

Konstrukční řešení spojovacích koncových efektorů stroje pro plnění a zavírání plastových tub

Aleš Kužela

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Aleš Kužela**
Osobní číslo: **T20195**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukční řešení spojovacích koncových efektorů stroje pro plnění a zavírání plastových tub**

Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Provést konstrukci 3D modelu výrobku.
3. Návrh konstrukčního řešení spojovacích koncových efektorů pro zavírání plastových tub.
4. Diskuze výsledků.

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

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed., 2010. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUUM. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

LOYDA, Miloslav. *Svařování termoplastů*. Praha: UNO Praha, 2011. ISBN 978809049499.

KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUUM, 2016, 787 s. ISBN 9788021448285.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Hanzlík**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. 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 24. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením spojovacích efektorů. Teoretická část práce se zaměřuje na popis stroje Tubeline pro plnění a uzavírání plastových a kovových tub a jeho jednotlivých pracovních kroků. Dále pak podrobně rozebírá fungování a rozdělení koncových efektorů. Praktická část se zabývá provedením konstrukce 3D modelu spojovacího koncového efektoru stroje pro plnění a zavírání plastových tub a následně jeho konstrukčním řešením.

Klíčová slova: koncové efektor, plnicí zařízení, uzavírací zařízení, tuba, spojovací efektor, konstrukční řešení, 3D model, Tubeline

ABSTRACT

This thesis looks into designing of connecting effectors. The theoretical part of the work focuses on the description of the Tubeline machine for filling and closing plastic and metal tubes and its individual work steps. Then the thesis describing in detail the operation and distribution of end effectors. The practical part deals with the construction of a 3D model of the connecting end effector of the machine for filling and closing plastic tubes and then its design solution.

Keywords: end effectors, filling devices, closing devices, tube, connecting effectors, design solutions, 3D model, Tubeline

Poděkování:

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Hanzlíkovi za cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Poděkování patří i firmě Füllmatik za umožnění spolupráce při modernizaci závěrací jednotky.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PLNÍCÍ STROJE	11
1.1 ROZDĚLENÍ PLNÍCÍCH STROJŮ	11
1.1.1 Plnicí a uzavírací monobloky	11
1.2 STRUČNÝ POPIS A PŘEHLED PLNÍCÍCH STROJŮ	12
1.2.1 Lineární plnicí stroj Apollo FM	13
2 UZAVÍRACÍ STROJE	14
2.1 STRUČNÝ POPIS A PŘEHLED UZAVÍRACÍCH STROJŮ	14
2.1.1 Rotační uzavírací stroj Hermes 1M.....	14
3 TUBOVACÍ STROJ TUBELINE	16
3.1 TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE TUBELINE P	18
3.2 POPIS FUNKCÍ JEDNOTLIVÝCH STANIC STROJE TUBELINE P	18
3.2.1 Zakládání.....	18
3.2.2 Orientace	19
3.2.3 Plnění.....	20
3.2.4 Nahřívání.....	21
3.2.5 Uzavírání	21
3.2.6 Stříhání	22
3.2.7 Vyhazování	23
4 KONCOVÉ EFEKTORY	24
4.1 KONSTRUKČNÍ ROZDĚLENÍ VÝSTUPNÍCH HLAVIC	25
4.1.1 Technologické výstupní hlavice.....	25
4.1.2 Manipulační výstupní hlavice (chapaďla)	26
4.1.3 Kombinované výstupní hlavice.....	31
4.1.4 Speciální výstupní hlavice.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	33
6 ANALÝZA A ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	34
6.1 ANALÝZA PROBLÉMŮ UZAVÍRACÍCH KONCOVÝCH EFEKTORŮ	34
6.2 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	36
7 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ	37
7.1 SPOJOVANÝ VÝROBEK – PLASTOVÁ TUBA	37
7.2 PNEUMATICKÝ VÁLEC	38
7.3 KULISA.....	40
7.4 RAMENA KONCOVÉHO EFEKTORU	41

7.4.1	Páka ramene	42
7.4.2	Držák kladky	42
7.4.3	Celková sestava ramene	43
7.5	OPĚRNÁ DESKA	44
7.6	KOLEJNICE A VOZÍK VEDENÍ	44
7.7	ČELISTI.....	45
7.7.1	Kostka držení	45
7.7.2	Kostka nastavení	46
7.7.3	Držák stisků.....	46
7.7.4	Stisky.....	47
7.7.5	Předstisky	47
7.8	CELKOVÁ SESTAVA KONCOVÝCH EFEKTORŮ	49
8	DISKUZE VÝSLEDKŮ	50
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Tématem této práce je návrh konstrukčního řešení a modernizace již existujícího spojovacího koncového efektoru pro plastové tuby, který se nachází na stroji s názvem Tubeline, jehož práce spočívá v plnění a uzavírání plastových a kovových tub. Výrobcem těchto zařízení je společnost Füllmatik s.r.o., která se již dlouhodobě zabývá výrobou plnicích a uzavíracích strojů a kompletních plnicích linek. Je možné vyrábět stroje s kapacitou až 12 tisíc lahví za hodinu. Produkty přiváděné do tub, lahví a sáčků jsou nejvíce uplatněny v kosmetice, farmacii, potravinářském a chemickém průmyslu.

V současnosti mají koncové efekторы velmi široké využití. V průmyslové oblasti se s nimi můžeme setkat v téměř každé automatizované výrobě. Čím dál větší oblibě se těší také v lékařství, a to kvůli velké přesnosti a jemnosti kontaktu. Ale nejen v lékařství dokáží koncové efekторы měnit lidský život. Například postupný vývoj bionických protéz dokáže prakticky nahradit lidskou ruku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLNÍCÍ STROJE

Plnicí stroj je zařízení, jehož funkcí je plnit určité obaly (lahve, kanystry apod.) předem zvolenou látkou, která se může vyskytovat v různých skupenstvích (kapalné, pevné, plynné). Uplatnění nacházejí především v odvětví farmacie, kosmetice, potravinářském a chemickém průmyslu. [1]

Jelikož se tato práce zabývá koncovými efekty stroje pro plnění tub kapalnými látkami a jejich uzavíráním, tak následující části této kapitoly jsou zaměřeny na zařízení schopné plnit substance v kapalném skupenstvím.

1.1 Rozdělení plnicích strojů

Podle konstrukce se tato zařízení dělí na:

- Lineární,
- rotační.

U lineárního řešení se plnicí obal přímočaře posouvá pomocí dopravníku přes polohu plnicích trysek, které přivádějí produkt do lahví či jiných předmětů.

Rotační řešení se vyznačuje poháněnou plastovou růžicí, viz Obr. 1, která odvádí plnicí obaly po jejím obvodu. Tato varianta se vyskytuje převážně u monobloků.

1.1.1 Plnicí a uzavírací monobloky

Významem monoblok se rozumí takovému zařízení, na kterém se provádí dvě a více činností – plnění a zavírání (případně etiketování apod.). Ve většině případů se takové stroje objevují jako automatické či poloautomatické a musí splňovat vysoké nároky na přesné dávkování a požadovaný výkon stroje. Jejich výhodou je použití především tam, kde jsou omezené prostorové možnosti pro umístění plnicího stroje a samostatného uzavíracího stroje.



Obr. 1 Detail plnění a uzavírání lahviček na rotačním monobloku [2]

1.2 Stručný popis a přehled plnicích strojů

Plnicí produkt, putující z nádrže, prochází dávkovacím čerpadlem dále přes hadice až do trysek, za pomoci kterých se následně plní nejrůznější druhy lahví, sklenic, plechovek, či kanystrů. Počet těchto trysek závisí na potřebném výkonu. V závislosti na hustotě a viskozitě produktu se jako dávkovací čerpadla používají zubová, peristaltická, pístová, nebo Lobe čerpadla. Pohyb lahví, či jiných objektů, zajišťuje dopravník (u rotačního řešení rovněž i růžice). Stroje jsou vybaveny řídicím systémem a potřebnými senzory.



Obr. 2 Detail lineárního plnicího stroje se šesti plnicími tryskami [3]

1.2.1 Lineární plnicí stroj Apollo FM

Toto zařízení od společnosti Albertina pracuje na bázi průtokoměrů, které se vyznačují velmi vysokou spolehlivostí a minimálními nároky na údržbu plnicího systému. Hmotnostní průtokoměry dokáží eliminovat vliv teploty na měřenou dávku a dosahují stejné hmotnosti dávky při různých teplotách plnění. Jsou určeny pro plnění nevodivých a hořlavých produktů.

Možné použití tohoto stroje je ve všech oborech, kde je potřeba dosáhnout vysoké přesnosti plnění a opakovatelnosti dávky. Ve většině případů se jedná o potravinářství, farmaceutický průmysl, a také kosmetický průmysl.

Rozsah výkonu jednořadých zařízení je 1000–5000 lahví za hodinu, u dvouřadých až 8000 lahví za hodinu. [3, 4]



Obr. 3 Lineární plnicí stroj Albertina Apollo FM [4]

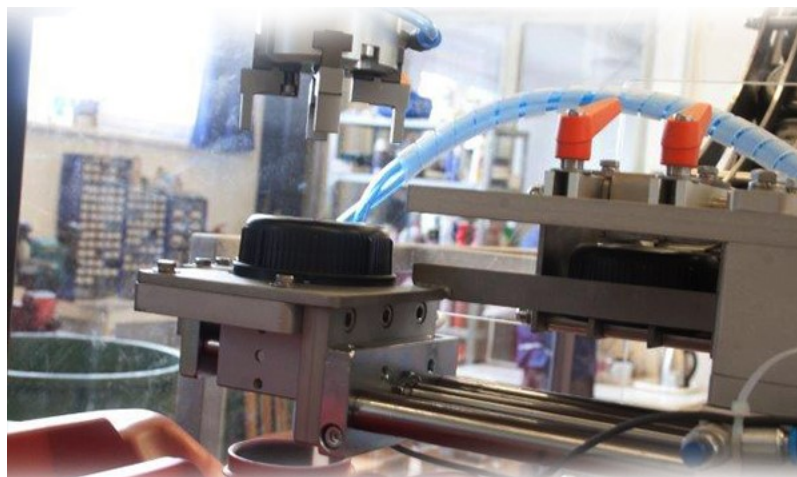
2 UZAVÍRACÍ STROJE

Funkcí tohoto automatického, nebo poloautomatického zařízení je zavírání různých druhů obalů pomocí uzavírací hlavy, která nasadí a utáhne víčko na požadovanou hodnotu momentu.

Stejně jako plnicí stroje se tato zařízení dělí podle konstrukce na lineární a rotační. [5, 6]

2.1 Stručný popis a přehled uzavíracích strojů

Šroubové nebo narážecí uzávěry (víčka) jsou dopravovány buď z vibračního orientátoru, vynášecího dopravníku, nebo ze vzduchové dráhy do prostoru narážecího válce, který víčko nasadí přímo na uzavíraný předmět a následně uzavírací hlava víčko zašroubuje nebo naráží. Druhá možnost nasazení uzávěru je ta, že přes orientátor a dráhu se dopraví víčko k pick and place jednotce (zařízení k přenosu objektu z jednoho místa na druhé), který ho podá do uzavírací hlavy. Při provozu s limitovanými prostorovými možnostmi mohou být tyto stroje integrovány do plnicích linek. [2, 5, 6]



Obr. 4 Jednotka pick and place dopravující víčko pod uzavírací hlavu [7]

2.1.1 Rotační uzavírací stroj Hermes 1M

Automatický rotační uzavírací stroj od společnosti IMACO je navržen pro zavírání různých typů menších obalů šroubovými, nebo narážecími uzávěry.

Je vybaven systémem pro přesné zastavení lahve v jednotlivých pozicích a dle typu a velikosti víčka mohou být jako orientátory použity vynášecí dopravníky, vibrační orientátory, nebo rotační orientátory.

