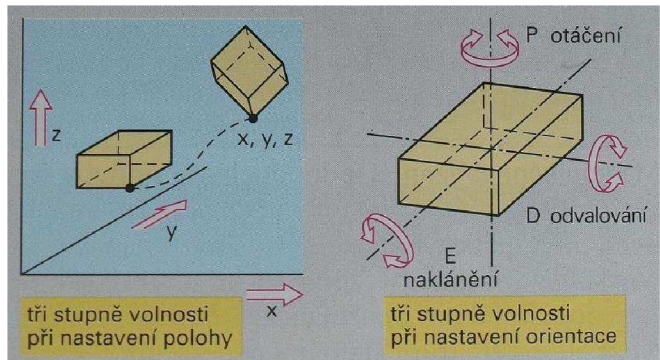
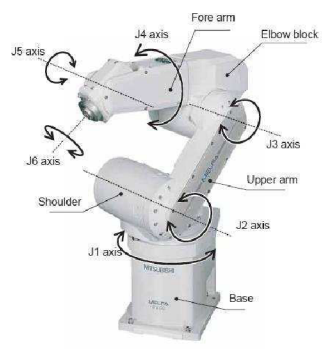
- angulární šestiosé roboty
- paletizační roboty
- SCARA roboty

V praxi se ukázalo, že použitím těchto koncepcí dokážeme pokrýt téměř celé spektrum možností nasazení robotů v průmyslu. Dále je ještě uveden i novější druh robotů, využívající paralelní kinematiky.

Obecně je dáno, že pohybové vlastnosti dnešních robotů jsou určeny počtem rotačních os (R - osy) a počtem translačních os (T - osy). Aby bylo možné dosáhnout jakéhokoliv bodu v prostoru v dosahu robota, jsou zapotřebí minimálně tři osy. Tyto osy se nazývají hlavní osy a jsou součástí ramena robotu. Pro nastavení (natočení) koncového efektoru do libovolné polohy nebo směru je potřeba přidat ještě tři další osy. Tyto osy jsou vždy rotační a označují se manipulační osy. [3]

Rotace je možné rozlišit názvy:

- otáčení – kolem svislé osy P
- naklánění – kolem osy E rovnoběžné s osou Y
- odvalování kolem osy D rovnoběžné s osou X



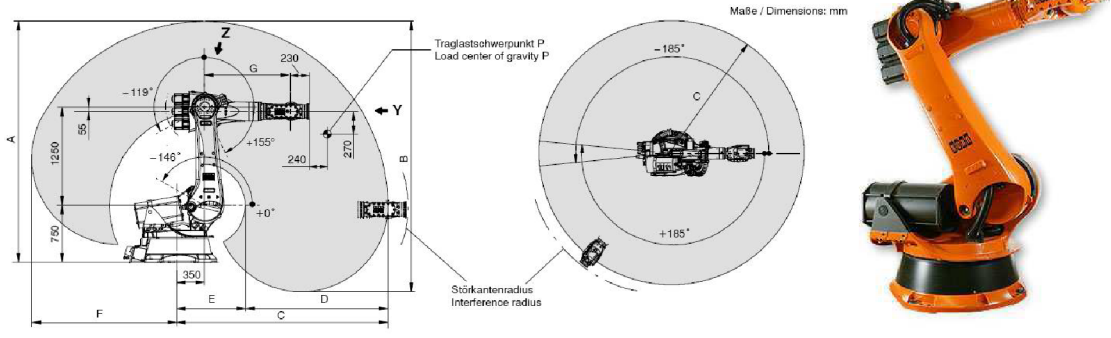
Obr. 3-1.: Rotační osy šestiosého robotu [10] - vlevo

Obr. 3-2.: Možné pohyby objektu manipulace [3] - vpravo

3.1.1 Angulární šestiosé roboty (6DOF Robots)

Jedná se o nejrozšířenější druh robotů s hlavními pohyby kolem tří rotačních os. Osa 1 je svislá, osy 2 a 3 jsou rovnoběžné a kolmé na osu 1. Vzhledem k velikosti kulového pracovního prostoru a jejich vlastním rozměrům zabírají nejméně místa. Dále se vyznačují výbornou dynamikou a tuhostí konstrukce. Nosnost některých sériově vyráběných modelů je v dnešní době až 1000 kg. Jiné mohou být ve své pracovní poloze připevněny na stěně, popřípadě na stropě. Angulární šestiosé roboty nabízí díky své univerzálnosti největší možnosti při výběru koncového efektoru, a tedy nejširší spektrum uplatnění. Jednotlivé odvětví nasazení robotů budou patrná z následující kapitoly. [3]

Znázornění pracovního prostoru je ukázáno na modelu KUKA KR 150–2(Series2000) KR 150-2, KR 150 L130-2, KR 150 L110-2



Obr. 3-3.: KUKA KR 150–2(Series2000) [53]

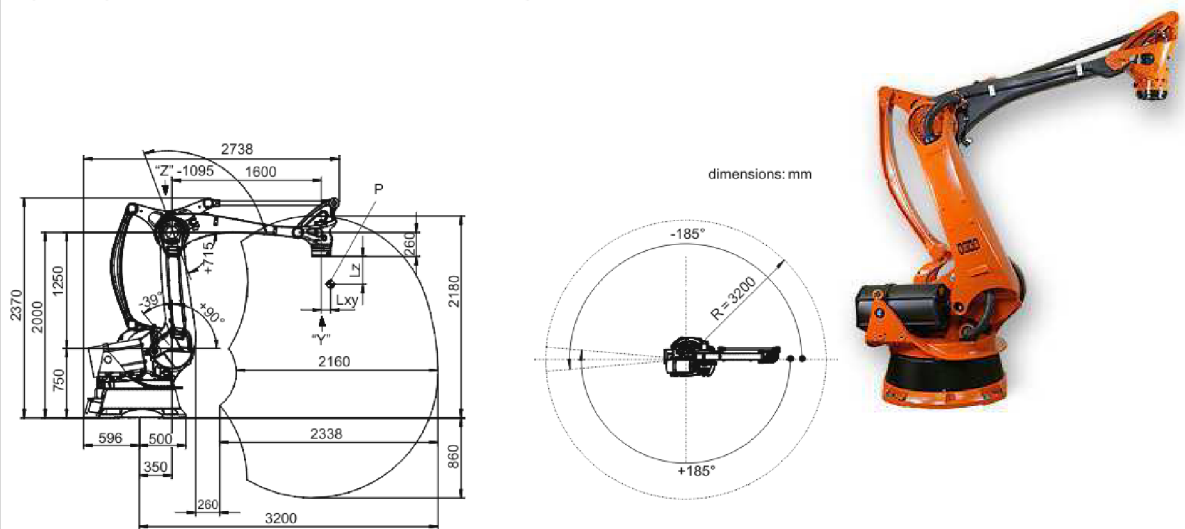
3.1.2 Paletizační roboty

Tento druh robotů má zjednodušenou konstrukci tak, že je vynechána pátá a šestá osa, tedy nedochází k naklápění a odvalování objektu manipulace. Zároveň jsou rameno a paže robota doplněny pákovým mechanismem, které zvyšuje celkovou tuhost a nosnost robota. Z tohoto důvodu je jejich hlavní oblastí uplatnění manipulace a paletizace. [3]

Např. roboty KUKA pro paletizaci – odkaz naleznete [zde3-1](#)
roboty ABB pro paletizaci – odkaz naleznete [zde3-2](#)



Typický příklad pracovního prostoru je ukázán na modelu KUKA KR 180-2 PA Arctic

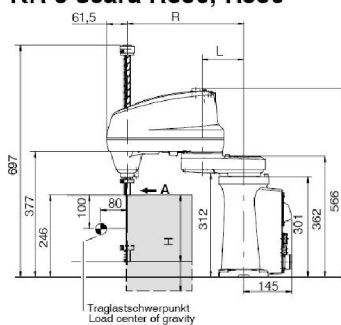


Obr. 3-4.: KUKA KR 180-2 PA Arctic [53]

3.1.3 SCARA roboty

Zatím nejrychlejší robot je typu SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm). Má všechny čtyři osy svislé. Velmi tuhá a lehká konstrukce umožňuje značnou flexibilitu ve válcovém pracovním prostoru. Vyznačuje se vysokou rychlostí, přesností a spolehlivostí. Dnešní maximální nosnost je přibližně 10 kg. Příklad demonstrace rychlosti a hravosti najdete [zde3-3](#). Znárodnění pracovního prostoru je ukázáno na modelu KUKA KR 10 scara R600. [3]

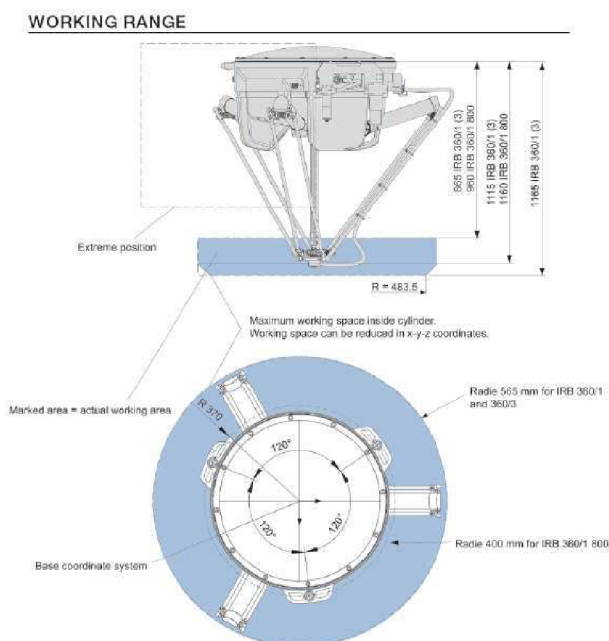
KR 5 scara R350, R550



Obr. 3-5.: KUKA KR 10 scara R600 [53]

3.1.4 Roboty s paralelní kinematikou

Velmi vysoká flexibilita v celém rozsahu rychlostí je přední vlastností této koncepce. Tubulární paže vzhledem ke svému počtu a rozmístění disponují nízkou hmotností a vysokou tuhostí. Uplatnění těchto kinematik jsou v procesech typu „pick and place“ avšak manipulované předměty mají hmotnost nanejvýš asi 3 kg. Pracovní prostor je demonstrován na modelu ABB IRB 360 FlexPickerTM



Obr. 3-6.: ABB IRB 360 FlexPicker™ [49]

3.2 Jednoúčelový manipulátor

Jsou to nejjednodušší manipulátory vyznačující se následujícími vlastnostmi, které jsou přizpůsobeny daným aplikacím:

- omezený počet stupňů volnosti
- omezený rozsah pohybů
- prostorové uspořádání
- případná změna manipulačních funkcí vyžaduje nevyhnutelné přestavování konstrukčních uzlů

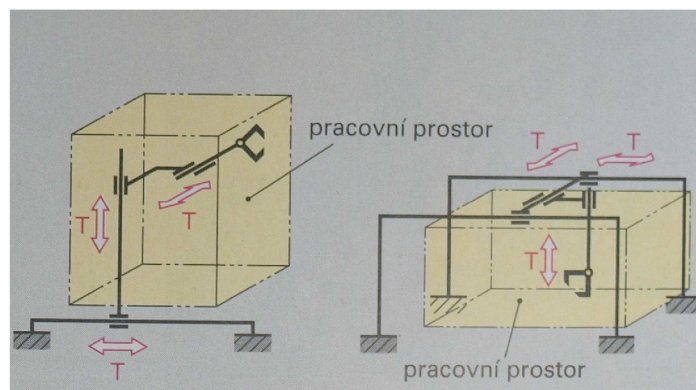
Příkladem mohou být jednoúčelová podávací zařízení (podavače). Jsou ve většině případů součástí výrobních zařízení. Pohyb je řešen buď vlastními pohony, nebo je jejich pohon odvozen od příslušného stroje. Tvarově i konstrukčním provedením jsou podřízené stroji, který doprovází. [4]

Obr. 3-7.: Podavač nástrojů [67] - vpravo





Pro úlohy typu pick and place výrobci nabízí modulární systémy, které je možné navrhnout tak, že v řadě jednoduchých operací nahradí roboty. Jejich pořizovací cena je mnohem nižší než cena robotické jednotky. Tyto manipulátory nejčastěji vykonávají lineární pohyby. Pracovní prostor je nejčastěji ve tvaru kvádrů s hranami o délkách odpovídající rozsahům pohybu ve směru os X, Y, Z, tedy odpovídající kartézskému systému. Nevýhodou bývá rozměrnost celé konstrukce, míněna je velikost zastavěné plochy vzhledem k velikosti pracovního prostoru. [3]



Obr. 3-8.: Pracovní prostor ve tvaru kvádru [3]

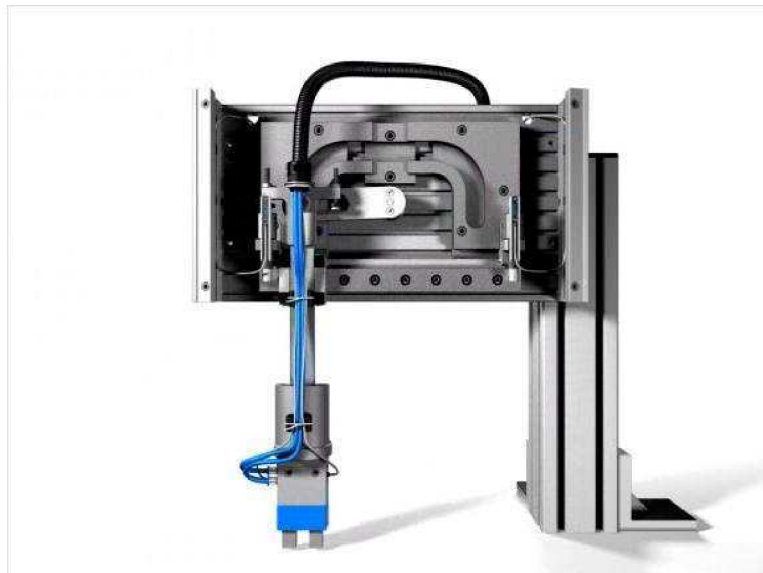
Příkladem této lineární modulární jednotky je systém GEMOTEC od společnosti SCHUNK



Obr. 3-9.: SCHUNK GEMOTEC [32]

Handlingmodul HSP

Trajektorie pohybu, který vykonává objekt při manipulaci může být definována i pomocí kulisy. Příkladem tohoto manipulátoru je manipulační modul HSP firmy FESTO. Pohon může být řešen opět elektrickým motorem nebo pneumaticky. Odkaz na animaci detailního provedení naleznete [zde3-4](#).



Obr. 3-10.: FESTO modul HSP [50]

3.2.1 Elektrické pohony

V pohonech manipulátorů a robotů se uplatňují prakticky všechny základní typy elektrických motorů:

Podle [2], [10], [14]

1. S rotačním výstupem:

- rotační motory se spojitým pohybem
- rotační krokové motory
- otočné elektromagnety

2. S přímočarým výstupem:

- lineární motory se spojitým pohybem
- lineární krokové motory
- hybridní motory
- přímočaré elektromagnety

Výhody:

- činnost se snadno dostupným zdrojem energie
- jednoduchost vedení zdroje energie k motoru
- jednoduchost spojení s řídicími prvky
- poměrně jednoduchá údržba, čistota provozu
- nižší hlučnost
- přesnost

Nevýhody:

- závislost na dodávce elektrické energie
- vyšší hmotnost
- cena



3.2.2 Pneumatické pohony

Podle konstrukce pneumatické pohony dělíme na membránové a pístové. Obvyklým pracovním médiem je vzduch, popřípadě různé inertní plyny.

Podle: [2], [10], [14]

Výhody:

- použitelné ve výbušném prostředí
- odolné proti zastavení překážkou
- rychlé posuvné, či rotační pohyby
- menší hmotnost oproti elektrickým pohonům

Nevýhody:

- nutný rozvod tlakového vzduchu
- potřeba kompresoru
- hlučnost
- obtížně řízená poloha, rychlost a zrychlení

Fluidní sval FESTO MAS [50]

Sval pracuje na principu kontrakční membrány - zjednodušené hadice, která se pod tlakem zkracuje. V protažení vyvine až desetkrát vyšší sílu než konvenční pneumatický válec a při stejné síle spotřebuje pouze 40 % energie.

Použití: Uchopení, upnutí, stříhání, vysekávání, pohyby s vysokou frekvencí opakování

Ideální pro: prašné prostředí, rovnoměrné pohyby, jednoduché úlohy



Obr. 3-11.: Fluidní sval FESTO MAS [50]

Obr. 3-12.: Kompaktní válec SMC [51]

3.3 Důležité a parametry pro výběr robotu nebo manipulátoru

Podle [53]



Diagram 3-1.: Důležité a parametry pro výběr robotu nebo manipulátoru [53]



4 Koncové efektory

Koncový efektor je funkční část, která podle charakteru požadované činnosti určuje využití pohybového systému manipulačního prostředku. Je umístěn na výstupu pohybového systému manipulátoru nebo robotu, a proto se setkáváme v této souvislosti i s označením výstupní hlavice nebo pracovní hlavice. [9]

4.1 Základní funkční rozdělení koncových efektorů

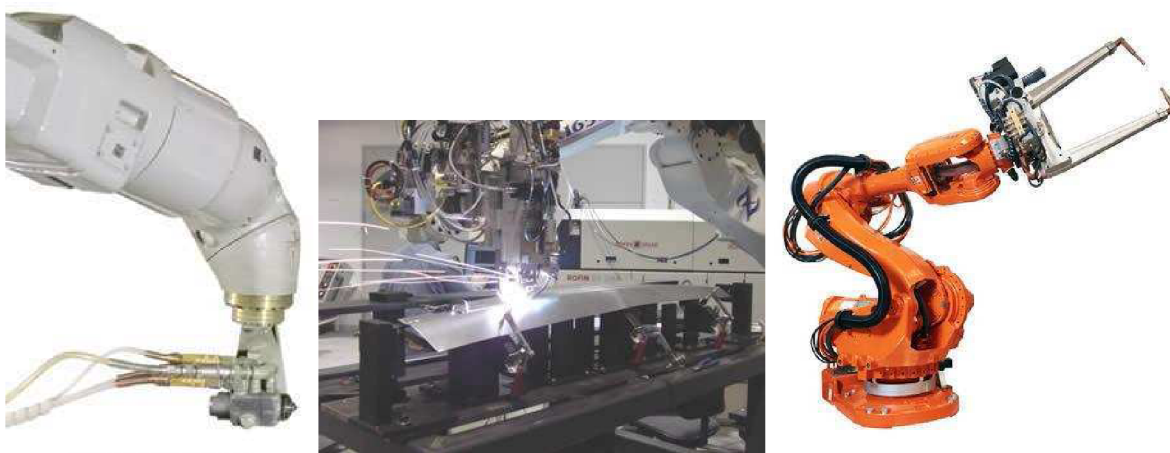
Podle charakteristických typů operací prováděných manipulátory nebo roboty lze uvažovat tyto základní typy pracovních hlavic:

Podle [4], [15], [16]

- úchopové
- technologické
- kontrolní a měřicí
- kombinované hlavice
- speciální hlavice

4.1.1 Technologické hlavice

Vzhledem k možnostem různých provedení a množství technologických operací se jedná o nejširší skupinu. Hlavní částí těchto koncových efektorů jsou konkrétní nástroje nebo celá sada nástrojů. Podrobný přehled jejich využití je ukázán v rozdělení koncových efektorů podle druhu průmyslové aplikace (kapitola 4.2).



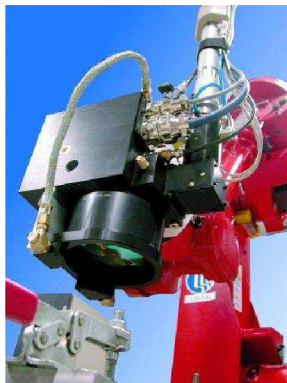
Obr. 4-1.: Hlavice pro nástřik barev [68] - vlevo

Obr. 4-2.: Hlavice pro laserové svařování [69] - uprostřed

Obr. 4-3.: Hlavice pro bodové svařování [70] - vpravo

4.1.2 Kontrolní a měřicí hlavice

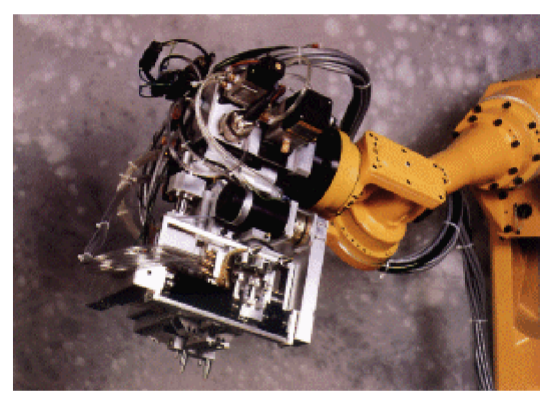
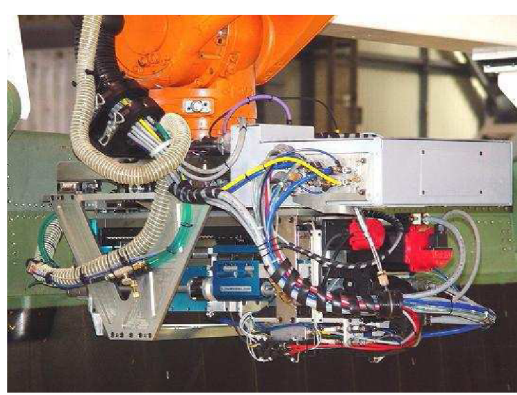
S neustále zvyšujícími se nároky na přesnost a efektivitu výroby mají tyto efektory nezastupitelnou funkci. Jejich použití značně eliminuje chyby zapříčiněné lidským faktorem. Zejména měřicí hlavice vyžadují nejvyšší nároky na přesnost mechanismů, které s nimi manipulují.



