

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2023

**ŠTĚPÁN
TICHÝ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ A ČÁSTÍ STROJŮ

**Konstrukční návrh automatické linky pro
lisování koncovek hadic**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Tichý Štěpán

VEDOUcí PRÁCE: Ing. Hoidekr Jan, Ph.D.

STUDIJNÍ PROGRAM: B 2342 Teoretický základ strojího inženýrství

STUDIJNÍ OBOR: 2301R000 Studijní program je bezoborový

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Tichý** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **501236**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Konstrukční návrh automatické linky pro lisování koncovek hadic

Název bakalářské práce anglicky:

The construction design of the automatic line for pressing hose ends

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte rešerši armovacích lisů a potřebných technologií k návrhu automatizace daného procesu (dopravníky, pohonné mechanismy apod.).
2. Navrhněte vlastní detailní konstrukci zařízení pro samotné lisování koncovek hadic a vytvořte 3D model ve vybraném CAD.
3. Navrhněte systém automatizace - provozní linku pro sériovou výrobu s možností nastavení délky hadice a vytvořte 3D model ve vybraném CAD.
4. Proveďte návrhové výpočty pohonů mechanismu, vyznačte kritická místa navržené konstrukce a vybrané uzly pevnostně zkontrolujte.
5. Vytvořte návrhový výkres sestavy navrženého lisu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spojení a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] Joseph E. Shigley: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] FREDERICK E. GIESECKE. Technical Drawing with Engineering Graphics. 2014. Pearson New International Edition. ISBN 13: 9781292026183.
- [4] Katalogy výrobců.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


Ing. Jan Hoidekr, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **11.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2023**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Jan Hoidekr, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

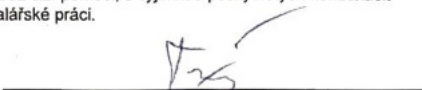

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

28.4.2023
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat hlavně svému vedoucímu Ing. Janu Hoidekrovi, Ph.D. za užitečné rady a pomoc s touto prací. Dále bych chtěl poděkovat všem spolužákům, kteří mi pomáhali nejen s bakalářskou prací, ale s celým studiem. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu ve studiu.

Anotace

V této práci byla navržena automatická linka pro lisování koncovek hadic. V První části je uvedena rešerše pneumatických rozvodů a dopravníků. V další části je pak vlastní návrh automatické linky. Vybrané mechanismy byly ještě podpořeny výpočty.

Annotation

This theses is about design of automatical line for pressing hose ends. In the first part is the reserch about pneumatical mechanisms and conveyors. In the next part is my design of automatical line. Chosen mechanisms were checked by calculations.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	- 1 -
1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	- 3 -
2. TEORETICKÁ ČÁST	- 4 -
2.1 ARMOVACÍ LIS.....	- 4 -
2.1.1. RUČNÍ ARMOVACÍ LIS	- 4 -
2.1.2. HYDRAULICKÝ ARMOVACÍ LIS.....	- 5 -
2.1.3. PNEUMATICKÝ ARMOVACÍ LIS.....	- 5 -
2.2 PNEUMATICKÉ MECHANISMY	- 6 -
2.2.1. PŘEDNÍ VÝROBCI A DODAVATELÉ	- 8 -
2.2.2. PRVKY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ	- 8 -
2.2.3. KOMPRESORY	- 9 -
2.2.4. TLAKOVÉ NÁDOBY	- 10 -
2.2.5. ROZVOD VZDUCHU	- 11 -
2.2.6. ŘÍDICÍ PRVKY	- 12 -
2.2.7. PRVKY NA ÚPRAVU VZDUCHU	- 14 -
2.2.8. PNEUMATICKÉ VÁLCE.....	- 16 -
2.3. DOPRAVNÍKY.....	- 18 -
2.3.1. DOPRAVÍKY BEZ TAŽNÉHO ELEMENTU	- 18 -
2.3.2. DOPRAVNÍKY S TAŽNÝM ELEMENTEM.....	- 20 -
ZÁVĚRY PLYNOUCÍ Z PŘEHLEDU PROBLEMATIKY	- 23 -
3. PRAKTICKÁ ČÁST	- 24 -
3.1. KONCEPČNÍ NÁVRH AUTOMATICKÉ LINKY	- 25 -
3.2. ŘETĚZOVÝ DOPRAVNÍK	- 27 -
3.2.1. VÝPOČET POHONU DOPRAVNÍKU	- 33 -