Pojmenování 1M značí zařízení s jednou zavírací hlavou. Rychlost zavírání se pohybuje kolem 3000 ks/hod. Pro vyšší výkony stroje existují modely Hermes 3M a 4M se třemi, nebo čtyřmi zavíracími hlavami a kontinuálním pohybem obalů bez zastavení během zavírání. [7]



Obr. 5 Rotační uzavírací stroj IMACO Hermes 1M [7]

3 TUBOVACÍ STROJ TUBELINE

Tento stroj se řadí mezi automatické monobloky, kde se na jednom rozměrově malém zařízení provádí více technologických operací. Činnost tubovacího stroje spočívá v plnění a zavírání plastových, kovových i laminátových tub a je určen především k plnění kosmetických a farmaceutických přípravků jako jsou krémy, gely, masti a zubní pasty. [8]



Obr. 6 Různé velikosti plastových tub před a po plnění a uzavírání

Jeho hlavní částí je osmipolohový otočný stůl s pouzdry (hnízd) (Obr. 7), do kterého se ze zásobníku pomocí zakladače zakládají tuby. Stůl, poháněný servopohonem s přesným pozičním řízením, se otáčí do jednotlivých stanic stroje k provedení potřebných procesů.



Obr. 7 Otočný stůl tubovacího stroje s plastovými pouzdry k založení tuby [8]

Zařízení Tubeline je zkonstruováno tak, aby se zamezilo obtížné rozebíratelnosti a časově náročným výměnám formátových dílů při plnění rozměrově jiné tuby. Snadná je i přestavba stanic stroje pro kovové tuby, u kterých se namísto svaření konce tuby užívá řešení

přehybem. Pro lepší přehlednost se u názvu stroje používá označení P (plastová tuba) nebo K (kovová tuba).



Obr. 8 Tubovací stroj Tubeline

3.1 Technické parametry stroje Tubeline P

Tab. 1 Technické parametry stroje Tubeline P

Výkon	3200 tub/hod (odvíjí se od plněné dávky a rozměru tub)
Rozsah průměru tub	16-50 mm
Rozsah délek tub	80-210 mm
Plněná dávka	5-300 ml
Objem plnicí nádrže	35 l
Příkon	5,5 – 11 kVA
Filtrační jednotka	5 µm
Pneumatické prvky	SMC
Tlak vzduchu	6 bar
Rozměry stroje	1700x1300x2100 mm
Hmotnost stroje	500 kg
Řídicí systém	Siemens

3.2 Popis funkcí jednotlivých stanic stroje Tubeline P

3.2.1 Zakládání

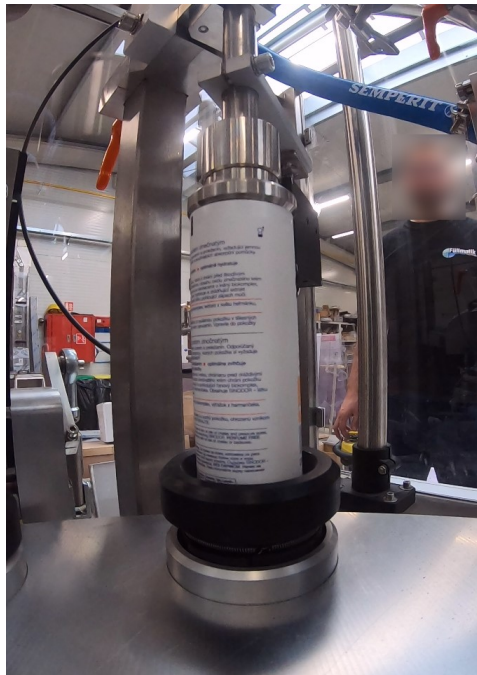
Celý cyklus začíná u zásobníku, kde jsou připraveny všechny tuby k plnění. Přes zásobník se tuba dostane gravitační silou do automatického zakladače, který ji pomocí pneumatických válců vyklopí a založí do přesně zkonstruovaného pouzdra tak, aby byla zajištěna její poloha. V zásobníku je potřeba dbát na správnou polohu tuby, aby ji následně zakladač založil víčkem směrem dolů.



Obr. 9 Proces zakládání tuby do pouzdra

3.2.2 Orientace

Tím, že dodávané tuby jsou ve většině případů opatřeny potiskem, se musí brát zřetel na její rovnoměrné rozdělení přední a zadní potiskové části. Tento proces probíhá pomocí mechanismu, který s použitím pneumatického válce vyzdvihne tubu do polohy před snímač. Tento snímač je naprogramován na identifikaci kontrastní značky na tubě, jak je možné vidět na Obr. 6. Za pomoci krokového motoru s převodovkou se tuba otáčí tak dlouho, dokud snímač nezaznamená již zmíněnou značku. Po jejím zaznamenání se prostřednictvím časování ve stroji orientace zastaví tak, aby při dojetí do stanice uzavírání byla značka kolmo vůči uzavíracímu koncovému efektoru. Poté se pneumatický válec vrací do původní spodní pozice. V případě, že je tuba zcela bez potisku, může být tato stanice vynechána.



Obr. 10 Proces orientování tuby

3.2.3 Plnění

Po orientaci se tuba vložená v pouzdře přesouvá pod plnicí trysku. V této stanici se k nasátí plnicího produktu z nádrže využívá pístová pumpa a po otevření třicestného ventilu se přivádí produkt přes hadici do trysky a následně tryskou do otevřené tuby.



Obr. 11 Proces plnění tuby plnicí tryskou

3.2.4 Nahřívání

Tento proces začíná, stejně jako u stanice orientace, zdvižením tuby pneumatickým válcem do takové výšky, aby její horní část přišla dostatečně do kontaktu s nahřívací soustavou obsahující dmychadlo a topné těleso zakončené nahřívací hlavou. Důležitým aspektem u tohoto procesu je správně nastavený čas při nahřívání plastové tuby.



Obr. 12 Proces nahřívání horní části tuby

3.2.5 Uzavírání

Po dostatečném nahřátí tuby se pootočí stůl do stanice se spojovacím koncovým efektor, který má za úkol patřičnou silou stlačit horní část tuby k sobě. Svaření probíhá pomocí mosazných stisků umístěných na čelistích efektoru, jejichž plocha je opatřena příčnými drážkami pro docílení kvalitního svaru a vytvoření dezénu.

Uzavírání umožňuje pneumatický válec, který pohybuje kulisovým tělesem koncového efektoru směrem nahoru a dolů. Mezi křivkovou plochou pohybující se kulisou a čepy ramen efektoru vzniká valivý pohyb, čímž se docílí stisk drážkových destiček. Zpět do otevřené polohy se lze dostat za pomoci vinutých pružin umístěných na ramenou.



Obr. 13 Proces uzavření horní části tuby

3.2.6 Stříhání

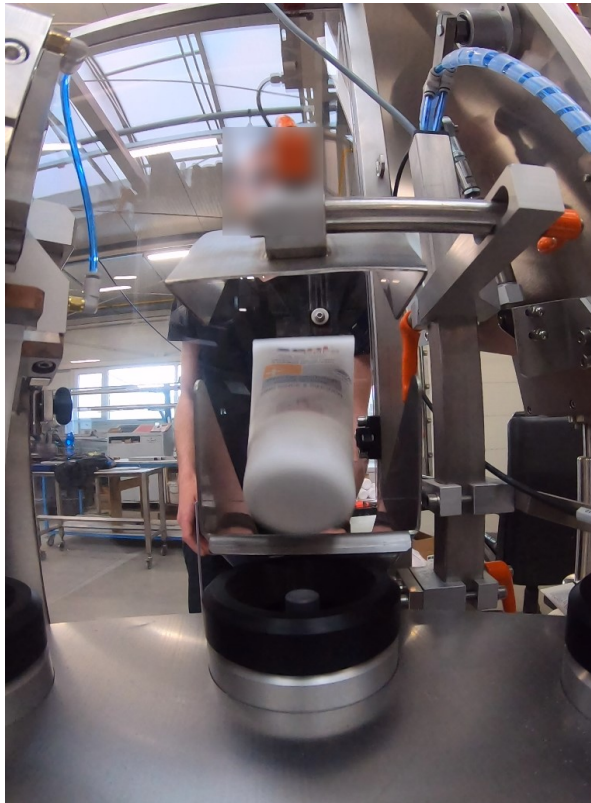
Do této stanice se přesouvá již téměř konečná podoba tuby. Pomocí střížné jednotky je z estetického hlediska zastřižena její část nad svárem z předchozího procesu. Odpad vzniklý po odstřížení padá do přímo určené nádobky pro tyto odstřížky.



Obr. 14 Proces stříhání

3.2.7 Vyhazování

V této pozici je k vidění výsledná, plně naplněná a uzavřená tuba, která je připravena opustit tubovací zařízení. Toho je možné dosáhnout vyhazovací jednotkou, jejíž princip spočívá v tom, že ejektorový palec připevněný na pneumatickém válci vyhodí tubu z pouzdra na skluznou dráhu, přes kterou se dostává mimo linku.



Obr. 15 Proces vyhazování tuby

4 KONCOVÉ EFEKTORY

Koncový efektor neboli výstupní hlavice, nacházející se na konci robotického ramene, je specifický prvek průmyslového (případně servisního) robotu určený k přímé interakci s okolními předměty.

Jsou prvkem pružné automatizace, u kterých dochází k jejich schopnostem pracovat s více než jedním výrobkem různého tvaru a vykonávat různé druhy technologických a manipulačních operací. Výhodou koncových efektorů je aplikace na nejrůznějších typech robotů bez větší konstrukční přestavby.



Obr. 16 Koncové efekторы [9]

Účelem koncového efektoru robotu je vlastní realizace úkolů, pro které je robot předurčen. Jde především o:

- Manipulace různými objekty,
- mezioperační manipulace,
- technologické operace,
- kontrolní operace,
- speciální práce. [10, 11]

Značnou pozornost je potřeba věnovat konstrukci, popř. výběru efektorů od prověřených výrobců, protože tyto výstupní hlavice bezprostředně ovlivňují možnosti využití manipulátorů nebo robotů. Základní požadavky je možné shrnout do následujících bodů:

- 1) Minimální hmotnost – spolu s hmotností objektu nebo nástroje podmiňují požadovanou nosnost robotu nebo manipulátoru.
- 2) Rozměry a prostorové uspořádání – ovlivňují manipulační možnosti (zejména ve stísněných podmínkách) a mají vliv také na silové zatěžování výstupního členu robotu.
- 3) Provozní bezpečnost – musí být zajištěna nejen v běžných provozních režimech, ale i v nouzových a havarijních situacích a vždy musí být řešena s ohledem na vyloučení poškození zařízení uvnitř a bezpečnost osob v okolí robotizovaného technologického pracoviště.
- 4) Provozní spolehlivost – bezprostředně ovlivňuje celkovou spolehlivost automatizovaného pracoviště. [12]

4.1 Konstrukční rozdělení výstupních hlavic

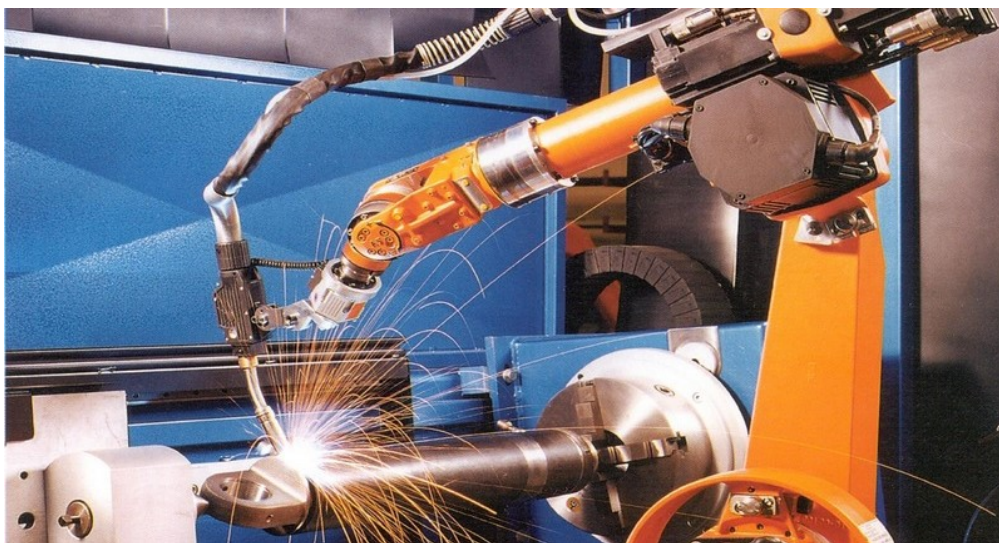
4.1.1 Technologické výstupní hlavice

Technologické výstupní hlavice (technologické koncové efekty) jsou výkonným prvkem průmyslového robotu v případě, že je určen k provádění technologické operace.