Obr. 4-4.: Snímací hlavice [71] - vlevo **Obr. 4-5.:** Scannovací hlavice [72] - vpravo

4.1.3 Kombinované hlavice

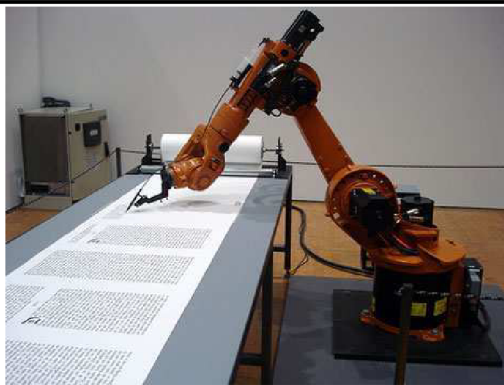
Tyto koncové efekty vykonávají současně nebo v časovém sledu několik různých operací. Například dokáží bezpečně pohybovat s objektem, během manipulace provádět určitý počet technologických úkonů (obrábění, tváření, svařování) a montáž s následnou kontrolou. Jedná se většinou o komplikovaná zařízení, ale ve velkosériových výrobcích budou v budoucnosti častěji nasazeny.



Obr. 4-6.: Multifunkční hlavice [73] – vlevo
Obr. 4-7.: Multifunkční hlavice [74] - vpravo

4.1.4 Speciální hlavice

Tyto efekty mají vlastnosti odvozené z jiného typu hlavic, ale svým použitím jsou natolik specifické, že jsou zařazeny v další skupině. Patří sem i efekty, které se používají v oblasti výzkumu popřípadě zdravotnictví.



Obr. 4-8.: Hlavice pro psaní [75]



Obr. 4-9.: Výzkumná hlavice [76]

4.2 Rozdělení podle průmyslové aplikace

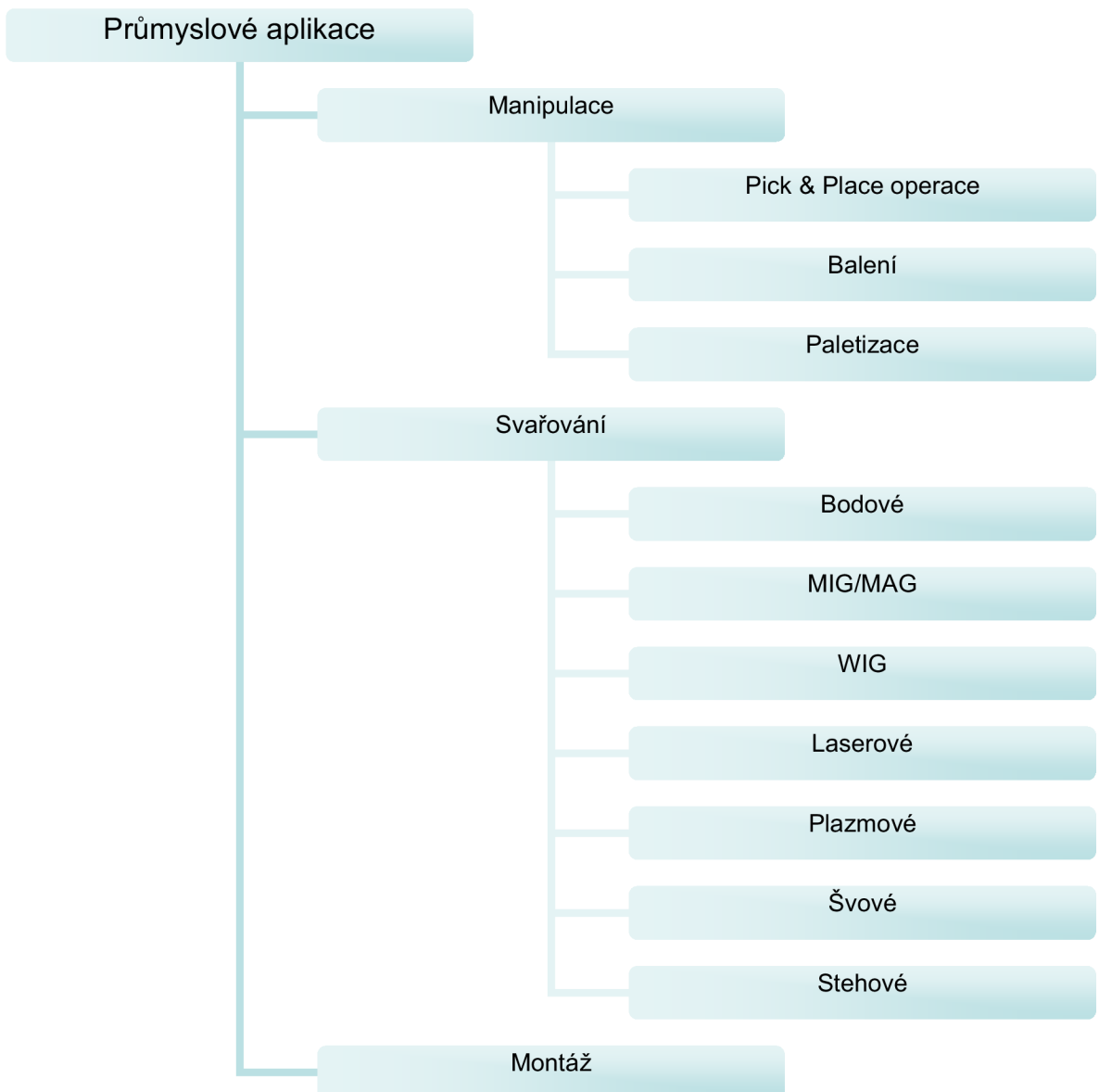


Diagram 4-1.: Rozdělení koncových efektorů podle průmyslové aplikace - část 1

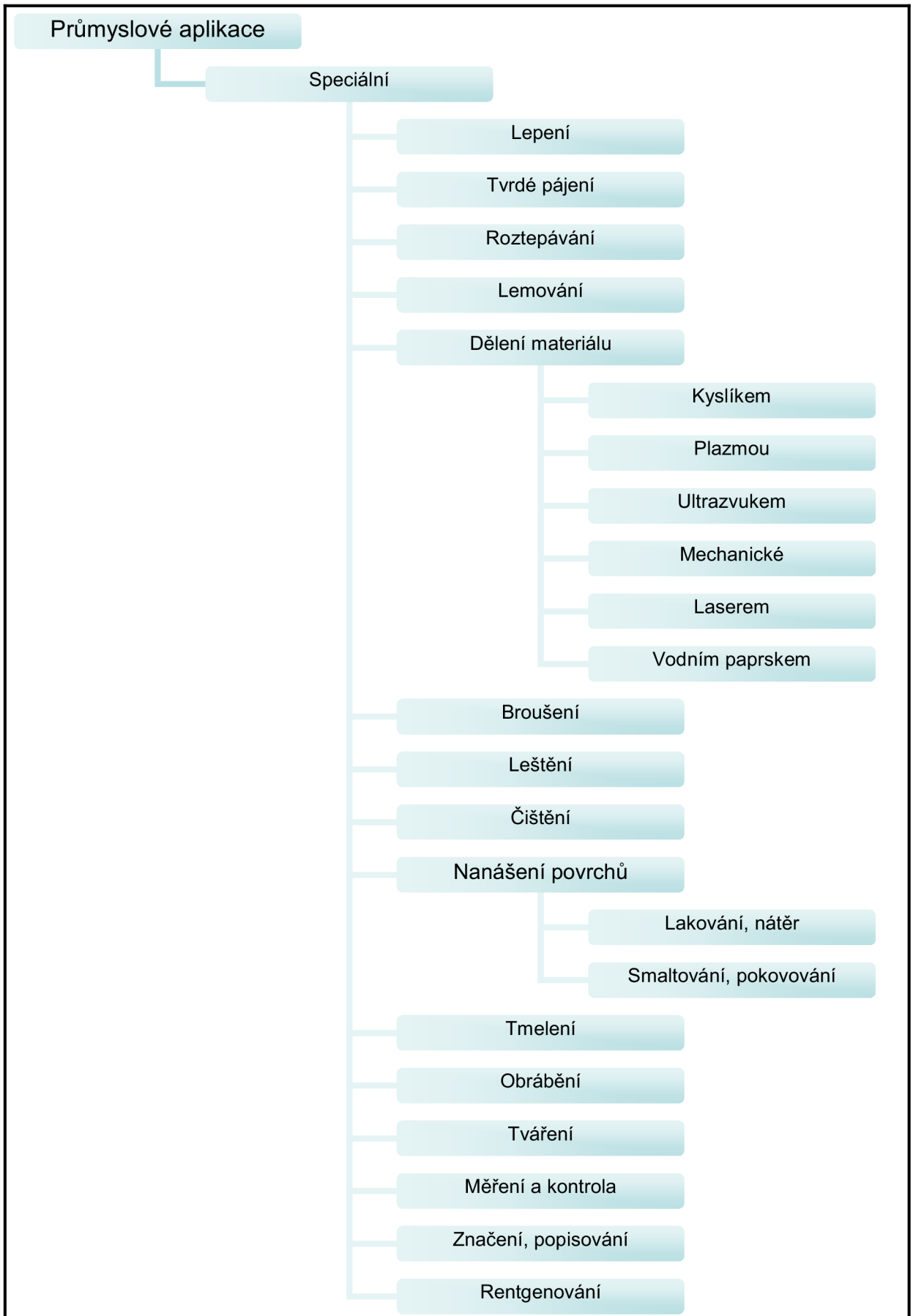


Diagram 4-1.: Rozdělení koncových efektorů podle průmyslové aplikace - část 2

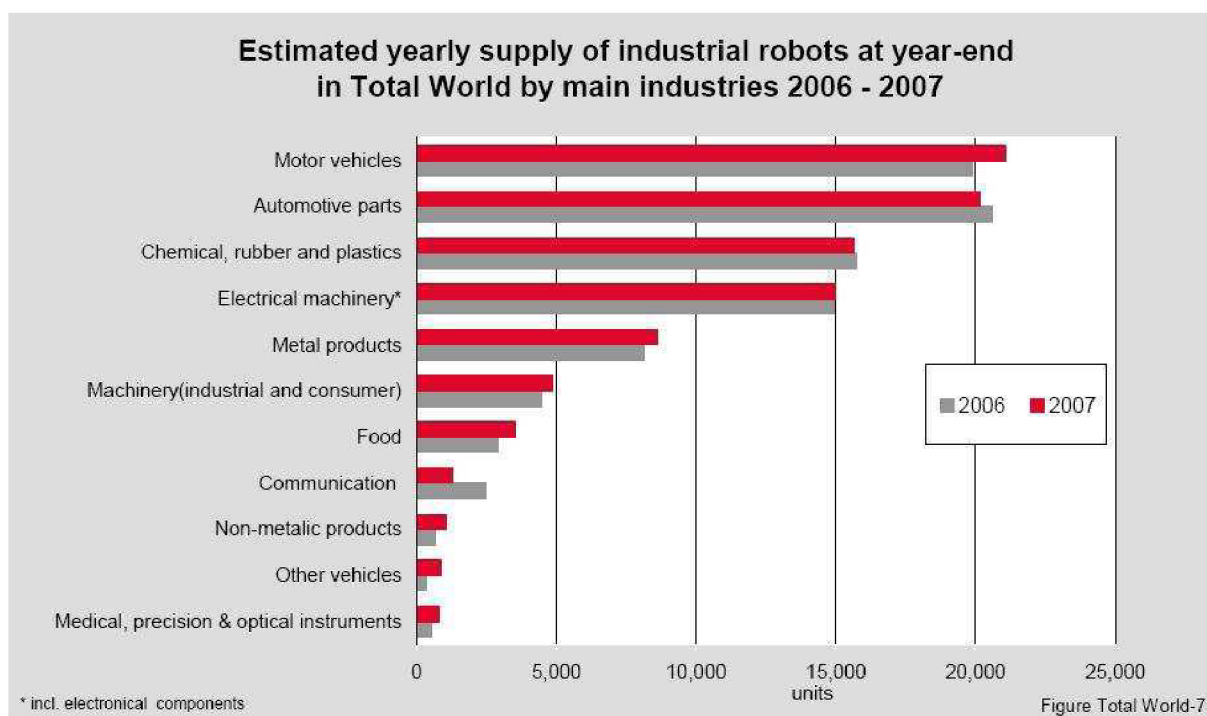


Příklad paletizační aplikace nalezete [zde4-1](#)

Příklad dalších průmyslových aplikací naleznete [zde4-2](#)

4.3 Použití v průmyslových odvětvích

Přehled průmyslových odvětví, kde se vyskytují koncové efektoři, je demonstrován na oblastech nasazení průmyslových robotů.



Obr. 4-10.:Přehled průmyslových odvětví podle nasazení robotů [34]

5 Úchopné hlavice (gripper, der Greiffer)

Nepočtenější část všech koncových efektorů v průmyslu zaujímají koncové efektoři pro manipulaci.

5.1 Definice úchopných hlavic

„Uchopovací hlavice jsou podsystém průmyslového robotu, který umožňuje uchopení konečného počtu geometricky definovaných objektů manipulace po určitou dobu. Umí zabezpečit konkrétní polohu a natočení obrobku vzhledem k souřadnému systému nástroje nebo uchopovacího systému. Tato funkce je nejčastěji započata před přemístěním objektu manipulace a ukončena po jeho uvolnění.“ [2]

Tato definice vznikla na počátku osmdesátých let v Německu.












5.2 Základní principy uchopení

Podle [2]

- Silové sevření (force lock) - objekt manipulace je držen pomocí sil od uchopovacích čelistí
- Tvarové sevření (form lock) – objekt manipulace drží ve vytvarované části uchopovací čelisti díky gravitační síle

Uchopení na jedné kontaktní ploše:

- adhezní uchopení
- zpětné uchopení
- využití gravitačních, magnetických a podtlakových sil.

	principle of function	force lock	form lock	
gripping with one contact surface	adhesive grip			
	reverse grip			
gripping with more than one contact surface	force-fit			
	force-fit/form-fit			
	form-fit			

Obr. 5-1.: Základní principy uchopení [2]




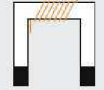






Uchopení na více než jedné kontaktní ploše:

- force-fit - pro držení jsou prvořadě vhodně orientovány síly působící na objekt manipulace
- form-fit - pro držení objektu manipulace je prvořadě vhodně upraven tvar uchopovacích čelistí
- force-fit/form-fit – je kombinací obou výše zmíněných způsobů

5.2.1 Základní druhy úchopných hlavic podle principu uchopení

Podle [2], [5]

- mechanické
- podtlakové
- magnetické
- adhezní
- tvarově adaptabilní
- jehlové

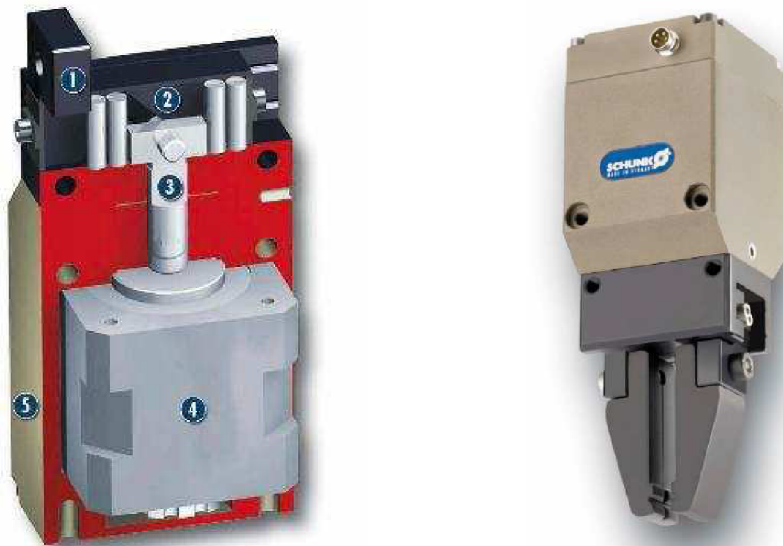
mechanical grippers		suction grippers	magnetic grippers	adhesive grippers	mold grippers	nail grippers
scissors gripper	fork gripper		electromagnet	adhesive foil		
						
parallel jaw gripper	three-point gripper		permanent magnet			
						

Obr. 5-2.: Základní druhy úchopných hlavic podle principu uchopení [2]



5.3 Základní části mechanických úchopných hlavice

Příklad je uveden na paralelní dvou čelistové elektrické hlavici, poháněné krokovým elektromotorem SCHUNK MEG 64 EC. [32]



Obr. 5-3.: Chapadlo SCHUNK MEG 64 EC [32]

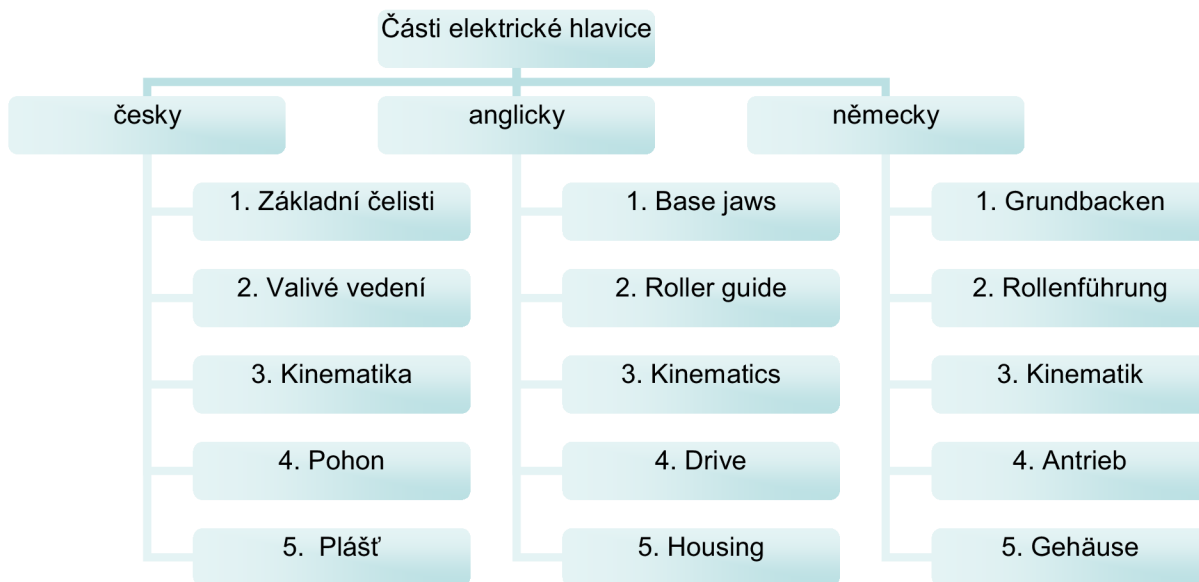


Diagram 5-1.: Základní části mechanických úchopných hlavice [32]

1. Základní čelisti - slouží k upevnění uchopovacích čelistí (prstů)
2. Valivé vedení - přesně určuje pohyb základních čelistí
3. Kinematika – slouží k přenosu sil a momentů z pohonu na základní čelisti
4. Pohon – přeměňuje elektrickou nebo vnitřní energii tekutiny na mechanickou energii
5. Plášť – vytváří kostru celého modulu



5.4 Důležité parametry mechanického uchopovacího modulu



Diagram 5-2.: Důležité parametry mechanického uchopovacího modulu [32]

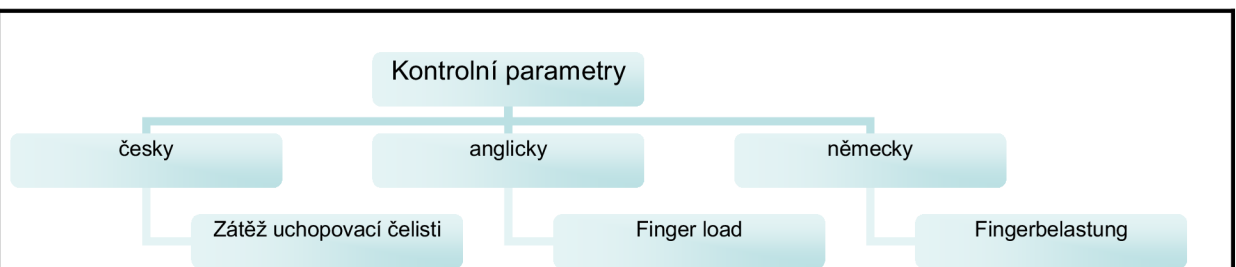
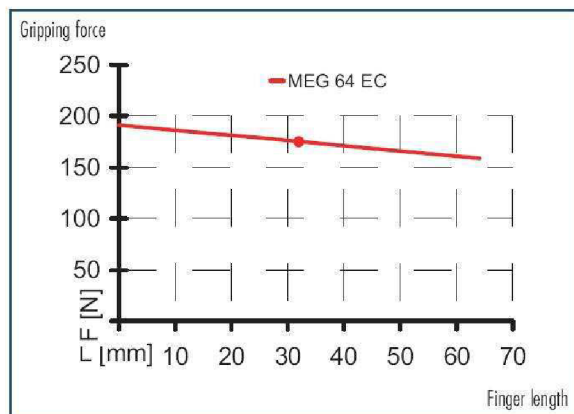


Diagram 5-3.: Kontrolní parametry mechanického uchopovacího modulu [32]

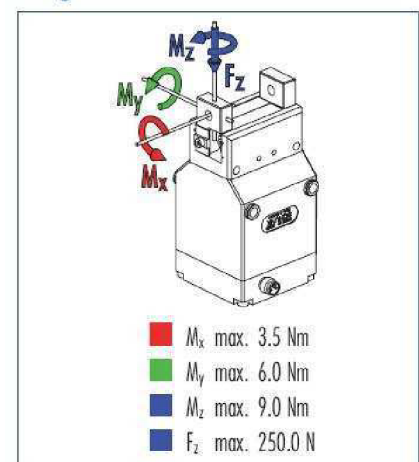
Dovolená zátěž uchopovací čelisti:

- momentová - M_x , M_y , M_z
- silová - F_z

Křivka závislosti uchopovací síly na délce čelisti:



Finger load



Moments and forces apply per base jaw and may occur simultaneously. M_y may arise in addition to the moment generated by the gripping force itself. If the max. permitted finger weight is exceeded, it is imperative to reduce the speed so that the jaw movement occurs without any hitting or bouncing. Tool life may be reduced.