3.2.2.	NÁVRH HNACÍ HŘÍDELE	- 39 -
3.3.	ODVINUTÍ A USTŘIHNUTÍ HADICE	- 41 -
3.4.	NASAZENÍ OBJÍMKY NA HADICI	- 43 -
3.5.	NASAZENÍ ROVNÉ KONCOVKY	- 46 -
3.6.	NASAZENÍ ZAHNUTÉ KONCOVKY	- 47 -
3.3.	ZALISOVÁNÍ OBJÍMKY	- 49 -
3.3.1.	VÝPOČET LISOVACÍ SÍLY	- 52 -
3.3.2.	VÝPOČET MINIMÁLNÍ SÍLY PNEUMATICKÉHO VÁLCE	- 54 -
3.7.3.	KONTROLA PROTIKUSU	- 55 -
3.4.	KOMPLETACE JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠŤ	- 58 -
4.	ZÁVĚR	- 59 -
	CITOVANÁ LITERATURA.....	- 60 -
	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 65 -
	SEZNAM TABULEK	- 68 -
	SEZNAM PŘÍLOH	- 68 -

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a [m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení
$d_H [mm]$	Průměr hnací hřídele
$d_H' [mm]$	Minimální průměr hnací hřídele
$f [-]$	Součinitel tření
$F [N]$	Tahová síla jednoho přípravku dopravníku
$F_1 [N]$	Tahová síla při rozběhu 1 segmentu dopravníku
$F_d [N]$	Normálová síla na protikus při lisování
$F_{L1} [N]$	Lisovací síla pro jeden zub
$F_{L8} [N]$	Lisovací síla pro všechny zuby
$F_n [N]$	Tahová síla při chodu jednoho přípravku dopravníku
$F_P [N]$	Síla pístu
$F_y [N]$	Radiální síla v protikusu
$g [m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
$G [MPa]$	Modul pružnosti ve smyku
$G [N]$	Tíhová síla
$i [-]$	Převodový poměr
$I_p []$	Polární moment průřezu
$k [-]$	Bezpečnost
$l [mm]$	Délka hnací hřídele
$M_n [Nm]$	Krouticí moment při chodu celého dopravníku
$M_{n1} [Nm]$	Krouticí moment při chodu 1 segmentu dopravníku
$M_z [Nm]$	Rozběhový krouticí moment celého dopravníku
$M_z^* [Nm]$	Rozběhový krouticí moment po průchodu převodovkou
$M_{z1} [Nm]$	Rozběhový krouticí moment 1 segmentu dopravníku
$n [min]$	Otáčky
$N [N]$	Normálová síla
$nd [min^{-1}]$	Otáčky řetězových kol dopravníku
$nm [min^{-1}]$	Otáčky motoru
$N_p [-]$	Reálný počet článků řetězu mezi dvěma přípravky
$N_p' [-]$	Výpočtový počet článků řetězu mezi dvěma přípravky

N_z [-]	Počet zubů
p [mm]	Rameno síly P
P [N]	Přítlačná síla hadice svěrného mechanismu
p_1 [MPa]	Tlak uvnitř protikusu
p_2 [MPa]	Vnější tlak na protikusu
p_L [MPa]	Lisovací tlak
r [mm]	Rameno síly R
R [N]	Síla od svěrného mechanismu
r_1 [mm]	Vnitřní průměr protikusu
r_2 [mm]	Vnější průměr protikusu
R_n [N]	Normálová síla na zub při lisování
s [mm]	Reálná vzdálenost mezi přípravky
s' [mm]	Zvolená vzdálenost mezi přípravky
S [N]	Setrvačná síla
S_1 [mm ²]	Lisovací plocha zubu
S_p [mm ²]	Třecí plocha zubu s protikusem
t [mm]	Hloubka drážky na pero v hřídeli
T [N]	Třecí síla
t [s]	Čas
T_d [N]	Třecí síla na protikus při lisování
v [m/s]	Rychlost
$\sigma_{DAI-slitin}$ [MPa]	Dovolené napětí v tlaku pro al - slitiny
σ_{RED}^{TMAX} [MPa]	Redukované napětí podle teorie τ_{MAX}
τ_{DK} [Mpa]	Dovolené napětí v krutu
τ_k [Mpa]	Napětí v krutu
φ° [°]	Úhel natočení hnací hřídele
φ°_{max} [°]	Maximální úhel natočení hnací hřídele