Uplatňují se především v kombinaci s multiúhlovými typy průmyslových robotů, a to jak v celé řadě strojírenských, ale i nestrojirenských aplikací. Technologické hlavice jsou tvořeny přímo nástrojem, který vykonává danou technologickou operaci. [12]

Technologické hlavice se dělí podle druhu operace, kterou vykonávají:

- Dělení materiálu – používají se hlavice s mechanickým dělením, laserovým paprskem, plazmovým paprskem, vodním paprskem atd.
- Obrábění materiálu – mohou se použít k frézování, vrtání, soustružení. Do této oblasti lze zahrnout také hlavice pro broušení, odjehlování, leštění atd.
- Spojování – lze spojovat materiály pomocí svařování, pájení, lepení. Nejčastěji se používá ke spojování materiálu tavné elektrické svařování (obloukové svařování a odporové bodové svařování).
- Nanášení ochranných látek a nátěrových hmot – nejčastěji se používají k lakování, ale také k tmelení.
- Speciální aplikace – především v chemickém průmyslu, biologii a lékařství. [12]



Obr. 17 Robot pro svařování [13]

4.1.2 Manipulační výstupní hlavice (chapadla)

Manipulační (úchopné) výstupní hlavice slouží k uchopování objektů za účelem další manipulace s nimi. Jsou převážně konstruovány pro jednotlivé aplikace přímo pro uživatele průmyslových robotů a manipulátorů. [12, 14]

Určení typu chapadla, které se nejlépe hodí k danému použití, je důležitým aspektem, kterému musí uživatelé robotiky čelit.

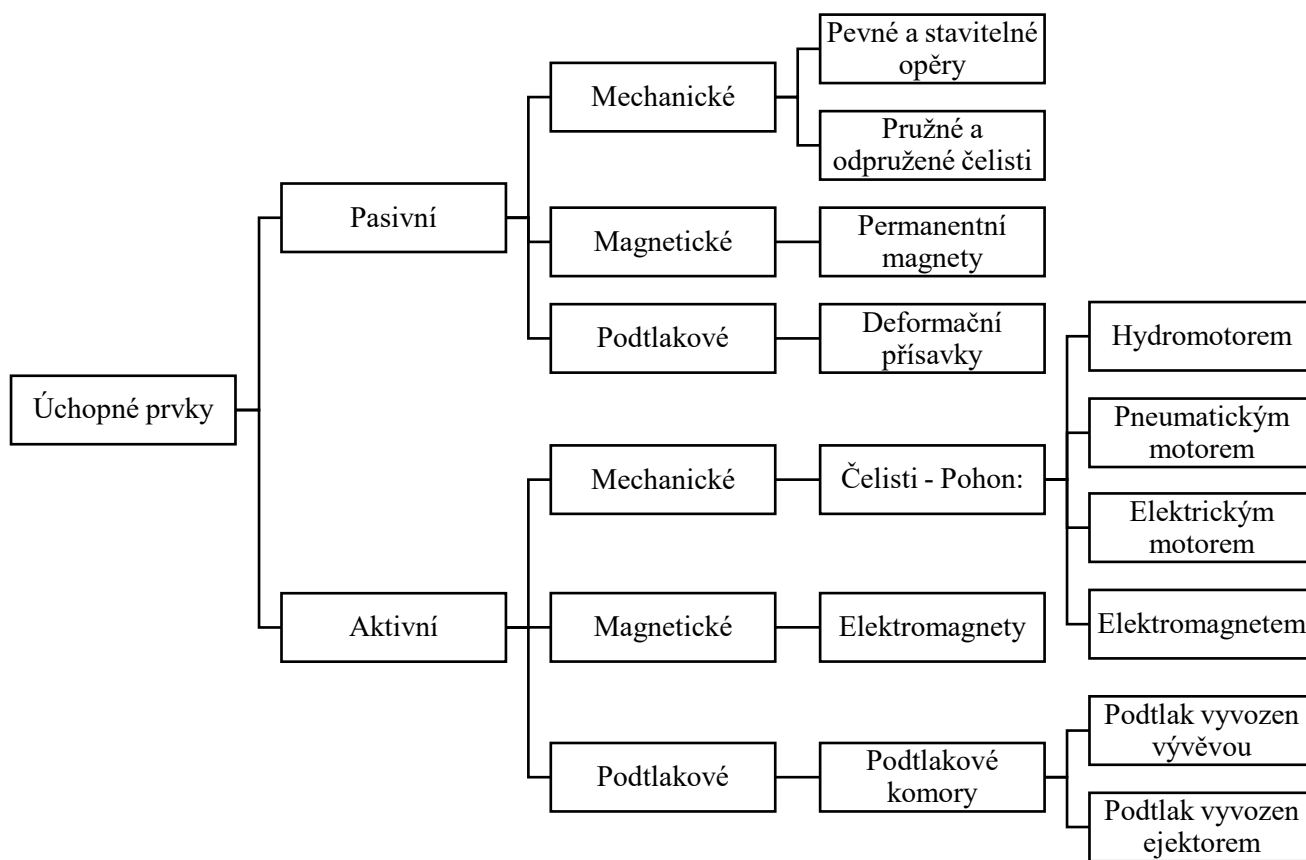
Výběr chapadla je založen na řadě faktorů, které mohou ovlivnit uchopení objektu:

- Zdroj energie,
- síla uchopení,
- styl uchopení,
- hmotnost,
- ekologické vlastnosti,
- možnosti senzoru,
- počet čelistí,
- další faktory. [15]

Uchopení objektu je spojeno s mechanickým kontaktem tzv. úchopných prvků s povrchem objektu. Úchopné prvky se dělí na pasivní a aktivní. [12]

Pasivní prvky neumožňují samy o sobě, na rozdíl od prvků aktivních, ovládní úchopné síly. Úchopné hlavice, vytvořené jen z pasivních prvků, mohou povětšinou objekt uchopit, ale uvolnění lze provést jen vnějším zásahem. [14]

Aktivní koncové prvky se vyznačují tím, že jejichž úchopná síla je vyvozována aktivně pomocí vlastního pohonu a tím tvoří spolehlivý kontakt při uchopování a držení objektů.



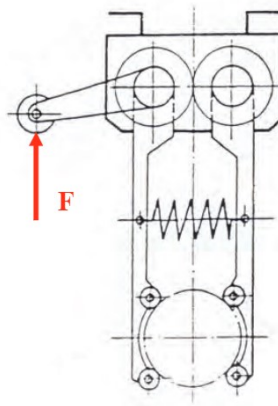
Obr. 18 Rozdělení úchopných prvků [16]

Dále pak můžeme úchopné prvky rozčlenit na tři hlavní podskupiny – mechanické, magnetické a podtlakové. Celkové rozdělení úchopných prvků znázorňuje Obr. 18.

Mechanické úchopné prvky

U hlavic s mechanickými úchopnými prvky je předmět uchopen prostřednictvím čelistí, tedy podobným způsobem jako lidskou rukou. [16]

Pasivní mechanické úchopné prvky se vyznačují buď užíváním tíhové síly (tvarová lůžka, čepy, závěsy apod.) anebo pružné deformace úchopných prvků (tzv. odpružené čelisti), popř. může jít o úchopné hlavice s oboustranným uchopením, kde je úchopná síla vyvozována pasivně pomocí pružin. [12]



Obr. 19 Pasivní úchopný prvek s odpruženými čelistmi [14]

Aktivní prvky s mechanickým úchopem jsou označovány jako „chapadla“. Jsou vybaveny pohyblivými čelistmi, jejichž pohyb mohou vyvozovat různé druhy a typy motorů. [14]

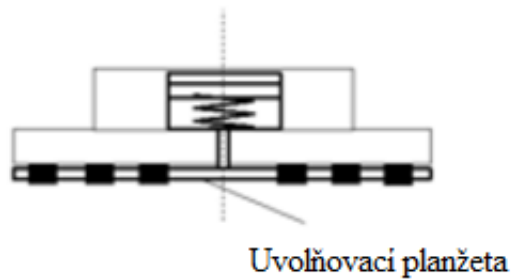


Obr. 20 Chapadlo s pneumatickým pohonem [17]

Magnetické úchopné prvky

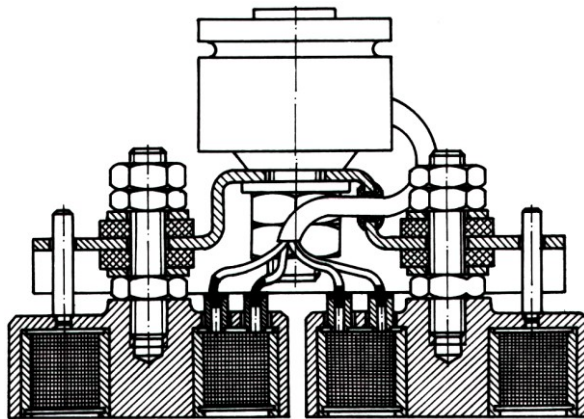
V případě magnetických prvků je uchopení předmětu realizováno bezprostředním stykem s magnetem. Důležitou podmínkou je, že pro použití magnetických úchopných prvků musí být předmět vyroben z feromagnetického materiálu. [16, 18]

Pasivní úchopné prvky jsou opatřeny permanentními magnety. Objekt je uvolňován buď najetím na vnější dorazy anebo prostřednictvím uvolňovací planžety s pneumatickým pohonem. Největší využití pro přemísťování plechových výlisků. [12]



Obr. 21 Magnetický úchopný prvek s uvolňovací planžetou [12]

Aktivní magnetické úchopné prvky se skládají z elektromagnetů a obvykle se používá napájení stejnosměrným proudem. Uvolnění objektu dosáhneme přerušením přívodu proudu do elektromagnetu [14]

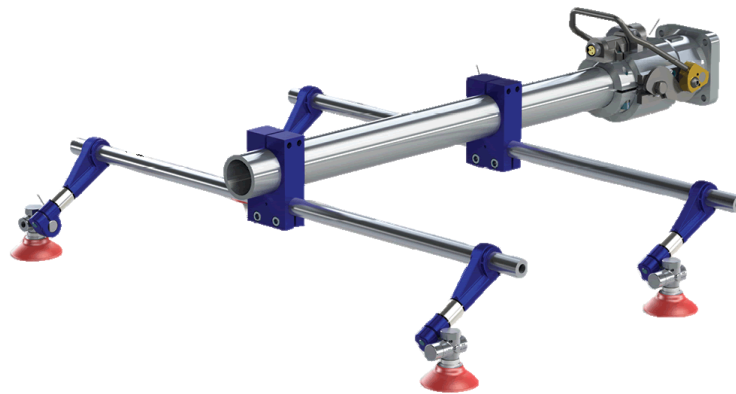


Obr. 22 Elektromagnetický úchopný prvek [11]

Podtlakové úchopné prvky

Podtlakové úchopné prvky vyvozují úchopnou sílu prostřednictvím podtlaku, který se vytvoří v prostoru z jedné strany uzavřeném povrchem předmětu. Používají se pro uchopení plochých, lehčích předmětů s hladkým povrchem. [16]

Pasivními podtlakovými prvky jsou deformační přísavky. K uchopení předmětu dochází přitlačením přísavky na povrch předmětu. Deformací přísavky se zmenší objem vnitřního prostoru, který se pružností stěn po uchopení opět do určité míry zvětší, přičemž vznikne podtlak. [16]



Obr. 23 Pasivní podtlakový úchopný prvek [19]

Mezi aktivní úchopné prvky patří podtlakové systémy, které jsou označovány také jako podtlakové komory, jejichž rozdílem tlaku vně a uvnitř této komory jsou přitisknuty definovanou plochou na povrch objektu. Odsávání vzduchu z podtlakové komory je prováděno aktivně, pomocí vnějšího zdroje vakua. [12]