Obr. 5-4.: Křivka závislosti uchopovací síly na délce čelisti [32] - vlevo

Obr. 5-5.: Dovolená zátěž uchopovací čelisti [32] - vpravo

5.5 Základní druhy pohonů mechanických úchopných hlavic

Podle [2], [5], [23]

- pneumatické: pneumatické válce, membránové, pneumatické motory
 - hlavní výhoda: rychlost
 - hlavní nevýhoda: regulace a řízení
- hydraulické: hydraulické válce, membránové, hydraulické motory
 - hlavní výhoda: vyvolání velké síly na uchopovacích čelistech
 - hlavní nevýhoda: vysoká cena
- elektrické :
 1. S rotačním výstupem:
 - rotační motory se spojitým pohybem
 - rotační krokové motory
 - otočné elektromagnety

2. S přímočarým výstupem:

- lineární motory se spojitým pohybem
- lineární krokové motory
- hybridní motory
- přímočaré elektromagnety

-hlavní výhoda: přesnost

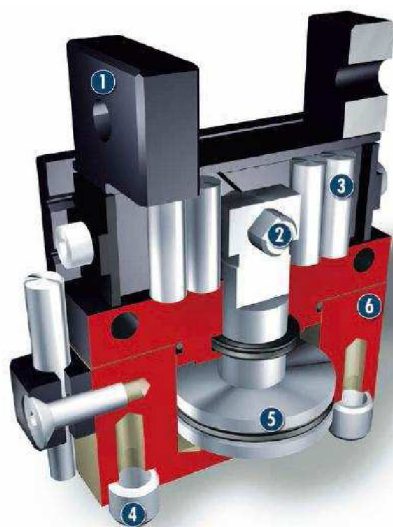
-hlavní nevýhoda: hmotnost koncového efektoru je mnohem vyšší než s pneumatickým pohonem

- piezoelektrické : hlavní úlohou jsou mikropohyby

-hlavní výhoda: přesnost

-hlavní nevýhoda: malá vyvozená síla a moment (použití mikrogreifer)

Často v poslední době dochází ke kombinaci jednotlivých pohonů a tím i k optimálnímu využití jejich specifických předností. Příkladem mohou být elektro-pneumatické nebo elektro-hydraulické pohony. Avšak zde je zapotřebí přesné snímání jednotlivých charakteristik a následně jejich skloubení pomocí softwaru.



Obr. 5-6.: Uchopovací hlavice s pneumatickým pohonem [32] - vlevo

Obr. 5-7.: Uchopovací hlavice s elektrohydraulickým pohonem [77] – vpravo

Diagramy níže vytvořeny podle [2], [27]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

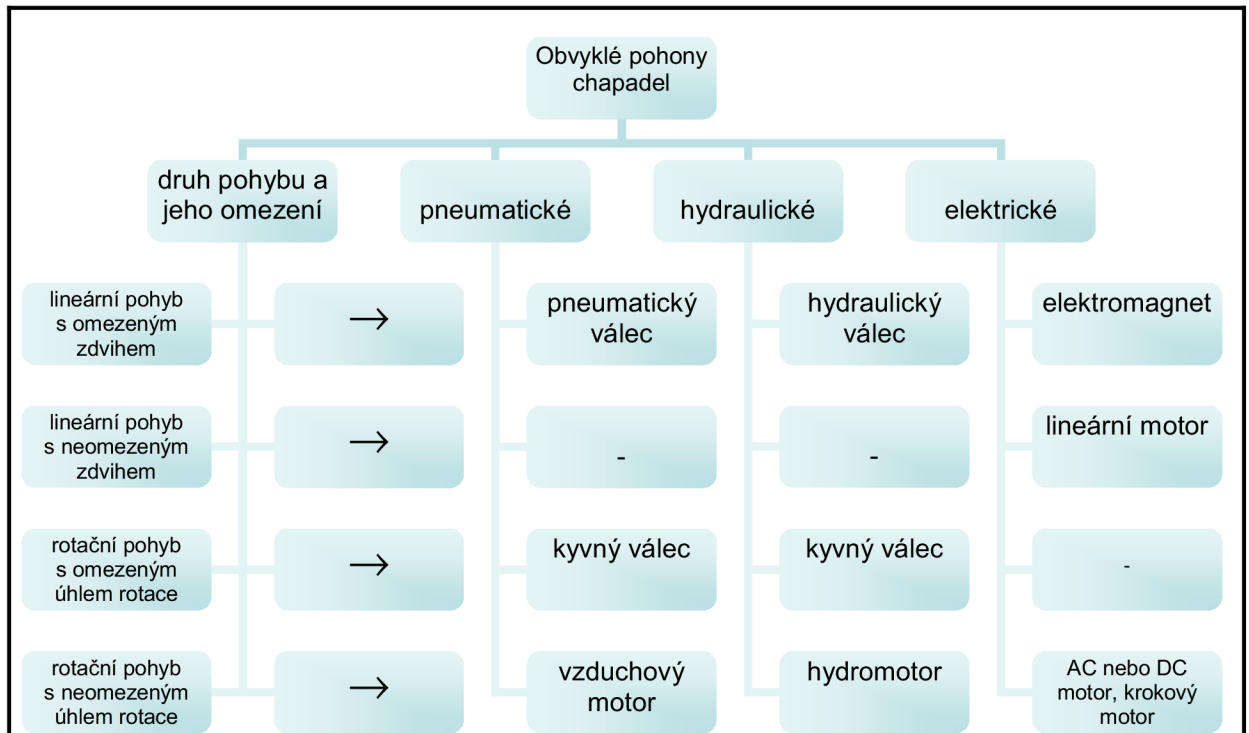
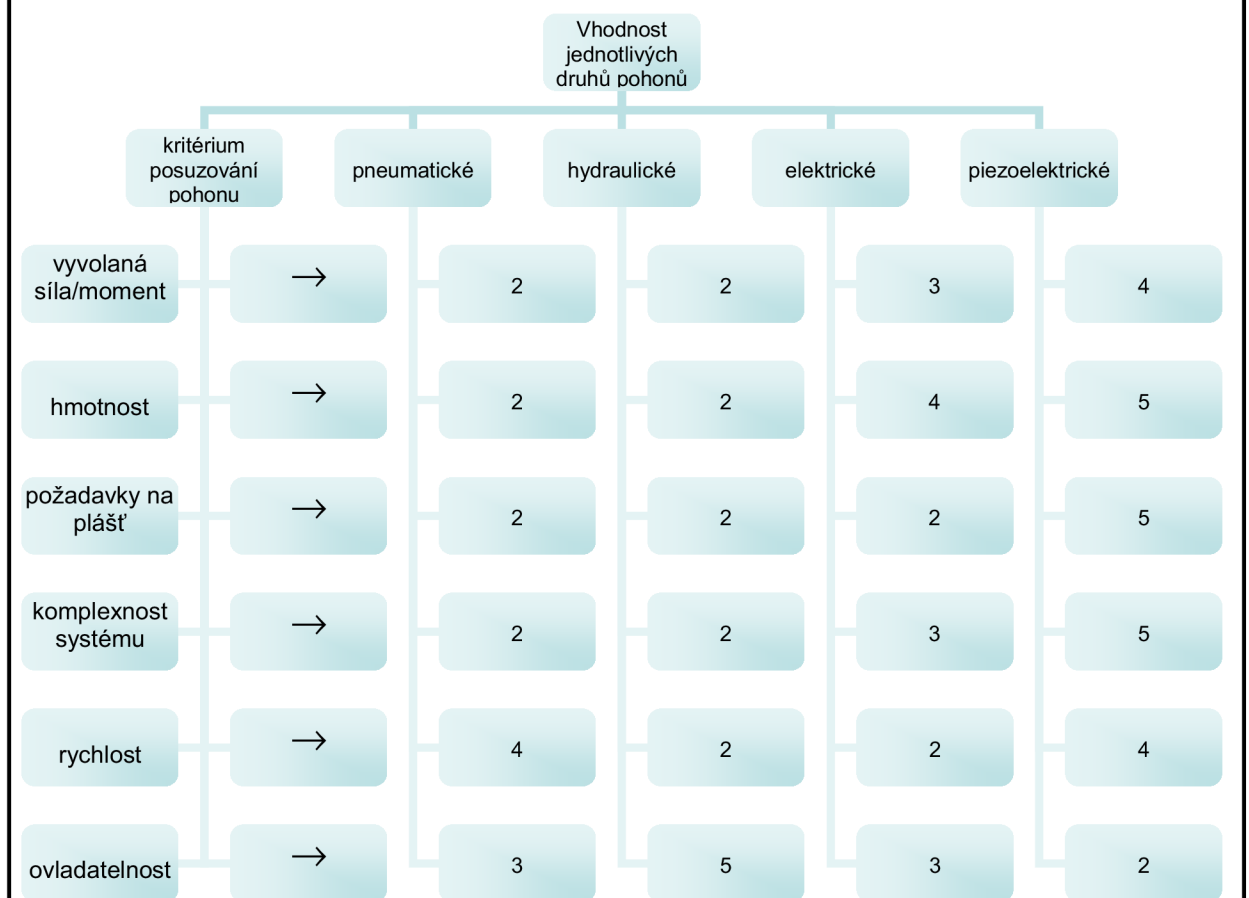


Diagram 5-4.: Obvyklé druhy pohonů chapadel podle druhu pohybu a omezení [27]



1 - vhodný (ideální) , 5 - nevhodný

Diagram 5-5.: Vhodnost jednotlivých druhů pohonů uchopovacího modulu [2]

5.5.1 Důležité parametry elektrických pohonů uchopovacích modulů

Podle [32]

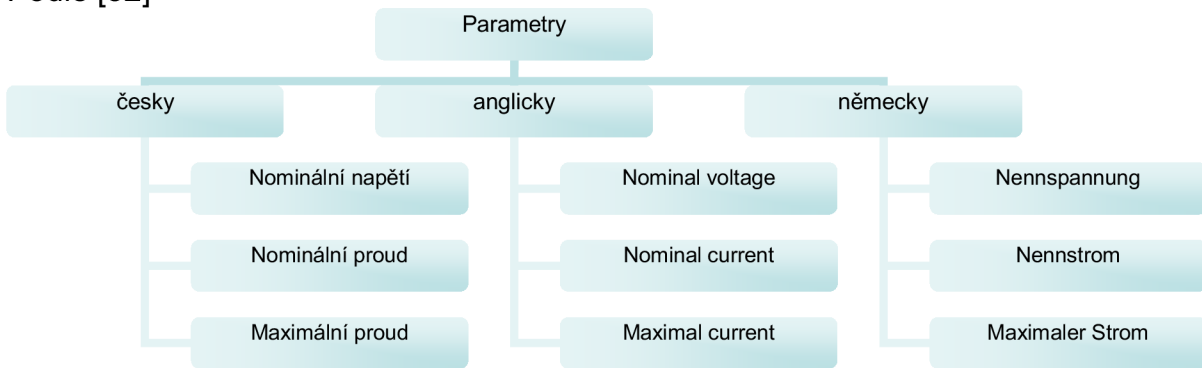


Diagram 5-6.: Důležité parametry elektrických pohonů uchopovacích modulů [32]

5.5.2 Důležité parametry pneumatických pohonů uchopovacích modulů

Podle [32]

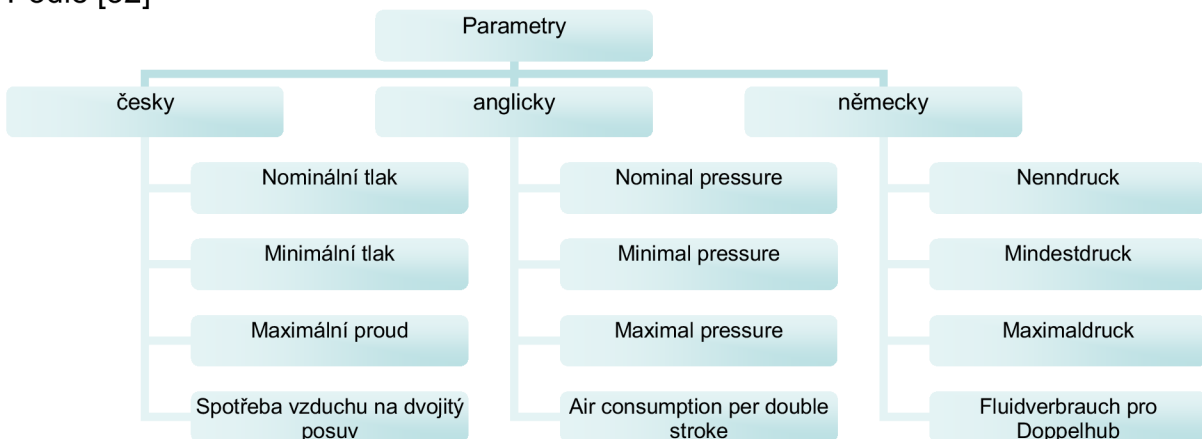


Diagram 5-7.: Důležité parametry pneumatických pohonů uchopovacích modulů [32]

5.6 Základní kinematická schémata mechanických úchopných hlavic

Hlavním úkolem kinematiky je vyvolat požadovaný pohyb základních čelistí z definovaného pohybu pohonu.

Pohyby základní čelisti / pohonu:

- lineární
- rotační

Druhy převodů:

Podle [2], [4], [5]

- pákový mechanismus
- ozubený převod



- šroubový převod
- vačkový mechanismus
- pásový převod
- paralelogramový mechanismus
- kleštinový mechanismus
- kulisový mechanismus
- elastická membrána
- deformační převod
- ejektorový mechanismus
- kobinovaný
- jiný

V tabulce jsou uvedeny nejčastěji používané mechanismy:

		input movement									
		linear					rotary				
		shear grinding drive	tenon drive	fork lever drive	clip lever drive	wedge drive with rocker switch	elbow lever drive	curve tongue drive	anchor drive	thread spindle drive	excenter drive
output movement	linear										
	rotary										

Obr. 5-8.: Tabulka nejčastěji používaných mechanismů [2]

5.7 Uchopovací čelisti mechanických úchopných hlav

Tvar, materiál a provedení uchopovacích čelistí je v první řadě závislé na objektu manipulace, protože jako jedině s ním přichází do styku. Běžně se dodávají jako polotovary a následně si je zákazník obrobí do požadovaného tvaru. Nejčastější materiály jsou slitiny hliníku, ale tato volba je závislá hlavně na vlastnostech objektu manipulace a pracovního prostředí.

Podl: [2], [23]

Druhy kontaktních povrchů:

- stálý
- přizpůsobivý

Základní tvarová provedení kontaktní povrchů:

- ploché
- prizma
- kruhové



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 5-9.: Polotovar standardní uchopovací čelisti [32] - vlevo

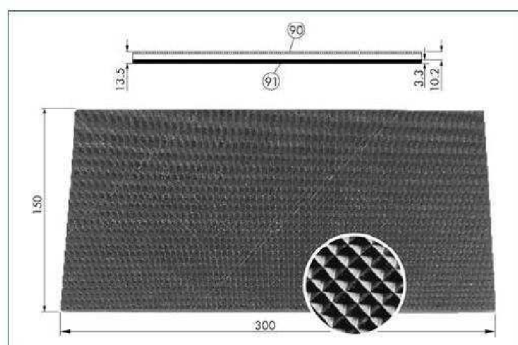
Obr. 5-10.: Polotovar speciální uchopovací čelisti [32] - uprostřed

Obr. 5-11.: Chapadlo s přizpůsobivým tvarem a velikostí kontaktní plochy [32] - vpravo

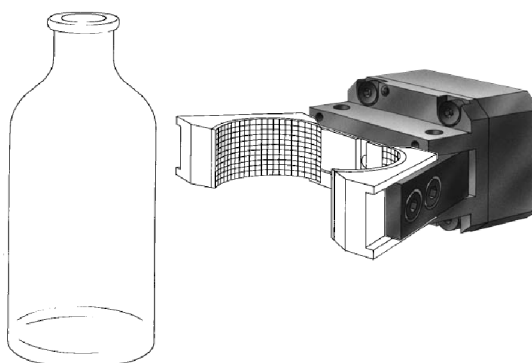
Vlastnosti kontaktních povrchů:

Důležitou vlastností při force-fit uchopení je součinitel tření. Obecně je snaha docílit co největšího součinitele, aby působící síla na objekt manipulace byla co nejmenší a nedocházelo k jeho poškození. Z tohoto důvodu se využívá speciálních materiálů, popřípadě profilů kontaktních ploch uchopovacích čelistí.

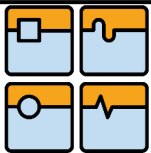
Příklad řešení od společnosti SCHUNK:

**HKI 1S**

90 Elastomerkissen
91 Edelstahl-Stützplatte



Obr. 5-12.: SCHUNK elementy Quantes, elementy z tvrdokovu, výstelky HKI [32]



Podle: [2], [5], [23]

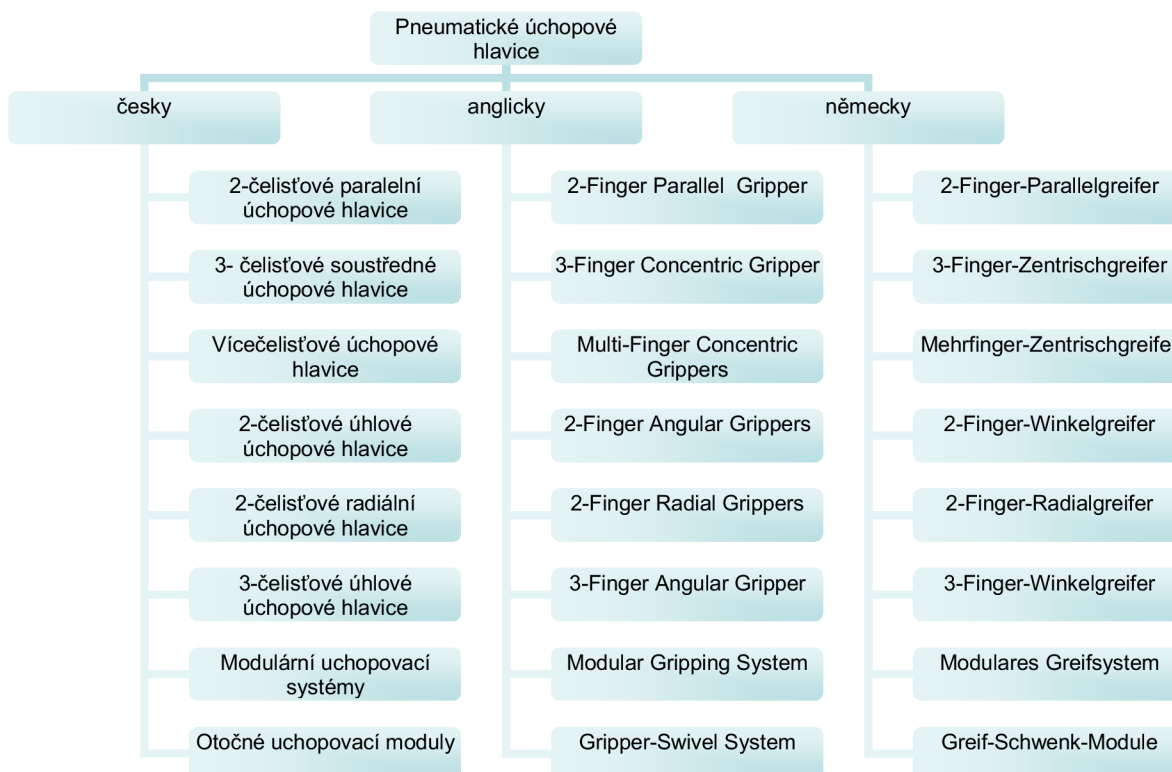
Součinitel tření vybraných kontaktních materiálů a zdrsnění

kontaktní materiály	suchý povrch	mastný povrch
ocel - ocel	0,12 - 0,17	0,05
ocel - litina	0,2	0,05
ocel - mosaz	0,2	0,05
ocel - bronz	0,2	0,05
ocel - pryž	0,3	0,15
ocel - kůže	0,6	0,25
ocel - ferodo	0,6 - 0,7	-
ocel - Quentes (SCHUNK)	0,3 - 0,4	-
nezakalené čelisti bez zdrsnění	0,12 - 0,15	-
zakalené čelisti se zdrsněním ve tvaru rybin	0,3 - 0,35	-
povrch čelistí rýhovaný podélně	0,3	-
povrch čelistí rýhovaný příčně	0,4	-
povrch čelistí s křížovým rýhováním	0,4 - 0,6	-
povrch čelistí s ostrými zářezy pro vniknutí do objektu manipulace	0,8 - 1	-

Obr. 5-13.: Obecný přehled koeficientů tření mezi povrchy [2], [5]Poměrně rozsáhlý přehled koeficientů tření pro různé materiály naleznete [zde5-1](#).