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Zajištění koncovek pomocí armování je v průmyslu velice rozšířenou technologií pro kompletaci hadic s koncovkami. Nejrozšířenější druh armovacího lisu je na hydraulický pohon. Automatizace armovacích lisů není rozšířená a používají se hlavně pro kusovou výrobu.

Tato práce je zaměřena na návrh automatické linky na kompletaci pračkových hadic. Koncovky jsou zajištěny pomocí objímek zalisovaných pomocí pneumatického armovacího lisu. Výsledná linka bude navržena pro kompletaci minimálně 360 kusů za hodinu.

Cílem práce je vytvořit 3D model automatické linky se všemi potřebnými mechanismy, vybrané uzly pevnostně zkontrolovat výpočty a na závěr vytvořit návrhový výkres armovacího lisu.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 ARMOVACÍ LIS

Armovací lis, známý také jako krimpovací, je lisovací zařízení, které se využívá k armování neboli lisování koncovek na hadice. Spojení hadice a koncovky je provedeno zalisováním kovové objímky na hadici, do které je vložena koncovka, která po zalisování drží pouze mechanickou silou zdeformované objímky. I bez použití lepidla nebo jiného tmelu je docíleno spolehlivého, a hlavně vzduchotěsného spojení.

Tento druh spojení se využívá hlavně na hydraulické, pneumatické a průmyslové hadice.

2.1.1. RUČNÍ ARMOVACÍ LIS

Jedná se o velice jednoduché zařízení, kde lisovací sílu vyvíjí obsluha za pomoci páky nebo utahováním šroubu. Tyto lisy jsou používány hlavně na malé průměry hadic (3 až 35 mm). Jsou levné, spolehlivé a kompaktní. Ideální uplatnění najdou hlavně v kusové nebo malosériové výrobě. [1]



Obrázek 1 - Ruční pákový armovací lis [2]



Obrázek 2 – Ruční šroubový armovací lis [3]

2.1.2. HYDRAULICKÝ ARMOVACÍ LIS

Jedná se o nejrozšířenější druh armovacího lisu. Zalisování kovové objímky je docíleno pomocí hydraulické kapaliny. Tlaku v hydraulickém oběhu je docíleno buďto ručním pístem nebo čerpadlem. K dostání jsou jak přenosné, tak stacionární varianty. Rozsah průměrů hadic se pohybuje od 4 až do 390 mm. [1][4]



Obrázek 3 - Hydraulický armovací lis [4]



Obrázek 4 - Ruční hydraulický armovací lis [4]

2.1.3. PNEUMATICKÝ ARMOVACÍ LIS

Tato varianta je zřejmě nejméně rozšířené konstrukční řešení. Pneumatický lis pracuje na stejném principu jako hydraulický, ovšem přenos tlaku není realizován pomocí hydraulické tekutiny, ale stlačeného vzduchu. Oproti hydraulickému lisu bude pracovat s menším tlakem a jeho použití je tak vhodné pro menší průměry hadic. [5]