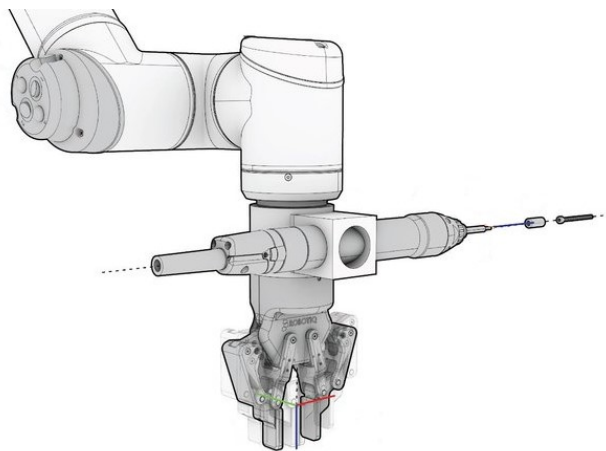


Obr. 24 Aktivní podtlakový úchopný prvek [20]

4.1.3 Kombinované výstupní hlavice

Kombinované výstupní hlavice jsou konstruovány tak, aby umožnily plnit dvě a více funkcí. Běžně se vyskytují úchopné hlavice ve smyslu uchopení, které mohou být doplněny přídatným zařízením pro provádění technologické operace. [12]

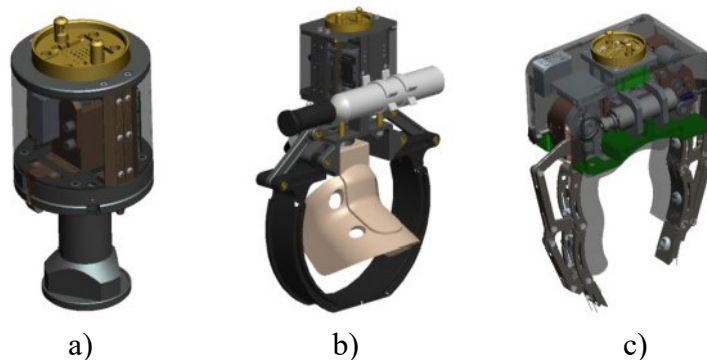
Příkladem mohou být hlavice aplikované u vstřikovacích strojů, kde základem je podtlaková úchopná hlavice, která vyjímá výrobek z formy a provádí manipulaci a je doplněna frézovací jednotkou, jež zajišťuje technologickou operaci odstranění vtoku. [12]



Obr. 25 Kombinovaná výstupní hlavice skládající se z úchopného chapadla a montážního šroubováku [21]

4.1.4 Speciální výstupní hlavice

Speciální koncové efekty jsou takové, které se nedají zařadit do rozsahu funkcí uvedených výše. Jsou to zejména efekty používané při speciálních aplikacích robotů. Jako příklad je možné uvést koncové efekty pro roboty první pomoci, které provádějí záchranné operace pro lidi v nebezpečných oblastech. [11]



Obr. 26 Speciální koncové efekty pro roboty první pomoci: a) efektor pro aplikování injekce, b) efektor pro okysličení, c) efektor pro zastavení krvácení [22]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

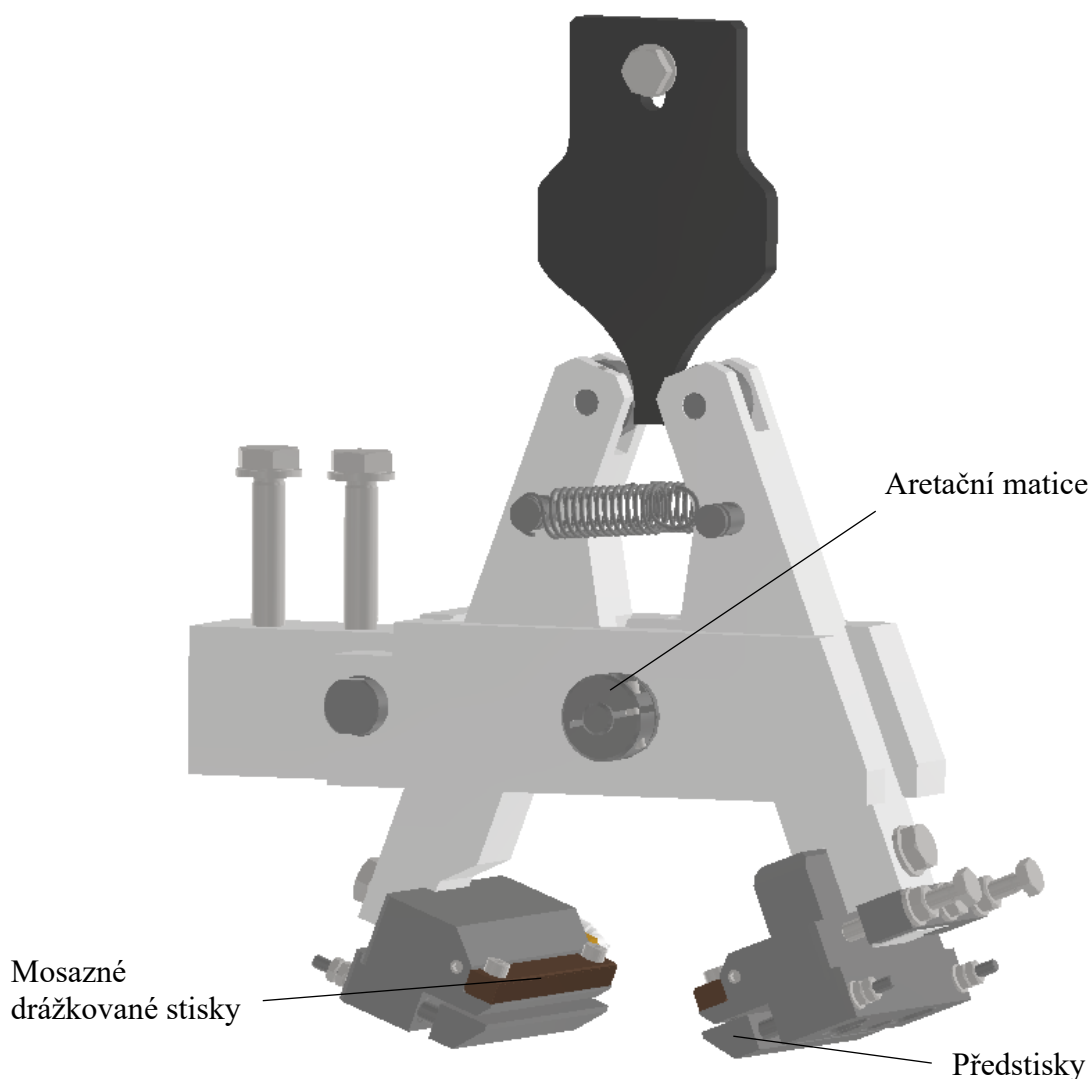
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cíle bakalářské práce byly stanoveny následovně:

- Vypracovat literární studii na téma plnicí a uzavírací stroje, tubovací zařízení Tubeline, koncové efekty a jejich rozdělení.
- Analyzovat problémy na současných koncových efektorech plnicího a uzavíracího stroje Tubeline.
- Zvolit vhodné řešení k zamezení vzniku chyb na uzavíracích koncových efektorech.
- Vymodelovat 3D model plastové tuby v softwaru Autodesk Inventor.
- Provést návrh zmodernizovaných spojovacích koncových efektorů pro plastové tuby.
- Diskutovat výsledky práce.

6 ANALÝZA A ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

Tato práce se zabývá modernizací již existujících koncových efektorů pro uzavírání plastových tub na stroji Tubeline společnosti Füllmatik s.r.o. Současné konstrukční řešení je v praxi využíváno od roku 2013 a zákazníci požadují každým rokem větší nároky na výkon stroje a taktéž i kvalitu výsledné tuby. S ohledem na obtížnost nastavení určitých prvků uzavírací jednotky a zkvalitnění svaru plastové tuby bylo učiněno rozhodnutí o modernizaci těchto efektorů.



Obr. 27 Současné konstrukční provedení uzavíracích koncových efektorů

6.1 Analýza problémů uzavíracích koncových efektorů

Při detailním pozorování uzavírací jednotky za chodu stroje byly analyzovány nežádoucí chyby, které se projevovaly na plastových tubách.

Mezi nepochybně nejvýznamnější problém patřil uzavírací pákový systém, kvůli němuž konají mosazné drážkované destičky (stisky) pohyb po kružnici a tím nastává nerovnoměrný stisk tuby. Následkem je, že se liší doba stisku horní a spodní části svaru a z tohoto důvodu mnohdy neodpovídá svarový spoj přísným požadavkům na jeho pevnost.

Vlivem pohybu čelistí po kružnici se projevuje další problém týkající se deformace nahřáté tuby, jejíž svařovaná část se při stisku za pomoci vysoké teploty roztahuje směrem nahoru a tím vznikají na okrajích tuby otřepy.

Příčinou nerovnoměrného stisku a vyšší nahřívací teploty může nastat také situace, že se tuba přilepí na horní část mosazných stisků a při následném zpětném pohybu efektorů do otevřené polohy se povytáhne z pouzdra. Tato nežádoucí změna polohy tuby má za následek její zastřížení v nesprávné výšce.

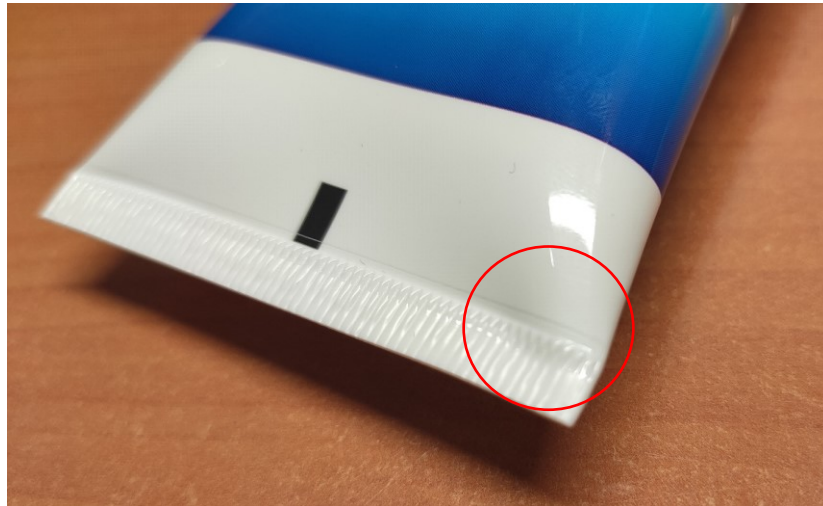


Obr. 28 Detail zastřížení v nesprávné výšce tuby

Výrazný problém rovněž způsobovalo i nastavení aretační matice spojující svěrné desky efektoru. Tyto aretační matice mají docílit uložení ramen efektoru mezi svěrné desky, a to s minimální vůlí. Desky již při malém pootočení matice (1/4 otáčky) ve směru hodinových ručiček začnou pevně svírat ramena efektorů a ty se stávají nepohyblivé. Při opačném směru pootočení (taktéž 1/4 otáčky) se objevuje stranová vůle, která má vliv na kvalitu svaru a životnost uzavírací jednotky.

Poslední potíží byla zjištěna u předstisků umístěnými pod drážkovanými mosaznými destičkami. Jejich práce spočívá ve vytvoření svaru o pár setin dříve než zmíněné destičky

z důvodu toho, aby se zabránilo krčení a zvlnění tuby. Při plnění některých specifických tub nastával problém ve vytlačování produktu právě těmito předstisky. Řešením bylo jejich dočasné nahrazení tenkými podložky s větší plochou.



Obr. 29 Detail nedostatečně svařené tuby

6.2 Řešení problémů

Zásadní změna spočívá v obměně pohybu čelistí, aby se předešlo nerovnoměrnému stisku. Při návrhu se vycházelo ze stříhací jednotky, kde je pohyb střížníku založen na horizontální vodící kolejnici. Při tomto konstrukčním řešení by se taktéž vyloučilo umístění problematické aretační matice na uzavírací efektor.

