

# **Konstrukční návrh funkčních pod-celků automatické linky pro plastový výrobek**

Bc. Libor Vaculík

---

Diplomová práce  
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Libor Vaculík</b>
Osobní číslo:	<b>T20124</b>
Studijní program:	<b>N3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Konstrukce technologických zařízení</b>
Forma studia:	<b>Prezenční</b>
Téma práce:	<b>Konstrukční návrh funkčních pod-celků automatické linky pro plastový výrobek</b>

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Navrhněte polo-automatické/automatické přípravné stanice pro polohování zástříku.
3. Navrhněte chapadlo robota pro automatickou manipulaci.
4. Proveďte zhodnocení navrženého řešení.

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

**Seznam doporučené literatury:**

KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708

GHOSAL, Ashitava. *Robotics: fundamental concepts and analysis*. New Dehli: Oxford University Press, 2006, xv, 423 p. ISBN 0195673913

WOLF, Andreas a Henrik SCHUNK. *Grippers in motion: the fascination of automated handling tasks*. Munich: Hanser, [2018], 331 s. ISBN 9781569907146

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **3. ledna 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

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

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: .....

Jméno a příjmení studenta: Libor Vaculík

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem teoretické části této diplomové práce bylo vytvořit rešerši na témata související s návrhem funkčních pod-celků automatické linky na plastový dílec. Součástí výrobní linky je vstřikovací stroj, který byl popsán v kapitole „vstřikování“, vibrační dopravník a robot, tyto prostředky automatizace byly shrnuty v kapitole „průmyslová robotizace“ a poslední kapitola se věnovala popsáním manipulačního procesu a výběrem dostupných uchopovacích prostředků na trhu.

V praktické části byly vyhotoveny 2 návrhy funkčních pod-celků automatické linky, a to ve formě podávacího zařízení, které má za úkol před-připravit napolohovanou součástku pro následný úchop chapadla robota, a ve formě samotného chapadla robota. Přípravná stanice je vyhotovena z pneumatických dílců vybraných pro potřebu manipulace namontovaných na stojanu společně s operačními mezideskami. Rám stanice je vyhotoven z hliníkových profilů. Chapadlo robota je sestaveno z hlavního nosného dílu, na kterém jsou namontovány 2 páry čelistí, jeden pár pro odebrání dílců z přípravné stanice, a druhý pár pro odebrání již zastříknutých dílců ze vstřikovacího stroje.

K této diplomové práci byly vyhotoveny dva 3D modely.

Klíčová slova: vstřikovací stroj, průmyslová robotizace, gripper, přípravná stanice, návrh chapadla, 3D model, robot

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to create a research on topics related to the design of functional sub-assemblies of an automatic line for plastic parts. The production line includes an injection molding machine, which was described in the chapter on „injection molding“, a vibratory conveyor and a robot, these means of automation were summarized in the chapter on "industrial robotics" and the last chapter was devoted to describing the handling process and the selection of gripping devices available on the market.

In the practical part, 2 designs of the functional sub-assemblies of the automation line were made, in the form of a feeding device to pre-prepare the semi-flexed part for the subsequent grasping by the robot gripper, and in the form of the robot gripper itself. The preparation station is made of pneumatic parts selected for handling purposes and mounted on a stand together with the operating intermediate parts. The frame of the station is made of aluminium profiles. The robot's tentacle is made up of a main supporting part on which 2 pairs of jaws are mounted, one pair for taking parts from the preparation station and the other pair for taking already sprayed parts from the injection molding machine.

Two 3D models were made for this thesis.

Keywords: injection molding machine, industrial robotics, gripper, preparation station, gripper design, 3D model, robot

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a poskytnutý čas při psaní této diplomové práce.

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

# OBSAH

<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 POPIS VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	12
1.1.1 Vstřikovací jednotka .....	13
Násypka .....	13
Šnek .....	13
Pracovní válec .....	14
Topná tělesa .....	14
1.1.2 Uzavírací jednotka .....	14
Uzavírací mechanismy .....	14
Vyhazovací systém .....	14
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	15
1.2.1 Vstřikovací cyklus stroje .....	15
1.2.2 Průběh teploty formy během vstřikovacího cyklu .....	16
1.2.3 Průběh tlaku ve formě během vstřikovacího cyklu .....	16
1.2.4 Vstřikovací cyklus v diagramu pVt .....	17
1.3 PROPOJENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE S AUTOMATIZACÍ.....	18
1.3.1 Norma Euromap 67 .....	18
1.3.2 Norma Euromap 73 .....	19
<b>2 PRŮMYSLOVÁ ROBOTIZACE</b> .....	<b>20</b>
2.1 3OSÉ ROBOTY .....	21
2.2 6OSÉ ROBOTY .....	22
2.3 VIBRAČNÍ DOPRAVNÍKY .....	23
2.4 VYBRANÉ TYPY VIBRAČNÍCH DOPRAVNÍKŮ .....	23
2.4.1 Vibrační předzásobníky .....	23
2.4.2 Kruhové vibrační zásobníky .....	24
2.4.3 Vibrační žlabové dopravníky .....	25
2.4.4 Lineární vibrační dopravníky .....	26
<b>3 GRIPPERY</b> .....	<b>28</b>
3.1 MANIPULAČNÍ PROCES .....	29
3.2 MANIPULAČNÍ TERMINOLOGIE .....	30
3.2.1 Flexibilita .....	30
3.2.2 Součástka .....	30
3.2.3 Směs součástí .....	30
3.2.4 Nástroj .....	30
3.2.5 Nastavení .....	30
3.2.6 Manipulace .....	31
3.2.7 Systém uchopovačů (gripperů) .....	31
3.3 ROZDĚLENÍ GRIPPERŮ .....	32
3.3.1 Dvoučelist'ové chapadlo s paralelním pohybem .....	32
3.3.2 Tříčelist'ové chapadlo .....	33
3.3.3 Měchové chapadlo .....	34
3.3.4 Kruhová chapadla .....	34
3.3.5 Pružná koule plněná zrnem .....	35
3.4 FIRMY NA TRHU, KTERÉ SE ZABÝVAJÍ UCHOPOVACÍ TECHNIKOU.....	36



3.4.1	Gimatic, Italy .....	36
3.4.2	Festo, Germany .....	36
3.4.3	Schunk, Germany .....	37
3.4.4	Zimmer Group, Germany .....	37
<b>II.</b>	.....	<b>38</b>
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	.....	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>KONSTRUKČNÍ NÁVRH FUNKČNÍCH POD-CELKŮ AUTOMATICKÉ LINKY PRO PLASTOVÝ VÝROBEK</b> .....	<b>40</b>
5.1	POSLOUPNOST PRACOVNÍCH ÚKONŮ NÁVRHU .....	40
5.2	ZASTŘIKOVANÝ DÍLEC .....	40
<b>6</b>	<b>PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>42</b>
6.1	KONZOLE DRÁHY VIBRAČNÍHO DOPRAVNÍKU .....	43
6.2	LINEÁRNÍ PNEUMATICKÝ MODUL CLM 10 - H048, SCHUNK .....	44
6.3	OTOČNÁ JEDNOTKA SRU 8,2-H, SCHUNK .....	45
6.4	UNIVERZÁLNÍ CHAPADLO PGN PLUS P 40, SCHUNK .....	47
6.5	UCHOPOVACÍ ČELISTI .....	49
<b>7</b>	<b>CHAPADLO ROBOTA</b> .....	<b>50</b>
7.1	SIGNÁLOVÝ ROZVADĚČ SAI - 8 - M23 4P M8 .....	50
7.2	JÁDRO NEZASTŘÍKNUTÉHO DÍLCE A PNEUMATICKÝ UCHOPOVACÍ PRST OFX14-06, GIMATIC .....	51
7.3	NAVÁDĚCÍ POHON DFM – 10-10-P-A GF, FESTO.....	52
7.4	LINEÁRNÍ POJEZD DGST-10-40-PA, FESTO .....	53
7.5	KOMPAKTNÍ VÁLEC AEN-S-6-5-A, FESTO .....	54
7.6	ČELIST ZASTŘÍKNUTÉHO DÍLCE .....	55
7.7	PŘIDRŽOVAČ VTOKU .....	56
<b>8</b>	<b>ZHODNOCENÍ NÁVRŽENÉHO ŘEŠENÍ</b> .....	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ</b> .....	<b>60</b>
9.1	PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ .....	60
9.2	CHAPADLO ROBOTA .....	60
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....		<b>62</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....		<b>67</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....		<b>69</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....		<b>70</b>

## ÚVOD

Uchopovací technika (grippery, chapadla) jsou v dnešní době nedílnou součástí automatických linek a procesů nacházejících se téměř v každém odvětví. Díky robotizaci se urychluje veškerá výroba, zvyšuje se preciznost provedené práce, celý proces může mít neustálý a neúnavný chod, a hlavně je možné je využít i v nehostinném a nebezpečném prostředí.

Stroje či přípravky, které využívají uchopovacích prvků, dokážou cyklicky opakovat veškeré pohyby a jednotlivé kroky jsou téměř dokonale načasovány s technologickými operacemi, jež následují po uchopení předmětu, nebo mu naopak předcházejí. Proto je dosažena vyšší produktivita ve výrobě, ale také je nahrazena stejnou a monotónní prací, kterou by musel vykonávat člověk.

Tato práce se zabývá problematikou přípravy a zakládání dílce do vstřikovací formy, aby došlo k automatizaci tohoto procesu a nebylo téměř zapotřebí lidského faktoru.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

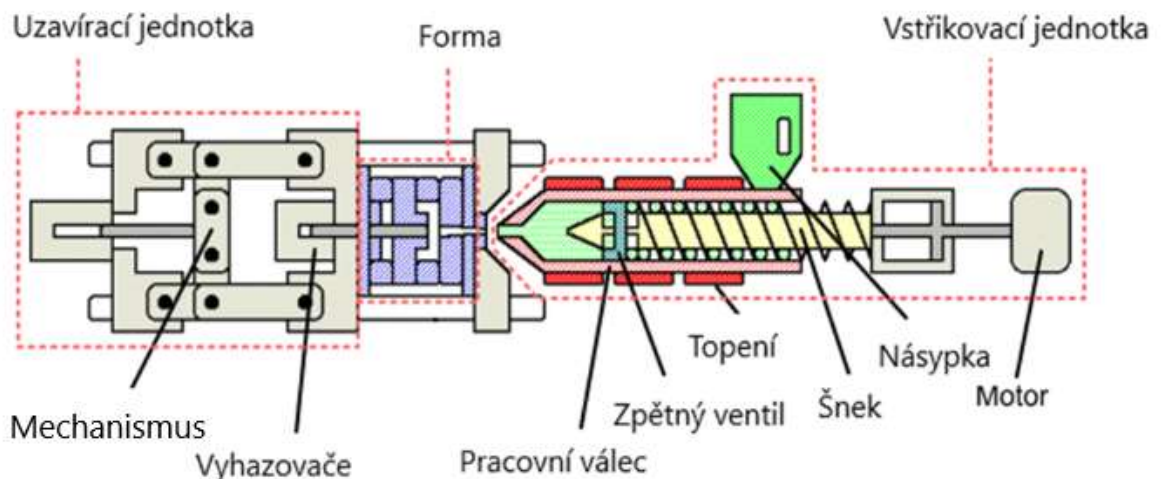
# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstříkování je jedním z nejuniverzálnějších a nejdůležitějších procesů, díky kterému je možné hromadně vyrábět složité plastové dílce různých komplexních tvarů s vysokou rozměrovou přesností. Jedná se o cyklický o proces, při němž se se polymerní materiály zahřívají a postupně roztavují ve vstříkovací jednotce až do stavu taveniny. Takto připravený materiál je následně vstříknut do specificky uzavřené dutiny formy, která má tvar výsledného výrobku. Po ochlazení výstřiku dochází k otevření formy a jeho vyhození z dutiny. Po uzavření formy se proces opakuje. [1]

## 1.1 Popis vstříkovacího stroje

Vstříkovací stroj se skládá ze dvou hlavních částí: vstříkovací a uzavírací jednotky. Vstříkovací jednotka má na starosti dopravu materiálu ve formě granulí z násypky do pracovního válce, kde dochází vlivem teploty a disipace k postupné přeměně granulátu (tuhá fáze) na taveninu. K dopravě taveniny a k jejímu následnému vstříknutí do dutiny formy se využívá šneku, který je uvnitř pracovního válce.

Uzavírací jednotka se používá k otevírání a zavírání vstříkovací formy, taktéž udržuje formu ve stavu zavřeném po dobu vstříkování polymeru do její dutiny (totéž platí i pro dotlak), aby nedošlo k jejímu otevření při tomto procesu. Posledním úkolem je vyhození výrobku mimo formu. [2, 3]



Obrázek 1 Schéma vstříkovacího stroje [4]

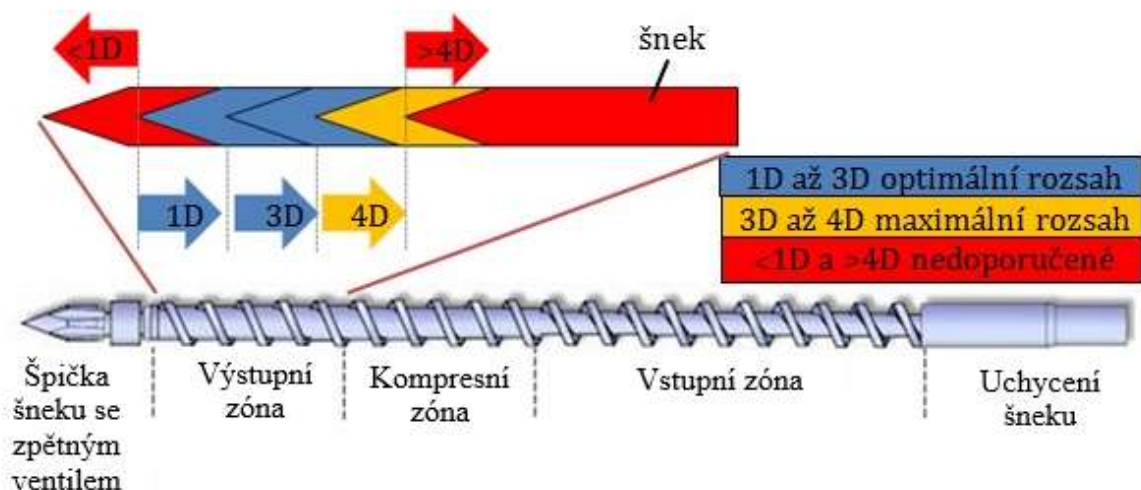
### 1.1.1 Vstříkovací jednotka

#### *Násypka*

Násypka dodává materiál do pracovního válce. Materiál do násypky může být přidáván ručně, nebo může být dopravován ze zásobníku pomocí pneumatických systémů. [5]

#### *Šnek*

Šnek je pracovním členem vstříkovací jednotky zajišťující mnoho funkcí během procesu vstříkávání. Standartní šneky nemají jednotný profil po celé své délce. Šroubovice má proměnné stoupání a také hloubku kanálu. Standartní šneky používané pro zpracování termoplastů se skládají ze tří funkčních zón. Zóna pod násypkou je označovaná jako vstupní zóna a hloubka kanálu je zde největší a konstantní. Hlavní funkcí je dopravování granulátu z násypky a jeho přesun do oblasti tavicí komory, ideálně je zde materiál v tuhé fázi. Po přesunu materiálu do druhé části, která se označuje jako kompresní zóna, v této části dochází k tavení materiálu pomocí topných těles a disipace. Taktéž dochází ke zmenšování hloubky kanálu, změně stoupání šroubovice, a tedy ke zvětšení kompresního poměru. V této části se ideálně nachází směs pevných částic a taveniny. Poslední část šneku se nazývá jako výstupní zóna, kde je roztavený materiál promícháván a připravován ke vstříkování, zde je konstantní průměr šneku. Šnek musí být dokonale hladký. [5]



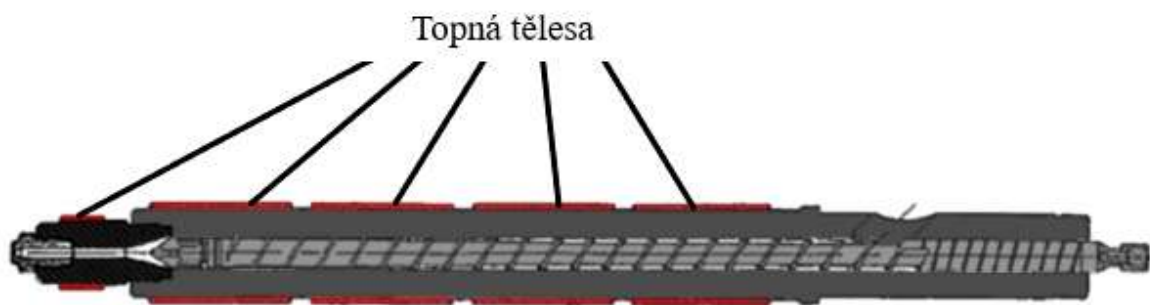
Obrázek 2 Pracovní zóny šneku [5]