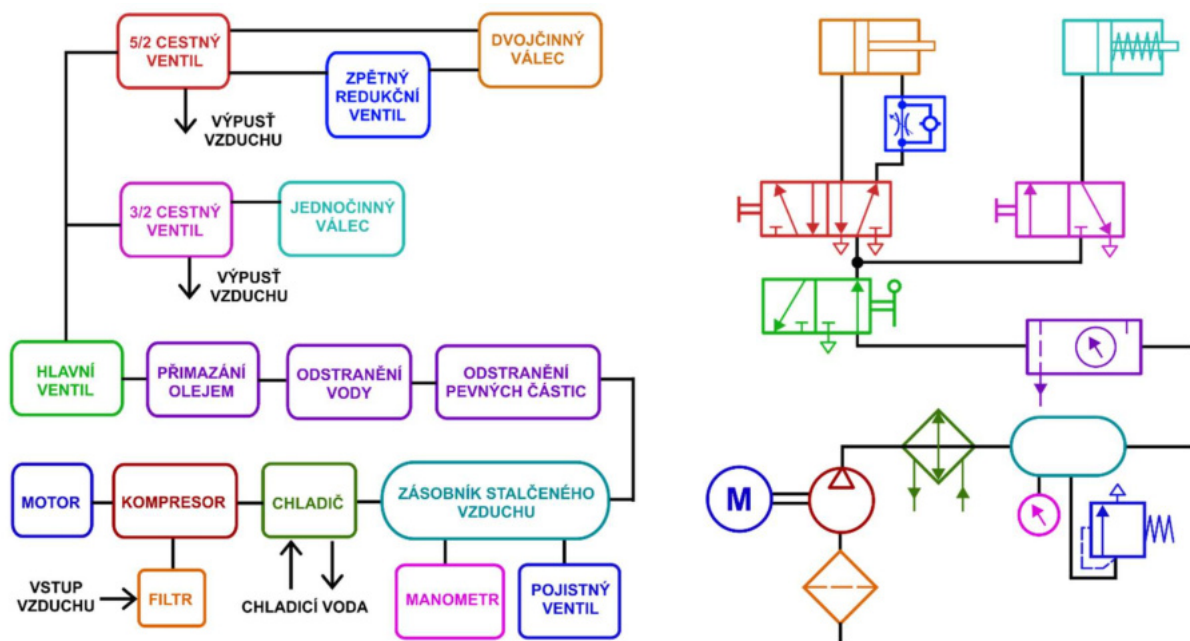


Obrázek 5 - Pneumatický armovací lis [5]

2.2 PNEUMATICKÉ MECHANISMY

Pneumatické mechanismy převádí energii (většinou elektrickou) na sekundární energii stlačeného vzduchu. Ta je dále převáděna na pohyb posuvný, rotační, kývavý a jejich kombinace. Pneumatický systém využívá otevřeného oběhu, vzduch je stlačen pomocí kompresoru, ochlazen a následně je uchován v tlakových nádobách a rozváděn pomocí potrubí přímo do mechanismů. Poté je stlačený vzduch vypuštěn do atmosféry. [6]

Na obrázku 6 je zobrazen příklad pneumatického obvodu. Na levé straně se nachází schématický náčrt a na pravé pneumatische schéma pomocí značek. Na obrázku se na obou stranách jedná o stejný obvod. Součásti jsou na obrázku pro názornost barevně odlišeny, reálný obvod by byl jednobarevný



Obrázek 6 - Ukázkový pneumatický obvod

Tabulka 1 - Porovnání pneumatiky, hydrauliky a elektrotechniky [6]