Dále pak vytvoření univerzálních předstisků, aby nedocházelo k jejich dočasným úpravám při plnění určitých tub a taktéž přidáním podložek k zamezení krčení a vlnění povrchu tub.

7 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Navrhovaný koncový efektor je zaměřen na spojení horní části plastové tuby pomocí drážkovaných mosazných destiček umístěných na tomto efektoru. Jelikož tato uzavírací jednotka bude uvedena do provozu, je nutné dbát při návrhu na její kvalitu a funkčnost. Současně by měl být cenově přijatelný a konstrukčně co nejjednodušší. Všechny použité materiály, taktéž i pneumatický válec, bude volený z běžně dostupných možností na trhu. Návrh jednotlivých částí koncového efektoru je popsán v následujících kapitolách. Následně bude celkový návrh efektoru poskládán do plně určené sestavy v programu Autodesk Inventor. Základní požadavky pro realizaci uzavírací jednotky lze shrnout do těchto bodů.

- Horizontální pohyb čelistí efektoru – dosažení rovnoměrného stisku tuby.
- Rozměr efektoru – z důvodu zabránění kolizím při omezených prostorových podmínkách.
- Bezpečnost a ochrana zdraví – navržení koncového efektoru tak, aby se při manipulaci s ním předešlo pracovním úrazům.
- Nastavení a polohování efektoru – vzhledem k dalším zakázkám, při kterých se převážně plní rozměrově jiné tuby, je potřeba navrhnout určité části uzavírací jednotky jako nastavitelné.
- Pohyb kulisové součásti efektoru pomocí pneumatického válce.

7.1 Spojovaný výrobek – plastová tuba

Nenaplněné plastové tuby využívané na stroji Tubeline jsou dodávány zákazníkem, rovněž tak i jejich plnicí produkt. Patřičné údaje vztahující se ke vzorkům používaných při testování navrhovaných koncových efektorů jsou uvedeny v následujících řádcích.

Druh plastu:	Termoplast – polyethylen s nízkou hustotou (LDPE)
Plnicí objem:	200 ml
Viskozita produktu:	***** (výrobní tajemství)
Hustota produktu:	***** (výrobní tajemství)
Rozměry tuby:	Ø50 - 180
Produkt:	Tělový krém s argininem

Značka:	Seni
Produktová řada:	Seni Care
Výrobce:	TZMO Czech Republic



Obr. 30 3D model svařené, zašpičaté plastové tuby vytvořený v Autodesk Inventor a testovaná tuba před procesem uzavírání

7.2 Pneumatický válec

Jeden z požadavků pro realizaci nové uzavírací jednotky je ponechání pneumatického válce. Umístění v pracovní části stroje, kde se klade důraz na čisté prostředí, je hlavním důvodem volby tohoto pohonu. Při změně pohonu by musela přijít i kompletní přestavba rámu, na kterém je umístěna nahřívací, uzavírací a stříhací stanice.

Pneumatický válec je ponechán stejný jako pro současný koncový efektor, a to dvojčinný s jednostrannou pístnicí od výrobce SMC s označením **CP96SDB63-60C**. Při jeho volbě je nutné brát ohled na to, že umožňuje pohyb dvěma stanicím – uzavírací a stříhací.



Obr. 31 Pneumatický válec SMC CP96SDB63-60C [23]

Dané hodnoty:

Průměr pístu:	63 mm
Zdvih pístu:	60 mm
Maximální pracovní tlak:	1,0 MPa
Hmotnost válce:	1,864 kg

Z katalogu výrobce lze odečíst následující informace:

Tab. 2 Síla pneumatického válce [24]

Průměr pístu [mm]	Průměr pístnice [mm]	Pracovní směr	Obsah pístu [mm ²]	Pracovní tlak [MPa]								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	25	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		IN	7363	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363

Z Tab. 2 je možné odečíst hodnoty síly pneumatického válce při jeho vysouvání (OUT) a zasouvání (IN) s pracovním tlakem 1,0 MPa:

$$F_{\text{OUT}} = 3117 \text{ N}$$

$$F_{\text{IN}} = 2803 \text{ N}$$

Tab. 3 Celková hmotnost pneumatického válce [24]

Průměr pístu [mm]		32	40	50	63	80	100
Základní hmotnost	Základní provedení	0.46	0.66	1.14	1.48	2.42	3.25
	S patkou	0.16	0.20	0.38	0.46	0.89	1.09
	S přírubou	0.20	0.23	0.47	0.58	1.30	1.81
	Se závěsným okem	0.16	0.23	0.37	0.60	1.07	1.73
	Se závěsnou vidlicí	0.20	0.32	0.45	0.71	1.28	2.11
Přídavná hmotnost na 50 mm zdvihu	Veškeré montážní prvky	0.14	0.18	0.30	0.32	0.49	0.54
Doplňky	Kloubová hlavice	0.07	0.11	0.22		0.40	
	Vidlice pístnice	0.09	0.15	0.34		0.69	

Celková hmotnost pneumatického válce je zjištěna dosažením hodnot z Tab. 3 do následujícího vzorce:

$$m_C = m_A + \frac{m_B \cdot h_p}{50} = 1,48 + \frac{0,32 \cdot 60}{50} = 1,864 \text{ kg} \quad (1)$$

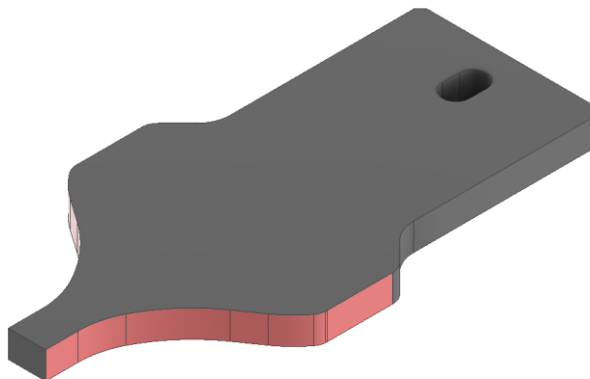
Kde:

- m_C – Celková hmotnost pneumatického válce [kg].
- m_A – Základní provedení válce [kg].
- m_B – Přídavná hmotnost veškerých montážních prvků (na 50 mm zdvihu) [kg].
- h_p – Zdvih pístu [mm].

7.3 Kulisa

Vertikálně se pohybující pístnice pneumatického válce je spojena přírubou k ploše hliníkové desky, ke které jsou připevněny šrouby také dvě tvarově specifická kulisová tělesa sloužící k chodu uzavírací a stříhací stanice. Pro proces stisknutí horní části tuby se použije kulisa znázorněna na Obr. 32. Jedná se o symetrické těleso z ušlechtilé konstrukční mangan-chromové oceli s označením 1.7131, kde důležitou část tvoří jeho spodní polovina bočních

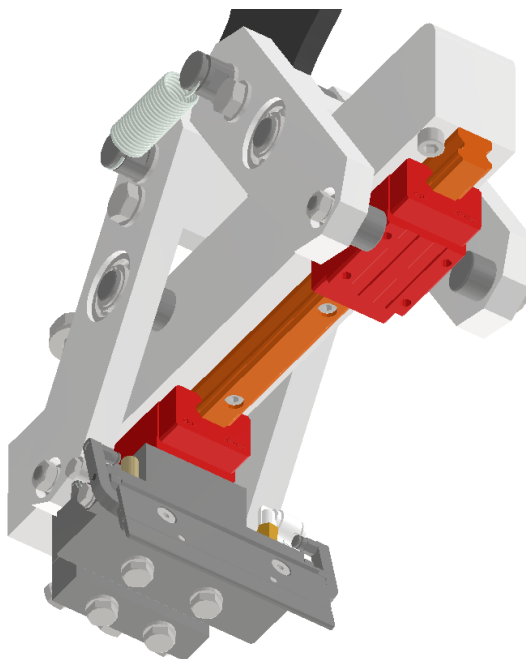
stěn zvýrazněná na výše zmíněném obrázku. Tato stěna má za úkol správný pohyb ramen efektoru a tím docílení příčného stisku plastové tuby.



Obr. 32 Model kulisy uzavírací stanice se zvýrazněnou plochou pro správný pohyb ramen efektoru

7.4 Ramena koncového efektoru

Vyloučením problémových aretačních matic a vloženíí vodících kolejnic s vozíky se musela výrazně pozměnit konstrukce ramen efektoru. Z těchto důvodů a vzhledem k snadnější výrobě a rozebíratelnosti bylo rameno rozděleno na dvě vnější desky (Páka ramene) svírající mezi sebou součást (Držák kladky), na které bude umístěna opěrná kladka pohybující se po vyznačené boční stěně kulisy (viz Obr. 32).

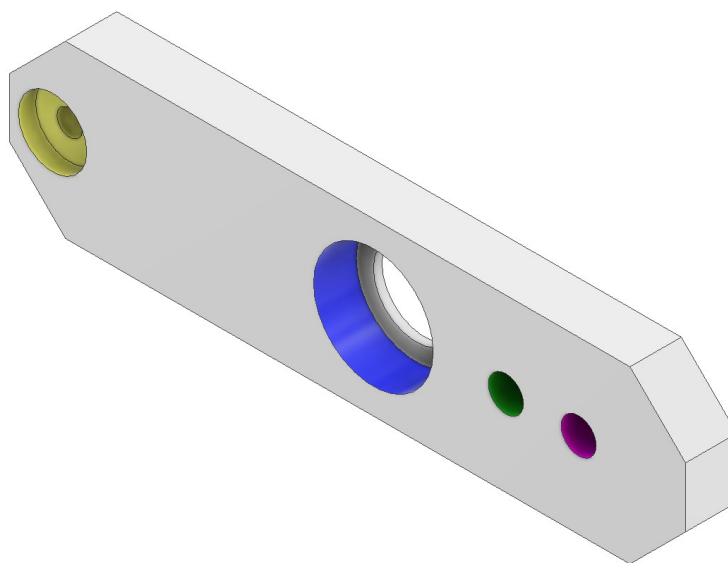


Obr. 33 Detail vodících kolejnic se dvěma vozíky vyznačeny červenou a oranžovou barvou na koncovém efektoru

7.4.1 Páka ramene

Tato deska neboli páka bude vyrobena ze slitiny hliníku AlMgSi s označením EN AW-6060. Důvody zvolení tohoto materiálu je vhodnost pro potravinářský průmysl a velmi dobrá odolnost vůči korozi.

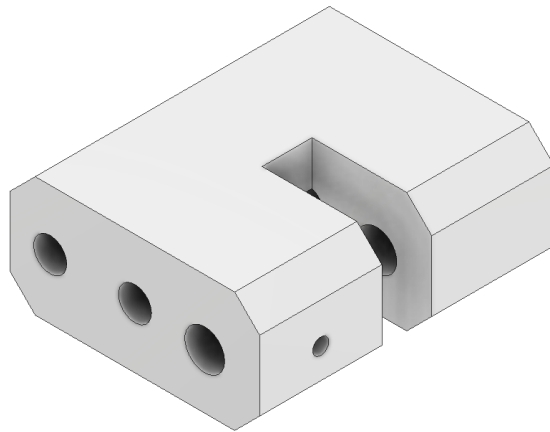
Skrze desku jsou vyfrézovány čtyři díry. Ta nejdůležitější, zvýrazněná na Obr. 34 modrou barvou, slouží k uložení ložiska, kolem jehož osy se otáčí rameno koncového efektoru. Ložisko bylo zvoleno jednořadé kuličkové SKF-6001-2RS1 s oboustranným těsněním a bude uloženo na nerezové hřídeli. Díra vyznačená zelenou barvou se využije ke šroubovému spojení páky a držáku kladky. Fialovou barvou označená díra tvoří otvor k umístění záchytného čepu pro pružinu konající zpětné otevření čelistí efektoru. Do zahloubeného otvoru zvýrazněného žlutou barvou se upevní těsněná snímací kladka pro pohyb v drážce čelistí.