5.8 Přehled provedení mechanických úchopných hlavíc

Toto dělení je provedeno podle společnosti SCHUNK protože nabízí nejširší nabídku úchopných hlavíc na evropském trhu. [32]

**Diagram 5-8.:** Pneumatické úchopové hlavice [32]

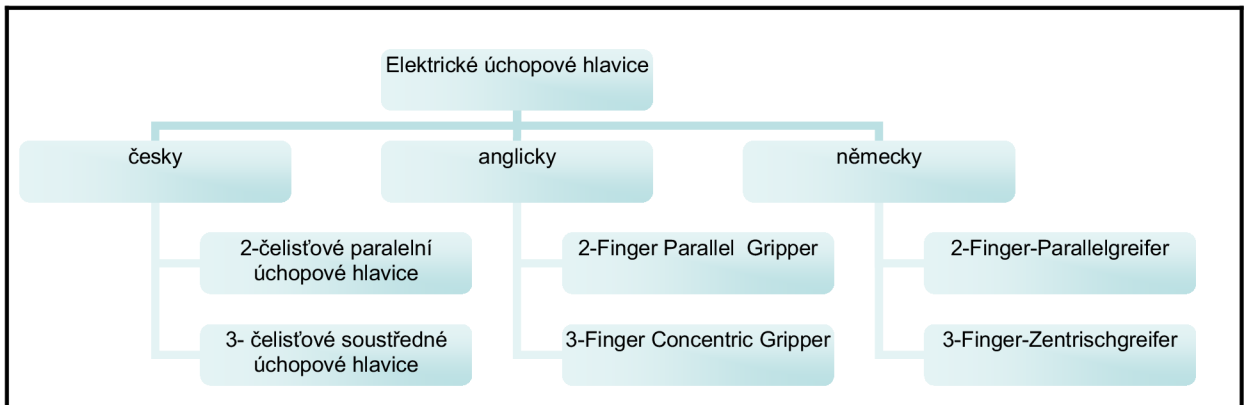


Diagram 5-9.: Elektrické úchopové hlavice [32]

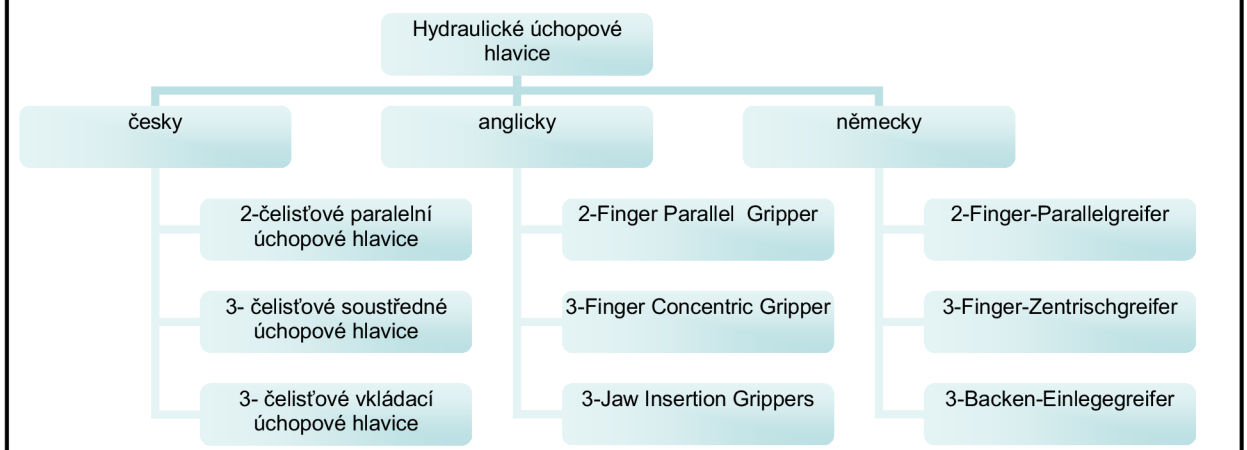


Diagram 5-10.: Hydraulické úchopové hlavice [32]

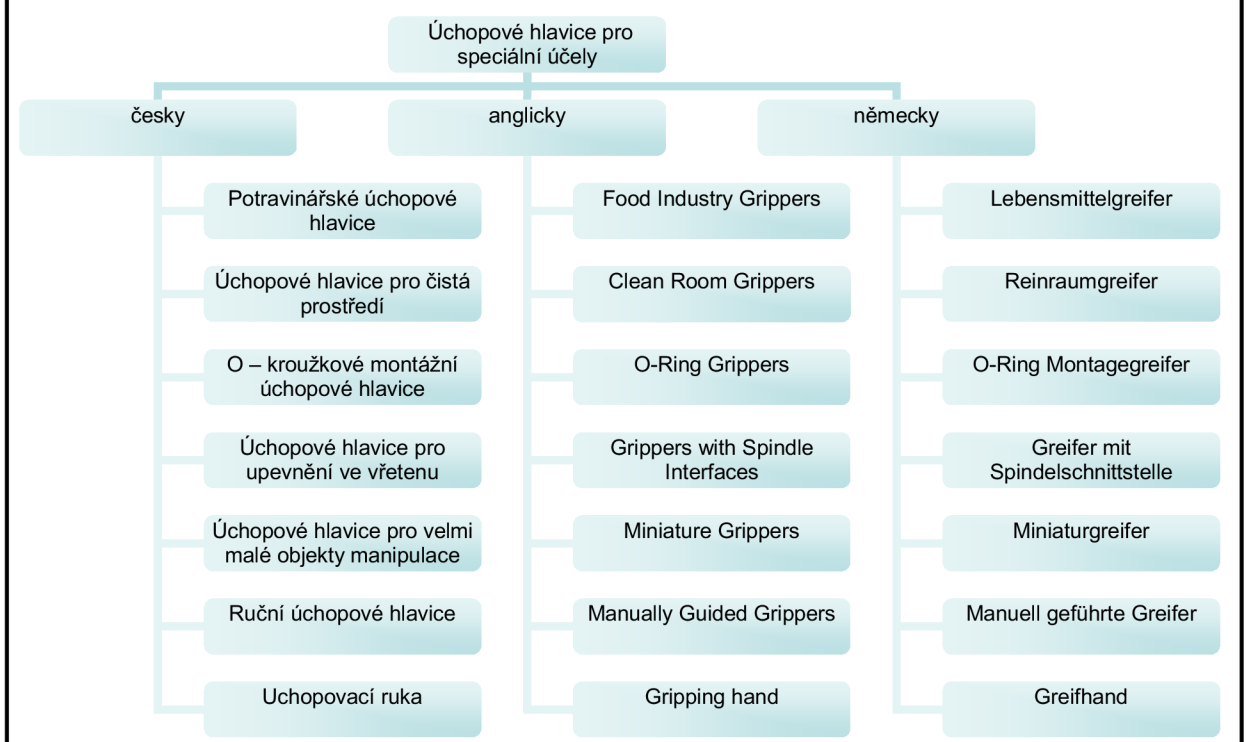


Diagram 5-11.: Úchopové hlavice pro speciální účely [32]



5.9 Další druhy konstrukčních prvků úchopných hlavic

Jednotlivé prvky, které zprostředkovávají kontakt s objektem manipulace, následně určují druh úchopné hlavy. Níže jsou vyjmenovány i druhy, které se dnes používají méně nebo pouze ve speciálních aplikacích.

Podle [4], [5]

Druhy:

- pouzdra
- kleštiny
- pružiny
- vačky
- hroty
- pevné opěry
- přísavky
- magnety
- jehlice
- deformační vaky
- elastická přetlaková pouzdra
- elastické pásy
- kombinované
- jiné



Obr. 5-14.: „Uchopení hrnku při snídani...“ [78]

5.9.1 Přísavky

Z výše jmenovaných prvků jsou velmi významné a široce používané. Mají nejčastěji kruhový tvar a podle výrobce mohou být v jiných tvarových variantách. Pro velká zatížení bývají vyztuženy žebry. Důležitou součástí některých druhů přísavek jsou odpružené držáky.

Standardní materiál :

- nitrilbutadyenový (NBR) kaučuk
- silikonový kaučuk
- fluorizovaný kaučuk
- uretanový kaučuk



Obr. 5-15.: Různé druhy přísavek společnosti SMC [51]

Přehled provedení přísavek podle společnosti SMC:

- standardní přísavky
- přísavky s kulovým kloubem
- přísavky pro velká zatížení
- přísavky s měchem pro velká zatížení
- přísavky se zpětným ventilem

6. Silové působení na objekt manipulace

V závislosti na prostředí a na druhu manipulace působí na obrobek celá řada sil. Při výpočtech se snažíme rozpoznat a uvažovat jen ty rozhodující, protože při výběru uchopovacího modulu vždy musíme počítat s bezpečností, která postihuje další vlivy.

Podle: [2], [4], [5], [23], [27]

Druhy působících sil:

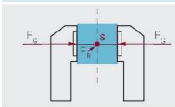
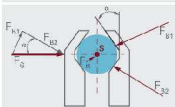
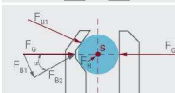
- gravitační
- třecí
- tlakové
- třecí
- setrvačné
- elektrické
- magnetické
- vnitřní
- jiné



Obr. 6-1.: Uchopení pomocí magnetické síly [79]

6.1 Definice a výpočet uchopovací síly

Při nejjednodušší manipulaci s obrobkem mechanickým uchopovacím modulem bereme v úvahu setrvačné síly a síly vyvolané procesem přemístění. Na základě jejich účinků určujeme minimální velikost uchopovací síly. Uchopovací síla je aritmetický součet všech sil působících na uchopovacích čelistech. [27]

	gripping force	basic gripping force	influencing factor of contact type	corrective factor for contact safety	symbol veličiny	význam veličiny	jednotka
	$F_G =$	$F_R \cdot \frac{S}{\mu}$	$\frac{1}{2}$		F_G	uchopovací síla	[N]
	$F_G =$	$F_R \cdot \frac{S}{\mu}$	$\frac{\cos \alpha}{2}$	k	F_R	výsledná síla	[N]
	$F_G =$	$F_R \cdot \frac{S}{\mu}$	$\frac{\cos \alpha}{1 + \cos \alpha}$		S	koeficient bezpečnosti	[-]
					μ	koeficient tření	[-]
					α	úhel prizma	[°]
					k	opravný koeficient	[-]
					r	poloměr	[m]
					R	poloměr	[m]

Obr. 6-2.: Obecné vztahy pro určení uchopovací síly [2]

Poté co známe velikost uchopovací síly, ověřujeme kontaktní tlak mezi uchopovacími čelistmi a objektem manipulace a tím zkontrolujeme, zda při manipulaci nedochází k plastické deformaci na stykových plochách. Výpočet nejčastěji provádíme podle Hertzovy teorie pro kontaktní tlak.

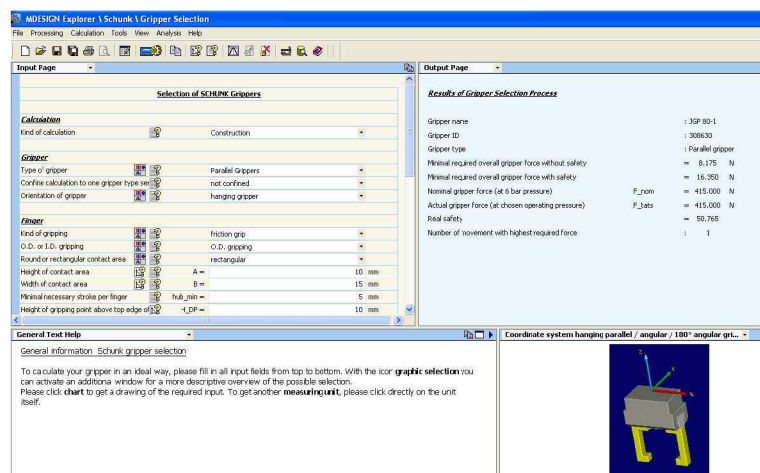


6.2 Výpočet uchopovací síly pomocí software výrobců

Tyto programy slouží k vytvoření představy o velikostech sil působících na obrobek, ale hlavně ke zvolení doporučeného uchopovacího modulu. Některé jsou volně ke stažení na oficiálních webových stránkách nebo jsou zakomponovány do online výběru produktů.

6.2.1 Software SCHUNK

Odkaz pro stažení tohoto programu naleznete [zde6-1](#).

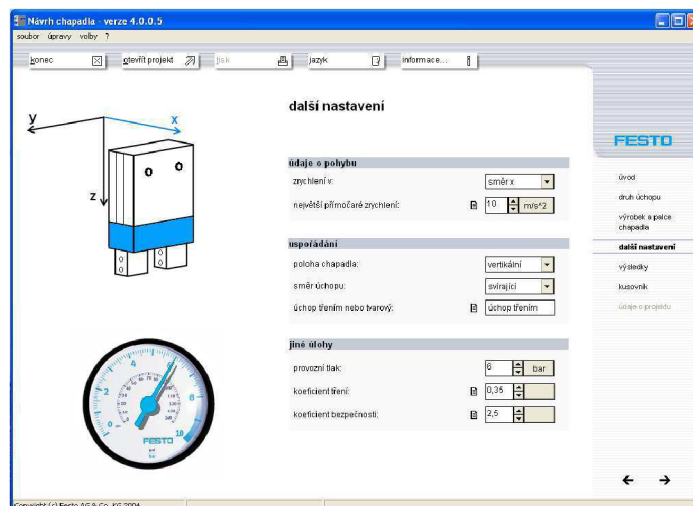


Obr. 6-3.: Prostředí pro zadávání vstupních údajů software SCHUNK [32]

6.2.2 Software FESTO

Odkaz pro stažení tohoto programu naleznete [zde6-2](#).

Odkaz pro výpočty sil při online výběru naleznete [zde6-3](#).



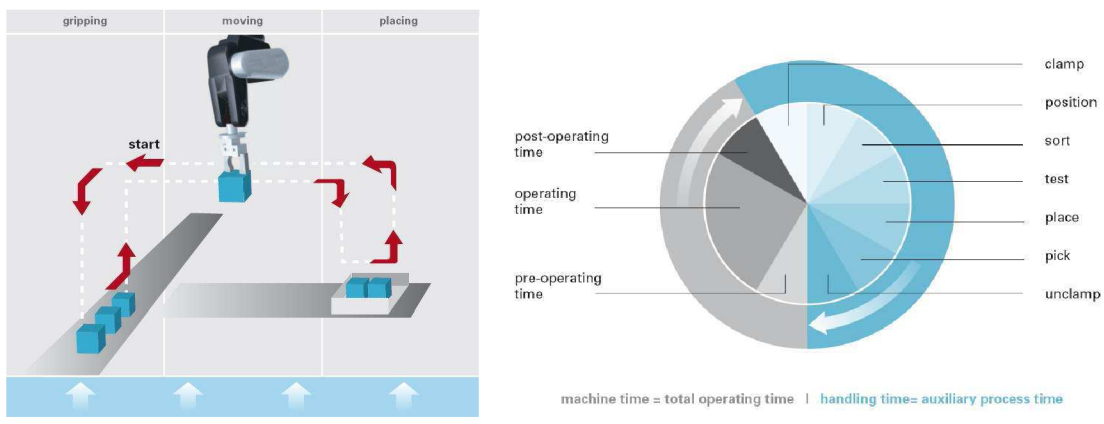
Obr. 6-4.: Prostředí pro zadávání vstupních údajů software FESTO [50]

7. Fáze manipulace

Celkový proces přemístění obrobku má tři hlavní části:

- uchopení
- přesun
- umístění

Každá z těchto má své specifické podmínky a nároky. Hlavní výstupy, které musí být souhrnně sledovány, jsou proveditelnost, energetická náročnost a doba trvání. To vše se nakonec promítne nejen do ceny manipulačního zařízení, ale hlavně do konečné ceny objektu manipulace jako tržního produktu.



Obr. 7-1.: Popis fází manipulace [2]

8. Obecný postup při výběru chapadla

Podle: [27]

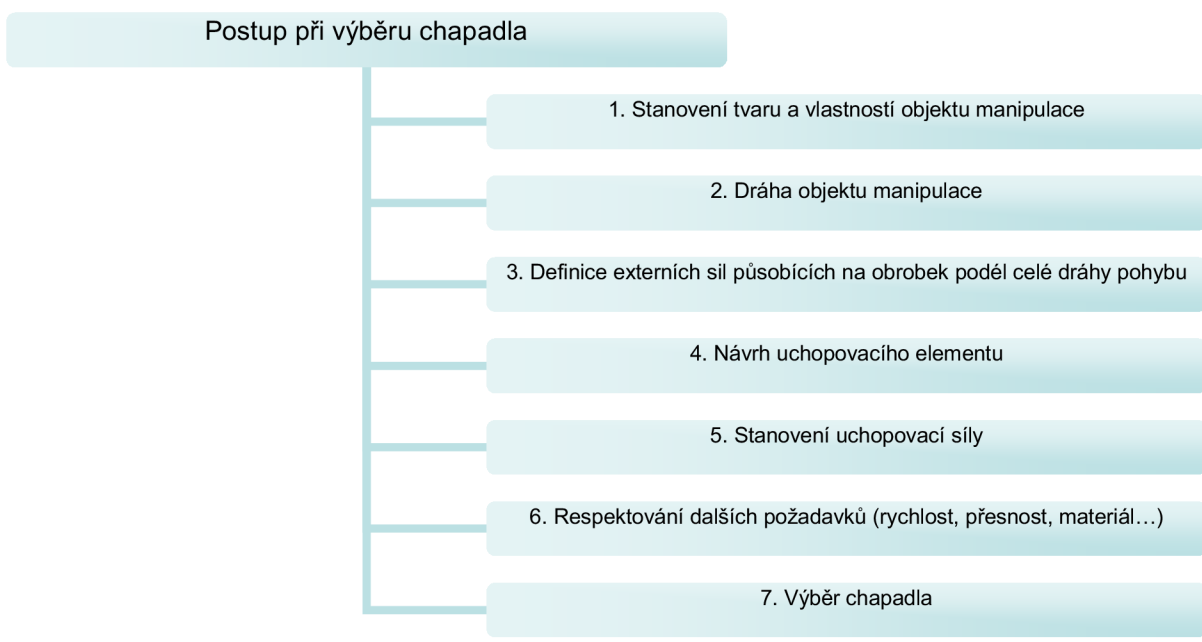


Diagram 8-1.: Obecný postup při výběru chapadla [27]



8.1 Další faktory ovlivňující výběr chapadla včetně stupně ovlivnění

Podle[27]

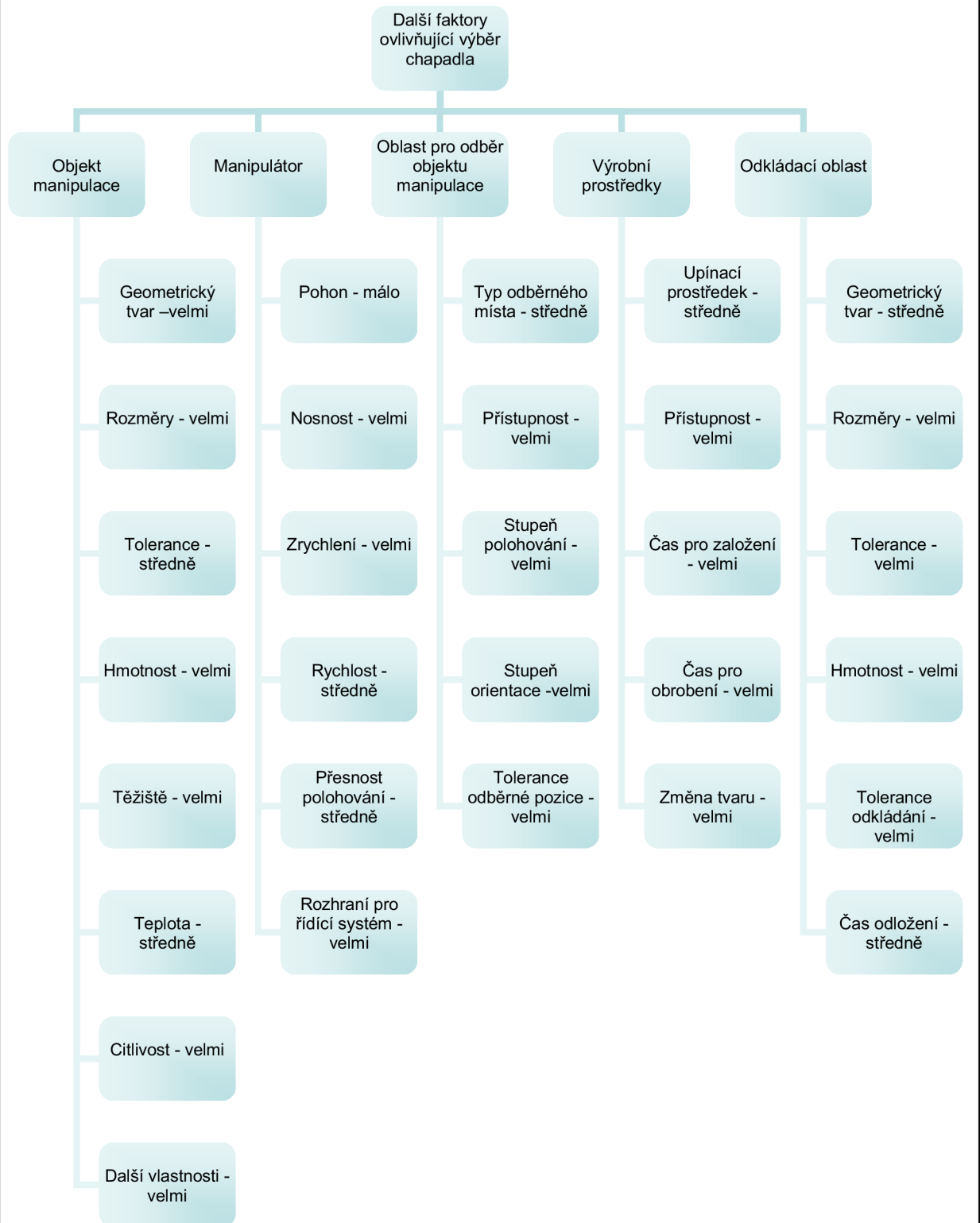


Diagram 8-2.: Další faktory ovlivňující výběr chapadla včetně stupně ovlivnění [27]

9. Manipulační úloha

Úkolem je přemístit plastový obrobek po definované trajektorii pomocí robotu KUKA KR3CR v laboratoři ÚVSSR.