Kritéria	Pneumatika	Hydraulika	Elektrotechnika
Síla při přímočarém pohybu	Síly omezeny nejnižším tlakem a pístu asi na 35 až 40kN, v klidovém stavu bez spotřeby energie	V důsledku velkých tlaků i velké síly	Nižší účinnost, nelze přetížít, velká spotřeba energie i za klidu, nepatrné síly
Síla při rotaci	Plný točivý moment, a to i v klidovém stavu, v něm bez spotřeby energie.	Plný točivý moment, a to i v klidu, ale v něm vzniká největší potřeba energie	Malý záběrový moment.
Lineární pohyb	Jednoduchá realizace, velké zrychlení, velké rychlosti (asi 1,5 m/s)	Jednoduchá realizace, dobrá říditelnost, rychlost do 0,5 m/s	Nepohodlně a nákladně, buď mechanickým převodem nebo u krátkých zdvihů elektr. magnetem. Pro malé síly lineární motor, rychlosti do 5 m/s
Rotační a kývavý pohyb	Pneumomotory s velmi vysokými otáčkami (asi 50 000 m/min), značné provozní náklady, kývavá pohyb do 270°	Hydromotory i s kyvadlovým pohybem a nižšími otáčkami než u pneumatiky (do 60 000 min ⁻¹), dobrá účinnost	Lepší účinnost u rotačních pohonů, omezené otáčky do 3 000 min ⁻¹
Říditelnost	Jednoduchá říditelnost síly změnou tlaku (regulátory tlaku) a rychlosti změnou průtoku (škrtecí ventil, odvětrávací ventil) v horní části rozsahu rychlosti	Velmi dobře říditelná síla i rychlost, i malé rychlosti dobře nastavitelné	Říditelnost velmi dobrá, nutnost použití frekvenčního měniče.
Akumulace a přenos energie	Možné až do velkého množství při malé ceně, snadná přeprava potrubím (až do 1000 m) a tlakovými láhvemi	Akumulace omezená použitím vzduchových nebo pružinových akumulátorů, přenos výkonu asi do 100 m	Akumulace velice obtížná a nákladná, nečastěji jen malá množství (akumulátory, baterie) naopak snadno přepravitelná i na značné vzdálenosti
Vliv okolního prostředí	Necitlivé na kolísání teploty, bez nebezpečí výbuchu, při vysoké vlhkosti vzduchu, nízké teplotě okolí a expanzi nebezpečí zamrzání	Citlivé na kolísání teploty, při netěsnostech znečišťování a nebezpečí požáru	Necitlivé na kolísání teploty, ale omezena max. povolená teplota (nejčastěji max. 80°C), v prostředí s nebezpečím výbuchu, nutná ochrana proti explozi a požáru
Cena energie	Ve srovnání s elektrickou vysoká, levnější než u pneumatiky.	Ve srovnání s elektrickou vysoká	Nejnižší náklady
Použitelnost – nahraditelnost	Použitelné i při malých znalostech, stavba a uvedení do provozu relativně jednoduché a bezpečné	Obtížnější než u pneumatiky, neboť používá vysokých tlaků, nutná zpětná potrubí	Jen při odborných znalostech, nebezpečí úrazu, při chybném zapojení často zničení přístrojů nebo ovládní
Všeobecně	Prvky jsou bezpečné proti přetížení, při velkých průtocích hlučné odfuky, proto tlumiče	Při vysokých tlacích hluk čerpadla, prvky jsou bezpečné proti přetížení	Prvky nelze přetížít, nebo pouze při značných vícenákladech, hluk pohybových el. magnetů

Výhody pneumatických mechanismů jsou:

- možnost automatizace,
- stlačený vzduch lze skladovat v tlakových nádobách, kompresor tedy nemusí trvale pracovat,
- čistý a bezpečný provoz,
- nízké ceny a velká variabilita prvků.

Nevýhody pneumatických mechanismů jsou:

- nutná úprava vzduchu,
- dynamika pohybu je závislá na zatížení,
- nelze dosáhnout velkého tlaku na pneumatických válcích (max. 10 bar),
- kompresor a vypouštěcí ventily jsou při provozu velmi hlučné.

2.2.1. PŘEDNÍ VÝROBCI A DODAVATELÉ

Mezi přední společnosti patří například:

- Stassto
- Norgen
- Fluidtechnik
- Bohemia
- SMC
- Festo

V této práci byla použita pneumatická zařízení od firmy Festo, protože je jednou z nejrozšířenějších společností v oboru pneumatiky a disponuje objemnou elektronickou knihovnou 3D modelů.