### ***Pracovní válec***

V pracovním válci dochází k přeměně granulátu z tuhé fáze na taveninu za pomoci topných těles a disipace. Pracovní válec musí být hrubý, aby docházelo k posuvu materiálu pomocí šneku vpřed. [5]

### ***Topná tělesa***

Zajišťují ohřev tavicí komory na pracovní teplotu nejčastěji odporovými topnými elementy, které jsou ovládány a regulovány samostatně a tím vznikají oddělené topné zóny. Teplota každé zóny se odvíjí od zpracovávaného materiálu a začíná teplotou nejnižší pod násypkou. Směrem ke vstřikovací trysce teploty rostou nad teplotu tavení daného materiálu s ohledem na reologické vlastnosti materiálu.[5]



Obrázek 3 Topná tělesa pracovního válce [5]

## **1.1.2 Uzavírací jednotka**

### ***Uzavírací mechanismy***

Používají se k otevírání a zavírání formy během procesu vstřikování. Existuje několik typů uzavíracích ústrojí a těmi jsou: hydraulické, hydraulicko-mechanické a elektro-mechanické ústrojí. [6]

### ***Vyhazovací systém***

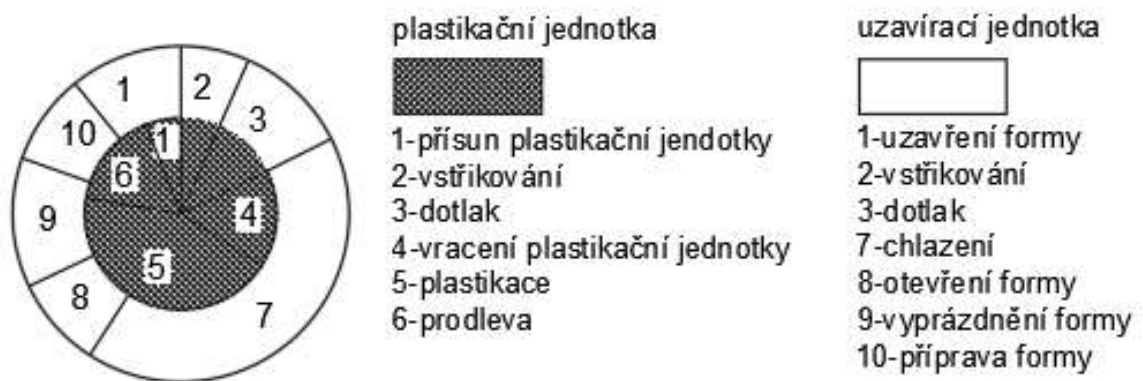
Vyhazování výrobku je funkcí uzavírací jednotky, není však řazeno mezi její hlavní pohyby. Po konci vstřikovacího cyklu, ochlazení výrobku na vyhazovací teplotu a otevření formy dojde za pomoci vyhazovačů k vyhození výstřiku z dutiny formy pohybem vyhazovacího systému vpřed. [6]

## 1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je tvořen sledem přesně specifikovaných kroků a fází, které se podílí na výrobě vstřikovaných dílců. Při tomto procesu prochází plast teplotním a tlakovým cyklem. Pro popis vstřikovacího cyklu je nutné přesně definovat jeho počátek. To může být např. uzavření formy. [2]

### 1.2.1 Vstřikovací cyklus stroje

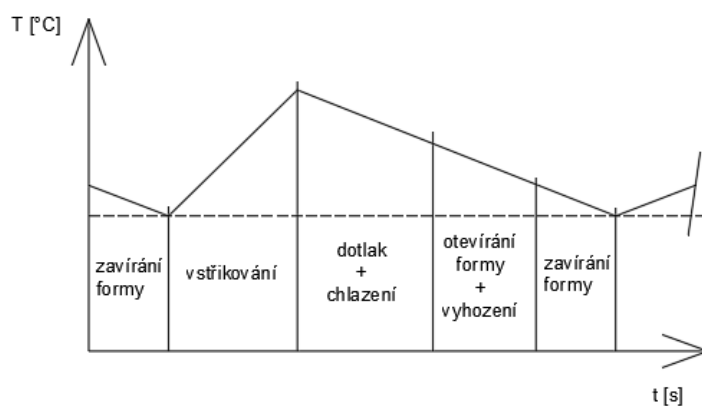
Vstřikovací cyklus stroje můžeme rozdělit do dvou základních fází, a to na cyklus uzavírací a cyklus plastikační jednotky. Z obrázku je patrné, že se jedná o cyklický děj. Začátkem cyklu je ustanoven samotný proces vstřikování, kdy je forma zavřena a plastikační jednotka je přisunutá na dýzu formy. Dutina formy se začne plnit taveninou a po jejím vyplnění se přepíná na dotlak. Po těchto krocích odjíždí plastikační jednotka zpět a připravuje se na plastikaci nové dávky materiálu, současně s tím dochází k ochlazení výstřiku na vyhozovací teplotu, aby mohlo dojít k otevření formy a k jeho vyhození mimo formu. Poté nastává prodleva u plastikační jednotky a příprava formy u jednotky uzavírací. Se zavřením formy a příjezdem plastikační jednotky se celý tento proces opět opakuje. [7]



Obrázek 4 Vstřikovací cyklus stroje s popisem

### 1.2.2 Průběh teploty formy během vstřikovacího cyklu

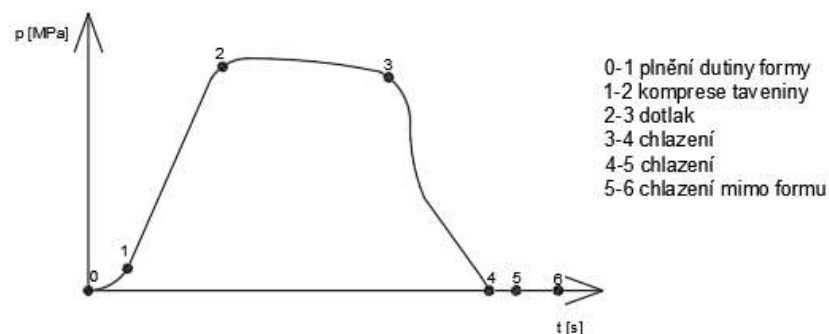
Po uzavření formy dojde ke vstříknutí horké taveniny do dutiny formy a tím dojde k nárůstu teploty. Po konci vstřikování následuje dotlak a teplota se začne snižovat odvodem tepla, protože se již dutina formy dále neplní horkou taveninou a k ochlazení taktéž dochází vlivem proudění temperačního média v tvárníku a tvárnici. Po ochlazení výstřiku na vyhazovací teplotu se začne forma otevírat a teplota dále klesá díky temperačnímu médiu a sáláním tepla do okolí. Po vyhození výrobku se forma opět připravuje na další vstřikovací cyklus. [7, 8]



Obrázek 5 Průběh teploty formy během vstřikovacího cyklu

### 1.2.3 Průběh tlaku ve formě během vstřikovacího cyklu

V bodě 0 je forma zavřená a plastikační jednotka dostává impuls k plnění dutiny formy, dochází ke kompresi taveniny a tento děj je ukončen v bodě 2, během kterého dojde k rapidnímu nárůstu tlaku. Bezprostředně po vstřikování se přepíná na dotlak, který trvá do bodu 3. Dále dochází k chlazení na vyhazovací teplotu a tlak ve formě začne klesat. Po otevření formy tlak klesne na hodnotu atmosférického tlaku. Celý proces chlazení trvá od bodu 3 až po bod 6. Proces se opět opakuje po uzavření formy a následném vstřikování. [7, 8]

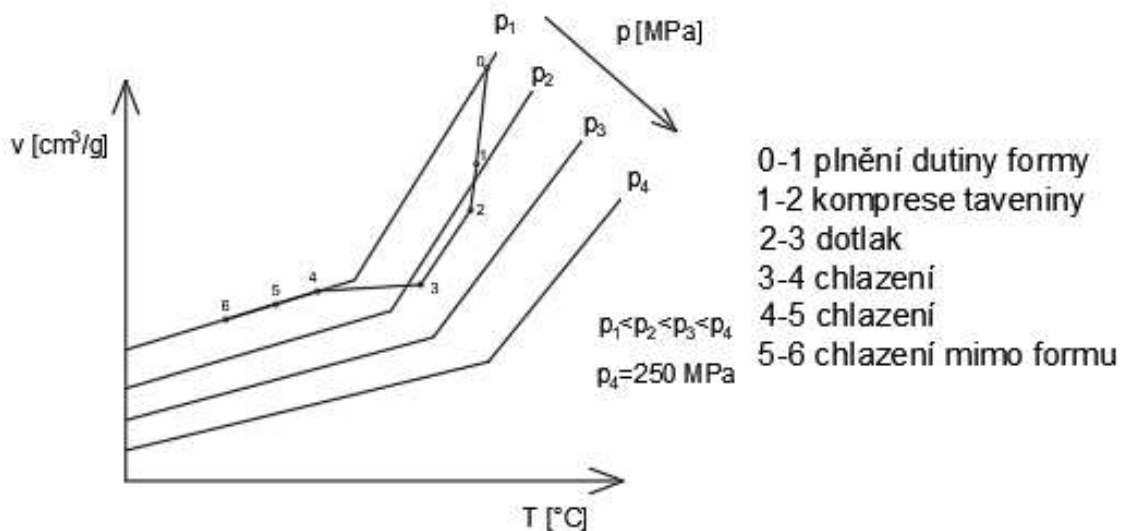


Obrázek 6 Průběh tlaku ve formě během vstřikovacího cyklu



### 1.2.4 Vstřikovací cyklus v diagramu p-vT

Jakmile je forma uzavřená tak dochází ke vstříknutí taveniny do dutiny formy pohybem šneku a dojde k prudkému nárůstu tlaku. Izotermické vstřikování se odehrává v bodě 0-1. Poté dochází ke kompresi taveniny na maximální hodnotu tlaku v bodě 2, kdy po zaplnění dutiny formy vstřikovací rychlost okamžitě poklesne. Po dosažení maximálního tlaku se vstřikovací tlak přepne na dotlak, který probíhá v bodě 2-3. Při chlazení v bodech 3-4 přestává působit tlaková složka a tím pádem dochází k poklesu tlaku na hodnotu zbytkového tlaku. Chlazení výstřiku v bodech 4-5 dochází při otevírání formy za působení temperačního media a okolního vzduchu. Poslední část chlazení výstřiku probíhá již mimo formu a k ustálení konečného tvaru výstřiku dochází až za 16–48 hodin od vyhození. [8]



Obrázek 7 Vstřikovací cyklus v diagramu p-vT pro amorfní termoplast

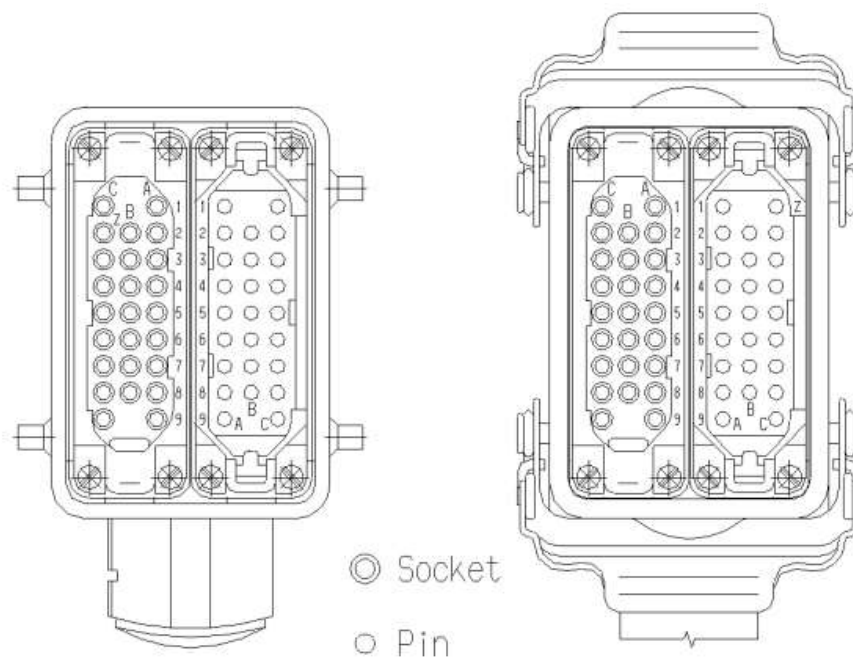
### 1.3 Propojení vstřikovacího stroje s automatizací

Obecně se propojení vstřikovacího stroje a automatizace řídí technickou normou Euromap 67 a Euromap 73.

#### 1.3.1 Norma Euromap 67

Tato norma definuje spojení mezi vstřikovacím strojem a manipulačním zařízením/robotem. Jejím účelem je zajistit vzájemnou zaměnitelnost. Kromě toho jsou uvedena doporučení pro úroveň signálního proudu a napětí.

Signály mezi vstřikovacím strojem a manipulačním zařízením/robotem jsou dány kontakty, např. kontakty relé, spínačů nebo polovodičů atd. Vytváření kontaktů je buď bezpotenciálové, nebo je spojeno s referenčním potenciálem přivedeným na kontakt zástrčky namontované na vstřikovacím stroji nebo manipulačním robotu. Propojení mezi vstřikovacím strojem a manipulačním zařízením se realizuje pomocí těchto dvou zástrček viz Obrázek 8. Ty by měly být schopné přenášet 250 V a 10 A. [9]



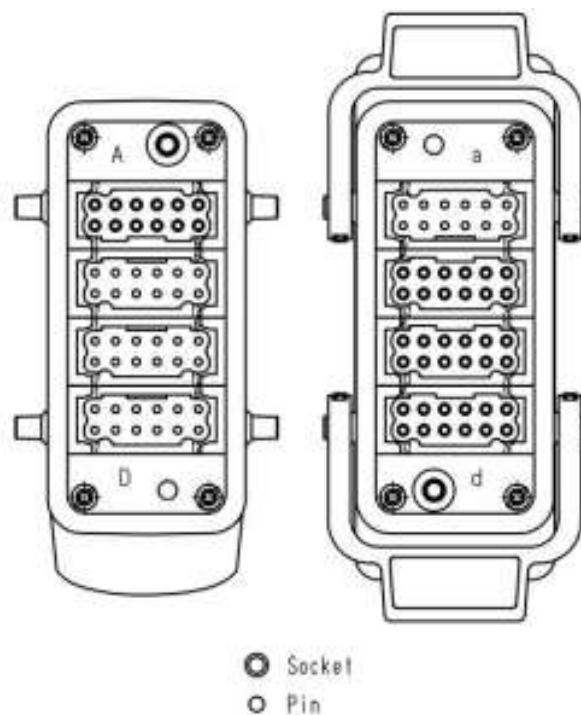
Obrázek 8 Zástrčka manipulačního zařízení a vstřikovacího stroje [9]

### 1.3.2 Norma Euromap 73

Tato norma definuje spojení mezi vstřikovacím strojem (IMM-injection moulding machine) a vnějším bezpečnostním zařízením, např. dveřmi v oplocení kolem vstřikovacího stroje, které brání přístupu do nebezpečných prostor zařízení.

Signály ve vstřikovacím stroji i v externím bezpečnostním zařízení jsou dány kontakty, např. kontakty relé, spínačů nebo polovodičů atd. Vytváření kontaktů je buď bezpotenciálové, nebo je spojeno s referenčním potenciálem přivedeným na kontakt zástrčky namontované na vstřikovacím stroji. Všechny signály, které nejsou volitelné, musí být podporovány vstřikovacím strojem a vnějšími bezpečnostními prvky.