Při řešení je postupováno podle kroků v kapitole: 8. Obecný postup při výběru chapadla

9.1 Stanovení tvaru a vlastností objektu manipulace

Válec: - rozměry $d_{\text{válec}} = 42 \text{ mm}$; $h_{\text{válec}} = 42 \text{ mm}$

- hustota: $\rho_{\text{válec}} = 900 \text{ kg/m}^3$

- materiál: PP

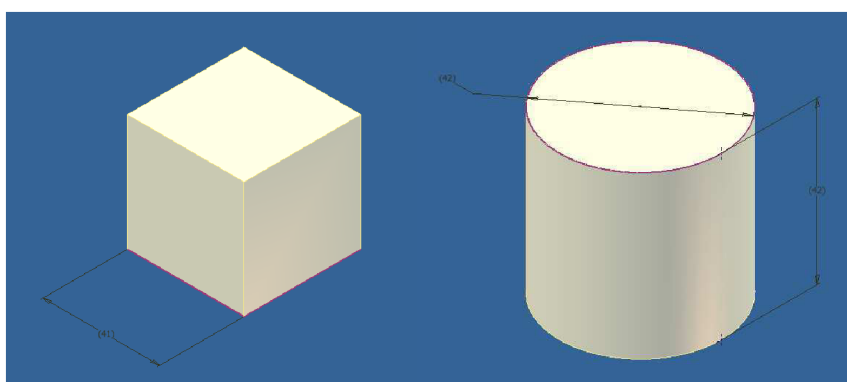
- hmotnost: 0,052 kg

Krychle: - rozměry $a_{\text{krychle}} = 41 \text{ mm}$

- hustota: $\rho_{\text{krychle}} = 900 \text{ kg/m}^3$

- materiál: PP

- hmotnost: 0,062 kg



Obr. 9-1.: Objekty manipulace [z modelu]

9.2 Dráha objektu manipulace

Trajektorie pohybu je volena vzhledem k možnostem pracovního prostoru robotu. Dráhy jsou znázorněny v příloze.

Pro válec:

VALEC - MANIPULACE 1,2

VALEC - MANIPULACE 3,4

Pro krychli:

KRYCHLE - MANIPULACE 1,2

KRYCHLE - MANIPULACE 3,4

Hodnoty kót:

MANIPULACE 1

$A_1 = 150 \text{ mm}$

$B_1 = 200 \text{ mm}$

$C_1 = 200 \text{ mm}$

$D_1 = 150 \text{ mm}$

MANIPULACE 2

$A_2 = 150 \text{ mm}$

$B_2 = 283 \text{ mm}$

$C_2 = 150 \text{ mm}$

$\gamma_{\text{trajektorie}_x} = 45^\circ$

$\gamma_{\text{trajektorie}_y} = 45^\circ$

MANIPULACE 3,4

$A_{3,4} = 150 \text{ mm}$

$B_{3,4} = 150 \text{ mm}$

$R_{3,4} = 200 \text{ mm}$



9.3 Definice externích sil působících na obrobek podél celé dráhy pohybu

g ... tíhové zrychlení

a ... maximální tečné zrychlení obrobku během pohybu

v ... maximální tečná rychlost obrobku během pohybu

Hodnoty voleny vzhledem k možnostem robotu:

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

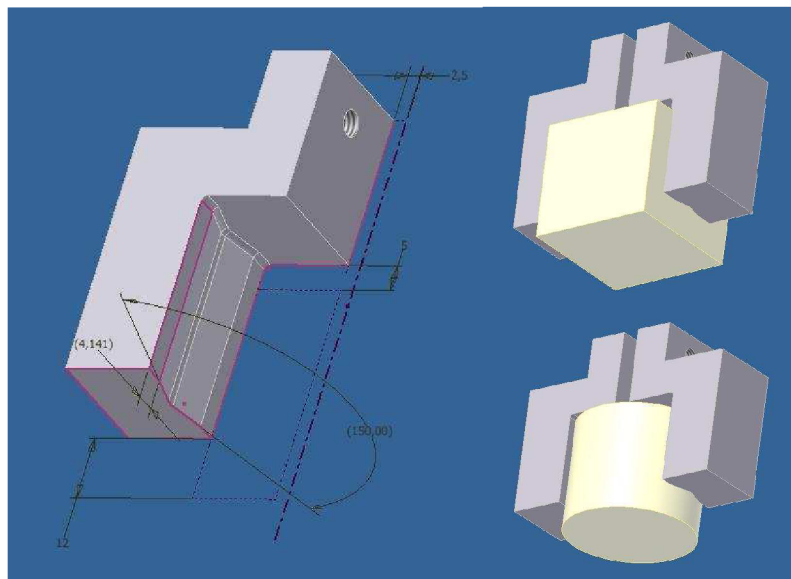
$$a = 10 \text{ ms}^{-2}$$

$$v = 2 \text{ ms}^{-1}$$

9.4 Návrh uchopovacího elementu

Při návrhu tvaru bylo vycházeno z polotovaru uchopovací čelisti:
SCHUNK_0340215_ABR_64

Záměrem bylo vytvořit univerzální čelisti, které by se daly použít pro manipulaci válce i krychle. Z tohoto důvodu je úhel prizma o trochu větší než standardní.



Obr. 9-2.: Uchopovací čelist včetně pozic při manipulaci [z modelu]

Bezpečná vzdálenost obrobku od vybrání při uchopení v uchopovací čelisti je minimálně 5 mm. Velikost úhlu prizma 150° umožňuje dostatečnou šířku stykových ploch pro uchopení i krychle (přibližně 4,5 mm). Vzdálenost spodní části uchopovacích čelistí od postavy obrobku je volena 12 mm. Při maximálním dopnutí čelistí s obrobkem bude minimální vůle mezi nimi větší než 5 mm, což postačuje k eliminaci možných deformací a zároveň respektuje maximální zdvih 10 mm. Takto navržený způsob uchopení by měl zaručit bezpečnou a spolehlivou manipulaci. Přesné rozměry uchopovací čelisti jsou uvedeny v přílohách.

Výkres: 4-1A11-11/15

9.5 Stanovení uchopovací síly

Podle[27]

Při výpočtu jsou nejprve určeny maximální síly působící při jednotlivých pohybech ve všech manipulacích s válcem či krychlí na základě silové rovnováhy. Dále jsou voleny bezpečnosti $S_{G_valec} / S_{G_krychle}$ rovny 2 vzhledem ke způsobu uchycení obrobku a dalším eventuálním vznikajícím vlivům např. krouticí momenty působící při přemísťování. Koeficienty tření jsou voleny podle předpokládaných vlastností stykových materiálů s porovnáním tabulek pro koeficienty tření mezi jednotlivými materiály a na základě konzultace s ing. Ambrožem ze společnosti SCHUNK.

Odkaz na použité tabulky naleznete [zde9-1](#).

Zvolené hodnoty:

$\mu_{valec} = 0,3$; $\mu_{krychle} = 0,3$ ← (hliník – plast)

$\mu_{valec} = 0,4$; $\mu_{krychle} = 0,4$ ← (výstelka SCHUNK HKI – plast)

Situation	Bewegungs - richtung	Greifkraft pro Greiferfinger
	 Z	$F_G = m \cdot (a_z + g) \cdot \frac{\sin \alpha / 2}{2 \cdot \mu} \cdot S$
	 X	$F_{Gz} = m \cdot g \cdot \frac{\sin \alpha / 2}{2 \cdot \mu} \cdot S$ $F_{Gx} = m \cdot a_x \cdot \frac{\tan \alpha / 2}{2} \cdot S$
	 Y	$F_{Gz} = m \cdot g \cdot \frac{\sin \alpha / 2}{2 \cdot \mu} \cdot S$ $F_{Gy} = m \cdot a_y \cdot S$

Obr. 9-3.: Výchozí vztahy pro výpočet uchopovacích sil [27]

Pro výpočet uchopovacích sil byl vytvořen program, který umožnil určení výsledné uchopovací síly pro různé vstupní údaje.

Výpočtové programy MathCAD:

Vypocet uchopovacich sil - zakladni.xmcd

Vypocet uchopovacich sil - s vystelkami SCHUNK.xmcd

Pro zadávání vstupních hodnot zrychlení a rychlostí je potřeba použít textové soubory, které musí být umístěny ve stejné složce jako výpočtový program:

zadavanivelicin1.txt

zadavanivelicin2.txt

zadavanivelicin3.txt

zadavanivelicin4.txt

Následně byla vybrána největší výsledná síla a určena uchopovací síla pro dvojprsté paralelní chapadlo.



Výsledky:

- Bez výsterek (základní):
nejvyšší hodnota uchopovací síly byla zjištěna pro válec i krychli při MANIPULACI III - pohybu 2 (jedná se o rotaci)

$$F_{\text{valecG}} := \max(F_{4\text{valecG}}, F_{3\text{valecG}}, F_{2\text{valecG}}, F_{1\text{valecG}})$$

$$F_{\text{valecG}} = 13.22 \text{ N}$$

$$F_{\text{krychleG}} := \max(F_{4\text{krychleG}}, F_{3\text{krychleG}}, F_{2\text{krychleG}}, F_{1\text{krychleG}})$$

$$F_{\text{krychleG}} = 11.692 \text{ N}$$

Obr. 9-4.: Výsledné uchopovací síly- základní [z programu]

- S výsterkami SCHUNK HKI:

nejvyšší hodnota uchopovací síly byla zjištěna pro válec i krychli při MANIPULACI III - pohybu 2(jedná se o rotaci)

$$F_{\text{valecG}} := \max(F_{4\text{valecG}}, F_{3\text{valecG}}, F_{2\text{valecG}}, F_{1\text{valecG}})$$

$$F_{\text{valecG}} = 12.393 \text{ N}$$

$$F_{\text{krychleG}} := \max(F_{4\text{krychleG}}, F_{3\text{krychleG}}, F_{2\text{krychleG}}, F_{1\text{krychleG}})$$

$$F_{\text{krychleG}} = 9.39 \text{ N}$$

Obr. 9-5.: Výsledné uchopovací síly- s výsterkami [z programu]

Pro kontrolu byl proveden výpočet uchopovacích sil podle software SCHUNK a byly porovnány výsledné hodnoty z výpočtových zpráv. Pro toto ověření bylo nutné určit další rozměry, které jednotlivé programy vyžadují.

Dokument :

Výpočet uchopovacích sil - nákres důležitých rozměrů

Přesné názvy porovnávaných sil:

- vlastní výpočty - „Uchpovací síla při pohybu“
- software SCHUNK – „Minimal required overall gripper force without safety“

-červená pole značí, kde mnou vypočítané síly byly vyšší, než síly, které udává software SCHUNK

-zelená pole značí, kde mnou vypočítané síly byly nižší, než síly, které udává software SCHUNK

Válec

	Jan Hradil	Software SCHUNK	rozdíl Software SCHUNK - Jan Hradil
Manipulace 1	[N]	[N]	[-]
Pohyb I	3,340	3,317	-1%
Pohyb II	2,701	2,162	-20%
Pohyb III	3,608	2,484	-31%
Pohyb IV	0,033	0,032	-3%
Manipulace 2	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	3,776	2,238	-41%
Manipulace 3	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	6,610	3,326	-50%
Manipulace 4	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	5,703	2,682	-53%

Krychle

	Jan Hradil	Software SCHUNK	rozdíl Software SCHUNK - Jan Hradil
Manipulace 1	[N]	[N]	[-]
Pohyb I	4,095	4,094	0%
Pohyb II	3,268	2,647	-19%
Pohyb III	2,896	5,728	98%
Pohyb IV	0,040	0,039	-3%
Manipulace 2	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	3,377	4,643	37%
Manipulace 3	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	5,846	9,428	61%
Manipulace 4	[N]	[N]	[-]
Pohyb II	5,377	5,728	7%

Obr. 9-6.: Srovnání výsledků výpočtů uchopovacích sil [část dokumentu]

9.6 Respektování dalších požadavků

- zařízení bude pracovat za běžných podmínek a při manipulaci budou vyžadovány obvyklé rychlosti přesnosti umístění
- vzhledem k velikosti a nosnosti robota musí mít chapadlo menší rozměry a co nejnížší hmotnost
- je vyžadován elektrický pohon chapadla
- výhodou bude větší upínací síla, posuv uchopovacích čelistí a přípustná hmotnost obrobku, aby bylo možné chapadlo použít i při dalších školních aplikacích
- cenová dostupnost chapadla, souvisejícího příslušenství a servisu
- upřednostnění dvojčelistového paralelního chapadla



9.7 Výběr chapadla:

Těmto požadavkům vyhovuje chapadlo SCHUNK MEG 64 EC

Gripper for Small Components

Electric 2-finger parallel gripper with smooth-running base jaws guided on roller bearings

Area of application

Gripping and movement of small to medium-sized workpieces with flexible force, stroke or speed

Your advantages and benefits

Drive design of step motor

for independent actuation without pneumatics or hydraulics

MEG EC – with external electronics

for control-intensive handling tasks with positioning capability

MEG IC – with integrated electronics

for simple operation and precise handling

Roller guide

for precise gripping through base jaw guide with minimum play

Base jaws guided on double roller bearings

for low friction and smooth running

Mounting from two gripper sides in three screw directions

for universal and flexible gripper assembly



Technical data

		MEG 64 EC
Designation		0306012
Mechanical gripper operating data		
Stroke per finger	[mm]	10.0
Constant gripping force (100 % continuous duty)	[N]	175.0
Max. gripping force	[N]	175.0
Min. gripping force	[N]	on request
Weight	[kg]	1.42
Recommended workpiece weight	[kg]	0.85
Closing time	[s]	0.6
Opening time	[s]	0.6
Max. permitted finger length	[mm]	64.0
Max. permitted weight per finger	[kg]	0.24
IP rating		30
Min. ambient temperature	[°C]	5.0
Max. ambient temperature	[°C]	65.0
Repeat accuracy	[mm]	0.02
Positioning accuracy	[mm]	on request
Max. speed	[mm/s]	17.0
Electrical operating data for gripper		
Nominal voltage	[V]	24.0
Nominal current	[A]	1.3
Maximum current	[A]	1.3
Controller operating data		
ID		0307006
Integrated electronics		No
Voltage supply	[VDC]	24.0
Nominal current	[A]	2.0
Maximum current	[A]	5.0
Sensor system		not available
Interface		input/output
Weight	[kg]	0.3
IP rating		30

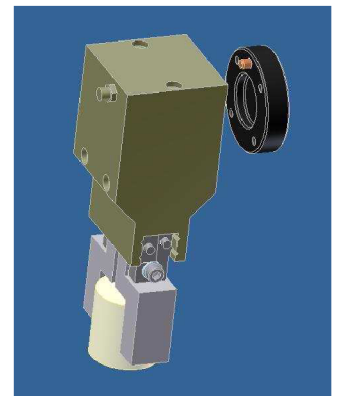
Obr. 9-7.: Chapadlo SCHUNK MEG 64 EC včetně parametrů [32]

9.8 Připojení chapadla k robotu

Vzhledem k velikosti a tvaru chapadla bude nejvýhodnější vzájemná poloha koncové příruby robotu a chapadla podle znázornění na obrázku vedle. Přesné provedení je uvedeno na výkrese sestavení v přílohách.

Výkres: 2-1A11-11/01

Obr. 9-8.: Pozice a orientace chapadla a příruby robotu [z modelu] -vpravo



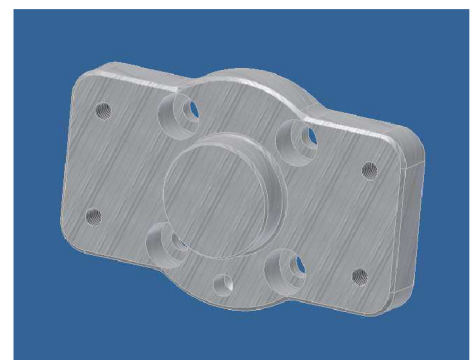
9.8.1 Konstrukce mezikusu (poz. 4)

Tento díl je navržen tak, aby umožnil spojení koncové příruby robotu a příruby pro uchycení chapadla. Středění je provedeno pomocí vystředovacích válcových výstupků a středících kolíků. Ke každé přírubě je mezikus připevněn čtyřmi šrouby. Velký důraz byl kladen na hmotnost, vyrobiteľnosť a přesnosť součásti. Přesné rozměry mezikusu jsou uvedeny v přílohách.

Materiál: slitina hliníku

Výkres: 3-1A11-11/14

Obr. 9-9.: Mezikus [z modelu] - vpravo



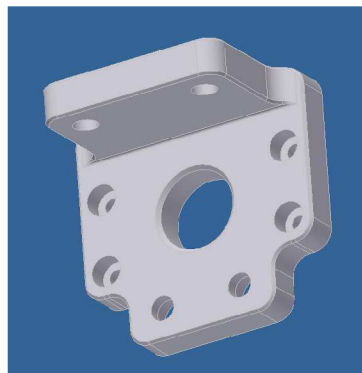
9.8.2 Konstrukce příruby (poz. 3)

Příruba je ve tvaru písmene L a obepíná chapadlo, ke kterému je připevněna čtyřmi šrouby a vystředěna pomocí středících vložek. Velký důraz byl kladen na hmotnost, vyrobitelnost a přesnost součásti. Přesné rozměry příruby jsou uvedeny v přílohách.

Materiál: Slitina hliníku

Výkres: 2-1A11-11/13

Obr. 9-10.: Příruba [z modelu] - vpravo

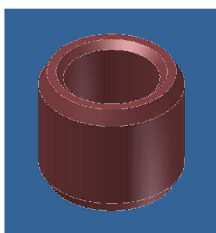


9.8.3 Konstrukce středící vložky (poz. 6) a podložky (poz. 7)

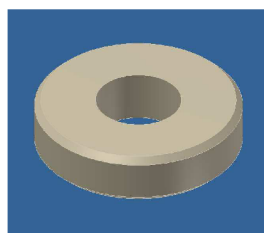
Tyto díly jsou navrženy tak, aby byla využita maximálně délka vnitřních závitů v chapadle pro zašroubování šroubů a zároveň, aby bylo rovněž dosaženo vhodných rozměrů středících ploch. Přesné rozměry středící vložky a podložky jsou uvedeny v přílohách.

Materiál (obě součásti): nerezová ocel

Výkres: 4-1A11-11/16 (Středící vložka) ; 4-1A11-11/17 (Podložka)



Obr. 9-11.: Středící vložka [z modelu]

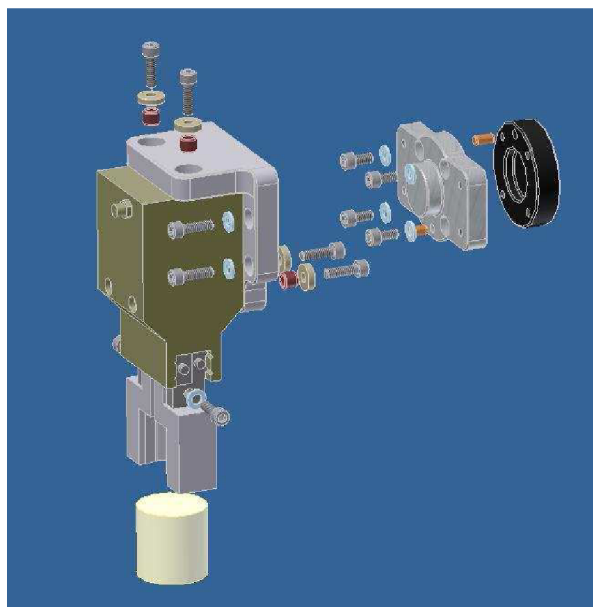


Obr. 9-12.: Podložka [z modelu]

9.8.4 Kompletace sestavy

Při montáži se nejprve vystředí a připevní příruba (poz.3) na plášť chapadla (poz 2). Poté se nasadí mezikus (poz. 4) na přírubu robotu (poz.1) a přišroubuje se. Na závěr se spojí příruba (poz. 3) s mezikusem (poz. 4).

Obr. 9-13.: Kompletace sestavy [z modelu] - vpravo





9.9 Možnosti řízení

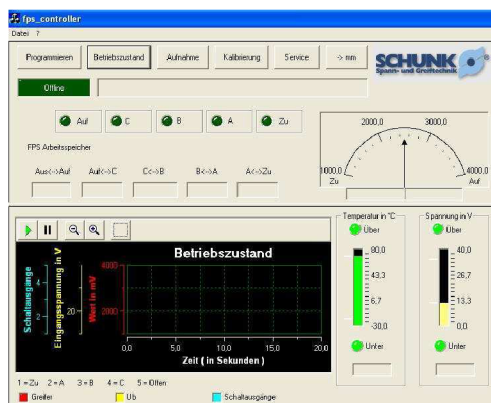


Obr. 9-14.: Schéma řízení [32], [53], [80], [81], [82]

Popis schématu:

1 – KUKA KR3 2 – KUKA CONTROL CABINET KR3 3 – SCHUNK MEG 64 EC
4 – SCHUNK MEG C 64 5 – TEACH PENDANT 6 – PC 7 – ZDROJ

Pro řízení otevírání a zavírání čelistí chapadla MEG 64 EC výrobce dodává ovládací jednotku SCHUNK MEG – C, která je připojena k chapadlu pomocí kabelu SCHUNK KA BW08-L 4P-0500. Tuto jednotku je možné dále propojit s řídicím počítačem, ze kterého je ovládán i robot. Samozřejmě je možné tento systém vybavit různými senzory. Software pro ovládání chapadla najdete [zde9-2](#).