Obr. 34 Model páky ramene

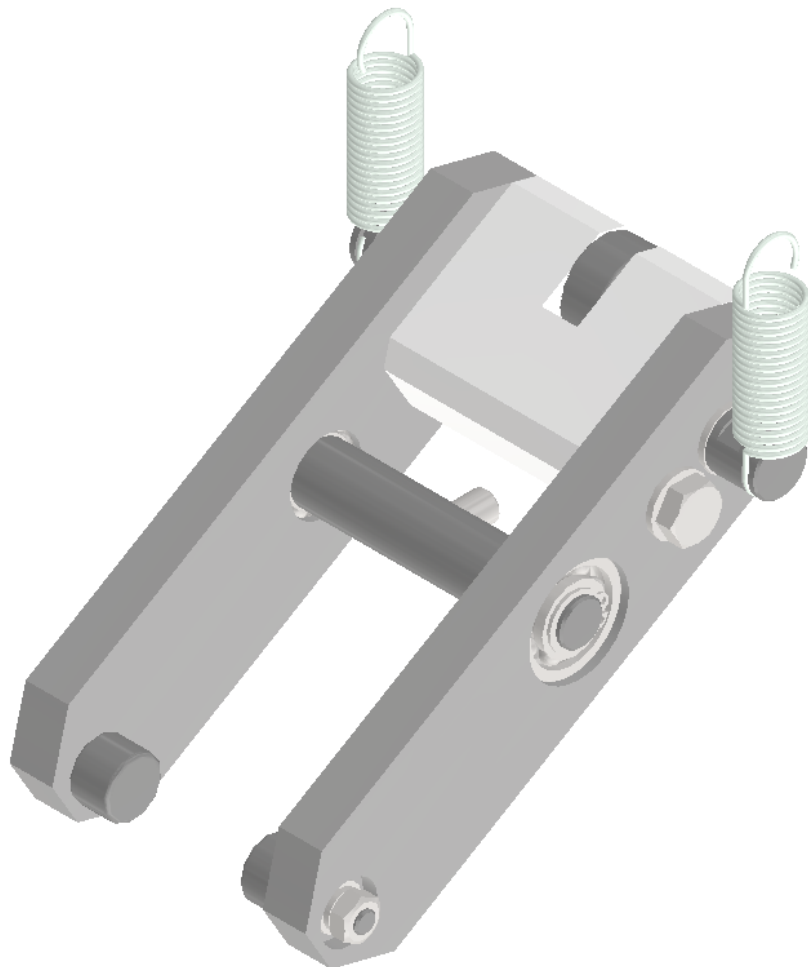
7.4.2 Držák kladky

Stejně jako páka ramene bude tato součást zhotovena ze slitiny hliníku EN AW-6060. Do vyfrézované drážky, která je viditelná na obrázku dole, se vloží normalizovaná opěrná kladka osazená na válcovém kolíku. Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.4, kladka má za úkol pohyb po pracovní stěně klínu.



Obr. 35 Model držáku kladky

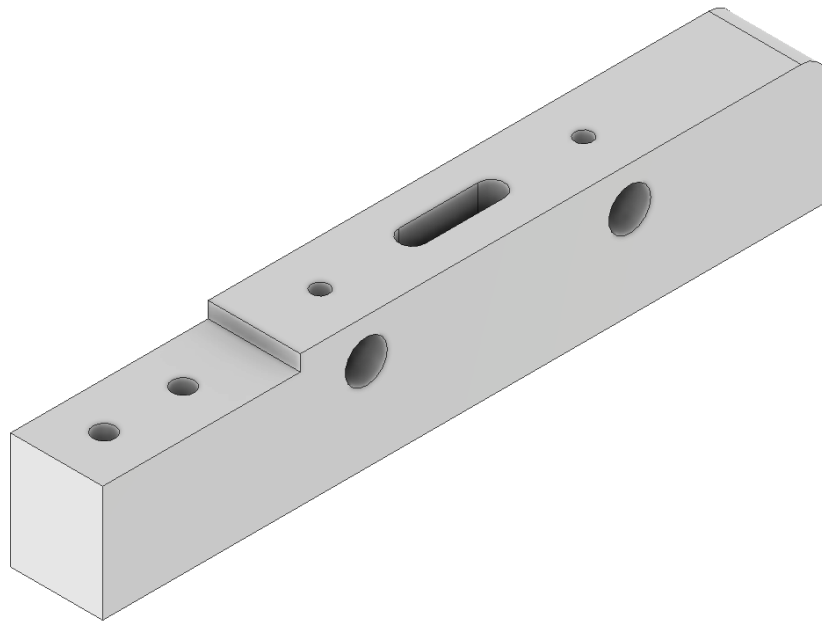
7.4.3 Celková sestava ramene



Obr. 36 Sestava ramene efektoru se všemi náležitými prvky

7.5 Opěrná deska

Tato součást koncového efektoru se dvěma šrouby připevňuje na rám pro nahřívací, uzavírací a stříhací stanice. Současně k ní bude z její spodní strany přišroubována vodící kolejnice. Ke spojení s rameny efektoru se využijí hřídele osazené ložisky zmíněné v druhém odstavci kapitoly 7.4.1. Dále je potřeba vytvořit drážku na vrchní ploše desky, která bude souviset s pohybem klínu tak, aby při jeho dolní pozici nevznikla kolize mezi těmito dvěma součástmi. Materiál opěrné desky je volen jako slitina hliníku EN AW-6060.

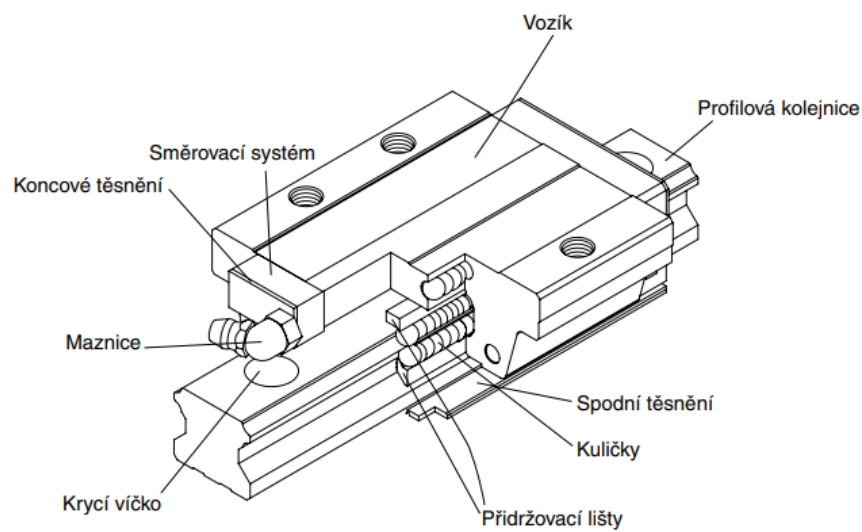


Obr. 37 Model opěrné desky

7.6 Kolejnice a vozík vedení

Lineární kolejnicové vedení s oběhovými kuličkami bylo zásadní změnou uzavíracích koncových efektorů. Společně s ložisky umístěných na ramenu efektoru umožňují horizontální pohyb čelistí s rovnoměrným stiskem.

Vedení bylo voleno od renomovaného výrobce Hiwin, a to typ HG, jenž označuje standardní provedení se čtyřmi kuličkovými oběžnými drahami. Tento typ disponuje vysokou únosností a tuhostí systému. Typ kolejnice je vybrán s montážními otvory pro montáž shora.



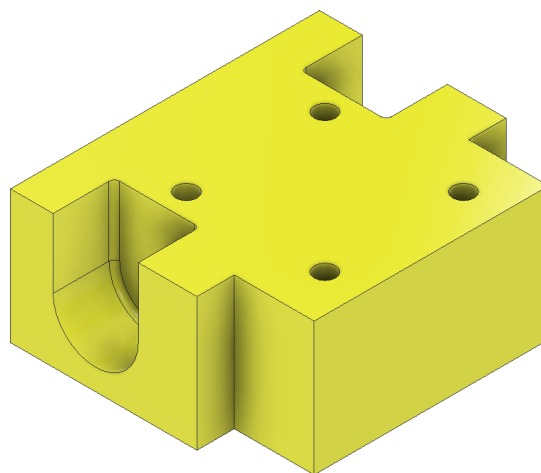
Obr. 38 Lineární vedení typu HG s kolejnicí [25]

7.7 Čelisti

Sestava čelistí se skládá z pěti základních dílů uvedených v podkapitolách níže. S výjimkou Stisky jsou všechny tyto součásti vyrobeny z nerezové oceli EN 1.4301.

7.7.1 Kostka držení

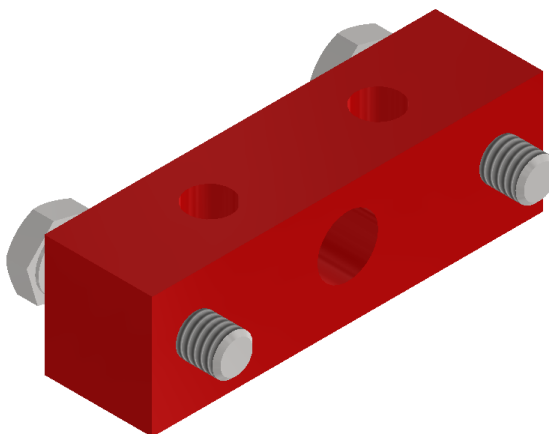
Kostka spojující držák stisku, kostku nastavení a vozík kolejnice. Drážky na bočních stranách této součásti slouží pro snímací kladky ramen efektoru, které převádí pohyb na čelisti a vozík vedení.



Obr. 39 Model kostky držení

7.7.2 Kostka nastavení

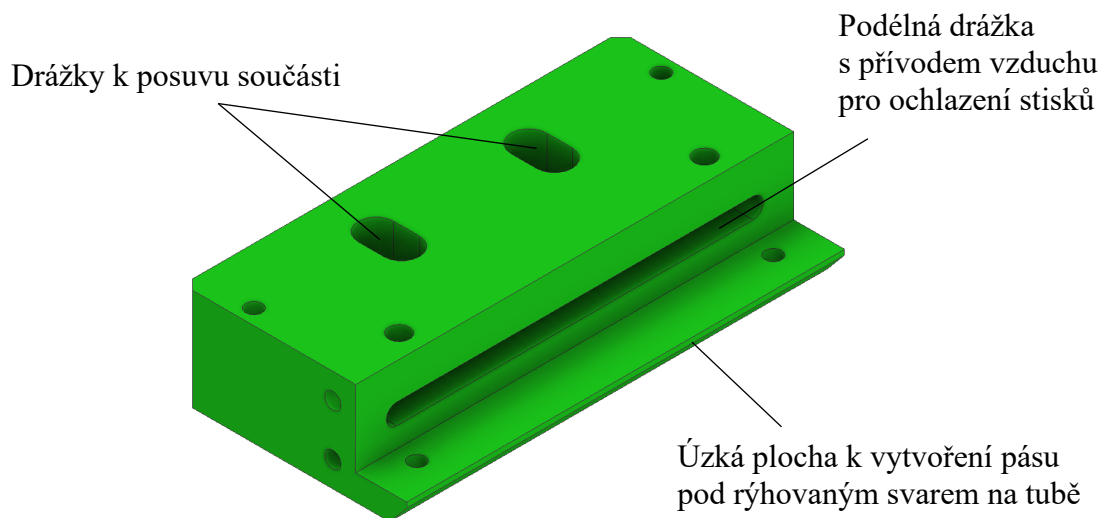
Díky utahováním nebo odtahováním dvou šestihranných šroubů vložených v dírách kostky je možné nastavit součást držící mosazné stisky do správné pozice, která je závislá na rozměrech plněné tuby. Držák stisků se dokáže posouvat pomocí oválné drážky.