Propojení mezi vstřikovacím strojem a externím bezpečnostním zařízením se uskutečňuje pomocí těchto dvou zástrček viz Obrázek 9. [10]



Obrázek 9 Zástrčka vnějšího bezpečnostního zařízení a vstřikovacího stroje [10]

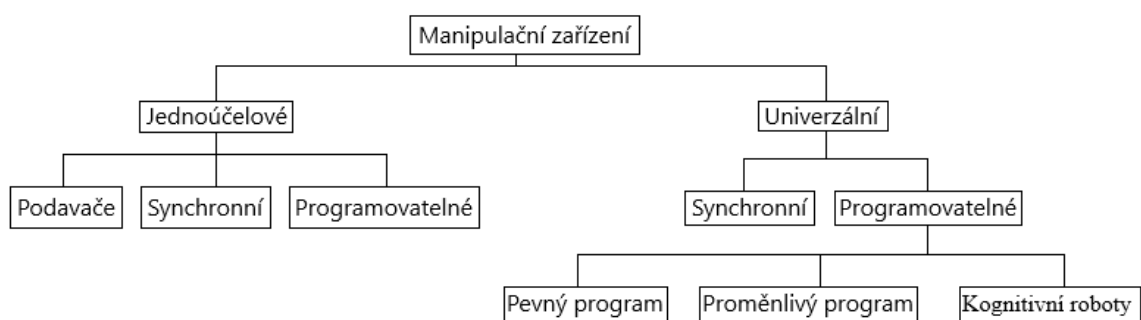
## 2 PRŮMYSLOVÁ ROBOTIZACE

Automatizace technologických procesů je potřeba chápat komplexně. Nelze ji zúžit pouze na vlastní stroj. Mimo jiné je zde možné uvažovat automatizovanou dopravu, kontrolu a měření, manipulaci s materiálem, výměnu nástrojů apod. Automatizaci lze řešit za pomoci jednoúčelových či univerzálních zařízení nebo jejich prvků, případně vhodnou kombinací těchto prvků.

Při řešení každého konkrétního případu je třeba se zabývat optimalizací řešení, a to nejen po stránce technické, ale i ekonomické. S tím souvisí např. přesnost výroby, rychlost dodávky určitého systému, energetická náročnost prostorové možnosti apod.

Robotizace průmyslových procesů nachází uplatnění zejména v hromadných výroбах, ale i ve výroбах malosériových a kusových. Je to významný činitel kultivace práce člověka, osvobozuje jej od fyzicky namáhavé a monotónní práce, umožňuje mu vymanit se ze zdravotně škodlivých a rizikových pracovišť.

Robotizace umožnila růst produktivity práce a otevírá nové možnosti přerozdělení pracovního fondu společnosti ve prospěch intelektuálního uplatnění lidí v tvůrčí práci a vytváření podmínek pro kvalitativně vyšší způsob života. Robotizaci lze uplatnit všude tam kde je práce spojená s vynakládáním značné fyzické námahy, práce v nezdravém prostředí i práce kladoucí vysoké nároky na svědomitost, pečlivost a bdělost pracovníka. Průmyslové roboty a manipulátory můžeme rozdělit podle funkce, provedení, aplikačních možností, míry autonomie, úrovně řízení atd. dle následujícího Obrázku 10. [11]



Obrázek 10 Členění robotů a manipulátorů

Mimo základní klasifikaci a členění podle koncepce můžeme dále jednotlivé druhy průmyslových robotů a manipulátorů blíže specifikovat podle jednotlivých charakteristických znaků, kterými se celá skupina dále větví na podskupiny od nejjednodušších jednoúčelových manipulátorů až po kognitivní roboty. [11]

## 2.1 3osé roboty

Jedná se o lineární průmyslové roboty tvořené kombinací několika lineárních os. Pomáhají uskutečňovat pohyby ve více rozměrech a používají se pro jednoduché úkoly jako polohování, automatizace a měřicí stanice. Jejich kovová konstrukce slouží jako rám a podpora pro zdvih při zatížení. Kartézské roboty se mohou pohybovat pouze v rozmezí daném jejich nosnou konstrukcí, která může být namontována buď horizontálně, nebo vertikálně. V určitých případech je možné narazit i na závěsné uchycení. Lineární roboty jsou k dispozici v mnoha designech, včetně linkových robotů, nízko-profilových lineárních robotů a pokojových lineárních robotů. Tyto roboty musí zaručovat flexibilitu při jakémkoliv požadavku na orientaci, zároveň tuhost celku a co nejmenší hmotnost chapadla, aby byla zajištěna co nejvyšší rychlost pohybu a celkově co nejlepší dynamika. [12, 13, 14]



Obrázek 11 Lineární 3osý robot Wittmann Battenfeld W9 [15]

## 2.2 6osé roboty

Při složitějších manipulacích se používají 6osé roboty se šesti stupni volnosti. Na rozdíl od tříosého robota, který umí pouze posuvný pohyb, zvládne tento robot posuvný i rotační pohyb v šesti osách. Pohybovat se tedy může dopředu a zpět, nahoru a dolů, ale zvládne také vybočovat do stran, naklánět se podélně a protáčet se. Právě tyto roboty patří mezi ty nejpoužívanější. Jejich využití je široké od rotačního frézování, vrtání, ořezávání, paletizace, obsluhy strojů až po svařování laserem a plasmou. Roboty mají rychlý a přesný dojezd, nabízí velkou výrobní kapacitu, snížení nákladů a slušnou ekonomickou životaschopnost. Moderní šestiosé roboty mají nízkou hmotnost a poměrně nízkou spotřebu energie. [14]



Obrázek 12 6osé roboty KUKA [16]

## 2.3 Vibrační dopravníky

Vibrační pohyb je jednou z nejúčinnějších metod dopravy zrnitých a pevných materiálů z jednoho místa na druhé. Vibrační dopravníky se široce uplatňují v mnoha technologických procesech zahrnujících gravitační dopravu, zpracování a dávkování granulovaných materiálů, doprava a polohování součástí, nebo dokonce dopravu kapalin. Z makroskopického hlediska je proces vibrační dopravy založen na opakujících se mikro-posunech částic dopravovaného materiálu.

Základní funkcí těchto typů dopravníků je využívat vibrační energii k působení statických a dynamických sil na agregované materiály a způsobit jejich pohyb po určené dráze. Dopravní plocha bývá obvykle hladký žlab s připojenými vibračními prvky, které vybudují podélné chvění. Díky tomuto působení může dopravovaný materiál vykonávat posuvný pohyb z jednoho konce dopravníku na druhý. [17, 18]

## 2.4 Vybrané typy vibračních dopravníků

### 2.4.1 Vibrační předzásobníky

Vibrační předzásobníky jsou určeny k průběžnému doplňování násypky kruhových podavačů, případně do vynášecích dopravníků. Tyto typy předzásobníků jsou vhodné pro doplňování dílů, které se do sebe vzájemně nezaplétají. Řízení a dávkování se provádí pomocí vhodných čidel, které snímají hladinu dílů v kruhovém zásobníku. Velikost a tvar násypky se vždy přizpůsobuje objemu a tvaru dopravovaných dílů, jejich hmotnosti a rozměrům, v případě zvolení vhodné velikosti a za určitých podmínek lze dosáhnout bezobslužného provozu na několik hodin a případně i po celou směnu. Plynulá elektronická regulace umožňuje plynulou regulaci dopravy dílů, popřípadě spuštění či zastavení dávkování. Předzásobníky jsou připevněny k základu stroje vždy na základě použitého typu lineárního pohonu. Může dojít k mírnému přenosu vibrací ze zásobníku do základu stroje. Násypky mohou být např. z nerezové oceli. Pro rozměrnější dílce se vyrábějí zásobníky o objemu kolem 20 ti litrů, pro malé dílce se velikosti mohou pohybovat kolem 100 litrů a více. [19, 20]



Obrázek 13 Vibrační předzásobník [21]

#### 2.4.2 Kruhové vibrační zásobníky

Vibrační kruhové zásobníky jsou určeny k plynulému podávání, orientaci a přesnému dávkování drobných dílů (spoj. materiál, víčka, výlisky z plastů, kovové díly apod.) Tyto dopravníky nejsou vhodné pro přepravu lepivých, vlhkých, jemných prachových dílů a materiálů, které mají sklon k tvorbě nálepků. Tyto zásobníky bývají vyráběny v široké škále tvarů a rozměrů od 120 mm do 1200 mm, vše se odvíjí podle dopravovaného dílce a specifických požadavků konkrétní aplikace. Nádoby zásobníků bývají zpravidla vyrobeny z oceli, ale mohou nastat i speciální případy kdy tyto nádoby mohou být vyrobeny z plastu, nebo eloxovaného hliníku. Vnitřky ocelových nádob mohou být, po dohodě se zákazníkem, vylepeny např. pryží, PVC, PUR materiálem apod. Možné jsou taktéž nástřiky různými hmotami. Zásobníky mohou být buďto levochodé nebo pravochoché s vyústěním tečně či kolmo na směr pohybu. [22]

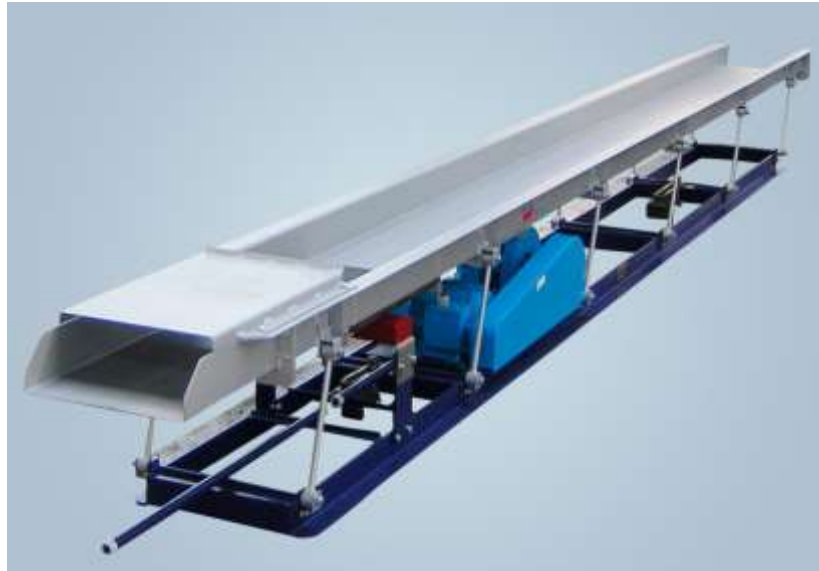




Obrázek 14 Kruhový vibrační zásobník [23]

### 2.4.3 Vibrační žlabové dopravníky

Vibrační žlabové dopravníky jsou určeny pro dopravu nejrůznějších tříděných a netříděných materiálů. Můžeme dopravovat suché a velice abrazivní materiály např. štěrk, písek, uhlí, kovy a kovové součásti. Typickým tvarem těchto dopravníků je žlab ve tvaru U. Dopravníky jsou větších rozměrů, a proto se hodí pro dopravu většího množství objemu, na šířku mohou dosahovat 2 metrů a více, délky těchto dopravníků dosahují kolem 7 metrů. Rozměry se odvíjí od požadavků zákazníka a dopravovaných materiálů či předmětů. Použitím několika dopravníků za sebou je možné vytvořit delší dopravní trasu. Materiál žlabů je opět konstrukční ocel, také mohou být použity nerezové oceli. Žlaby mohou mít buďto v provedení otevřeném, nebo uzavřeném s krytováním a hermetizací, tím docílíme bezprašného provozu. Žlaby mohou být vybaveny vnitřními přepážkami, což umožňuje dopravovat paralelně více druhů materiálu, nebo dělit tok do několika proudů. Abychom zajistili dlouhou životnost můžeme žlaby dopravníků vyložit materiály, které nám chrání styčné plochy dopravníku. Mohou to být např. otěruvzdorné plechy, keramická vyložení, vyložení čedičem, pryží, nebo plastem. Také zde můžeme použít ochranné nástříky (Solidur, PUR a další). [24, 25]



Obrázek 15 Vibrační žlabový dopravník [26]

#### 2.4.4 Lineární vibrační dopravníky

Lineární vibrační dopravníky bývají připojovány ke kruhovým zásobníkům, nebo deskovým dopravníkům. Jsou určeny k dopravě zorientovaných dílů do místa jejich odběru (pomocí např. ruky robota, manipulátoru), přeprava dílců na montážní linku, nebo dalšího technologického postupu. Další činností těchto dopravníků je separace špatně zorientovaných dílů, které vrací zpět do předzásobníku. Dopravník je složen z dopravní dráhy, která je přimontována na vibrační pohon a ten je umístěn na nosnou konstrukci. Dalším příslušenstvím je optický snímač, který kontroluje orientaci dílce, počet dílců a může spouštět celý vibrační systém v závislosti na zaplněnosti dráhy. Materiálem, ze kterého je dopravník vyroben je hliník, konstrukční nebo nerezová ocel. Povrchovou úpravou dosáhneme vyšší životnosti dráhy. Délka dráhy by měla být co nejkratší, aby byla zajištěna tuhost celého systému a došlo tak k efektivnímu přenosu vibračních sil. [27, 28]



Obrázek 16 Lineární vibrační dopravník [27]

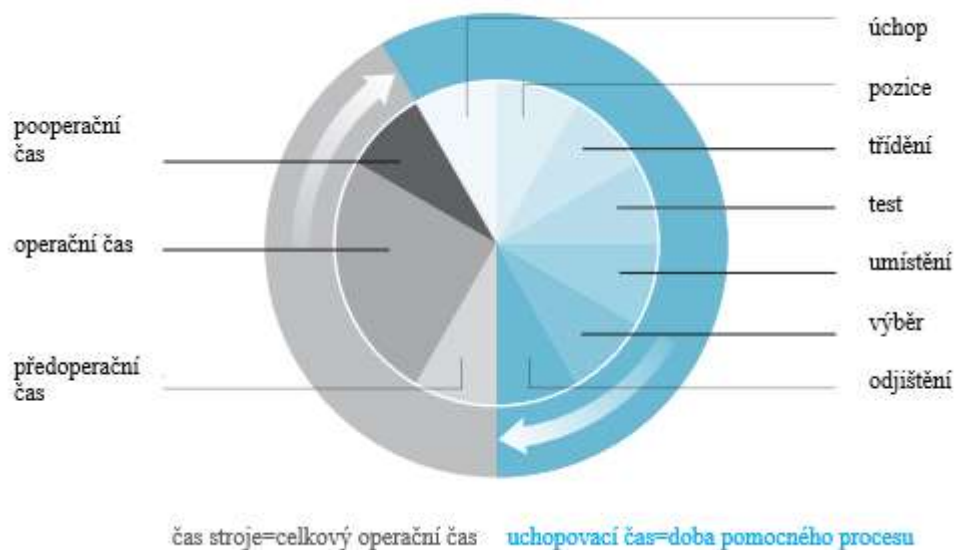
### 3 GRIPPERY

Lidské bytosti si lze jen stěží představit bez uchopování nebo přemísťování věcí v jejich okolí. Při manipulaci s předměty je možné poznat náš svět a posoudit předměty podle jejich objemu a hmotnosti. Během života vedou tyto zkušenosti ke stále dokonalejší a efektivnější manipulaci. Způsoby uchopování a přemísťování se nesmírně zdokonalily a jsou pro nás tak přirozené, že manipulaci lze považovat za samozřejmost.

Většina lidí získala bohaté praktické zkušenosti a dobře se vyzná v uchopování a přemísťování předmětů. Speciální dovednosti pro určité pohyby lze trénovat a optimalizovat. Od profesionálních "manuálních pracovníků" se obvykle vyžaduje, aby měli takové speciální dovednosti, které je odlišují od neškolených amatérů vysokou přesností, rychlým zpracováním a dobrou koordinací s příslušnými nástroji, což lze považovat za umění.

Všechny tyto poznatky z běžného života jsou využity při konstrukci a vývoji robotických gripperů, které díky tomuto mohou snadno a rychle manipulovat s předměty a součástmi. Technické systémy, jako jsou stroje, byly zkonstruovány, postaveny a dále vyvíjeny pro určitý pohybový vzor. Tato specializace vždy vedla k problému omezené provozní flexibility. Výrobci se proto pokouší integrovat elektronické řízení, nové materiály a senzory, aby zvýšili flexibilitu strojů, i když se potýkají s problémy, jak splnit požadavky pro všechny aplikace. Výsledkem jsou komplexní řešení, která kompromitují různé komponenty, jež jsou opět speciálními high-tech prvky, aby co nejlépe splňovaly požadavky jednotlivých aplikací. Roboty provádějící více než 100 a více manipulačních úkonů za minutu jsou dnes zcela běžné.

Již v 60. letech se manipulace s obrobky jako "neustálá ztráta času" dostala do centra výzkumu profesora Doležálka ve Stuttgartu v Německu. Z hlediska racionalizace byl kladen důraz na zamezení předoperačních a pooperačních časů při operacích na obráběcích strojích. Obsluha strojů měla být oddělena od času stráveného na stroji pomocí mechanických nebo automatizovaných systémů, zatímco doba manipulace měla být snížena na minimum. [29]



Obrázek 17 Čas stroje/doba manipulace [29]

### 3.1 Manipulační proces

Manipulační proces lze v podstatě charakterizovat počítáním obrobků přemístěných za jednotku času. Tato charakteristika však neurčuje množství technických požadavků pro dosažení požadované doby cyklu. Složité obrobky a rozmanité okolní podmínky mohou vytvářet různé manipulační úlohy do té míry, že se z jednoduché úlohy přemístění obrobků z bodu A do bodu B může stát extrémně složitý proces.