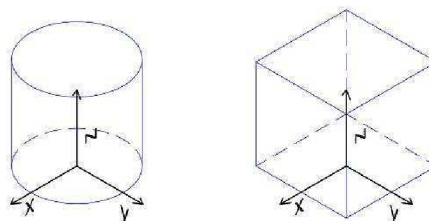


Obr. 9-15.: Příslušenství SCHUNK pro řízení chapadla MEG 64 EC [32]

9.9.1 Stanovení souřadných systémů pro řízení

SS objektu manipulace:

- střed SS je totožný se středem spodní podstavy objektu manipulace
- válec - osa **z** je svislá, totožná s rotační osou
- krychle - osa **z** je svislá a zároveň všechny tři osy jsou rovnoběžné s příslušnými stěnami krychle

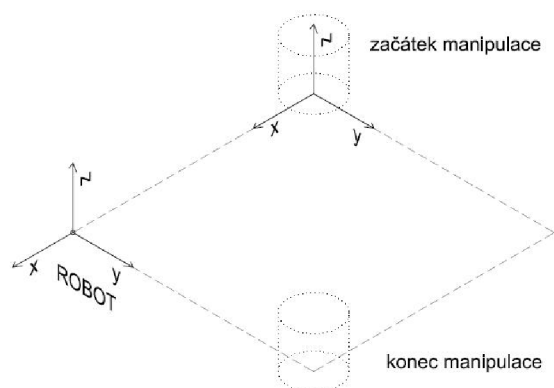


SS OBJEKTU MANIPULACE

Obr. 9-16.: SS objektu manipulace

SS podložky:

- střed SS je totožný se středem spodní podstavy objektu manipulace před začátkem manipulace
- směry SS jsou totožné se směry globálního SS



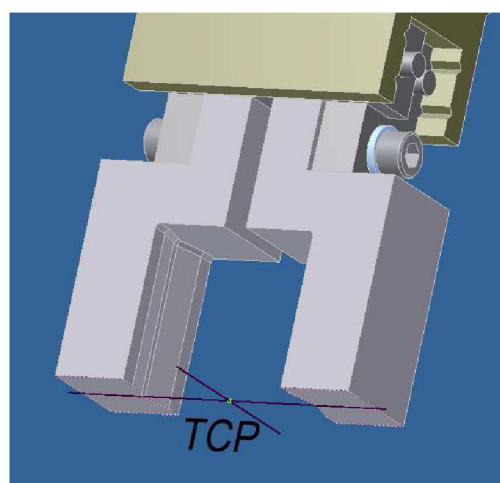
SS PODLOŽKY

Obr. 9-17.: SS objektu podložky - vpravo

Poloha TCP:

- TCP se nachází v průsečíku osy chapadla a roviny určené spodní plochou uchopovacích čelistí

Obr. 9-18.: Poloha TCP [z modelu] - vpravo





9.9.2 Program pro manipulaci 1

MANIPULACE 1

Nastavení poloh bodů:

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU OBJEKTU MANIPULACE

- střed SS je totožný se středem spodní podstavy objektu manipulace
- orientace SS: válec - osa z svislá, totožná s rotační osou
krychle - osa z svislá, všechny tři osy rovnoběžné s příslušnými stěnami
(takto je i orientován objekt manipulace v globálním SS při výpočtech)

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU PODLOŽKY

- střed i směry SS je totožné se středy a směry SS objektu manipulace před začátkem manipulace

HOME

- nulová pozice robotu
- zavření čelistí

POINT_1

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souosost objektu manipulace uchopovací osy chapadla
- správná orientace chapadla
- souřadnice TCP v SS podložky: válec/krychle [0,0,47] / [0,0,46]

POINT_2

- poloha uchopovacích čelistí 12 mm od podložky
- (vůle mezi vybráním uchopovacích čelistí a objektem manipulace: válec/krychle 5/6 mm)
- (stykové délky: uchopovací čelist – válec/krychle 30/29 mm)
- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,12]

POINT_3

- poloha stejná jako poloha POINT_1
- souřadnice TCP v SS podložky válec/krychle [0,0,47] / [0,0,46]

POINT_4

- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,A1]

POINT_5

- souřadnice TCP v SS podložky [0,B1,A1]

POINT_6

- souřadnice TCP v SS podložky [C1,B1,A1]

POINT_7

- poloha objektu manipulace 5 mm nad podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky [C1,B1,17]

POINT_8

- objektu manipulace dosedá na podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky [C1,B1,12]

POINT_9

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souřadnice TCP v SS podložky :válec/krychle [C1,B1,47] / [C1,B1,46]

PULSE 1

- otevřít čelisti

PULSE 2

- zavřít čelisti

Tělo programu:

```
PTP HOME RYCHLOST 100%
PTP POINT_1 RYCHLOST 100%
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_2 RYCHLOST 0,2 m/s
PULSE 2 TRUE
LIN POINT_3 RYCHLOST 0,2 m/s
LIN POINT_4 RYCHLOST 100%
LIN POINT_5 RYCHLOST 100%
```

```

LIN POINT_6 RYCHLOST 100%
LIN POINT_7 RYCHLOST 100%
LIN POINT_8 RYCHLOST 0,1 m/s
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_9 RYCHLOST 0,2 m/s
PTP POINT_1 RYCHLOST 100% (jestliže bude přemístován další objekt manipulace)
nebo
PULSE 2 TRUE (jestliže bude přemístován poslední objekt manipulace)
PTP HOME RYCHLOST 100%

```

9.9.3 Program pro manipulaci 2

MANIPULACE 2

Nastavení poloh bodů:

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU OBJEKTU MANIPULACE

- střed SS je totožný se středem spodní podstavky objektu manipulace
- orientace SS: válec - osa z svislá, totožná s rotační osou
krychle - osa z svislá, všechny tři osy rovnoběžné s příslušnými stěnami
(takto je i orientován objekt manipulace v globálním SS při výpočtech)

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU PODLOŽKY

- střed i směry SS je totožné se středy a směry SS objektu manipulace před začátkem manipulace

HOME

- nulová pozice robotu
- zavření čelistí

POINT_1

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souosost objektu manipulace uchopovací osy chapadla
- správná orientace chapadla
- souřadnice TCP v SS podložky:válec/krychle [0,0,47] /[0,0,46]

POINT_2

- poloha uchopovacích čelistí 12 mm od podložky
- (vůle mezi vybraním uchopovacích čelistí a objektem manipulace: válec/krychle 5/6 mm)
- (stykové délky: uchopovací čelist – válec/krychle 30/29 mm)
- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,12]

POINT_3

- poloha stejná jako poloha POINT_1
- souřadnice TCP v SS podložky válec/krychle [0,0,47] /[0,0,46]

POINT_4

- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,A2]

POINT_5

- souřadnice TCP v SS podložky $[B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_x}), B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_y}), A2]$

POINT_6

- poloha objektu manipulace 5 mm nad podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky $[B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_x}), B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_y}), 17]$

POINT_7

- objektu manipulace dosedá na podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky $[B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_x}), B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_y}), 12]$

POINT_8

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souřadnice TCP v SS podložky :válec/krychle $[B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_x}), B2 \cdot \cos(\gamma_{\text{trajektorie}_y}), 47/46]$

PULSE 1

- otevřít čelisti

PULSE 2

- zavřít čelisti



Tělo programu:

```
PTP HOME RYCHLOST 100%
PTP POINT_1 RYCHLOST 100%
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_2 RYCHLOST 0,2 m/s
PULSE 2 TRUE
LIN POINT_3 RYCHLOST 0,2 m/s
LIN POINT_4 RYCHLOST 100%
LIN POINT_5 RYCHLOST 100%
LIN POINT_6 RYCHLOST 100%
LIN POINT_7 RYCHLOST 0,1 m/s
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_8 RYCHLOST 0,2 m/s
PTP POINT_1 RYCHLOST 100% (jestliže bude přemístován další objekt manipulace)
nebo
PULSE 2 TRUE (jestliže bude přemístován poslední objekt manipulace)
PTP HOME RYCHLOST 100%
```

9.9.4 Program pro manipulaci 3,4

MANIPULACE 3, (4)

Nastavení poloh bodů:

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU OBJEKTU MANIPULACE

- střed SS je totožný se středem spodní podstavy objektu manipulace
- orientace SS: válec - osa z svislá, totožná s rotační osou
krychle - osa z svislá, všechny tři osy rovnoběžné s příslušnými stěnami
(takto je i orientován objekt manipulace v globálním SS při výpočtech)

STŘED A ORIENTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU PODLOŽKY

- střed i směry SS je totožné se středy a směry SS objektu manipulace před začátkem manipulace

HOME

- nulová pozice robotu
- zavření čelistí

POINT_1

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souosost objektu manipulace uchopovací osy chapadla
- správná orientace chapadla
- souřadnice TCP v SS podložky:válec/krychle [0,0,47] /[0,0,46]

POINT_2

- poloha uchopovacích čelistí 12 mm od podložky
- (vůle mezi vybráním uchopovacích čelistí a objektem manipulace: válec/krychle 5/6 mm)
- (stykové délky: uchopovací čelist – válec/krychle 30/29 mm)
- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,12]

POINT_3

- poloha stejná jako poloha POINT_1
- souřadnice TCP v SS podložky válec/krychle [0,0,47] /[0,0,46]

POINT_4

- souřadnice TCP v SS podložky [0,0,A3] , ([0,0,A4])

POINT_5

- souřadnice TCP v SS podložky [R3,R3,A3] , ([R4,R4,A4])

POINT_6

- poloha objektu manipulace 5 mm nad podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky [R3,R3,17] , ([R4,R4,17])

POINT_7

- objektu manipulace dosedá na podložkou
- souřadnice TCP v SS podložky [R3,R3,12] , ([R4,R4,12])

POINT_8

- poloha uchopovacích čelistí 5 mm nad objektem manipulace
- souřadnice TCP v SS podložky : válec/krychle [R3,R3,47/46] , ([R4,R4,47/46])

PULSE 1

- otevřít čelisti

PULSE 2

- zavřít čelisti

Tělo programu:

```

PTP HOME RYCHLOST 100%
PTP POINT_1 RYCHLOST 100%
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_2 RYCHLOST 0,2 m/s
PULSE 2 TRUE
LIN POINT_3 RYCHLOST 0,2 m/s
LIN POINT_4 RYCHLOST 100%
CIRC POINT_5 RYCHLOST 100%
LIN POINT_6 RYCHLOST 100%
LIN POINT_7 RYCHLOST 0,1 m/s
PULSE 1 TRUE
LIN POINT_8 RYCHLOST 0,2 m/s
PTP POINT_1 RYCHLOST 100% (jestliže bude přemísťován další objekt manipulace)
nebo
PULSE 2 TRUE (jestliže bude přemísťován poslední objekt manipulace)
PTP HOME RYCHLOST 100%

```

10 Využitelnost adaptivních koncových efektorů

Flexibilita a adaptibilita koncových efektorů je dána v první řadě tvarem, možnostmi a vlastnostmi kontaktních ploch uchopovacích čelistí. Další možností je vlastní konstrukční řešení chapadla, umožňující zvýšení stupňů volnosti určitých částí modulu, nejčastěji se jedná o rotace. V rámci jednoho chapadla jsou ještě používány i rychlé výměny uchopovacích čelistí.

Obr. 10-1.: Rychlé výměny uchopovacích čelistí [32]

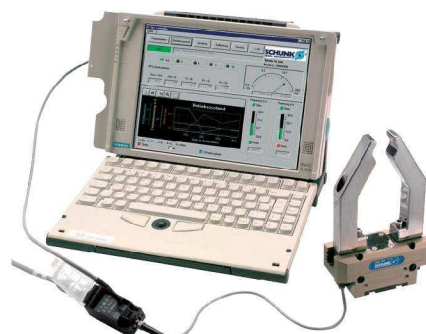
– vpravo



1 Backschmelwechselsystem BSWS 3 2-finger-Parallelgreifer PGN-plus
2 Greiferbacken ABR-plus

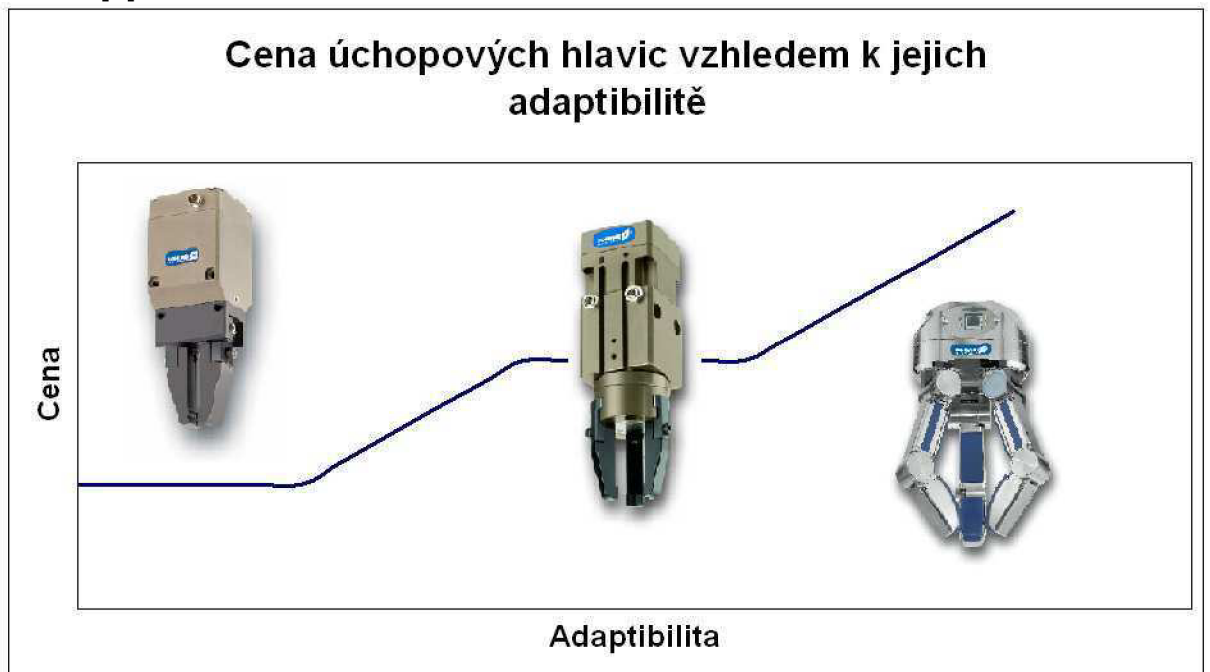
Vysokého stupně adaptability efektorů lze docílit při použití široké řady senzorů a tím pomocí snímání a následného řízení přizpůsobit celou uchopovací jednotku více aplikacím. Avšak veškerá zlepšení užitečných vlastností se velmi promítají do ceny a tím značně omezují využití technicky velmi vyspělých uchopovacích modulů.

Obr. 10-2.: Použití senzorů [32] - vpravo





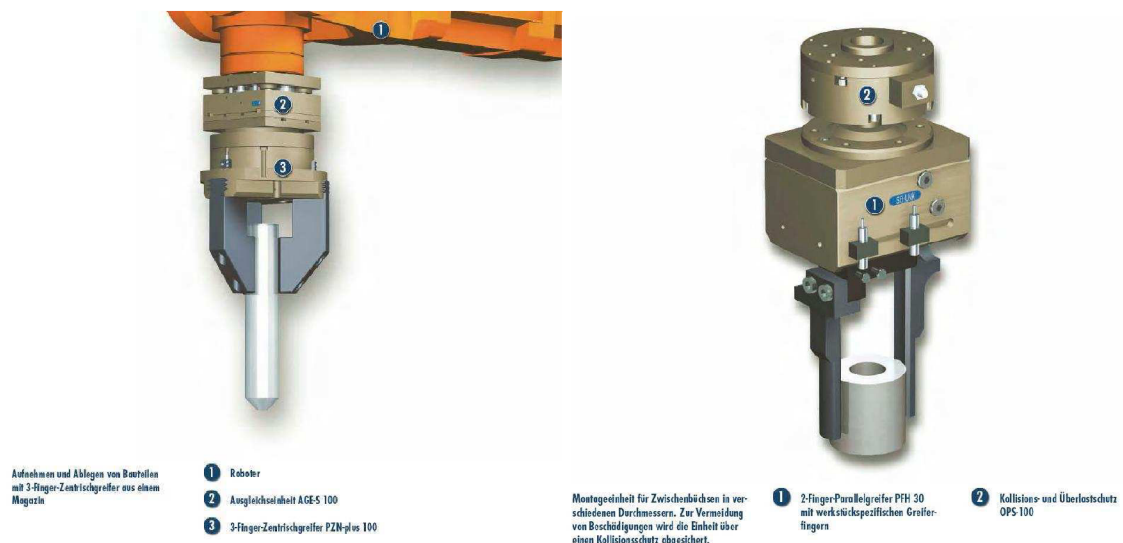
Podle: [2]



Obr. 10-3.:Znázornění závislosti ceny na adaptibilitě chapadla

10.1 Zvýšení adaptability pomocí dalšího modulu

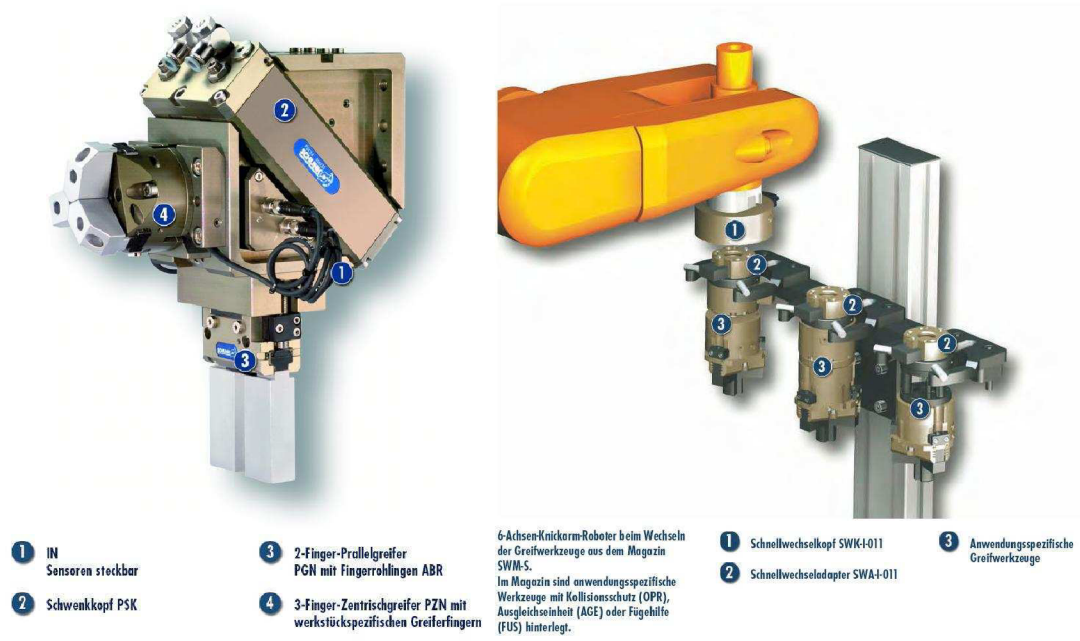
Pro správné dosednutí obrobku na požadované místo je možné částečně vymezit tvarové nepřesnosti a odchylky v manipulaci pomocí kompenzátorů. Tyto moduly umožňují jak kompenzaci posuvem ve všech směrech, tak i naklonění. Velmi úzce s touto problematikou souvisí i bezpečnostní moduly, které při kolizi kompenzují účinky nárazu chapadla či objektu manipulace a vysílají signál k okamžitému zastavení.



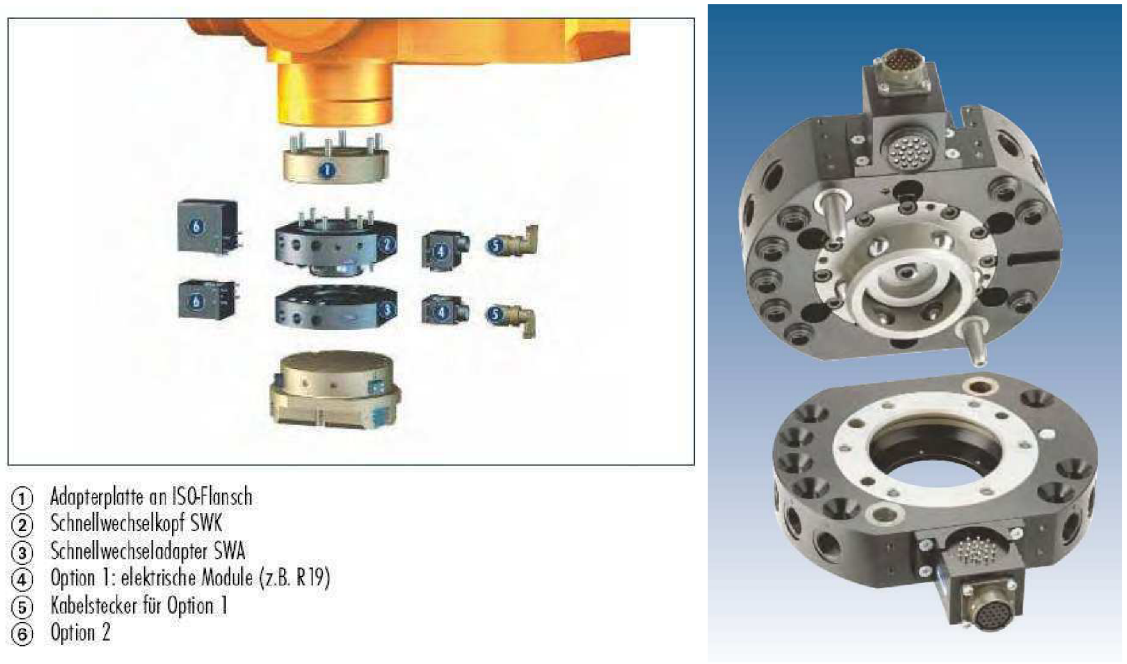
Obr. 10-4.:Kompenzátor ve směrech x,y,z [32] - vlevo

Obr. 10-5:Bezpečnostní modul při kolizích [32] - vpravo

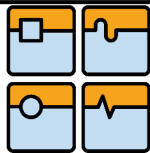
Při manipulaci s různými obrobky, kde již adaptibilita výše zmíněných prvků nedostačuje, je používáno více druhů chapadel. Tyto moduly mohou být spojovány do větších uchopovacích jednotek, která je nakonec složena ze dvou a více chapadel, nebo se využívá rychlých automatických výměn. Rychlé výměny jsou řešeny pomocí speciálních modulů, jež zprostředkovávají přenos dat, energie, popřípadě pohonného média mezi robotem či manipulátorem a chapadlem. Jedná se o účinnou a progresivní metodu, u které je pravděpodobně očekáváno rozšíření ve větší míře v průmyslových aplikacích.