Obr. 40 Model kostky nastavení s nastavovacími šrouby

7.7.3 Držák stisků

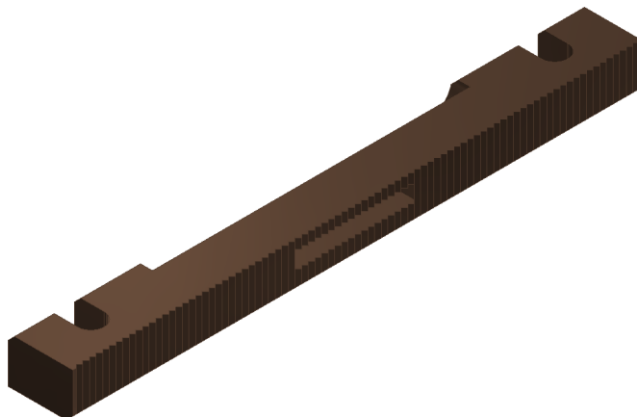
Z názvu již plyne, že na součásti leží mosazné stisky, a to konkrétně na její vysunuté spodní části. Nad zkosením u vysunuté části se nachází úzká plocha, jejíž úkol spočívá ve vytvoření stejně úzkého pásu pod rýhovaným svarem na plněné plastové tubě. Vytvořením tohoto pásu se zvyšuje pevnost svaru tuby. Na součásti se vyskytuje taktéž podélná drážka s přívodem vzduchu pro ochlazení stisků.



Obr. 41 Model držáku stisku

7.7.4 Stisky

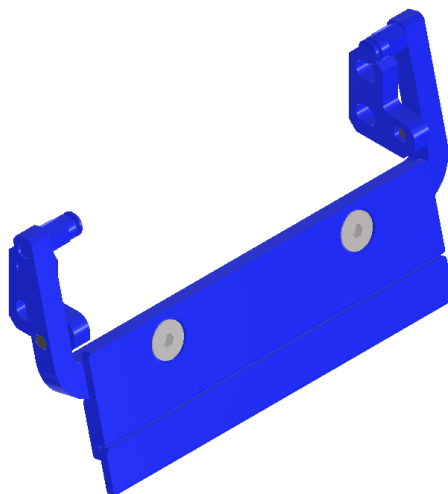
Mosazné stisky jsou hlavním prvkem pro spojení koncové části plastové tuby. Vyrábí se v různých velikostech s ohledem na parametry spojované tuby. Na straně pro stisk jsou vyrobeny příčné drážky pro kvalitní svarový spoj a k vytvoření dezénu. Na této straně je také otvor pro případné značení tuby.



Obr. 42 Model mosazných stisků s příčnými drážkami

7.7.5 Předstisky

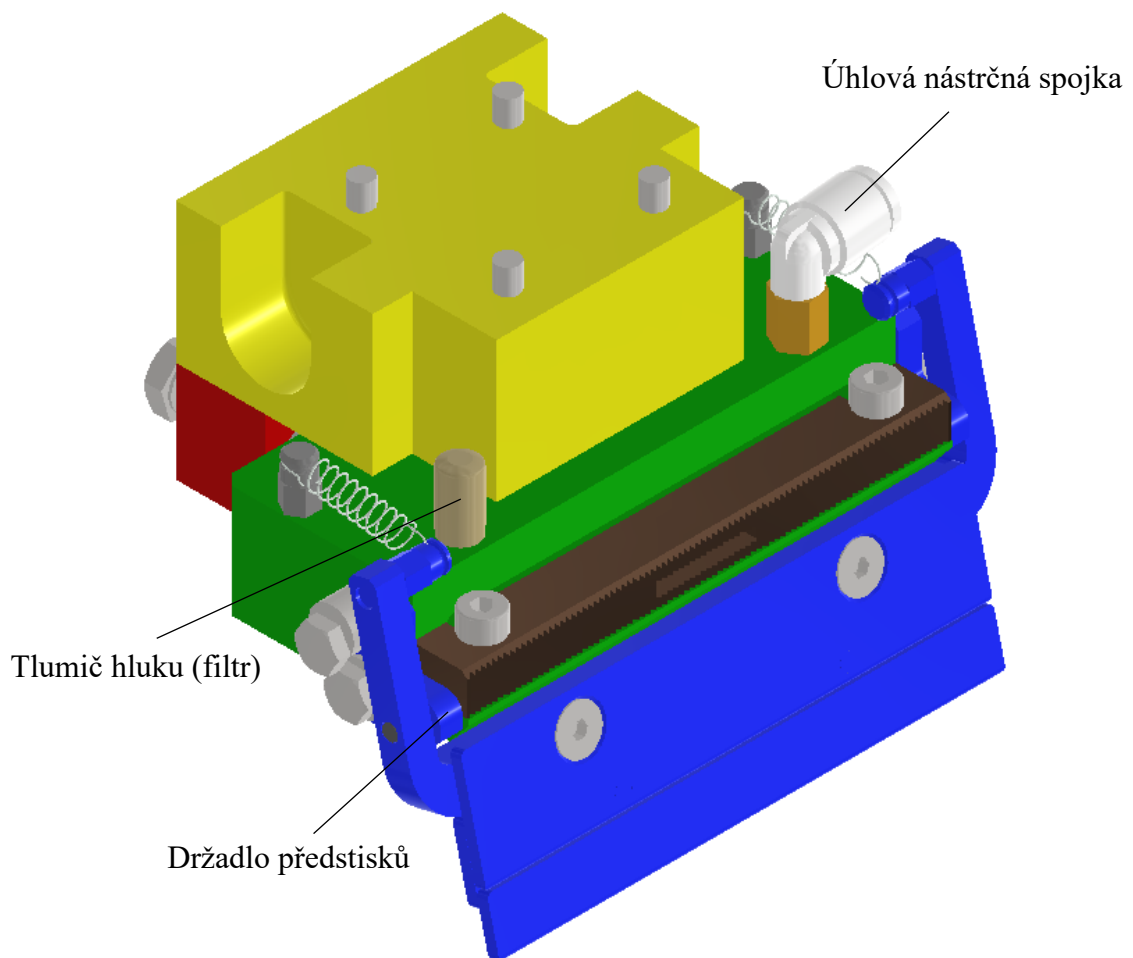
Tato součást byla zkonstruována z toho důvodu, aby se předešlo případnému krčení a vlnění tub. Princip těchto předstisků je, že se pár setin sekund před stisknutím opřou o plochu tuby a zajistí její správný tvar. Do zpětné polohy se dostávají pomocí tažných pružin. Aby předstisky byly vhodné pro různé rozměry tub, je jejich spodní deska vyrobena jako vyměnitelný nástavec.



Obr. 43 Model předstisků

7.7.6 Celková sestava čelistí

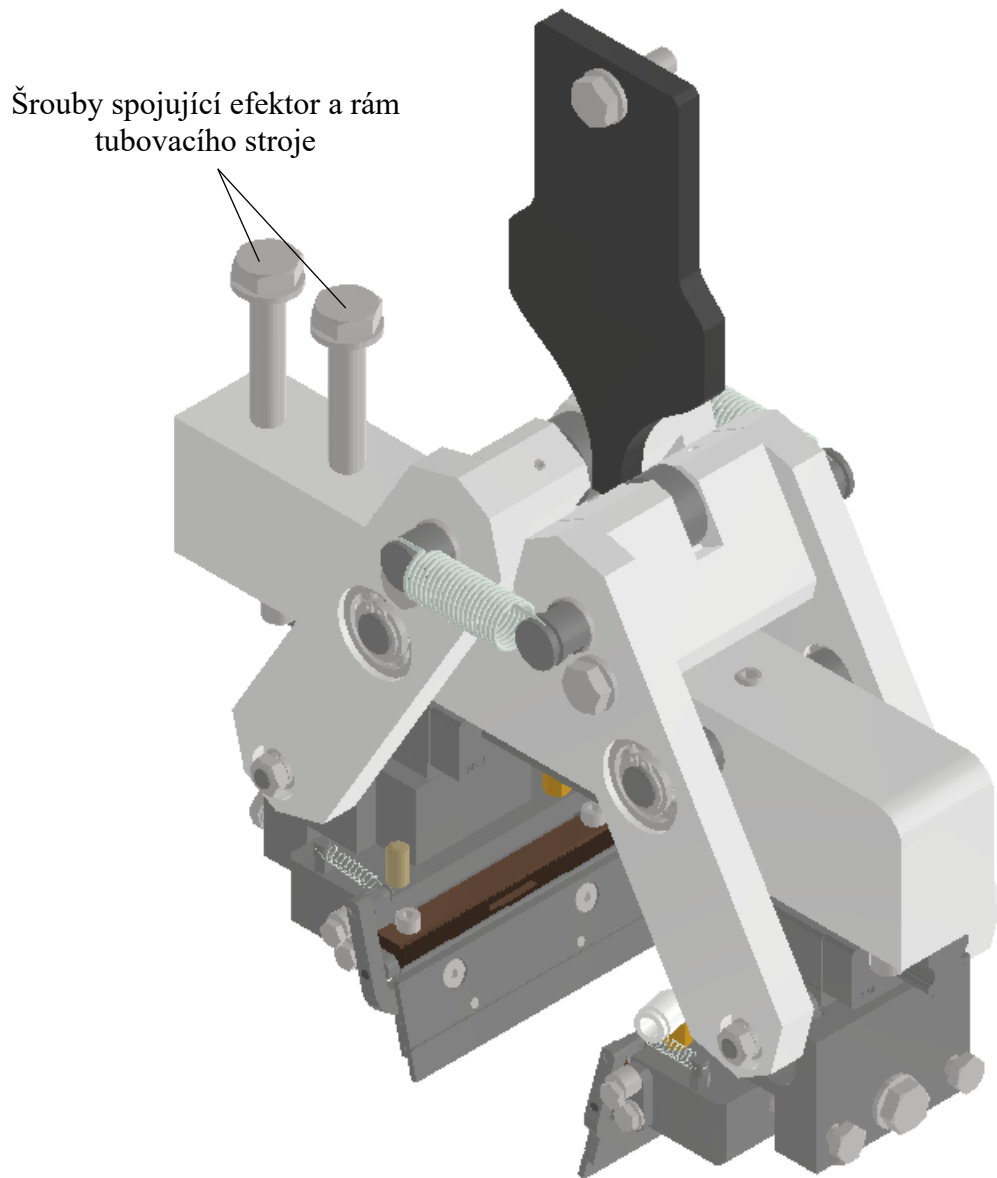
Spojením výše zmíněných součástí vznikne celek nazývaný jako čelisti. Složitější řešení představovalo připevnění předstisků, aby správně vykonávaly svoji funkci. Tato záležitost se vyřešila přidáním držadla ve tvaru „L“. Vzduchová hadice, kterou proudí vzduch do podélné drážky k ochlazení stisků, je připojena k čelistím úhlovou nástrčnou spojkou. Na koncové straně této drážky se nachází tlumič hluku, který slouží také jako filtr proti nečistotám.



Obr. 44 Sestava čelisti efektoru se všemi náležitými prvky

7.8 Celková sestava koncových efektorů

Výsledná podoba spojovacích koncových efektorů je zobrazena na obrázku dole. Částí horní plochy opěrné desky je efektor přichycen dvěma šestihřannými šrouby k výškově nastavitelnému rámu tubovacího stroje.



Obrázek 45 Celková sestava navrhovaného koncového efektoru pro uzavírání plastových tub

8 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hlavním cílem této bakalářské práce je funkční modernizace uzavíracích koncových efektorů. Návrh byl vytvořen na základě požadavků společnosti Füllmatik. Modernizace vycházela z problematiky nerovnoměrného stisku a obtížnosti nastavení čelistí.

Zvolený návrh se zaměřoval na problémové části existujících uzavíracích efektorů. Nejzásadnější změnou musely projít ramena efektoru s přidanou kolejnicí tak, aby se konal přímočarý pohyb čelistí. Pro tento pohyb byly vhodné varianty v podobě vodících tyčí nebo právě kolejnic. Varianta kolejnicového vedení byla zvolena z důvodu, že stejný princip využívá i stříhací jednotka na tubovacím stroji a nejeví známky potíží. Přidáním předstisků u čelistí by se mělo eliminovat vlnění a krčení tub. Aby předstisky vyhovovaly tubám jakéhokoliv rozměru, byl navrhnout vyměnitelný nástavec.

Po modernizaci jednotky schválila firma výrobu prototypu tohoto efektoru. Následnou montáží ke stroji Tubeline se efektor vystavil testování na plastové tubě, která je zmíněna v kapitole 7.1. Při testování uzavření cca třiceti tub s nastavením doby stisku jedné sekundy a teplotou nahřívání tuby 380 °C se prokázalo, že pomocí ramen efektorů společně s vodícími kolejnicemi konají požadovaný přímočarý pohyb a tím vytváří rovnoměrný stisk na tubě. Dále se také neprojevil problém s vytáhnutím tuby z pouzdra. V místě tuby, kde se opírají předstisky, se vyskytovala velmi malá nerovnost, která ale neměla známky většího vlnění nebo krčení a vyhovovala požadavkům na kvalitu tuby.