Z praktických zkušeností z automatizačních projektů je známo, že neočekávané technické a ekonomické problémy mají tendenci vznikat zejména tehdy, když manipulační proces a všechny jeho parametry nejsou dostatečně analyzovány a vyhodnoceny v počáteční fázi.

Úkol uchopení je určen především součástí, jejími vlastnostmi a stavem (poloha, ve které je umístěna).

Pohybová úloha je ovlivněna vlastnostmi kombinace obrobku a upínače. Kromě toho musí být splněna další kritéria úzce související s pohybem. Úkol uchopení a úkol pohybu jsou na sobě závislé. Pokud kombinace obrobku a chapadla váží příliš mnoho, pak se určitá pohybová úloha zvládne jen stěží nebo se nezvládne vůbec. Jak uchopovací, tak pohybová úloha podléhají stejným okolním podmínkám výrobního procesu, jako je vysoká/nízká teplota nebo drsné prostředí. [29]

## **3.2 Manipulační terminologie**

### **3.2.1 Flexibilita**

Je třeba rozlišovat všestrannost a pružnost přizpůsobení. Všestrannost je definována jako měřítko množství různých pracovních procesů, které lze měřit pro množství různých pracovních procesů, jež lze řídit výrobním systémem. Univerzálnost tedy vyjadřuje pravděpodobnost zvládnutí jakéhokoli výrobního úkolu v rámci definovaného rozsahu takových úkolů. Porovnávání univerzálnosti různých výrobních systémů má smysl pouze ve vztahu ke stejnému rozsahu vyráběných dílů.

Adaptační flexibilita definuje měření za určité časové období a náklady, které vznikají při přechodu z jednoho pracovního procesu do druhého v rámci výroby. [29]

### **3.2.2 Součástka**

Součást je zpravidla během zpracování podrobena fyzické manipulaci. Při přemísťování součástí se pozornost nezaměřuje na samotné opracování, ale na změnu polohy a orientace dílu. V této souvislosti se součást často nazývá manipulační objekt, synonymy jsou také pracovní objekty, výrobky. V dalším textu bude termín „díl“ používán bez ohledu na to, jak je součástka zpracovávána, přemísťována nebo orientována. [29]

### **3.2.3 Směs součástí**

Je třeba rozlišovat mezi jednotlivými součástmi, například takovou, která je bez dalších součástí v blízkosti, a mezi směsí součástí. Směs je definována, když jsou součásti přilehlé na jedné úrovni nebo když jsou naskládány na sebe. [29]

### **3.2.4 Nástroj**

Nástroje se používají k opracování součástí. Při manipulaci se obecně rozlišuje mezi manipulací s nástrojem a manipulací se součástí. [29]

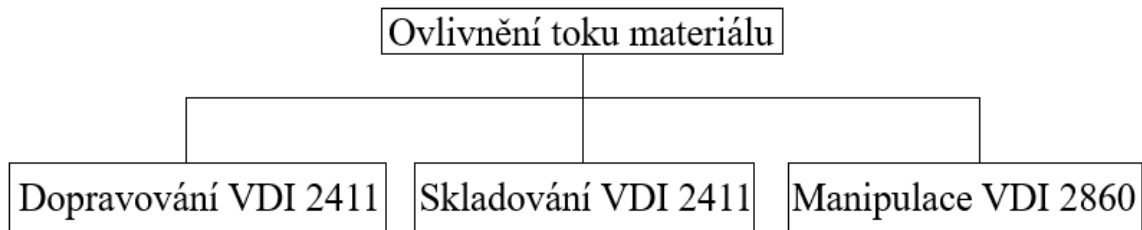
### **3.2.5 Nastavení**

Tento termín se používá v souvislosti s dostupností součástí. Díl je připraven, když je možné jej uchopit. [29]

### 3.2.6 Manipulace

Manipulací se rozumí vytvoření, definovaná změna nebo dočasné udržování předem nastaveného uspořádání geometricky definovaných těles v souřadnicovém systému. Další parametry, jako je čas, množství a dráha, mohou být předem nastaveny.

Manipulace je dílčí funkcí materiálového toku a je řazena na stejnou úroveň jako doprava nebo skladování. [29]



Obrázek 18 Efektivní tok materiálu [29]

### 3.2.7 Systém uchopovačů (gripperů)

Termín uchopovací systém označuje komplexní uchopovač (gripper), který se může skládat z několika podsystémů. Prvky přenosu síly ve formě jednoduchého prstu mohou být konfigurovány jako kompletní systém užitečného zatížení nebo koncový efektor schopný uchopit jeden nebo několik dílů.

V případě různých velikostí součástí, které vyžadují různé polohování koncových efektorů, jsou často nutné pohonné systémy (aktuátory) pro nastavení čelistí chapadla do správné polohy. Složité systémy chapadel vyžadují speciální řídicí systém, který nelze vždy integrovat do samotného chapadla. Sensorové systémy poskytují těmto řídicím systémům potřebné informace pro ovládání koncových efektorů. Dalším požadavkem na technologii chapadel jsou vhodné bezpečnostní systémy.

V důsledku toho mohou být vytvořeny zcela nezávislé systémy chapadel se značným dopadem na funkčnost celého výrobního procesu. [29]



Obrázek 19 Gripper [30]

### 3.3 Rozdělení gripperů

Chapadlo je mechanické nebo elektrické zařízení, které umožňuje manipulaci s předmětem. Nebo jinak řečeno, je to ovladatelná "ruka" stroje, která uchopuje a uvolňuje díly, které jsou automatizací přemísťovány. Existuje mnoho různých typů a velikostí chapadel určených k uchopení nejrůznějších dílů a materiálů.

Většina chapadel má přesné montážní plochy pro upevnění na míru navržených prstových nástrojů a také pro přesné upevnění chapadla na robotické rameno nebo jednotku "pick and place". Chapadla mohou být poháněna stlačeným vzduchem, vakuem nebo elektrinou. Výběrem nejvhodnějšího chapadla pro automatizační dojde k docílení co nejvyšší efektivity při přepravě dílce (zde hraje roli hlavně velikost součásti, hmotnost součásti, její tvar, materiál apod.). [31]

#### 3.3.1 Dvoučelist'ové chapadlo s paralelním pohybem

Jedná se o velmi jednoduchý chapadlový systém, který se používá v mnoha aplikacích. Pneumatické, elektrické a hydraulické verze se dodávají v různých velikostech, silách, hmotnostech a rozmezech zdvihu. Obvykle se používají při uchopování dílů za dvě rovnoběžné, rovné plochy. Mohou uchopit díl buď uzavíracím, nebo otevíracím pohybem chapadla. Existují také úhlové dvoučelist'ové chapadla s prsty otočnými o 90 stupňů, které se mohou zcela zasunout a poskytují dodatečnou vůli, která je výhodná pro určité aplikace. [31]





Obrázek 20 Dvoučelistový paralelní gripper [32]

### 3.3.2 Tříčelistové chapadlo

Toto zařízení, které je k dispozici také v paralelní a úhlové variantě, se běžně používá k odebírání dílů pomocí válcového povrchu. Tento typ chapadla má tři čelisti vzdálené od sebe po 120-ti stupních. Protože se pohybují ve shodě, kromě bezpečného uchopení "vycentrují" díl. Také může uchopit díl buď svým otevíracím, nebo uzavíracím pohybem. [31]



Obrázek 21 Tříčelistový gripper [33]

### 3.3.3 Měchové chapadlo

K uchopení válcových povrchů se používá také měchové chapadlo, které se dotýká dílu pomocí elastomerového měchýře. Ten se nafoukne stlačeným vzduchem, čímž se roztáhne a uchopí díl. Po uvolnění vzduchu se měchýř vyprázdní a upustí díl. [31]



Obrázek 22 Měchové chapadlo [34]

### 3.3.4 Kruhová chapadla

Tento nástroj na konci ramene je speciální zařízení určené k manipulaci s těsnicími O-kroužky. Podobně jako tříčelist'ové paralelní chapadlo má chapadlo na O-kroužky šest nebo osm prstů, které se radiálně roztahují a uchopí vnitřní průměr O-kroužku. Po roztažení může stroj umístit O-kroužek do drážky na konci válcové hřídele. [31]



Obrázek 23 Kruhové chapadlo [31]

### 3.3.5 Pružná koule plněná zrny

Robotické chapadlo v latexovém balónku naplněném zrním je umístěno na předmětu, který má být odebrán, pneumatický systém vysaje vzduch z balónku a změni konzistenci do „pevného tvaru“ a takto uchytí přepravovaný díl, aniž by ho poškodil. Díky své koncepci, jednoduchosti a všestrannosti může být použit pro úchop mnoha dílů. Později se objevily různé varianty v závislosti na předmětu, se kterým se bude manipulovat. Úchop je možné změnit výběrem jiného průměru balónku, nebo změnou jeho výplně. [35]



Obrázek 24 Pružná koule plněná zrny [36]

### 3.4 Firmy na trhu, které se zabývají uchopovací technikou

#### 3.4.1 Gimatic, Italy

Gimatic je Italská firma, která se specializuje na manipulaci s předměty, ale také na senzory, komponenty pro grippery, řešeními uchopování robotů a mechatronikou. Zabývají se také novou řadou vakuových výrobků. Konstrukční řešení gripperů této firmy se zabývá uchopením, umístěním, nebo vystředěním předmětu. V závislosti na systému mohou být chapadla buď pneumatická, nebo elektrická. Mají 1, 2 nebo 3 čelisti a jejich pohyb může být úhlový, radiální nebo paralelní. Další komponentou, kterou tato firma nabízí jsou rychloupínací zařízení, které používají k minimalizaci doby výměny nástrojů. Mají zabudované vzduchové kanály a modulární elektrické konektory. Jsou k dispozici v automatickém nebo ručním provedení. Dále rotační jednotky, jež se používají k dosažení rotačního pohybu pro různé účely, jako je naklápění, indexování nebo otáčení. Jejich vakuová divize se skládá z výrobků pro uchopování, manipulaci a držení předmětů (z kartonu, plastu, skla, dřeva, plechu a dalších) v automobilovém průmyslu, při výrobě obalů, potravin a nápojů, plechů, ve farmacii, zdravotnictví, elektronice, dřeva a skla. [37]

#### 3.4.2 Festo, Germany

Festo je Německá firma s širokým zaměřením na motory a servopohony, grippery, průmyslové roboty, vakuovou techniku, senzory, vizualizační systémy a jiné. Chapadla a uchopovací technika společnosti Festo nabízejí globální řešení pro širokou škálu manipulačních aplikací. Mechanická chapadla se pohybují uvnitř pomocí pohonu a převádějí pohyb pohonu na uchopovací pohyb čelistí chapadla prostřednictvím převodového poměru. Tento pohyb čelistí chapadla se označuje jako zdvih. V závislosti na zdvihu a uchopovací síle lze uchopovat obrobky různých velikostí. Dále nabízí měchové chapadlo Festo, což je velice šetrné a bezpečné vnitřní chapadlo. Zvětšením průměru měchu se užitečné zatížení upne do vnitřního obrysu. Chapadlo je vhodné pro uchopování a přepravu dílů s kruhovými otvory, jako jsou sklenice, poháry nebo láhve. K dispozici jsou dva různé materiály měchů: EPDM je vhodný pro vyšší zatížení, silikon pro vyšší teploty. Z robotů například nabízí kartézské a delta roboty, jedná se o vysokorychlostní průmyslový robotický systém s robotickými funkcemi pro volný pohyb ve třech rozměrech. [38]

### 3.4.3 Schunk, Germany

Schunk je Německá firma se zaměřením na uchopovací systémy a upínací techniku. Mezi uchopovacími systémy můžeme najít uchopovače schunk se spoustou typů gripperů, např. paralelní chapadlo, středící a úhlové chapadlo, magnetické uchopovadlo, 4prsté gripperly atd. Také zde nalezneme příslušenství robotů Schunk. Díky výměnným systémům SCHUNK, určeným pro průmyslové roboty, se zvýšením univerzálnosti, efektivity, času cyklů a spolehlivosti aplikací. Rychlá výměna chapadel, nástrojů a dalších efektorů pomocí automatických a manuálních systémů výměny.

Z upínací techniky jsou zde upínací čelisti soustružnických strojů, lunety, sklíčidla pro soustruhy, upínače nástrojů a upínací válce. Pro obráběcí centra nabízí elektromechanické, pneumatické a hydraulické upínací systémy. [39]

### 3.4.4 Zimmer Group, Germany

Zimmer group je Německá firma zabývající se komponenty určenými pro robotizaci jako jsou gripperly a jiné uchopovací systémy, které individuálně přizpůsobují požadavkům zákazníka. Firma nabízí okolo 3000 katalogizovaných produktů včetně robotického příslušenství, otočných jednotek atd. Dále se firma zabývá automatizací procesů, robotikou a procesními technologiemi. [40]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je navrhnout automatické prvky výrobní linky plechového dílce určeného k následnému zastříknutí ve vstříkovací formě. Tyto prvky jsou součástí linky, kde je plechový dílec napolohován a dopraven po dráze k přípravné stanici robota, která je součástí návrhu. Stanice má za úkol pomocí čidla ověřit správné na-polohování dílce a také je určena k zastavení pohybu vibračního dopravníku po dojezdu dílce na konec dráhy. Poté přípravná stanice za pomoci čelistí uchopí dílec a vyjede s ním vertikálním směrem do nejvyšší polohy. V tomto místě jej přebere chapadlo robota, jenž je také součástí konstrukčního návrhu. Následně robot chapadlem nejprve vyjme již zastříknuté dílce z formy vstříkovacího stroje a potom do formy zasune před-chystané dílce.

Pro konstrukční návrh funkčních pod-celků byly stanoveny tyto podmínky:

- Přípravná stanice bude tvořena stolem složeným z hliníkových profilů, upínací a odkládací desky, pohyblivými pneumatickými prvky, uchopovacími čelistmi, senzorem a konzolí, ke které bude připevněna dojezdová dráha vibračního dopravníku.
- Chapadlo robota bude tvořeno hlavním nosným prvkem všech součástí, pneumatickými prvky, čidly a párem dvou čelistí. První pár čelistí bude sloužit pro vyjmutí již zastříknutého dílce, součástí bude i pneumatická přísavka určená k přidržení studeného vtoku. Druhý pár čelistí bude uchopovat na-polohované dílce z přípravné stanice a následně je vkládat do vstříkovací formy.
- Zhodnocení obou navržených řešení.
- Konstrukční návrh obou funkčních pod-celků bude vytvořen ve formě 3D modelu v programu Autodesk Inventor Professional 2022.

## 5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH FUNKČNÍCH POD-CELKŮ AUTOMATICKÉ LINKY PRO PLASTOVÝ VÝROBEK

### 5.1 Posloupnost pracovních úkonů návrhu

#### 1. Fáze

Dílec je dopraven k přípravné stanici ve správné poloze, kterou zajistil vibrační dopravník. Jakmile dorazí na konec dráhy, nainstalované čidlo vydá impuls k pozastavení vibračního dopravníku a k uvedení chapadla přípravné stanice do pohybu.

#### 2. Fáze

Přípravní stanice se pohybuje ve vertikálním směru s čelistmi upevněnými na otočné jednotce. Stanice přebere dílec a vyveze jej směrem nahoru a napolohuje pro další manipulaci. Po odejmutí dílce z dráhy se opět uvádí v činnost vibrační dopravník.

#### 3. Fáze

Robot dostává impuls o nachystaném dílci a přebírá si jej do chapadla pomocí prvního páru čelistí. Robot takto vezme 2 předchystané dílce.

#### 4. Fáze

Chapadlo robota vjede do prostoru vstřikovacího stroje mezi levou a pravou stranu formy poté, co dostane impuls o konci předešlého zastříkování a otevření formy. Robot nejprve pomocí druhého páru čelistí vyjme již zastříknuté dílce a poté pomocí prvního páru čelistí opět zaplní dutinu formy dvěma nachystanými dílci.

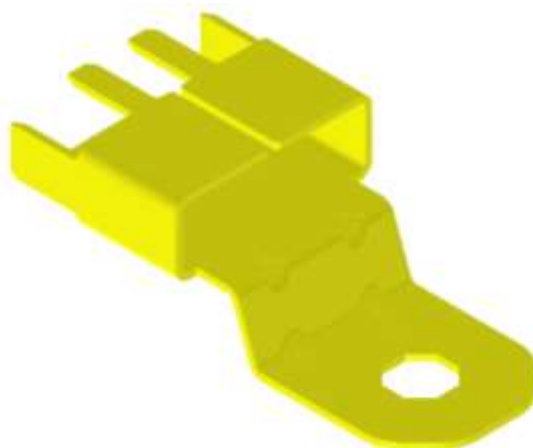
#### 5. Fáze

Vstřikovací stroj uzavře formu a začne plechový dílec zastříkovat polymerním materiálem. Robot mezitím uloží vyhotovené dílce do krabice, nebo položí na pásový dopravník, kterým dílec zamíří na další stanoviště. Poté robot převezme opět 2 předchystané plechové dílce do prvního páru čelistí. Celý proces se takto cyklicky opakuje.