Obr. 10-6.: Otočná uchopovací hlava s dvěma chapadly [32] - vlevo
Obr. 10-7.: Rychlá výměna – tři uchopovací moduly [32] - vpravo



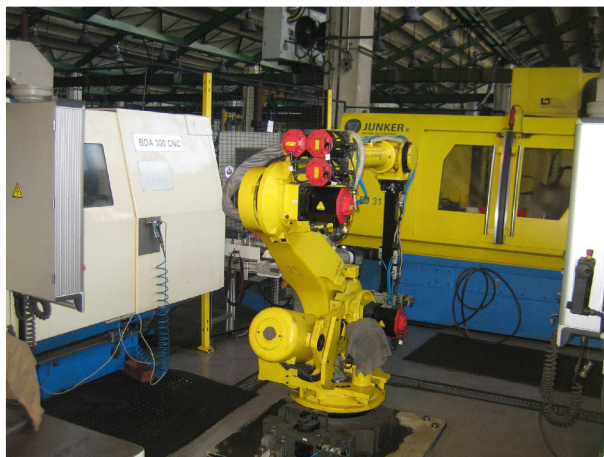
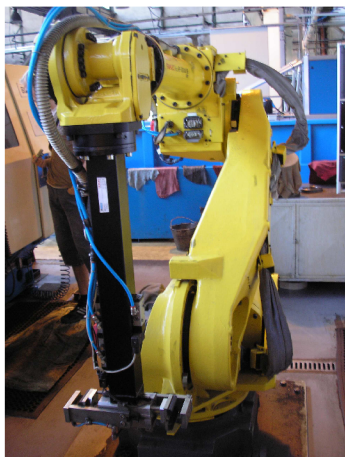
Obr. 10-8.: Detail příruby pro rychlou výměnu včetně jednotlivých dílů [32]



11 Exkurze ve společnosti ZKL

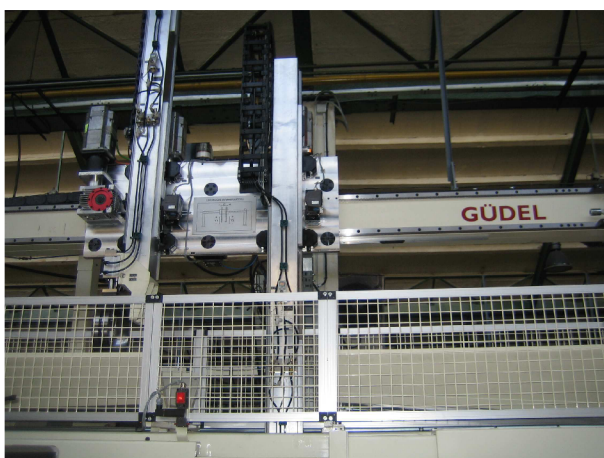
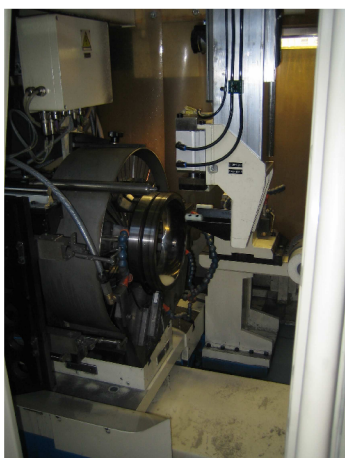
Dne 10.4.2009 jsem se svým spolužákem navštívil brněnský podnik ZKL, a. s. který je známý svou výrobou soudečkových ložisek. V posledních letech zde byla instalována dvě nová robotizovaná pracoviště.

- RTP obsluhované robotem FANUC
složení: - dva brousící stroje BDA 300 CNC
- CNC brousící stroj JUNKER EJ 31
- průmyslový robot FANUC R-2000iB/165F
úkol: broušením vnějších a vnitřních kroužků dvouřadých soudečkových ložisek




Obr. 10-9.: Fotografie z RTP obsluhované robotem FANUC [z exkurze]

- RTP s portálovým manipulátorem GÜDEL
složení: - dva brousící stroje BDA 400 CNC
- portálový manipulátor GÜDEL – dvě uchopovací ramena
úkol: broušením vnějších ložiskových kroužků



Obr. 10-10.: Fotografie z RTP s portálovým manipulátorem GÜDEL [z exkurze]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 60
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

12 Závěr

Hlavní, rešeršní část je převážně obecným přehledem a rozdělením koncových efektorů, který reflektuje současný stav. Použité zdroje při její tvorbě byly jak staršího, tak i nejnovějšího data, aby bylo možné posoudit aktuálnost informací a vybrat z nich pouze platné. Obecně lze říci, že všechna odvětví pro nasazení průmyslových robotů, včetně na ně instalovaných koncových efektorů, nabízí značný potenciál co se týká možností zavádění nových robotizovaných pracovišť. I v ohledu dalšího vývoje a hlavně zefektivňování jednotlivých aplikací je celosvětově stále poměrně velký prostor pro uplatnění. V oblasti průmyslové manipulace jsou dnes k dispozici chapadla na velmi vysoké úrovni, a dokonce některá předběhla i dobu díky svým vlastnostem, až schopnostem. Bohužel, jejich nasazení značně omezuje cenová dostupnost, čemuž z dnešního pohledu nenapomáhá ani ekonomická krize.

Mimo rešeršní část byly v této práci řešeny i ryze praktické úkoly, jejichž výstupy lze popsat následujícím způsobem:

- Obecný postup při výběru chapadla:

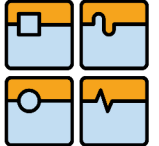
Tento postup byl odvozen z doporučeného postupu společnosti SCHUNK pro výběr chapadla. Zohledňuje všechny důležité parametry a aspekty, které je nutné zvážit pro správnou volbu uchopovacího modulu pro školní laboratoř ÚVSSR. Z tohoto důvodu byl tedy výchozí pro řešení manipulační úlohy v této práci.

- Výpočet uchopovacích sil, použitý software pro výběr chapadla:

Při výpočtech uchopovacích sil byly použity ověřené vzorce pro prizmatické a ploché tvary stykových ploch uchopovacích čelistí a zjištěna „*výsledná maximální požadovaná uchopovací síla*“. Protože se jedná o opakující se výpočty, byl vytvořen MathCAD program, kde lze měnit vstupní údaje pro zjištění optimálního řešení.

Výsledky z vlastního programu jsou porovnány s výsledky software SCHUNK a byly zjištěny určité rozdíly. Obecně se dá říci, že přesná shoda nastala pouze při pohybech vzhůru a dolů (odchylka do 3%). Při pohybech s válcem byly mnou vypočítané hodnoty vždy vyšší, nejvíce však o 53% (*MANIPULACE 4 Pohyb II - rotace*). Kdežto při pohybech s krychlí software SCHUNK uvedl velikost síly až téměř o 100% vyšší než vlastní program MathCAD (*MANIPULACE 1 Pohyb III – přímočarý pohyb*). Pozitivním zjištěním je skutečnost, že oba programy poukazují na stejný pohyb, který je pro válec i krychli nejnebezpečnější, a tedy určující pro výběr chapadla (*MANIPULACE 3 Pohyb II - rotace*). Protože není veřejně známo, jakým způsobem komerční softwary přesně velikosti sil počítají a jaké další parametry zohledňují, nejde nyní jednoznačně určit, proč k takovým rozdílům dochází. Ověření těchto faktů přislíbil Ing. Pavel Ambrož ze společnosti SCHUNK, který výsledky se zájmem přijal. Vzhledem k časovým důvodům není vyhodnocení této záležitosti dosud známo. Pravděpodobně bude nejdříve prezentováno během státní závěrečné zkoušky.

Pro zadané vstupní parametry bylo zjištěno, že při *MANIPULACE 3 - Pohyb II* (jedná se o rotaci) dochází k nejnepříznivějšímu natočení uchopovacích čelistí vzhledem k směru pohybu. Při zvýšení koeficientů tření na styčných plochách došlo ke snížení nutných uchopovacích sil jen o několik newtonů. Mnohem lepšího

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
<h2 style="text-align: center;">BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</h2>		

uplatnění výstelek SCHUNK HKI by se dosáhlo při manipulaci s kovovými obrobky, kde by se rozdíl sil mohl pohybovat i v desítkách newtonů.

Ačkoliv jsou oba výpočtové softwary (FESTO, SCHUNK) zaměřeny hlavně na výběr konkrétního produktu a jeho následnou koupi, pro úplně přesné zadání by mohly být některé požadované parametry vyznačeny jasněji (FESTO – orientace uchopovacích čelistí, SCHUNK – kótování zadávaných rozměrů na obrázcích). Program FESTO má novější vzhled a dvě téměř stejné verze (pro online a offline výpočty). Ideální by byla kombinace obou variant v jedné. Software SCHUNK je nabízen pouze pro práci offline. I když po zadání vstupních údajů byly samozřejmě nabídnuty nejvhodnější produkty, použitelné fyzikální výsledky pro tuto práci byly pouze z programu SCHUNK.

- Konstrukční návrh uchycení chapadla SCHUNK MEG 64 EC k robotu KUKA KR3:

Nejprve bylo navrženo několik variant řešení uchycení chapadla k robotu, které se hlavně lišily počtem šroubových spojení a středění mezi *PŘÍRUBOU* a pláštěm chapadla. Dále byla zvažována vícedílná *PŘÍRUBA* a různé způsoby středění jednotlivých dílů. Vzhledem k požadované pozici koncové příruby robotu a chapadla, každý návrh obsahoval součást – *MEZIKUS*. Z vybraného způsobu uchycení byly vytvořeny výkres sestavení a výkresy součástí.


Výsledné konstrukční řešení uchycení chapadla na přírubu robotu bylo i po konzultaci s Ing. Pavlem Ambrožem považováno za vhodné. Z důvodu několikanásobného středění (upevnění) jím bylo doporučeno, dbát zvýšené opatrnosti při utahování šroubů mezi přírubou a pláštěm chapadla, aby nedocházelo k nevhodným deformacím. Avšak při zjišťování ceny obrobků, bylo dospěno k závěru, že požadované tolerance rozměrů velmi zvyšují jejich cenu. Je tedy navrhováno, aby před samotnou výrobou těchto dílů byla ještě provedena konzultace s výrobcem, na kterých rozměrech (tolerancích) by bylo možné tuto výrobní cenu snížit při zachování funkce této sestavy.

- Tvar uchopovací čelisti:

Vzhledem k nutnosti univerzality čelistí byl navržen úhel prizma o několik desítek stupňů větší, než je standardní provedení, což umožní bezpečnou manipulaci jak s válcem, tak i s krychlí. Vhodnost tohoto řešení potvrdily výsledky výpočtů, které prezentují srovnatelné uchopovací síly pro přibližně stejně hmotné obrobky, avšak různých tvarů.

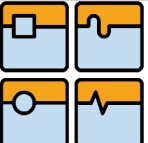
- Možnosti řízení a program pro manipulaci:

Pro proveditelnost jednotlivých manipulací je uveden ve schématu řízení přehled nejdůležitějších součástí manipulační jednotky. Vytvořené programy pro manipulaci mohou sloužit jako podklad pro napsání skutečných programů, protože zahrnují možnosti robotu KUKA KR3, chapadla SCHUNK MEG 64 EC, geometrii a vlastnosti skutečných objektů manipulace v laboratoři ÚVSSR.





	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 62
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

13 Seznam použitých zdrojů

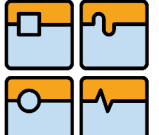
- [1] PIRES, J. N. *Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future*. Springer, 2007. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3
- [2] WOLF, A., STEINMANN, R. SCHUNK, H. *Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks*. Springer, 2005. 242 s. ISBN 978-3-540-27718-7
- [3] SCHMID, D. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Europa-Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9
- [4] SKAŘUPA, J. ZELINA, P. *Hlavice průmyslových robotů*. 1. vyd. Vysoká škola báňská v Ostravě, 1993. 105 s.
- [5] SKAŘUPA, J. ZELINA, P. *Navrhování a výpočty efektorů PRaM*. 1. vyd. VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 1996. 107 s.
- [6] KARGER, A., KARGEROVÁ, M. *Základy robotiky a prostorové kinematiky*. 1.vyd. ČVUT, 2000. 265 s. ISBN 80-01-02183-1
- [7] AVALLONE, E.A., BAUMEISTER, T. *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers (10th Edition)*. [online]. McGraw-Hill, c1996 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=346&VerticalID=0>. ISBN 978-0-07-004997-0
- [8] SCLATER, Neil, CHIRONIS, P. *Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook (4th Edition)* [online]. McGraw-Hill, c2007 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=2353&VerticalID=0>. ISBN 978-0-07-146761-2
- [9] Technická univerzita v Liberci . *Úvod do strojírenství : VÝROBNÍ STROJE* [online]. Liberec : 2001 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.fs.tul.cz/dokumenty/uvodstroj/kap5.pdf>>. ISBN 80-7083-538-9.
- [10] SMUTNÝ, V. *ROBOTIKA přednášky* [online]. České vysoké učení technické v Praze, 2000 , Last modified: Sat Oct 21 17:06:57 CEST 2000 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/ROB/ROB09S/rob.html>>.
- [11] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Výběry z norem pro konstrukci cvičení*. 2006. první vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 223 s. ISBN 80-7204-465-6.
- [12] JANÍČEK, P., et al. *Mechanika těles : Pružnost a pevnost I*. 3. přeprac. vyd. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství : Akademické nakladatelství cerm, s.r.o. Brno, březen 2004. 287 s. ISBN 80-214-2592-X.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

- [13] SHAW, MILTON, C. *Engineering Problem Solving - A Classical Perspective* [online]. William Andrew Publishing/Noyes, 2001 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<http://knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=387&VerticalID=0>. ISBN 978-0-8155-14.
- [14] RUMÍŠEK, P. *Automatizace : Roboty a manipulátory* [online]. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2003 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/mechanizace_a_automatizace__roboty__rumisek.pdf>.
- [15] KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM* . 1. vyd. Brno : VUT Brno, 1993. 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [16] KOLÍBAL, Z., KADLEC, Z. *Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periferií* . [s.l.] : VUT Brno, 1993. 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [17] EHRENBERGER, Z., KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací* . [s.l.] : VUT Brno, 1993. 145 s.
- [18] BĚLOHOUBEK, P, KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty IV. Projektování výrobních systémů s PRaM* . 1. vyd. [s.l.] : VUT Brno, 1993. 88 s. ISBN 80-214-0532-5.
- [19] PATEL, R.V., SHADPEY, F. *Control of Redundant Robot Manipulators : Theory and Experiments*. [s.l.] : PTP-Berlin ProtagoSpringer-Verlag Berlin Heidelberg , 2005. 192 s. Dostupný z WWW:
<<http://www.springerlink.com/content/56q94kug9chb/>>. ISBN 978-3-540-250.
- [20] JNIFENE, A, FAHIM, A. *Dynamics and Control : A Computed Torque/Time Delay Approach to the End-Point Control of a One-Link Flexible Manipulator* [online]. Springer, 2004 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<<http://springerlink.com/content/t147g36v3mr2q748/?p=c1f80525f87247f28c41aca85ab644bdπ=0>>. ISSN 1573-8450.
- [21] *Industrial Robot: An International Journal* [online]. Emerald, 2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<<http://www.emeraldinsight.com/Insight/viewContainer.do?containerType=Journal&containerId=10674#Volume16>>. ISSN 0143-991X.
- [22] KRABBES, M. , DÖSCHNER, C. *Applied Intelligence : Modelling of Complete Robot Dynamics Based on a Multi-Dimensional, RBF-like Neural* [online]. Springer, 2004 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW:
<<http://springerlink.com/content/ud97cxchu0uf7d8q/?p=c0efcc4d395c4cdd88411b7c194fa8a8π=0>>. ISSN 1573-7497.

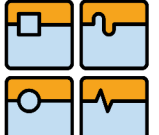
 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 64
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [23] MONKMAN, G., et al. *Robot Grippers*. Translated by Valentin Petrov. Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, c2007. 453 s. ISBN 978-3-527-40619-7.
- [24] KRATOCHVÍL, C., SLAVÍK, J. *Mechanika těles : Dynamika*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o , 2002. 227 s. ISBN 80-214-2260-2.
- [25] PŘIKRYL, K. *Kinematika* . Brno : PC DIR , 2009. 142 s. ISBN 80-214-0535-X.
- [26] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Základy konstruování* . 4. přeprac. vyd. Brno : CERM, 2006. 179 s. ISBN 80-7204-458-3.
- [27] AMBROŽ, P. *Základy, Uchopovací technika, Výběr chapadel*. [s.l.], 2009. 44 s. Prezentováno 27.4.2009 na FSI VUT v Brně. Prezentace.
- [28] *Průmyslové manipulátory* [online]. [2000] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://vencovo.misto.cz/_MAIL_/0/a/manipul.htm>.
- [29] neobsazeno
- [30] neobsazeno
- [31] neobsazeno
-
- [32] SCHUNK : *Greifmodule* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=244&product_level_2=250&product_level_3=0&country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE>.
- [33] KOLÍBAL, Z., BLECHA, R. Modulární bezobslužný výrobní systém na Fakultě strojní VUT Brno. *Automatizace* [online]. 2004, roč. 47, č. 6 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=149>>.
- [34] IFR Statistical Department. *EXECUTIVE SUMMARY : 2007 World Robot Market* [online]. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.worldrobotics.org/downloads/2008_executive_summary.pdf>.
- [35] JALOVÁ, M. *ČESKOMORAVSKÁ SPOLEČNOST PRO AUTOMATIZACI : Pracovní hlavice průmyslových robotů a manipulátorů* [online]. Praha : 2006 , 10. 04. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.cmsa.cz/index.php?page_path=akce-automatica&b_akce=1#Pracovn%C3%AD_hlavice_robot%C5%AF>.


	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [36] HAUMER, Z. Manipulace a montáž hrou. *Průmyslové spektrum* [online]. 2004, roč. 11, č. 041198 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/manipulace-a-montaz-hrou>>.
- [37] MAREK, P. Trendy v manipulační technice. *Průmyslové spektrum* [online]. 2007, roč. 11, č. 071139 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-manipulacni-technice>>.
- [38] Robotika: zaměření technického vývoje hlavně na "prsty". *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 12 [cit. 2009-05-02], s. 16-17. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-31288700-robotika-zamereni-technickeho-vyvoje-hlavne-na-prsty>>.
- [39] Kam směřuje technický vývoj robotů?. *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 12 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-31288690-kam-smeruje-technicky-vyvoj-robotu>>.
- [40] Montážní linky FlexLink pro automobilový průmysl. *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 9 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-27297450-montazni-linky-flexlink-pro-automobilovy-prumysl>>.
- [41] PLICHTA, V. Aktuální otázky aplikované robotiky. *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 9 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-27297440-aktualni-otazky-aplikovane-robotiky>>.
- [42] Robotizace v automobilkách neskončila. *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 9 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-27297430-robotizace-v-automobilkach-neskoncila>>.
- [43] Robot vůči člověku: zdroj ohrožení i spolupracovník. *Technik : měsíčník Hospodářských novin* [online]. 2008, roč. 16, č. 9 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://technik.ihned.cz/c1-27297410-robot-vuci-cloveku-zdroj-ohrozeni-i-spolupracovnik>>.
- [44] HUEBNER, J. *VDMA startet Unternehmensbefragung zum Thema Energieeffizienz* [online]. VDMA, 2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/R/ROB/ROB_A_20090130_Energieeffizienz?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Home/de/Branchen/R/ROB/ROB_A_20090130_Energieeffizienz>.
- [45] *Maschinenaußenhandel mit Tschechien* [online]. VDMA, 2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Datenbanken/Downloads?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Home/de/Datenbanken/Downloads&initsearch=>>.