Chyba, která se vyskytla při testování, vznikla ihned ze začátku na prvních dvou tubách. Důvodem bylo špatné nastavení držáku stisků. Stisky byly při svaření tuby příliš daleko od sebe, kvůli čemuž vznikl nekvalitní svar s nedostatečnou pevností. Při zjištění problému a upravením vzdálenosti stisků se po dobu testování nevyskytl žádný jiný problém. Po pozitivním testování firma schválila výrobu těchto uzavíracích koncových efektorů především z důvodu menší chybovosti.

Jako hlavním nedostatkem na zmodernizovaných efektorech lze považovat nepříliš přesné nastavování držáku stisků. Řešením by mohlo být zabudování ovládacích koleček s ukazatelem polohy.

ZÁVĚR

Podstatou této bakalářské práce byla analýza nežádoucích problémů na spojovacích koncových efektorech pro plnění a zavírání plastových tub a jejich následná modernizace.

Teoretická část přibližuje způsob plnění a uzavírání určitých obalů, především plastových tub. Rozsáhleji popsán je zde tubovací stroj s názvem Tubeline. Dále je možné se v této části také seznámit s nejrůznějšími typy koncových efektorů a jejich využitím.

Praktická část pojednává o modernizaci uzavíracích koncových efektorů. Jako první krok bylo analyzovat nežádoucí problémy na těchto uzavíracích efektorech a následně navrhnout konstrukční změnu tak, aby se zamezilo vzniku problémů. Jedním z hlavních aspektů byla změna pohybu čelistí efektoru, a to na rovnoměrný pohyb.

Součástí práce je také vypracována celková sestava navrhovaného koncového efektoru a 3D model plastové tuby.

Zmodernizovaná jednotka byla odzkoušena na tubovacím stroji a prokázalo se, že pracuje bez výrazných chyb. Jedinou zaznamenanou chybou bylo nekvalitní svaření tuby z důvodu špatného nastavení držáku stisků.

S ohledem na pozitivní výsledky při testování tohoto návrhu koncových efektorů bude tato bakalářská práce přínosem pro společnost Füllmatik při budoucím spojování plastových tub.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Albertina Machinery* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://albertina-machinery.com/>
- [2] Plnicí a uzavírací monoblok. *Albertina Machinery* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://albertina-machinery.com/product/compact-ekonomicky-plnici-a-uzaviraci-monoblok>
- [3] Plnicí stroj Polaris FM. *Imaco* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <http://imaco.cz/produkty/plnici-stroje/polaris-fm/>
- [4] Plnicí stroj Apollo FM. *Albertina Machinery* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://albertina-machinery.com/product/apollo-fm-plnici-stroje-na-bazi-prutokomeru>
- [5] Uzavírací stroje. *Ampi* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <http://www.ampi.cz/cz/uzaviraci-stroje>
- [6] Lineární uzavírací stroje. *Albertina Machinery* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://albertina-machinery.com/product/automaticke-linearni-uzaviraci-stroje>
- [7] Zavírací stroj Hermes 1M. *Imaco* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <http://imaco.cz/produkty/zaviraci-stroje/hermes-1m/>
- [8] Plnicí a uzavírací stroje pro plastové a kovové tuby. *Fullmatik* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.fullmatik.cz/plnici-a-uzaviraci-monobloky/stroje-na-plneni-a-uzavirani-plastovych-a-kovovych-tub/>
- [9] EDWARDS, David. *Robot end-effector market forecast to grow to \$6.5 billion by 2025* [online]. 2019 [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://roboticsandautomationnews.com/2019/09/19/robot-end-effector-market-forecast-to-grow-to-6-5-billion-by-2025/25734/>
- [10] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory: učební text* [online]. Ostrava [cit. 2022-03-28]. ISBN ISBN 978-80-248-1522-0.
- [11] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 9788021448285.
- [12] NOVOTNÝ, František, Vlastimil HOTAŘ, Marcel HORÁK, Marie STARÁ a Michal STARÝ. *Úvod do automatizace a robotizace ve strojírenství*. Liberec: Technická univerzita

v Liberci, Fakulta strojní, Katedra sklářských strojů a robotiky, 2020. ISBN 978-80-7494-545-8.

[13] *Robots for welding* [online]. [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://knn-systems.com/en/robots-for-welding/>

[14] BLECHA, PH.D., Doc. Ing. Petr, Prof. Ing. Zdeněk KOLÍBAL, CSC. a Doc. Dr. Ing. Radek KNOFLÍČEK. *Mechatronika Modul 10: Robotika* [online]. Brno, 2008 [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8054951-Mechatronika-modul-10-robotika.html>

[15] Gupta, A.K. Arora, S.K. Westcott, Jean Riescher. (2017). Industrial Automation and Robotics - 15.5 Selection of Gripper. (pp. 5). Mercury Learning and Information. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0119K59P/industrial-automation/selection-of-gripper>

[16] CHVÁLA, Břetislav, TALÁCKO, Jaroslav a MATIČKA, Robert. *Průmyslové roboty a manipulátory: celost. vysokošk. učebnice pro stud. fak. strojnické*. Praha: SNTL, 1990. s. 140. ISBN 80-03-00361-X. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:6a6d0d30-f78c-11e2-9584-001018b5eb5c>

[17] Pneumatic gripping by schunk – plug & work portfolio techman robot. *TM-Robot* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.tm-robot.com/de/produkt/pneumatic-gripping-by-schunk-plug-work-portfolio-techman-robot/>

[18] Koncové efekty. *WP Engineering* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.wpeng.cz/l/koncovy-efektor-jako-dulezita-periferie-robotu/>

[19] Destaco: Podtlakový úchopný prvek. *Destaco* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.destaco.com/robotic-tooling/round-tooling.html>

[20] Venturi: Podtlakový úchopný prvek. *Direct industry* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/piab/product-4747-438997.html>

[21] The multi-purpose end-effector. *Research Gate* [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-multi-purpose-end-effector-consists-of-the-two-principal-tools-for-assembly-an_fig3_348116801

[22] T. Park *et al.*, "Design of special end effectors for first aid robot," *2017 IEEE International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics (SSRR)*, 2017, pp. 179-180, doi: 10.1109/SSRR.2017.8088160.

[23] *Pneumatický válec CP96SDB63-60C*. 2022. Dostupné také z: https://smc-static-resources-prd.s3.eu-central-1.amazonaws.com/products/datasheet/gen/DS_CP96SDB63-60C_cs_CZ.pdf

[24] *CP96 series* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/CP96.pdf>

[25] *Lineární vedení Hiwin* [online]. 2015 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: https://shop.eufactory.com/index.php?controller=attachment&id_attachment=30

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	Trojdimenzionální.
∅	Průměr.
°C	Celsiův stupeň.
Al	Hliník.
apod.	A podobně.
atd.	A tak dále.
AW	Hliníková slitina.
μm	Mikrometr.
1M	Zařízení s jednou zavírací hlavou.
3M	Zařízení se třemi zavíracími hlavy.
4M	Zařízení se čtyřmi zavíracími hlavy.
EN	Evropská norma.
F_{IN} [N]	Síla pneumatického válce při zasouvání.
F_{OUT} [N]	Síla pneumatického válce při vysouvání.
FM	Plnicí zařízení
HG	Standardní řada kolejnicového vedení.
h_p [mm]	Zdvih pístu.
hod	Hodina.
IN	Zasouvání.
K	Kovová tuba.
kg	Kilogram.
kVA	Kilovolt-ampér.
l	Litr.
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou.
m_A [kg]	Základní provedení válce.

m_B [kg]	Přídavná hmotnost veškerých montážních prvků (na 50 mm zdvihu).
m_C [kg]	Celková hmotnost pneumatického válce.
Mg	Horčík.
mm	Milimetr.
ml	Mililitr.
MPa	Megapascal.
N	Newton.
OUT	Vysouvání.
P	Plastová tuba.
popř.	Popřípadě.
Si	Křemík.
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným.
tzv.	Takzvaný.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Detail plnění a uzavírání lahvíček na rotačním monobloku [2]	12
Obr. 2 Detail lineárního plnicího stroje se šesti plnicími tryskami [3].....	12
Obr. 3 Lineární plnicí stroj Albertina Apollo FM [4].....	13
Obr. 4 Jednotka pick and place dopravující víčko pod uzavírací hlavu [7].....	14
Obr. 5 Rotační uzavírací stroj IMACO Hermes 1M [7]	15
Obr. 6 Různé velikosti plastových tub před a po plnění a uzavírání	16
Obr. 7 Otočný stůl tubovacího stroje s plastovými pouzdry k založení tuby [8]	16
Obr. 8 Tubovací stroj Tubeline.....	17
Obr. 9 Proces zakládání tuby do pouzdra	19
Obr. 10 Proces orientování tuby	20
Obr. 11 Proces plnění tuby plnicí tryskou	20
Obr. 12 Proces nahřívání horní části tuby.....	21
Obr. 13 Proces uzavření horní části tuby	22
Obr. 14 Proces stříhání.....	22
Obr. 15 Proces vyhazování tuby	23
Obr. 16 Koncové efekторы [9].....	24
Obr. 17 Robot pro svařování [13].....	26
Obr. 18 Rozdělení úchopných prvků [16]	27
Obr. 19 Pasivní úchopný prvek s odpruženými čelistmi [14].....	28
Obr. 20 Chapadlo s pneumatickým pohonem [17]	28
Obr. 21 Magnetický úchopný prvek s uvolňovací planžetou [12].....	29
Obr. 22 Elektromagnetický úchopný prvek [11]	29
Obr. 23 Pasivní podtlakový úchopný prvek [19].....	30
Obr. 24 Aktivní podtlakový úchopný prvek [20]	30
Obr. 25 Kombinovaná výstupní hlavice skládající se z úchopného chapadla a montážního šroubováku [21]	31
Obr. 26 Speciální koncové efekторы pro roboty první pomoci: a) efektor pro aplikování injekce, b) efektor pro okysličení, c) efektor pro zastavení krvácení [22]	31
Obr. 27 Současné konstrukční provedení uzavíracích koncových efektorů.....	34
Obr. 28 Detail zastřížení v nesprávné výšce tuby.....	35
Obr. 29 Detail nedostatečně svařené tuby	36
Obr. 30 3D model svařené, zastřížené plastové tuby vytvořený v Autodesk Inventor a testovaná tuba před procesem uzavírání	38
Obr. 31 Pneumatický válec SMC CP96SDB63-60C [23]	39

Obr. 32 Model kulisy uzavírací stanice se zvýrazněnou plochou pro správný pohyb ramen efektoru	41
Obr. 33 Detail vodících kolejnic se dvěma vozíky vyznačeny červenou a oranžovou barvou na koncovém efektoru.....	41
Obr. 34 Model páky ramene	42
Obr. 35 Model držáku kladky	43
Obr. 36 Sestava ramene efektoru se všemi náležitými prvky.....	43
Obr. 37 Model opěrné desky.....	44
Obr. 38 Lineární vedení typu HG s kolejnicí [25].....	45
Obr. 39 Model kostky držení	45
Obr. 40 Model kostky nastavení s nastavovacími šrouby	46
Obr. 41 Model držáku stisku.....	46
Obr. 42 Model mosazných stisků s příčnými drážkami.....	47
Obr. 43 Model předstisků	47
Obr. 44 Sestava čelisti efektoru se všemi náležitými prvky	48
Obrázek 45 Celková sestava navrhovaného koncového efektoru pro uzavírání plastových tub	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Technické parametry stroje Tubeline P	18
Tab. 2 Síla pneumatického válce [24]	39
Tab. 3 Celková hmotnost pneumatického válce [24]	40

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkresová dokumentace

- Výkres sestavy spojovacího koncového efektoru
- Kusovník

Příloha P II: CD disk

- 3D model spojovacího koncového efektoru
- Výkresová dokumentace