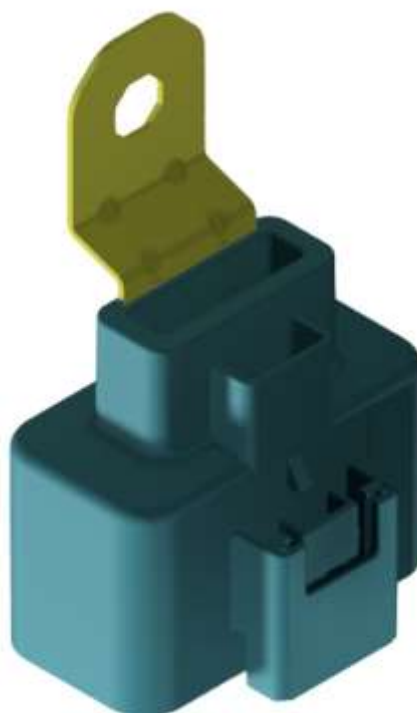
### 5.2 Zastříkovaný dílec

Jedná se o malý ohýbaný dílec z oceli DIN EN 10131, který se bude vkládat do formy vstřikovacího stroje s následným zastříkováním polymerním materiálem. Hmotnost samotného dílce je 8 g, jeho rozměry v ohnutém stavu jsou 45,5x15,5x22,8 mm s tloušťkou stěny 0,8 mm. Tento technický výrobek kombinuje výhody spojení kovových a plastových materiálů.





Obrázek 25 Zastříkovaný dílec



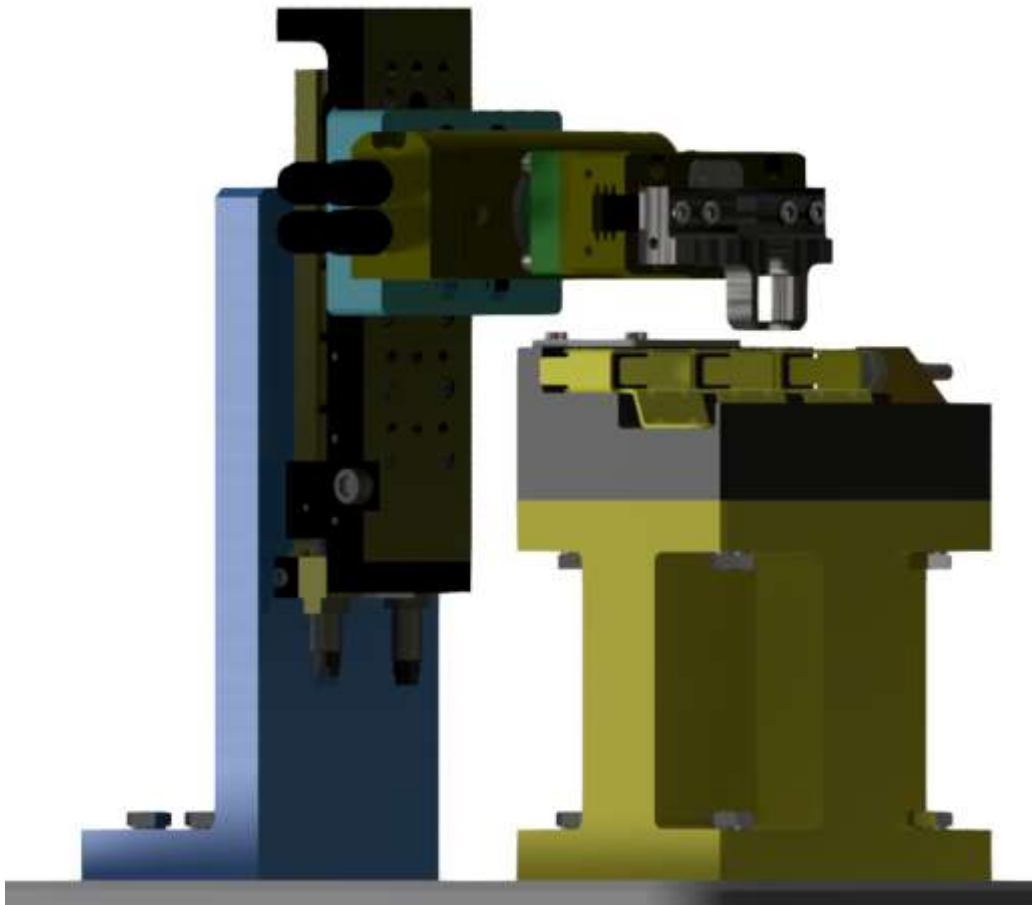
Obrázek 26 Zástřík

## 6 PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ

Podávací zařízení je součástí výrobní linky na zastříkování ohýbaného plechového dílce, slouží jako přípravná stanice robota pro lepší a snadnější úchop. Tomuto zařízení předchází vibrační dopravník, ve kterém se dílec určený k zastříkování správně napoložuje vlivem vibrací, foukaným vzduchem a konstrukcí jeho dráhy. Dílec dále pokračuje dráhou až k podávacímu zařízení. Základem je stůl tvořený rámovou konstrukcí pro snadnou manipulaci, dvěma deskami, z nichž jedna je použita k upnutí polohovacích dílců a konzole, která je koncovým prvkem dráhy dopravníku. Druhou desku je možno použít jako servisní pro potřeby revize, opravy nebo výměny některé z použitých součástí. V upínací desce jsou ke stojanu přišroubované jednotlivé pneumatické součástky, jež byly vybrány pro manipulaci s dílcem a následným podáním do chapadla robota.



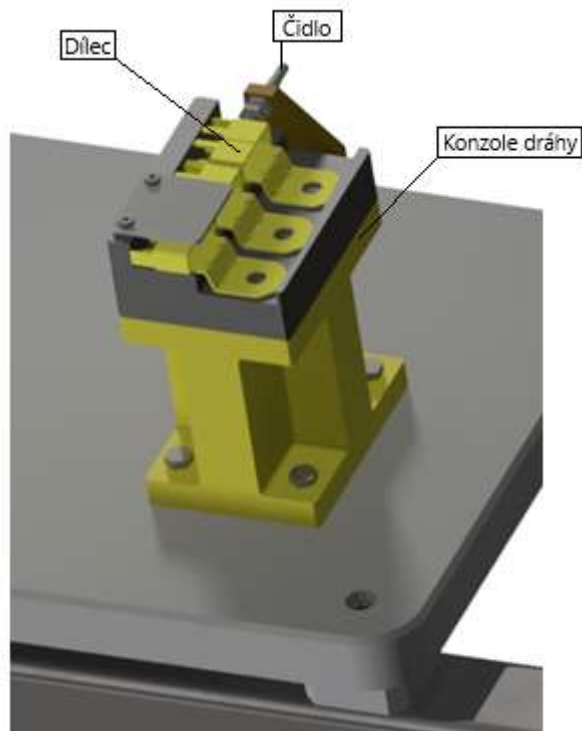
Obrázek 27 Podávací zařízení



Obrázek 28 Detail podávacího zařízení

## 6.1 Konzole dráhy vibračního dopravníku

Konzole dráhy vibračního dopravníku je koncovým prvkem polohování a dopravování dílce po dráze. Je složena z podstavy a konečné dráhy, která je opatřena malým plíškem, jež zabraňuje případnému vyskočení dopravovaného dílce z dráhy. Na konzoli je také přišroubované čidlo, které při dotyku dílcem vyšle signál do počítačem řízené jednotky, to zapříčiní pozastavení dopravy dalších dílců vibračním dopravníkem a zde začíná uchopovací práce přípravné stanice.



Obrázek 29 Konzole dráhy vibračního dopravníku

## 6.2 Lineární pneumatický modul CLM 10 - H048, SCHUNK

Jedná se o lineární modul s optimalizovanou délkou, s pneumatickým pohonem a předpjatými křížovými válečkovými ložisky. Používá se hlavně v montážní automatizaci např. jako řešení „pick and place“. Horní část posuvníku se pohybuje lineárně ven a dovnitř, Pohonem je píst ovládaný stlačeným vzduchem. Vysoká únosnost ve všech směrech vkládání. Modul je připevněn na stojanu stolu a slouží pro vertikální pohyb s manipulačními členy, aby bylo zajištěno co nejhladší a nejrychlejší předání dílce do chapadla robota. [41]

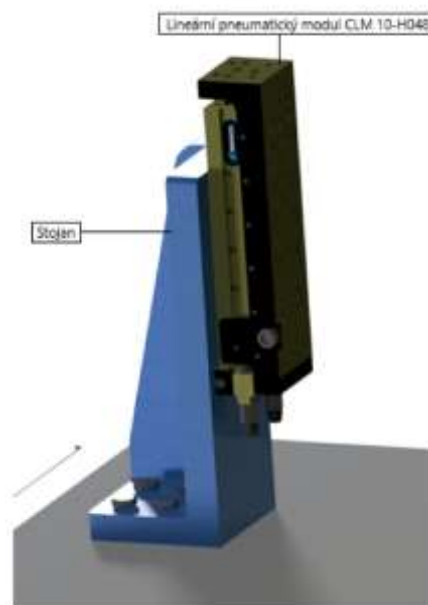


Obrázek 30 Průřez pneumatickým modulem CLM 10 H048

1- vedení křížové kladky, 2- pohon, 3- vzor montáže, 4- nastavení tlumící funkce [41]

Tabulka 1 Vybrané parametry pneumatického modulu [41]

Zdvih [mm]	48
Uzavírací síla [N]	39
Opakovatelná přesnost [mm]	0,01
Průměr pístu [mm]	10
Min. provozní tlak [bar]	3
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Spotřeba média/zdvih 10 mm [cm <sup>3</sup> ]	0,78
Max. pracovní teplota [°C]	60
Max. axiální síla [N]	89



Obrázek 31 Lineární pneumatický modul CLM 10 - H048

### 6.3 Otočná jednotka SRU 8,2-H, SCHUNK

Je to lehká a rychlá miniaturní otočná jednotka, která je vhodná do čistého až lehce znečištěného prostředí, či do provozů vyžadujících rychlé cykly. Jednotka obsahuje hydraulické tlumiče nárazů, pneumatickou jednotkou, kde vlivem vyvíjeného tlaku dochází k přímočarému pohybu čel dvou pneumatických pístů, které přes ozubení po stranách otáčí pastorkem. Úhel rotace tohoto zařízení je 180° s vysokou přesností opakování. Otočná jednotka je spojena s lineárním pneumatickým modulem CLM 10 H048 přes mezidesku, aby bylo zajištěno prodloužení uchopovacího ramene. Tato jednotka zde zastává funkci optimalizační, možnost natočení dílce do pohodlnější polohy pro lepší, snadnější a rychlejší úchop chapadla robota zajistí zkrácení manipulačního cyklu. [42]

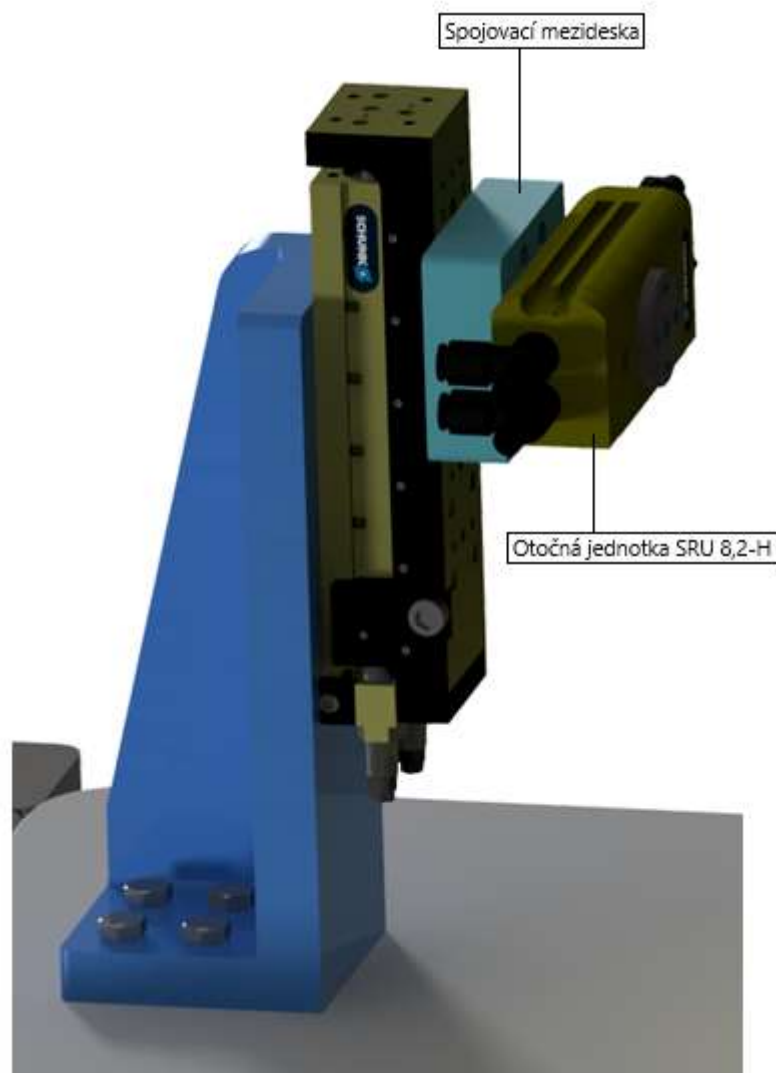


Obrázek 32 Průřez otočnou jednotkou SRU 8,2-H

1- tlumení, 2- ložisko, 3- pouzdro, 4- koncová poloha, 5- kinematika [42]

Tabulka 2 Vybrané parametry otočné jednotky [42]

Verze	s tvrdým tlumičem
Úhel rotace [°]	180
Opakovatelná přesnost [°]	0,07
Tlumení koncové polohy	hydraulický tlumič
Min. provozní tlak [bar]	3
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Krouticí moment [Nm]	0,2
Max. pracovní teplota [°C]	60
Max. axiální síla [N]	255



Obrázek 33 Otočná jednotka SRU 8,2 - H

#### 6.4 Univerzální chapadlo PGN plus P 40, SCHUNK

Univerzální dvouprsté paralelní chapadlo s trvalým mazáním, velkou uchopovací silou a vysokými maximálními momenty vlivem používání vícezubového vedení. Jedná se o pneumatický uchopovač pro manipulaci s dílci v čistých až mírně znečištěných prostředích. Posun čelistí je zajištěn pohybem pístu nahoru a dolů působení stlačeného vzduchu. Úhlové aktivní plochy klínového háku vytvářejí synchronizovaný, paralelní pohyb čelistí. Rychlá uzavírací/otevírací doba s vysokou přesností opakování. Je spojeno přes otočnou mezidesku s otočnou jednotkou SRU 8,2-H, tím je zajištěno potřebné prodloužení ramene podávacího zařízení. [43]

Tabulka 3 Vybrané parametry chapadla [43]

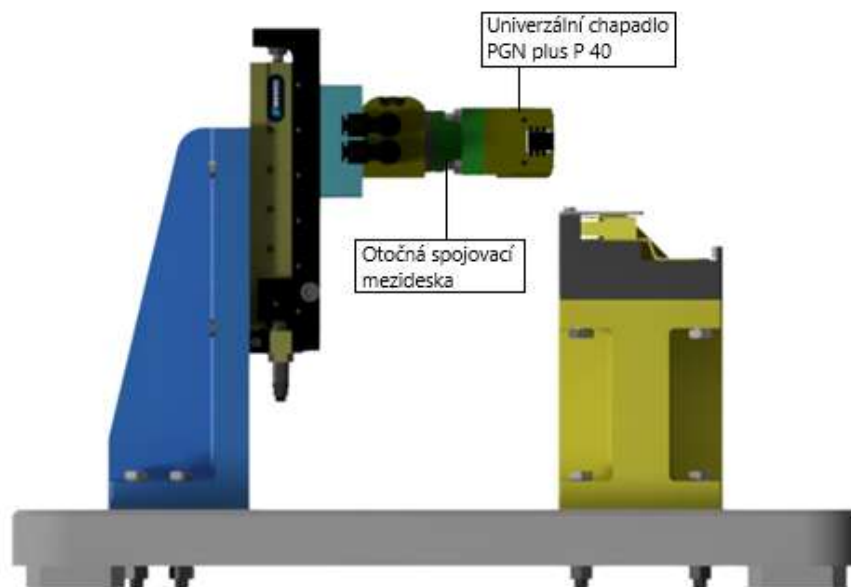
Zdvih na jednu čelist [mm]	2,5
Uzavírací síla [N]	180
Spotřeba média u dvojitého zdvihu [cm <sup>3</sup> ]	4
Min. provozní tlak [bar]	2,5
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Opakovatelná přesnost [mm]	0,01
Max. pracovní teplota [°C]	90
Max. axiální síla [N]	650