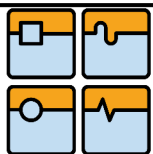
- [45] BURGHOF, C. *Automatica 2008: Branchenporträt im Film : Robotik+Automation: Mehr wird möglich* [online]. VDMA, 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/R/R_A/Messen_/komm_A_20080605_BD_Film_zur_Automatica_08?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Home/de/Branchen/R/R_A/Messen_/komm_A_20080605_BD_Film_zur_Automatica_08>.
- [46] neobsazeno
- [47] neobsazeno
- [48] neobsazeno
-
- [49] *ABB : Česká republika* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.cz/>>.
- [50] *FESTO : Průmyslová a procesní automatizace* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.festo.com/INetDomino/cz/cs/company_portal_cz.htm>.
- [51] *SMC : Česká republika* [online]. [2000] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.smc.cz/>>.
- [52] *REIS : Robotics* [online]. [2000] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.reisrobotics.de/Home.html>>.
- [53] *KUKA : Průmysloví roboti* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/>.
- [54] *Kawasaki : Robotics* [online]. c2002 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.kawasakirobotics.com/>>.
- [55] *SCHUNK : Česká republika* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.schunk.com/schunk/index.html?country=CZE>>.
- [56] *CIRP* [online]. c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <http://www.cirp.net/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1>.
- [57] *ISO International Organization for Standardization* [online]. 2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.iso.org/iso/home.htm>>.
- [58] *IFR International Federation of Robotics* [online]. c2005-2007 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.ifr.org/>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 67
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [59] *ČESKOMORAVSKÁ SPOLEČNOST PRO AUTOMATIZACI* [online]. c2006 , 10. 04. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.cmsa.cz/>>.
- [60] *EUnited European Robotics Association* [online]. Brussels : c2009 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.eu-nited.net/robotics/index.php?idcat=85>>.
- [61] *Automatizace* [online]. c2004 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/index.php>>.
- [62] *Průmyslové spektrum* [online]. [2000] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/redakce>>.
- [63] *VDMA Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau : Robotics + Automation* [online]. [2000] [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.exiko.cz/preview.php?produkt=103-2.jpg](http://www.vdma.org/wps/portal/!ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd4x3dwXJgFhuvvqRyCIG8cam6CKOclEgfW99X4_83FT9AP2C3NDQiHJHRQB1HjzS/delta/base64xml/L0IDU0IKQ1RPN29na21BISEvb0VvUUFBSVFnakZJQUFRaENFSVFqR0VBLzRKRmIDbzBlaDFpY29uUVZHaGQtc0IRIS83X0FfMjdWLzI2Mw!!?WCM_PORTLET=PC_7_A_27V_WCM&WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Home/en/Branchen/R/R_A/>.>.</p>
<p>[64] neobsazeno</p>
<p>[65] neobsazeno</p>
<p>[66] neobsazeno</p>
<p>Zdroje obrázků:</p>
<p>[67] Dostupný z WWW: <a href=)
- [68] Dostupný z WWW: http://www.robotics.org/userAssets/Image/Motoman_AdvancesFinishing_Threeroll.jpg
- [69] Dostupný z WWW: <http://www.kawasakirobotics.com/Applications/?page=arcWeldingFab>
- [70] Dostupný z WWW: <http://www.globalrobotsusa.com/images/minipics/abb-spotwelder.jpg>
- [71] Dostupný z WWW: http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/38/3818_big.jpg

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 68
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [72] Dostupný z WWW:
http://www.metris.com/products/robot_scanners/k-robot/
- [73] Dostupný z WWW:
<http://www.electroimpact.com/.%5Cresearch%5C2002-01-2626.pdf>
- [74] Dostupný z WWW:
<http://www.swri.org/3PUBS/BROCHURE/D10/ROBEND/robend.HTM>
- [75] Dostupný z WWW:
<http://bookology.files.wordpress.com/2008/04/kuka.jpg>
- [76] Dostupný z WWW:
http://www.asc-csa.gc.ca/asc/app/gallery/gallery/hight/cd_01_19.JPG
- [77] Dostupný z WWW:
http://images.google.cz/imgres?imgurl=http://www.vincenzoarrichiello.com/images/mano1.jpg&imgrefurl=http://www.vincenzoarrichiello.com/en/gripper.html&usq=_j-pZSAKQDmQmdXVKoEo4y-lzxcQ=&h=393&w=283&sz=30&hl=cs&start=25&um=1&tbnid=MCe_mmWa5bAOIM:&tbnh=124&tbnw=89&prev=/images%3Fq%3Dhydraulic%2Bgripper%26ndsp%3D18%26hl%3Dcs%26client%3Dfirefox-a%26rls%3Dorg.mozilla:cs:official%26sa%3DN%26start%3D18%26um%3D1
- [78] Dostupný z WWW:
http://www.ais.uni-bonn.de/images/robots/Arm_02_2009_m.jpg
- [79] Dostupný z WWW:
<http://www.vacuworld.com/js/zoom.html.en?lng=en&bild=/imperia/md/images/aktuellespresse/produktnews/vtnews/273.jpg>
- [80] Dostupný z WWW:
<http://eshop.technoline.cz/shop/full/img1198.jpg>
- [81] Dostupný z WWW:
<http://www.3dcadbrowser.com/preview.aspx?ModelCode=19132>
- [82] Dostupný z WWW:
<http://www.notebooks.cz/Zdroj/Pocitace/Toshiba%20A300%20pro>



14 Seznam použitých symbolů

symbol veličiny	význam veličiny	jednotka
A_1	délková kóta pohybu I pro manipulaci 1	[m]
$a_{1\text{valec/krychle}}$	matice zadaných hodnot pro manipulaci 1	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{1\text{valec/krychle_bez_jednotek}}$	načtení zadaných hodnot do matice pro manipulaci 1	[-]
$a_{1\text{valec/krychle1}}$	zrychlení a_y při pohybu III pro manipulaci 1	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{1\text{valec/krychle11}}$	zrychlení a_z při pohybu IV pro manipulaci 1	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{1\text{valec/krychle2}}$	zrychlení a_z při pohybu I pro manipulaci 1	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{1\text{valec/krychle4}}$	zrychlení a_y při pohybu II pro manipulaci 1	$[\text{ms}^{-2}]$
A_2	délková kóta pohybu I pro manipulaci 2	[m]
$a_{2\text{valec/krychle}}$	matice zadaných hodnot pro manipulaci 2	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{2\text{valec/krychle_bez_jednotek}}$	načtení zadaných hodnot do matice pro manipulaci 2	[-]
$a_{2\text{valec/krychle2}}$	zrychlení a_z při pohybu I pro manipulaci 2	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{2\text{valec/krychle3}}$	celkové (tečné) zrychlení a při pohybu II pro manipulaci 2	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{2\text{valec/krychle6}}$	zrychlení a_z při pohybu III pro manipulaci 2	$[\text{ms}^{-2}]$
A_3	délková kóta pohybu I pro manipulaci 3	[m]
$a_{3\text{valec/krychle}}$	matice zadaných hodnot pro manipulaci 3	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{3\text{valec/krychle_bez_jednotek}}$	načtení zadaných hodnot do matice pro manipulaci 3	[-]
$a_{3\text{valec/krychle2}}$	zrychlení a_z při pohybu I pro manipulaci 3	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{3\text{valec/krychle3}}$	tečné zrychlení a při pohybu II pro manipulaci 3	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{3\text{valec/krychle4}}$	určení velikosti obvodové rychlosti $v_{3\text{valec/krychle4}}$ při pohybu II pro manipulaci 3	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{3\text{valec/krychle7}}$	zrychlení a_z při pohybu III pro manipulaci 3	$[\text{ms}^{-2}]$
A_4	délková kóta pohybu I pro manipulaci 4	[m]
$a_{4\text{valec/krychle}}$	matice zadaných hodnot pro manipulaci 4	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{4\text{valec/krychle_bez_jednotek}}$	načtení zadaných hodnot do matice pro manipulaci 4	[-]
$a_{4\text{valec/krychle2}}$	zrychlení a_z při pohybu I pro manipulaci 4	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{4\text{valec/krychle3}}$	tečné zrychlení a při pohybu II pro manipulaci 4	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{4\text{valec/krychle4}}$	určení velikosti obvodové rychlosti $v_{4\text{valec/krychle4}}$ při pohybu II pro manipulaci 4	$[\text{ms}^{-2}]$
$a_{4\text{valec/krychle7}}$	zrychlení a_z při pohybu III pro manipulaci 4	$[\text{ms}^{-2}]$
a_{krychle}	délka hrany krychle pro manipulaci	[m]
B_1	délková kóta pohybu II pro manipulaci 1	[m]
B_2	délková kóta pohybu II pro manipulaci 2	[m]
B_3	délková kóta pohybu III pro manipulaci 3	[m]
B_4	délková kóta pohybu III pro manipulaci 4	[m]
C_1	délková kóta pohybu III pro manipulaci 1	[m]
C_2	délková kóta pohybu III pro manipulaci 2	[m]
D_1	délková kóta pohybu IV pro manipulaci 1	[m]
d_{valec}	průměr plastového válečku pro manipulaci	[m]
$F_{1\text{valec/krychleG}}$	požadovaná uchopovací síla chapadla pro manipulaci 1	[N]
$F_{1\text{valec/krychleG_I}}$	uchopovací síla při pohybu I pro manipulaci 1	[N]

symbol veličiny	význam veličiny	jednotka
$F_{1valec/krychleG_II}$	uchopovací síla při pohybu II pro manipulaci 1	[N]
$F_{1valec/krychleG_III}$	uchopovací síla při pohybu III pro manipulaci 1	[N]
$F_{1valec/krychleG_IV}$	uchopovací síla při pohybu IV pro manipulaci 1	[N]
$F_{1valec/krychleGmax}$	maximální síla od uchopovací čelisti pro manipulaci 1	[N]
$F_{2valec/krychleG}$	požadovaná uchopovací síla chapadla pro manipulaci 2	[N]
$F_{2valec/krychleG_I}$	uchopovací síla při pohybu I pro manipulaci 2	[N]
$F_{2valec/krychleG_II}$	uchopovací síla při pohybu II pro manipulaci 2	[N]
$F_{2valec/krychleG_III}$	uchopovací síla při pohybu III pro manipulaci 2	[N]
$F_{2valec/krychleGmax}$	maximální síla od uchopovací čelisti pro manipulaci 2	[N]
$F_{3valec/krychleG}$	požadovaná uchopovací síla chapadla pro manipulaci 3	[N]
$F_{3valec/krychleG_I}$	uchopovací síla při pohybu I pro manipulaci 3	[N]
$F_{3valec/krychleG_II}$	uchopovací síla při pohybu II pro manipulaci 3	[N]
$F_{3valec/krychleG_III}$	uchopovací síla při pohybu III pro manipulaci 3	[N]
$F_{3valec/krychleGmax}$	maximální síla od uchopovací čelisti pro manipulaci 3	[N]
$F_{4valec/krychleG}$	požadovaná uchopovací síla chapadla pro manipulaci 4	[N]
$F_{4valec/krychleG_I}$	uchopovací síla při pohybu I pro manipulaci 4	[N]
$F_{4valec/krychleG_II}$	uchopovací síla při pohybu II pro manipulaci 4	[N]
$F_{4valec/krychleG_III}$	uchopovací síla při pohybu III pro manipulaci 4	[N]
$F_{4valec/krychleGmax}$	maximální síla od uchopovací čelisti pro manipulaci 4	[N]
$F_{valec/krychleG}$	výsledná maximální požadovaná uchopovací síla chapadla	[N]
g	tíhové zrychlení	$[ms^{-2}]$
h_{valec}	výška plastového válečku pro manipulaci	[m]
$\mu_{valec/krychle}$	koeficient tření mezi objektem manipulace a uchopovacími čelistmi	[-]
$m_{valec/krychle}$	hmotnost plastového válečku/krychle pro manipulaci	[kg]
R_3	délková kóta (poloměr) pohybu II pro manipulaci 3	[m]
R_4	délková kóta (poloměr) pohybu II pro manipulaci 4	[m]
$S_{G_valec/krychle}$	koeficient pro paralení dvoupřsté chapadlo	[-]
$S_{S_valec/krychle}$	koeficient bezpečnosti	[-]
$V_{3valec/krychle4}$	skutečná obvodová rychlost při pohybu II pro manipulaci 3	$[ms^{-1}]$
$V_{4valec/krychle4}$	skutečná obvodová rychlost při pohybu II pro manipulaci 4	$[ms^{-1}]$
α	úhel prizmatického výřezu	[°]
$\rho_{valec/krychle}$	hustota válečku/krychle pro manipulaci	$[kgm^{-3}]$
$\gamma_{trajektorie_x}$	úhel mezi trajektorií pohybu II a osou x pro manipulaci 2	[°]
$\gamma_{trajektorie_y}$	úhel mezi trajektorií pohybu II a osou y pro manipulaci 2	[°]



15 Seznam obrázků

Obr. 2-1.: <i>Určení stěžejních pojmů [2]</i>	14
Obr. 2-2.: <i>Ukázka slovníku FESTO [50]</i>	15
Obr. 3-1.: <i>Rotační osy šestiosého robotu [10] - vlevo</i>	16
Obr. 3-2.: <i>Možné pohyby objektu manipulace [3] - vpravo</i>	16
Obr. 3-3.: <i>KUKA KR 150–2(Series2000) [53]</i>	17
Obr. 3-4.: <i>KUKA KR 180-2 PA Arctic [53]</i>	17
Obr. 3-5.: <i>KUKA KR 10 scara R600 [53]</i>	17
Obr. 3-6.: <i>ABB IRB 360 FlexPickerTM [49]</i>	17
Obr. 3-7.: <i>Podavač nástrojů [67] - vpravo</i>	18
Obr. 3-8.: <i>Pracovní prostor ve tvaru kvádrů [3]</i>	19
Obr. 3-9.: <i>SCHUNK GEMOTEC [32]</i>	19
Obr. 3-10.: <i>FESTO modul HSP [50]</i>	20
Obr. 3-11.: <i>Fluidní sval FESTO MAS [50]</i>	20
Obr. 3-12.: <i>Kompaktní válec SMC [51]</i>	20
Obr. 4-1.: <i>Hlavice pro nástřik barev [68] - vlevo</i>	23
Obr. 4-2.: <i>Hlavice pro laserové svařování [69] - uprostřed</i>	23
Obr. 4-3.: <i>Hlavice pro bodové svařování [70] - vpravo</i>	23
Obr. 4-4.: <i>Snímací hlavice [71] - vlevo</i>	24
Obr. 4-5.: <i>Scannovací hlavice [72]</i>	24
Obr. 4-6.: <i>Multifunkční hlavice [73] - vlevo</i>	24
Obr. 4-7.: <i>Multifunkční hlavice [74] - vpravo</i>	24
Obr. 4-8.: <i>Hlavice pro psaní [75]</i>	25
Obr. 4-9.: <i>Výzkumná hlavice [76]</i>	25
Obr. 4-10.: <i>Přehled průmyslových odvětví podle nasazení robotů [34]</i>	27
Obr. 5-1.: <i>Základní principy uchopení [2]</i>	28
Obr. 5-2.: <i>Základní druhy úchopných hlavic podle principu uchopení [2]</i>	28
Obr. 5-3.: <i>Chapadlo SCHUNK MEG 64 EC [32]</i>	29
Obr. 5-4.: <i>Křivka závislosti uchopovací síly na délce čelisti [32] - vlevo</i>	31
Obr. 5-5.: <i>Dovolená zátěž uchopovací čelisti [32] - vpravo</i>	31
Obr. 5-6.: <i>Uchopovací hlavice s pneumatickým pohonem [32] - vlevo</i>	32
Obr. 5-7.: <i>Uchopovací hlavice s elektrohydraul. pohonem [77] – vpravo</i>	32
Obr. 5-8.: <i>Tabulka nejčastěji používaných mechanismů [2]</i>	35
Obr. 5-9.: <i>Polotovary standardní uchopovací čelisti [32] - vlevo</i>	36
Obr. 5-10.: <i>Polotovary speciální uchopovací čelisti [32] - uprostřed</i>	36
Obr. 5-11.: <i>Chapadlo s přizpůsob. tvar. a vel. kontakt. plochy [32] - vpravo</i>	36
Obr. 5-12.: <i>SCHUNK elem. Quentes, elem. z tvrdokovu, výstelky HKI [32]</i>	36
Obr. 5-13.: <i>Obecný přehled koeficientů tření mezi povrchy [2], [5]</i>	37
Obr. 5-14.: <i>„Uchopení hrnku při snídani...“ [78]</i>	39
Obr. 5-15.: <i>Různé druhy přísavky společnosti SMC [51]</i>	39
Obr. 6-1.: <i>Uchopení pomocí magnetické síly [79]</i>	40
Obr. 6-2.: <i>Obecné vztahy pro určení uchopovací síly [2]</i>	40
Obr. 6-3.: <i>Prostředí pro zadávání vstupních údajů software SCHUNK [32]</i>	41
Obr. 6-4.: <i>Prostředí pro zadávání vstupních údajů software FESTO [50]</i>	41

Obr. 7-1.: Popis fází manipulace [2]	42
Obr. 9-1.: Objekty manipulace [z modelu]	44
Obr. 9-2.: Uchopovací čelist včetně pozic při manipulaci [z modelu]	45
Obr. 9-3.: Výchozí vztahy pro výpočet uchopovacích sil [27]	46
Obr. 9-4.: Výsledné uchopovací síly- základní [z programu]	47
Obr. 9-5.: Výsledné uchopovací síly- s výstelkami [z programu]	47
Obr. 9-6.: Srovnání výsledků výpočtů uchopovacích sil [část dokumentu]	48
Obr. 9-7.: Chapadlo SCHUNK MEG 64 EC včetně parametrů [32]	49
Obr. 9-8.: Pozice a orientace chapadla a příruby robotu [z modelu] -vpravo	49
Obr. 9-9.: Mezikus [z modelu] - vpravo	49
Obr. 9-10.: Příruba [z modelu] - vpravo	50
Obr. 9-11.: Středicí vložka [z modelu]	50
Obr. 9-12.: Podložka [z modelu]	50
Obr. 9-13.: Kompletace sestavy [z modelu] - vpravo	50
Obr. 9-14.: Schéma řízení [32], [53], [80], [81], [82]	51
Obr. 9-15.: Příslušenství SCHUNK pro řízení chapadla MEG 64 EC [32]	51
Obr. 9-16.: SS objektu manipulace	52
Obr. 9-17.: SS objektu podložky - vpravo	52
Obr. 9-18.: Poloha TCP [z modelu] - vpravo	52
Obr. 10-1.: Rychlé výměny uchopovacích čelistí [32] – vpravo	56
Obr. 10-2.: Použití senzorů [32] - vpravo	56
Obr. 10-3.:Znázornění závislosti ceny na adaptibilitě chapadla	57
Obr. 10-4.:Kompenzátor ve směrech x,y,z [32] - vlevo	57
Obr. 10-5:Bezpečnostní modul při kolizích [32] - vpravo	57
Obr. 10-6.: Otočná uchopovací hlava s dvěma chapadly [32] - vlevo	58
Obr. 10-7.: Rychlá výměna – tři uchopovací moduly [32] - vpravo	58
Obr. 10-8.: Detail příruby pro rychlou výměnu včetně jednotlivých dílů [32]	58
Obr. 10-9.: Fotografie z RTP obsluhované robotem FANUC [z exkurze]	59
Obr. 10-10.: Fotografie z RTP s portálovým manipul. GÜDEL [z exkurze]	59

16 Seznam diagramů

Diagram 3-1.: <i>Důležité a parametry pro výběr robotu nebo manipulátoru [53]</i>	20
Diagram 4-1.: <i>Rozdělení koncových efektorů podle průmyslové aplikace-část 1</i> ...	25
Diagram 4-1.: <i>Rozdělení koncových efektorů podle průmyslové aplikace-část 2</i> ...	26
Diagram 5-1.: <i>Základní části mechanických úchopných hlavíc [32]</i>	29
Diagram 5-2.: <i>Důležité parametry mechanického uchopovacího modulu [32]</i>	30
Diagram 5-3.: <i>Kontrolní parametry mechanického uchopovacího modulu [32]</i>	31
Diagram 5-4.: <i>Obvyklé druhy pohonů chapadel podle druhu poh. a omez. [27]</i>	33
Diagram 5-5.: <i>Vhodnost jednotlivých druhů pohonů uchopovacího modulu [2]</i>	33
Diagram 5-6.: <i>Důležité parametry elektrických pohonů uchop. modulů [32]</i>	34
Diagram 5-7.: <i>Důležité parametry pneumatických pohonů uchop. modulů [32]</i>	34
Diagram 5-8.: <i>Pneumatické úchopové hlavice [32]</i>	37
Diagram 5-9.: <i>Elektrické úchopové hlavice [32]</i>	38
Diagram 5-10.: <i>Hydraulické úchopové hlavice [32]</i>	38
Diagram 5-11.: <i>Úchopové hlavice pro speciální účely [32]</i>	38
Diagram 8-1.: <i>Obecný postup při výběru chapadla [27]</i>	42
Diagram 8-2.: <i>Další faktory ovliv. výběr chapadla včetně stupně ovliv. [27]</i>	43

17 Seznam odkazů

zde2-1	13
Dostupný z WWW:	
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=15532	
zde2-2	13
Dostupný z WWW:	
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54138&published=on	
zde2-3	13
Dostupný z WWW: http://www.ifr.org/	
zde2-4	13
Dostupný z WWW:	
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=24062	
zde2-5	13
Dostupný z WWW:	
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=19528	
zde2-6	14
Dostupný z WWW:	
http://www3.festo.com/C1256FEF003224BC.nsf/Index?OpenFrameSet&Company=INT&Location=E&Language=EN	
zde3-1	17
Dostupný z WWW:	
http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/special/palletizer_robots/start.htm	
zde3-2	17
Dostupný z WWW:	
http://www.abb.com/product/seitp327/1290980e5d02d30bc12573150042e75f.aspx?productLanguage=cz&country=00	
zde3-3	17
Dostupný z WWW:	
http://www.youtube.com/watch?v=v5eR0eHknZk&feature=PlayList&p=11FC418266F6EC22&playnext=1&playnext_from=PL&index=71	
zde3-4	20
Dostupný z WWW:	
https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_de/ANM/DE/HSP/INDEX.HTM	

zde4-1	27
Dostupný z WWW:	
http://www.youtube.com/watch?v=MfZf_jZ7XqY&feature=PlayList&p=11FC418266F6EC22&index=76	
zde4-2	27
Dostupný z WWW:	
http://www.kawasakirobotics.com/Applications/?page=applicationVideos	
zde5-1 (totožný s zde9-1)	37
Dostupný z WWW:	
http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_frict.htm	
zde6-1	41
Dostupný z WWW:	
http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/service/download_tracking.html?href=SSG_1_7_0_2.zip&country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE	
zde6-2	41
Dostupný z WWW:	
http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites/cs/6009afde213ca5b6c1256b410032c415.htm	
zde6-3	41
Dostupný z WWW:	
http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites/cs/0fe3d32e516c0a16c1257228004d9ee9.htm	
zde9-1 (totožný s zde5-1)	46
Dostupný z WWW:	
http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_frict.htm	
zde9-2	51
Dostupný z WWW:	
http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/service/download_tracking.html?href=Software_FPS-F5_english.zip&country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE	

18 Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

2-1A11-11/01

K-1A11-11/01

2-1A11-11/13

3-1A11-11/14

4-1A11-11/15

4-1A11-11/16

4-1A11-11/17





Schémata manipulací:

VALEC - MANIPULACE 1, 2

VALEC - MANIPULACE 3, 4

KRYCHLE - MANIPULACE 1, 2

KRYCHLE - MANIPULACE 1, 2

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 77
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	