Obrázek 34 Průřez chapadlem PGN plus P 40

1- více-zubé vedení, 2- základní čelist, 3- držáky pro snímače, 4- pouzdro, 5- středící a montážní možnosti, 6- konstrukce klínového háku, 7- píst [43]

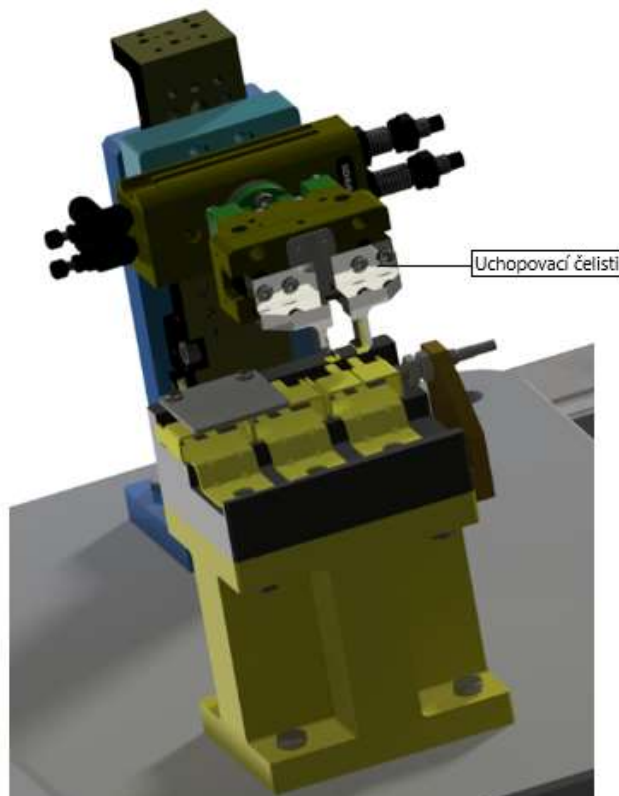




Obrázek 35 Univerzální chapadlo PGN plus P 40

## 6.5 Uchopovací čelisti

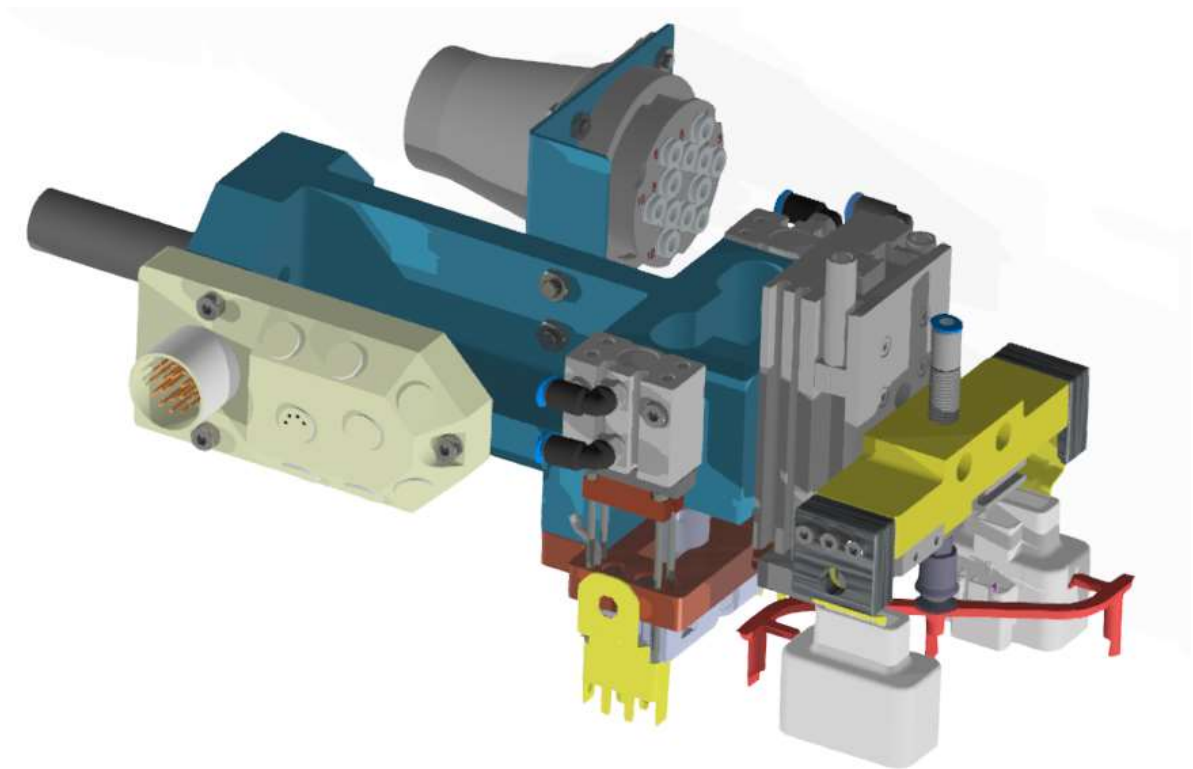
Uchopovací čelisti byly navrženy dle dílce určeného k přenosu. Jsou namontovány na univerzálním chapadle PGN plus P 40. Materiál čelistí je nerezová ocel DIN 1.4016.



Obrázek 36 Uchopovací čelisti

## 7 CHAPADLO ROBOTA

Chapadlo robota je součástí výrobní linky na zastříkování ohýbaného plechového dílce, je součástí ramene robota, které je zařazeno hned za podávacím zařízením. Gripper je tvořen hlavním nosným prvkem (tělem chapadla) pneumatických součástí a signálového rozvaděče. Chapadlo obsahuje dva páry čelistí a každý pár má odlišnou funkci. Úkolem robota je převzít z přípravné stanice 2 napolohované dílce prvním párem čelistí, tyto dílce robot vkládá do vstříkovací formy vstříkovacího stroje. Aby tohle bylo možné je nutné nejprve z formy vyjmout již zastříknuté dílce, dále jen zástříky. K tomu je určen druhý pár čelistí. Kromě tohoto chytu je zde ještě pneumatický přidržovač studeného vtokového systému. Zástříky chapadlo uloží do skladovací bedny, nebo je položí na pásový dopravník a tím dojde k přesunu na další pracoviště.

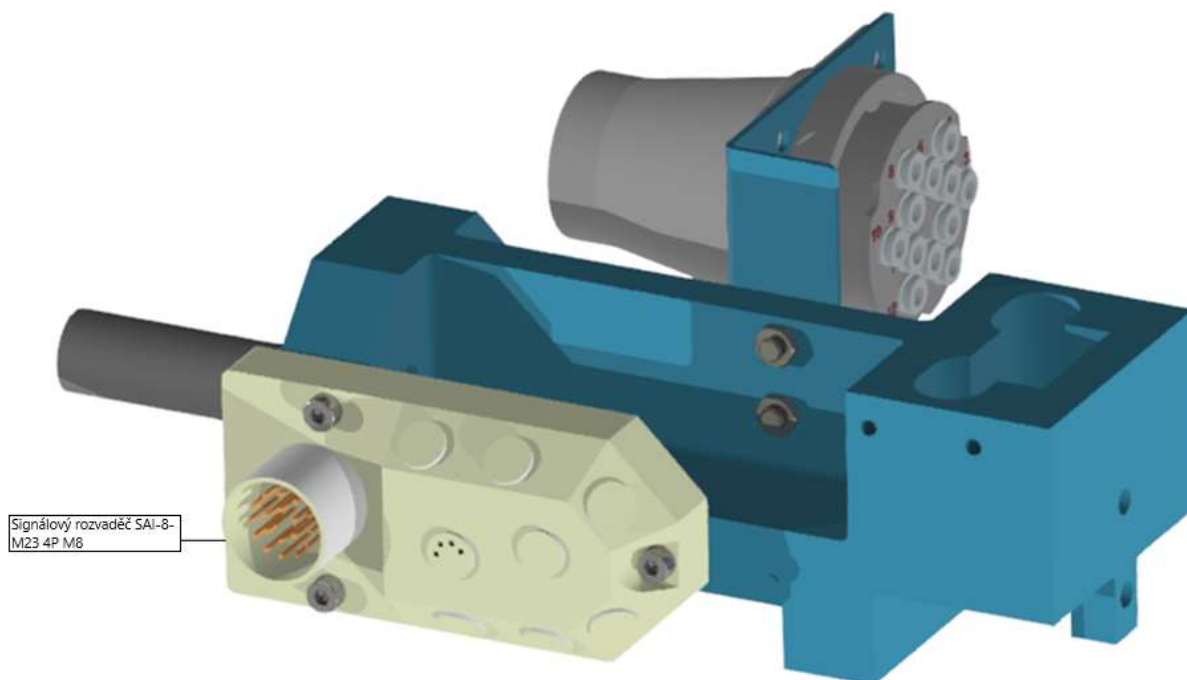


Obrázek 37 Chapadlo robota

### 7.1 Signálový rozvaděč SAI - 8 - M23 4P M8

Pasivní rozvaděče, tzv. systémy senzor-aktor, se používají ve všech oblastech průmyslové automatizace. Fungují jako sběrače signálů ze senzorů nebo jako rozvaděče signálů z aktorů. Všechny signály jsou připojeny k řídicí jednotce pomocí jednoho kabelu. Pasivní rozvaděče

řady M8 jsou dobré pro získávání rychlých a ucelených informací mimo centrální rozvaděč, díky modulům s nakloněnými zásuvkami M8 zajišťují nejlepší možný přístup. [44]



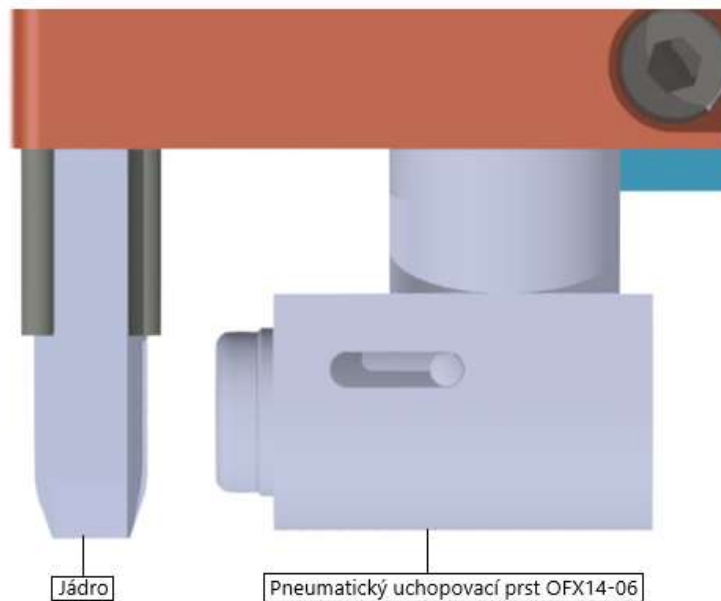
Obrázek 38 Signálový rozvaděč SAI – 8 - M23 4P M8

## 7.2 Jádru nezastríknutého dílce a pneumatický uchopovací prst OFX14-06, GIMATIC

Robot při přebírání plechového dílce z přípravné stanice nasune jádro do otvoru dílu, poté jej na jádro přitlačí pneumatický uchopovací prst, který je tvořen pohyblivým pístem, na jehož čele je pryžová styková podložka, aby nedošlo k podřetí dílce, nebo samotného prstu. Tímto se zafixuje poloha přepravovaného dílce ke vstřikovací formě. Těsně před zasunutím dílce do formy vstřikovacího stroje prst dílec uvolní odjetím pístu zpět, dílec zůstane na jádře. [45]

Tabulka 4 Vybrané parametry uchopovacího prstu [45]

Přítlačná síla [N]	13-63
Zdvih [mm]	6
Hmotnost [g]	30
Přítlačná podložka	Pryž (NR)



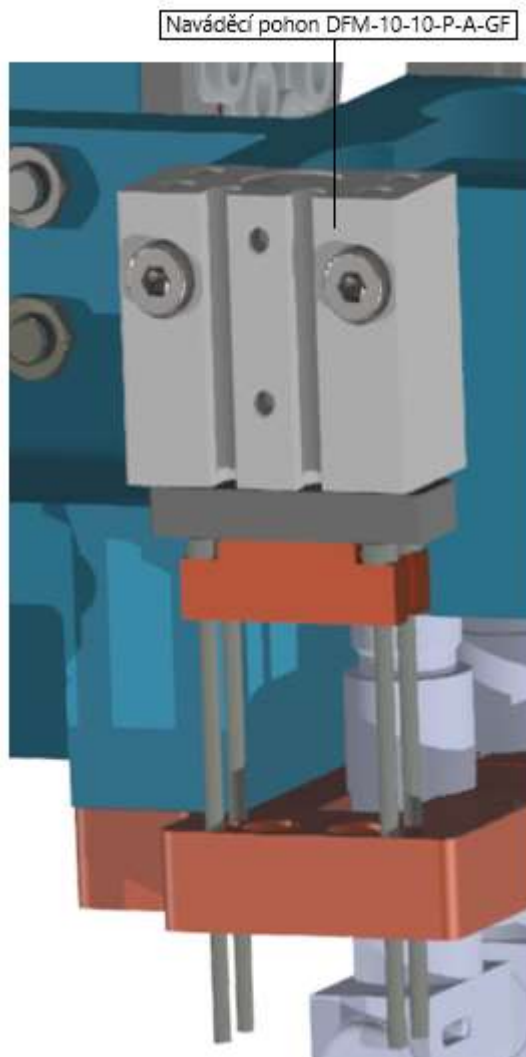
Obrázek 39 Jádro nezastříknutého dílce a pneumatický uchopovací prst OFX14-06 [45]

### 7.3 Naváděcí pohon DFM – 10-10-P-A GF, FESTO

Jedná se o pneumatickou součástku, která započiná svou činnost po přemístění chapadla robotem k formě vstřikovacího stroje a po uvolnění dílce od přitlačné síly pneumatického uchopovacího prstu. Součástka je tvořena dvojčinným pneumatickým válcem řady DFM s vedeným pohonem a pružnou tlumící deskou pro snížení hlučnosti při provozu a zvýšení životnosti. Na tělese jsou integrované štěrbiný umožňující zabudování bezkontaktního senzoru pro měření lineárního pohybu pístu. Do pohyblivé desky pohonu byla nainstalována vodící destička s válcovými vyhazovači Z40\_2x50 od firmy HASCO, při pohybu desky vpřed začnou vyhazovače tlačít na dílec nasunutý na jádře chapadla, tím se zapříčiní jeho sesouvání z jádra chapadla robota a dojde k nasouvání dílce na jádro vstřikovací formy. Po zasunutí dílců do formy se chapadlo navrácí k přípravné stanici, kde si přichystá další dílce pro vložení. [46]

Tabulka 5 Vybrané parametry naváděcího pohonu [46]

Zdvih [mm]	10
Teoretická síla při 6ti bar, výsuvná [N]	68
Min. provozní tlak [bar]	1,5
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Max. pracovní rychlost [m/s]	1,7
Max. teplota [°C]	60



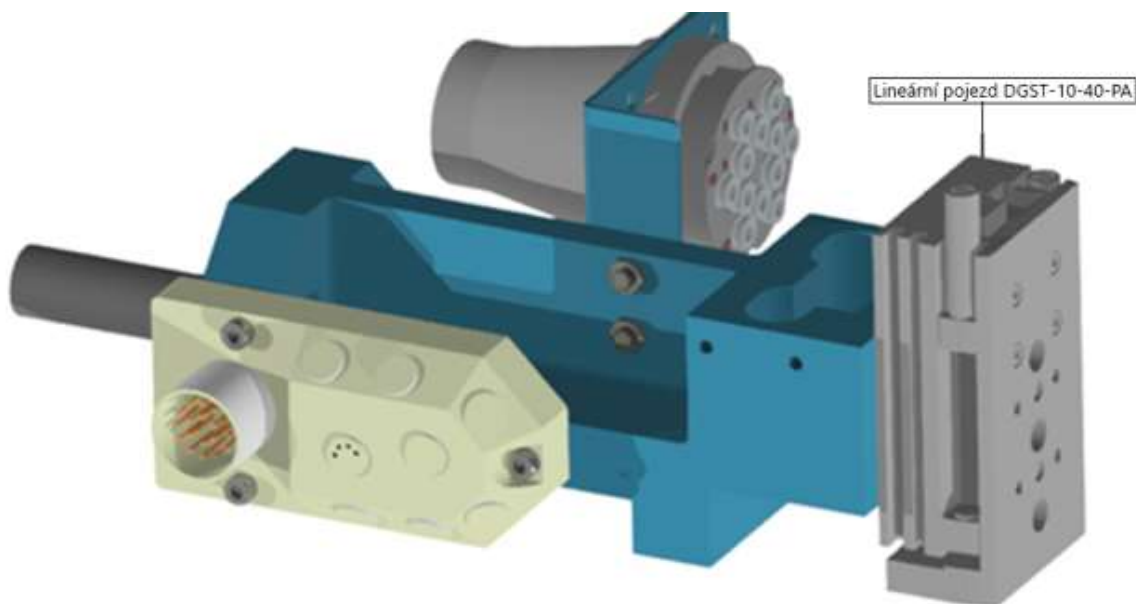
Obrázek 40 Naváděcí pohon DFM-10-10-P-A-GF

#### 7.4 Lineární pojezd DGST-10-40-PA, FESTO

Lineární pojezd je dvojčinný miniaturní posuvný ovladač řady DGST s elastickým tlumením na obou koncích a s možností nastavení koncové polohy pomocí polohového snímače. Tento prvek zajišťuje posuvný vertikální pohyb neseným součástí pro lepší a dostupnější manipulaci. Prvek zajišťuje pohyb čelistem, které uchopují již zastříknuté dílce. [47]

Tabulka 6 Vybrané parametry lineárního pojedu

Zdvih [mm]	40
Min. provozní tlak [bar]	1
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Opakovatelná přesnost [mm]	$\leq 0,3$
Max. pracovní teplota [°C]	60
Max. rychlost [m/s]	0,8



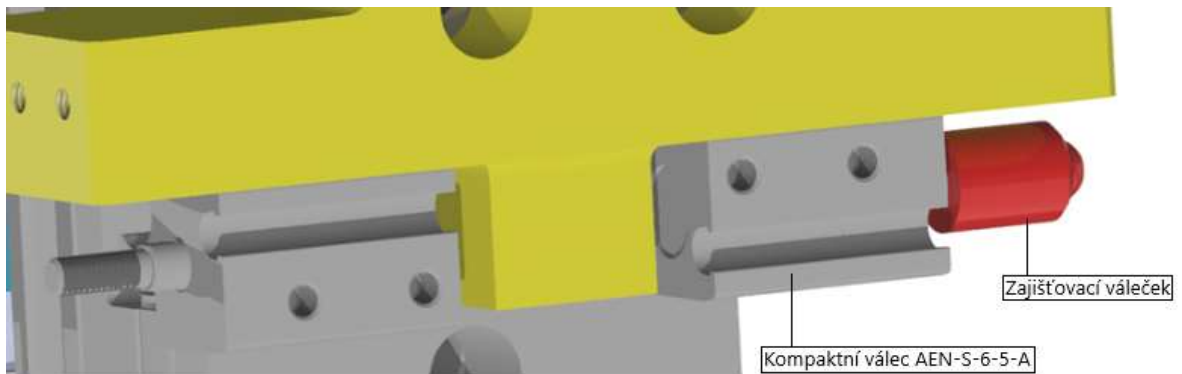
Obrázek 41 Lineární pojezd DGST – 10–40 - PA

## 7.5 Kompaktní válec AEN-S-6-5-A, FESTO

Kompaktní válec řady AEN má jednočinný ovladač se snímáním polohy a vnějším závitem pístní tyče. Tento prvek přidržuje zastříknutý dílec v uchopovací čelisti robota. Jakmile robot dostane signál o konci vstřikování a otevření formy, najede do volného prostoru mezi levou a pravou stranou vstřikovací formy a nasune čelisti na výstřik, poté kompaktní válec, opatřený zajišťovacím válečkem na závitové pístní tyči, vyjede a zajistí tak polohu výstřiku v čelisti. [48]

Tabulka 7 Vybrané parametry kompaktního válce

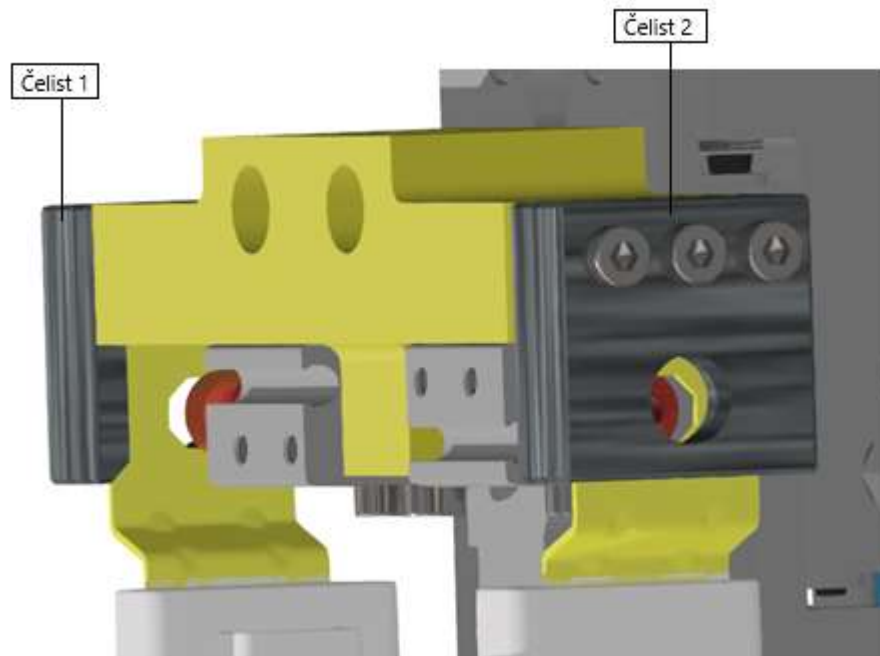
Zdvih [mm]	5
Min. provozní tlak [bar]	2,5
Max. provozní tlak [bar]	8
Jmenovitý provozní tlak [bar]	6
Max. pracovní teplota [°C]	60



Obrázek 42 Kompaktní válec AEN-S-6-5-A

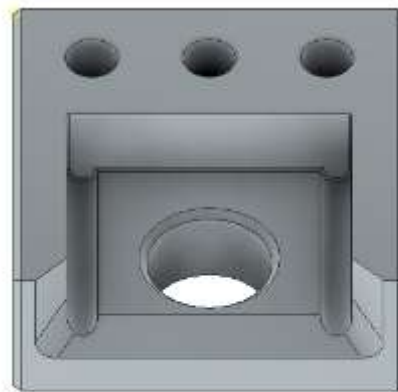
## 7.6 Čelist zastříknutého dílce

Tento pár čelistí byl zkonstruován jako násuvný modul pro konec již zastříknutého dílce. Robot nasune chapadlo na dílec a jeho poloha v čelisti se zajistí pomocí kompaktního válce AEN-S-6-5-A od firmy FESTO s nainstalovaným zajišťovacím válečkem. Materiál čelistí je nerezová ocel DIN 1.4016.



Obrázek 43 Čelist zastříknutého dílce-sestava

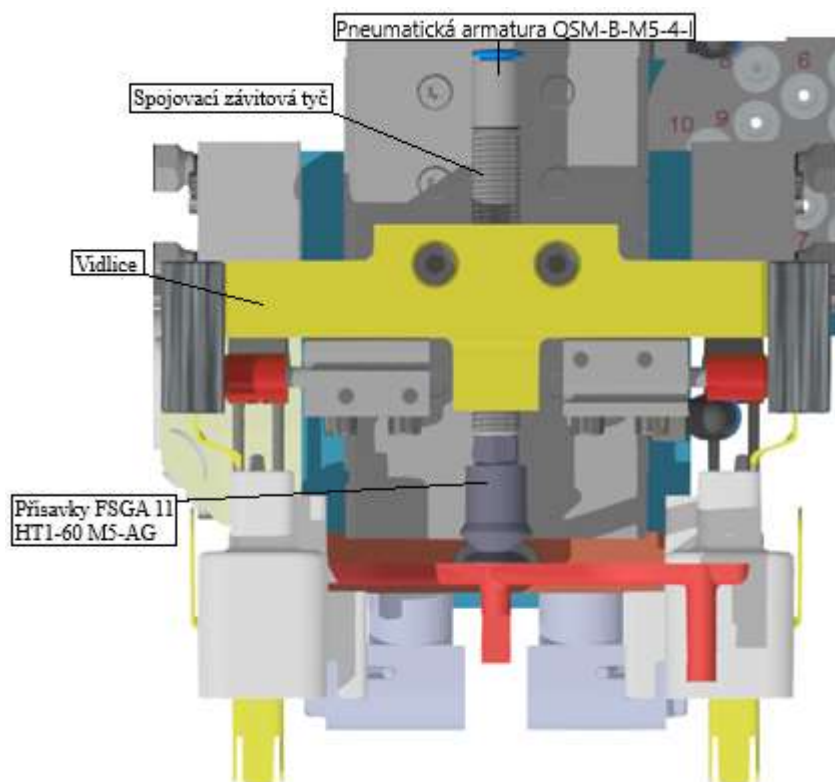




Obrázek 44 Čelist zastříknutého dílce

## 7.7 Přidržovač vtoku

Přidržovač vtoku je složen ze třech hlavních součástí, a to z pneumatické armatury QSM-B-M5-4-I od firmy FESTO, nastavné připojovací závitové duté tyče a z přísavky FSGA 11 HT1-60 M5-AG od firmy SCHMALZ. Při nasouvání čelistí dojde i k uchycení studeného vtoku pomocí pneumatické přísavky, její správná poloha je zajištěna našroubováním spojovací závitové tyče do těla vidlice, která nese prvky chapadla.



Obrázek 45 Přidržovač vtoku



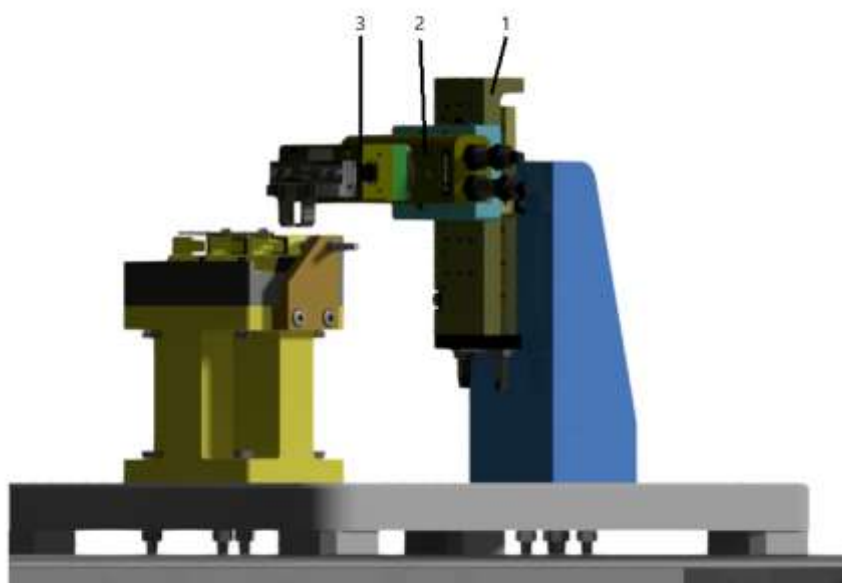
## 8 ZHODNOCENÍ NÁVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout funkční pod-celky automatické linky pro plastový výrobek. Výsledkem práce je konstrukční návrh podávacího zařízení a manipulačního chapadla robota.

Podávací zařízení je koncovým prvkem dráhy vibračního dopravníku. Aby mohla být dráha napojená přímo na toto zařízení tak byla navržena svařovaná nosná stolová konstrukce z hliníkových profilů, která je opatřena dvěma deskami, jedna je použita pro upnutí podávacího zařízení, druhá jako servisní pro potřeby techniků. Upínací deska je opatřena stojanem, k němu už jsou namontovány jednotlivé prvky podávacího zařízení, které jsou tvořeny pneumatickými součástmi od firmy SCHUNK. Jednou z hlavních součástí je lineární modul pohybující se vertikálním směrem, další důležitou součástí je otočná jednotka s rotací o 180°, která umožňuje napolohování univerzálního chapadla připojeného přes rotační mezidesku k otočné jednotce. Posledními důležitými součástmi jsou 2 uchopovací čelisti vytvořené pro tento konkrétní případ.

Tabulka 8 Pneumatické prvky podávacího zařízení

Název součásti	Označení/Výrobce	Pozice
Lineární pneumatický modul	CLM 10-H048/SCHUNK	1
Otočná jednotka	SRU 8,2-H/SCHUNK	2
Univerzální chapadlo	PGN plus P 40/SCHUNK	3

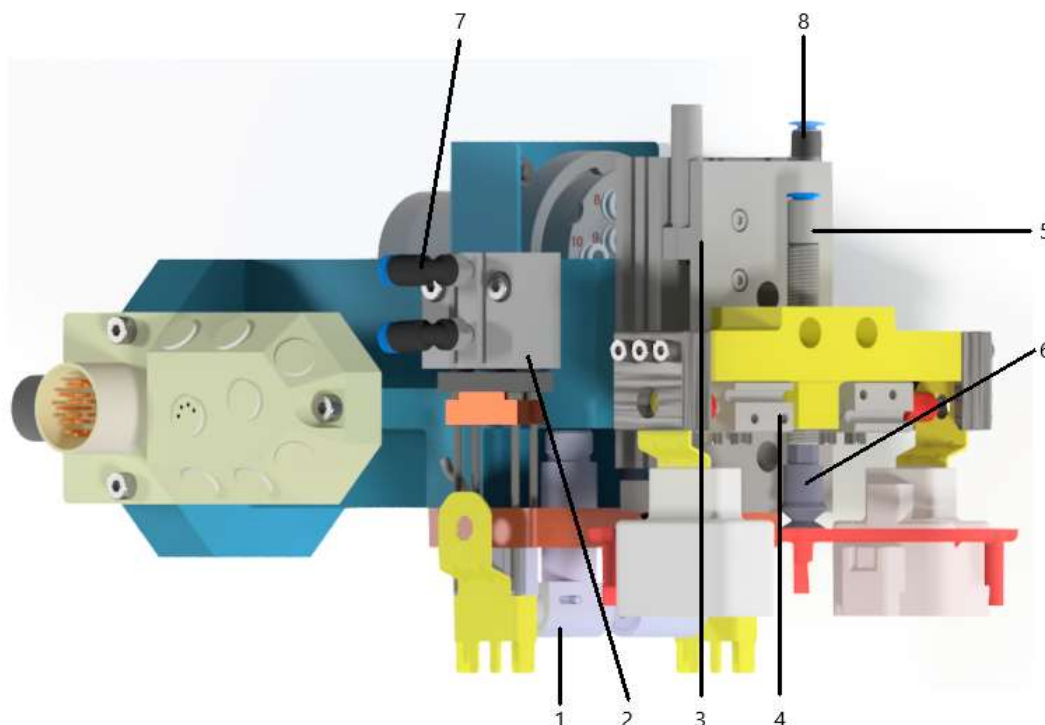


Obrázek 46 Podávací zařízení

Chapadlo robota přebírá napolohovanou součást z podávacího zařízení. Tak jako podávací zařízení bylo chapadlo řešeno použitím pneumatických prvků převážně od firmy FESTO. Toto chapadlo nejenom zakládá přichystaný plechový dílec do formy, ale také odebírá již zastříknutý a vyhotovený dílec z dutiny formy, proto je chapadlo opatřeno dvěma odlišnými páry čelistí. První pár byl nainstalován přímo na nosné tělo chapadla a druhý pár na spojovací prvky lineárního pojezdu. Druhý pár čelistí byl mimo jiné opatřen přidržovačem vtoku, který je tvořen prostou přísavkou a tím dosáhnout přesnější manipulace při ukládání zastříknutého výrobku do krabice.

Tabulka 9 Pneumatické prvky chapadla

Název součásti	Označení/Výrobce	Pozice
Pneumatický uchopovací prst	OFX14-06/GIMATIC	1
Naváděcí pohon	DFM-10-10-P-A GF/FESTO	2
Lineární pojezd	DGST-10-40-PA/FESTO	3
Kompaktní válec	AEN-S-6-5-A/FESTO	4
Pneumatická armatura	QSM-B-M5-4-I/FESTO	5
Přísavka	FSGA 11 HT1-60 M5-AG/SCHMALZ	6
Pneumatická armatura	QSML-M3-4/FESTO	7
Pneumatická armatura	QSML-M5-4/FESTO	8



Obrázek 47 Chapadlo robota

Oba tyto prvky mají za úkol nahradit manipulaci člověka se součástmi a jejich zakládání a následné odebírání tímto automatizačním procesem. Dojde k dosažení lepších operačních časů díky rychlým a přesným pohybům pneumatických komponent a přesnému načasování po sobě jdoucích kroků.

## 9 DISKUZE VÝSLEDKŮ

### 9.1 Podávací zařízení

Pro tento případ byly využity vyráběné pneumatické součástky, které jsou přiměřeně nadimenzované přepravovanému dílci. Díl je malých rozměrů a nízké hmotnosti. Součásti vykonávají pohyby, které jsou nutné pro přípravu dílců robotickému chapadlu. Jedná se o pohyb ve vertikálním směru díky lineárnímu pneumatickému modulu a rotační pohyb pro polohování univerzálního chapadla. Nebylo zde třeba složitějšího řešení.

### 9.2 Chapadlo robota

Jedná se o složitější případ jak úchopu, tak samotného zakládání dílce do dutiny formy a pak následného vyjmutí výrobku. Zde byly zvoleny pneumatické součástky, které slouží jako podpůrné uchopovací prvky, ale samostatně by nebylo možné je využít. Prvky byly vybrány na základě přepravovaného dílce a požadavků potřebných pro další operaci. U přebírání dílce uplatní své využití pneumatický uchopovací prst, který dílec, po nasunutí na jádro, přidrží pro další manipulaci, aby nedošlo k jeho uvolnění či spadnutí. Při zakládání do formy je prst uvolněn a do pohybu se dává naváděcí pohon opatřený vyhazovacími kolíky, které zasunou dílec do formy. Jedná se o první pár čelistí. Se zastříknutým dílcem se manipuluje pomocí druhého páru čelistí. Po otevření formy robot najede chapadlem do prostoru formy a nasune čelisti zastříknutého dílce na výrobek pomocí lineárního pojezdu. Výrobek je zajištěn pomocí kompaktních válců s nainstalovanými zajišťovacími válečky. Současně je přidržena studený vtok za pomoci přísavky. Všechny pneumatické prvky byly opatřeny pneumatickými armaturami pro připojení přívodu/odvodu média. Toto řešení bylo vyhotoveno pro tento konkrétní případ.

## ZÁVĚR

Diplomová práce se v teoretické části zabývala tématy souvisejícími s automatizačními prvky automatické linky pro plastový dílec. Výrobní linka se skládá ze vstřikovacího stroje, vibračního dopravníku, robota, přípravné stanice a z chapadla robota. Tyto části zde byly shrnuty v jednotlivých kapitolách.

Cílem praktické části bylo vytvořit konstrukční návrh podávacího zařízení a chapadla robota. Toho bylo docíleno za použití pneumatických součástek a dalších pomocných prvků, které jsou součástí uchopovacích celků (chapadel). Byly zde použity pneumatické součásti od firmy SCHUNK, FESTO, GIMATIC a SCHMALZ. 3D modely pneumatických a jiných vyráběných součástí byly staženy z internetové stránky partcommunity.com. Byl brán ohled na manipulační požadavky s dílcem. Výsledkem jsou vyhotovené 3D modely podávacího zařízení a chapadla robota. Ty byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor Professional 2022.

Také zde byla okomentována funkčnost uchopovacích prvků.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] EBSCO Publishing. Injection molding process, design an applications [online]. New York: New York : Nova Science Publishers, 2011 [cit. 2022-02-14]. ISBN 9781617614200. Dostupné z: [https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzM2MjM4Ml9fQU41?sid=883f1e4e-c095-4212-baa1-5435b0b72eac@redis&vid=0&format=EB&lpid=lp\\_1&rid=0](https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzM2MjM4Ml9fQU41?sid=883f1e4e-c095-4212-baa1-5435b0b72eac@redis&vid=0&format=EB&lpid=lp_1&rid=0)
- [2] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016 [cit. 2022-02-14]. ISBN 978-80-88058-74-8.
- [3] DOUGLAS M., Bryce. Plastic injection molding manufacturing process fundamentals [online]. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1996 [cit. 2022-02-14]. ISBN 9781613449769. Dostupné z: [https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPIMVIMP7/cid:kt00A1MCW1/viewerType:khtml//root\\_slug:2-the-molding-machine/url\\_slug:the-molding-machine?b-toc-cid=kpPIMVIMP7&b-toc-title=Plastic%20Injection%20Molding%2C%20Volume%20I%20-%20Manufacturing%20Process%20Fundamentals&b-toc-url-slug=the-molding-machine&page=1&view=collapsed&zoom=1](https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPIMVIMP7/cid:kt00A1MCW1/viewerType:khtml//root_slug:2-the-molding-machine/url_slug:the-molding-machine?b-toc-cid=kpPIMVIMP7&b-toc-title=Plastic%20Injection%20Molding%2C%20Volume%20I%20-%20Manufacturing%20Process%20Fundamentals&b-toc-url-slug=the-molding-machine&page=1&view=collapsed&zoom=1)
- [4] Injection molding. Polyplastics [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.polyplastics.com/en/support/mold/outline/>
- [5] SEIDL, Martin. Šneky vstřikovacích strojů [online]. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016 [cit. 2022-02-14]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [6] Vstřikovací stroje-Uzavírací a vstřikovací jednotka. Plasto-3D tisk Zlín [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.plastov.cz/2020/05/vstrikovaci-stroje-uzaviraci-jednotka.html>
- [7] STOKLASA, K. Zpracovatelské inženýrství I – Základy gumárenské a plastikářské technologie, [Skripta], 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická 2007.
- [8] Technologie vstřikování. Publi [online]. 2016 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>

- [9] EUROMAP 67. Electrical Interface between Injection Moulding Machine and Handling Device / Robot. Version 1.11. European Committee of Machinery Manufacturers for the Plastics and Rubber Industries, 2015.
- [10] EUROMAP 73. Electrical Interface between Injection Moulding Machines and External Safety Devices. Version 1.1. European Committee of Machinery Manufacturers for the Plastics and Rubber Industries, 2015.
- [11] KMEC, Ján, Jan VALÍČEK, Roman DANEL a Michal ŘEPKA. Průmysl 4.0 - Automatizace a robotizace pro průmyslovou sféru [online]. České Budějovice, 2020 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: [https://is.vstecb.cz/do/vste/ustav\\_techicko-technologicky/pr/kurzy\\_pro\\_spolecnost\\_4\\_0/robotika/Opora\\_Robotika.pdf](https://is.vstecb.cz/do/vste/ustav_techicko-technologicky/pr/kurzy_pro_spolecnost_4_0/robotika/Opora_Robotika.pdf). Studijní opora kurzu CŽV. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích.
- [12] Lineární robot [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: [https://www.igus.cz/info/cartesian-and-parallel-robots#section\\_7](https://www.igus.cz/info/cartesian-and-parallel-robots#section_7)
- [13] Lineární robot [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/cs/cz/produkty/robotika/linearni-robot.html>
- [14] Osy roboty [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/osy-roboty-jak-ovlivnuji-jeho-vyuziti/>
- [15] W9 and WX Series [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.wittmann-group.com/en/w9-and-wx-series>
- [16] Roboty KUKA [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/pr%C5%AFmyslov%C3%A9-roboty>
- [17] SOME SPECIFIC OF VIBRATORY CONVEYOR DRIVES [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/283570202\\_SOME\\_SPECIFICS\\_OF\\_VIBRATORY\\_CONVEYOR\\_DRIVES](https://www.researchgate.net/publication/283570202_SOME_SPECIFICS_OF_VIBRATORY_CONVEYOR_DRIVES)
- [18] All About Vibrating Conveyors - Types, Design, and Uses. Thomasnet [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.thomasnet.com/articles/materials-handling/all-about-vibrating-conveyors/>
- [19] Vibrační předzásobníky. VibroDesk [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <http://www.vibrodesk.cz/vibracni-predzasobniky.html>

- [20] Vibrační předzásobníky VP [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/98-predzasobniky/383-vibracni-predzasobniky-vp>
- [21] Vibrační technika. Exatec [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.exatec.com/index.php/vibracni-technika>
- [22] Vibrační technika. Rox [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: [http://www.rox.cz/vyrobky0210-kruhove\\_vibracni\\_zasobniky.php](http://www.rox.cz/vyrobky0210-kruhove_vibracni_zasobniky.php)
- [23] Vibrační zásobníky kruhové. Kovo Hanus [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.kovohanus.eu/produkty/vibracni-zasobniky-kruhove>
- [24] Vibrační technika. Visbeto [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://visbeto.cz/vibracni-zlaby-vzo/>
- [25] Vibrační žlabové dopravníky. Rox [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: [http://www.rox.cz/vyrobky0111-vibracni\\_zlabove\\_dopravniky-VZ.php](http://www.rox.cz/vyrobky0111-vibracni_zlabove_dopravniky-VZ.php)
- [26] Vibrační dopravníky. M-tec [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.m-tec.cz/vyrobky/dopravni-a-davkovaci-systemy/vibracni-dopravniky/>
- [27] Vibrační lineární dopravníky. VibroDesk [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <http://www.vibrodesk.cz/vibracni-linearni-dopravniky.html>
- [28] Lineární vibrační dopravníky. Libor Kříž vibrační technika [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.liborkriz.eu/linearni-vibracni-zasobniky>
- [29] WOLF, Andreas a Henrik SCHUNK. Grippers in motion: the fascination of automated handling tasks. Munich: Carl Hanser Verlag, [2018]. ISBN 978-156-9907-146.
- [30] Gripper. Frai [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.frai.at/en/automation/gripper-systems>
- [31] Types of grippers [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.kellertechnology.com/blog/8-types-of-end-of-arm-tooling-devices-for-automation-projects/>
- [32] Dvoučelistový paralelní gripper [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.tjsolution.com/rgn-classic-2-jaw-parallel-grippers-2/>
- [33] Tříčelistový gripper [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/schunk-gmbh-co-kg/product-7038-1841232.html>



- [34] Měchové chapadlo [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.pneumatictips.com/going-soft-on-grippers/>
- [35] Robotic grippers in the Manufacturing Industry. Industrial automation [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.industrialautomationindia.in/robotitm/10539/Manufacturing-Industry-is-Impact-by-the-Use-of-Robotic-Grippers/industrial-robots>
- [36] Flexible grip [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.ctemag.com/news/articles/firm-flexible-grip>
- [37] Gimatic [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.gimatic.com/company-profile-gimatic/>
- [38] Festo [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.festo.com/us/en/>
- [39] Schunk [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/domovska-stranka/](https://schunk.com/cz_cs/domovska-stranka/)
- [40] Zimmer group [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.zimmer-group.com/en/>
- [41] Pneumatický modul CLM 10 H048. SCHUNK [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/uchopovaci-systemy/product/15141-0314007-clm-10-h048/](https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/product/15141-0314007-clm-10-h048/)
- [42] Otočná jednotka SRU 8,2-H. SCHUNK [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/uchopovaci-systemy/product/5210-0356814-sru-8-2-h/](https://schunk.com/cz_cs/uchopovaci-systemy/product/5210-0356814-sru-8-2-h/)
- [43] Chapadlo PGN plus P 40. SCHUNK [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: [https://schunk.com/us\\_en/gripping-systems/product/49862-0318448-pgn-plus-p-40/](https://schunk.com/us_en/gripping-systems/product/49862-0318448-pgn-plus-p-40/)
- [44] SAI-8-M23 4P M8. Weidmüller [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=cs&ObjectID=1784650000>
- [45] Uchopovací prst OFX14-06. GIMATIC [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://shop.gimatic.com/cs/ofx14-06>
- [46] Naváděcí pohon DMF-10-10-P-A GF. FESTO [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.festo.com/us/en/a/4154769/?q=~:sortByFacetValues-asc>
- [47] Lineární pojezd DGST-10-40-PA. FESTO [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: [https://www.festo.com/tw/en/a/8085119/?siteUid=fox\\_tw&siteName=Festo+TW](https://www.festo.com/tw/en/a/8085119/?siteUid=fox_tw&siteName=Festo+TW)

[48] Kompaktní válec AEN-S-6-5-A. FESTO [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z:  
[https://www.festo.com/gr/en/a/8080593/?q=~:sortByFacetValues-asc&siteUid=fox\\_gr&siteName=Festo+GR](https://www.festo.com/gr/en/a/8080593/?q=~:sortByFacetValues-asc&siteUid=fox_gr&siteName=Festo+GR)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Schéma vstřikovacího stroje [4] .....	12
Obrázek 2 Pracovní zóny šneku [5] .....	13
Obrázek 3 Topná tělesa pracovního válce [5] .....	14
Obrázek 4 Vstřikovací cyklus stroje s popisem .....	15
Obrázek 5 Průběh teploty formy během vstřikovacího cyklu .....	16
Obrázek 6 Průběh tlaku ve formě během vstřikovacího cyklu .....	16
Obrázek 7 Vstřikovací cyklus v diagramu pVt pro amorfni termoplast .....	17
Obrázek 8 Zástrčka manipulačního zařízení a vstřikovacího stroje [9] .....	18
Obrázek 9 Zástrčka vnějšího bezpečnostního zařízení a vstřikovacího stroje [10] .....	19
Obrázek 10 Členění robotů a manipulátorů .....	20
Obrázek 11 Lineární 3osý robot Wittmann Battenfeld W9 [15] .....	21
Obrázek 12 6osé roboty KUKA [16] .....	22
Obrázek 13 Vibrační předzásobník [21] .....	24
Obrázek 14 Kruhový vibrační zásobník [23] .....	25
Obrázek 15 Vibrační žlabový dopravník [26] .....	26
Obrázek 16 Lineární vibrační dopravník [27] .....	27
Obrázek 17 Čas stroje/doba manipulace [29] .....	29
Obrázek 18 Efektivní tok materiálu [29] .....	31
Obrázek 19 Gripper [30] .....	32
Obrázek 20 Dvoučelistový paralelní gripper [32] .....	33
Obrázek 21 Tříčelistový gripper [33] .....	33
Obrázek 22 Měchové chapadlo [34] .....	34
Obrázek 23 Kruhové chapadlo [31] .....	34
Obrázek 24 Pružná koule plněná zrny [36] .....	35
Obrázek 25 Zastříkovaný dílec .....	41
Obrázek 26 Zástřík .....	41
Obrázek 27 Podávací zařízení .....	42
Obrázek 28 Detail podávacího zařízení .....	43
Obrázek 29 Konzole dráhy vibračního dopravníku .....	44
Obrázek 30 Průřez pneumatickým modulem CLM 10 H048 .....	44
Obrázek 31 Lineární pneumatický modul CLM 10 - H048 .....	45
Obrázek 32 Průřez otočnou jednotkou SRU 8,2-H .....	46
Obrázek 33 Otočná jednotka SRU 8,2 - H .....	47
Obrázek 34 Průřez chapadlem PGN plus P 40 .....	48

---

Obrázek 35 Univerzální chapadlo PGN plus P 40.....	49
Obrázek 36 Uchopovací čelisti .....	49
Obrázek 37 Chapadlo robota .....	50
Obrázek 38 Signálový rozvaděč SAI – 8 - M23 4P M8 .....	51
Obrázek 39 Jádru nezastříknutého dílce a pneumatický uchopovací prst OFX14-06 [45] .	52
Obrázek 40 Naváděcí pohon DFM-10-10-P-A-GF .....	53
Obrázek 41 Lineární pojezd DGST – 10–40 - PA.....	54
Obrázek 42 Kompaktní válec AEN-S-6-5-A.....	55
Obrázek 43 Čelist zastříknutého dílce-sestava .....	55
Obrázek 44 Čelist zastříknutého dílce .....	56
Obrázek 45 Přidržovač vtoku .....	56
Obrázek 46 Podávací zařízení.....	57
Obrázek 47 Chapadlo robota .....	58

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Vybrané parametry pneumatického modulu [41] .....	45
Tabulka 2 Vybrané parametry otočné jednotky [42] .....	46
Tabulka 3 Vybrané parametry chapadla [43] .....	48
Tabulka 4 Vybrané parametry uchopovacího prstu [45] .....	51
Tabulka 5 Vybrané parametry naváděcího pohonu [46] .....	52
Tabulka 6 Vybrané parametry lineárního pojezdu .....	53
Tabulka 7 Vybrané parametry kompaktního válce .....	54
Tabulka 8 Pneumatické prvky podávacího zařízení .....	57
Tabulka 9 Pneumatické prvky chapadla .....	58

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres sestavy-Podávací zařízení

Příloha P II: Výkres sestavy-Chapadlo robota