2.2.2. PRVKY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ

Každý pneumatický mechanismus potřebuje ke své správné funkci řadu součástí a strojů, které ovlivňují činnost mechanismu a bez kterých by nemohl plnit svou funkci. Tyto stroje a součástky se vyrábějí v mnoha konstrukčních provedeních a velikostech

s typizovanými přípojovacími rozměry, což zajišťuje jejich zaměnitelnost mezi různými výrobci. Oproti hydraulickým mechanismům jsou vystaveny mnohem menším tlakům a nemají tedy vysokou materiálovou náročnost, jsou lehčí, jednodušší a tím pádem i levnější. [6][7]

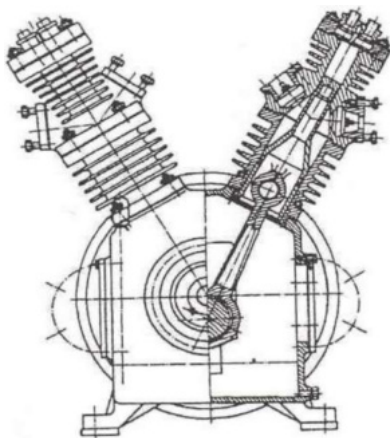
2.2.3. KOMPRESORY

Kompresor je stroj určený ke stačování vzduchu. Podle způsobu využití je rozlišováno několik konstrukcí.

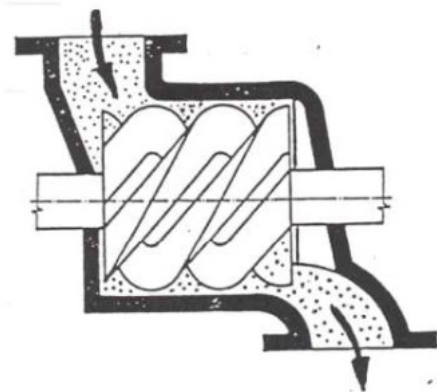
Objemové kompresory

Objemové kompresory s ventilovým oběhem fungují na principu změny objemu pracovního prostoru. Zmenšením objemu v utěsněném prostoru stoupá tlak. Podle způsobu změny objemu rozdělujeme kompresory následovně: [8][9]

- pístový,
 - s vratným pohybem,
 - jednočinný,
 - dvojčinný,
 - rotační,
 - šroubový,
 - lamelový (křídlový),
 - scroll,
 - kapalinokružný,
- membránový.



Obrázek 7 – Schéma pístového kompresoru [8]

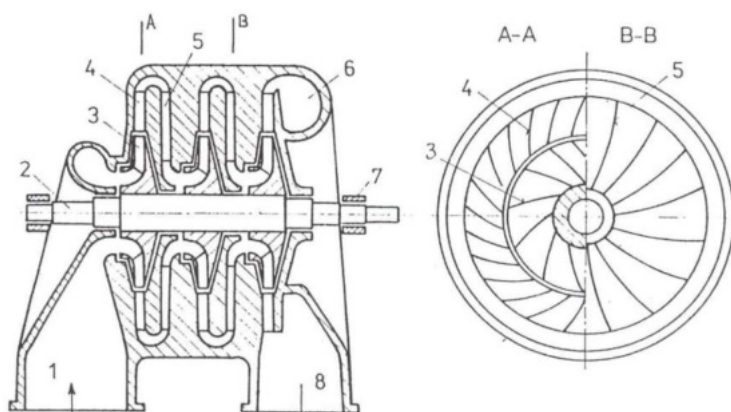


Obrázek 8 – Schéma šroubového kompresoru [8]

Dynamické kompresory

V dynamickém kompresoru na rozdíl od objemového zůstává objem konstantní. Zvýšení tlaku probíhá pomocí oběžného kola. Ve statoru se za rotorem mění energie kinetická na tlakovou. Dynamické kompresory rozdělujeme podle konstrukce následovně: [8][26]

- turbokompresory,
 - axiální,
 - radiální,
- proudové.



Obrázek 9 – Schéma radiálního třístupňového turbokompresoru [8]

Pro využití v pneumatických mechanismech se využívá hlavně kompresorů objemových pístových. Dynamické jsou vhodnější na nepřetržitý provoz pro velké objemy a menší tlaky.

2.2.4. TLAKOVÉ NÁDOBY

Tlakové nádoby neboli vzdušníky slouží jako zásobník stlačeného vzduchu. Vyrábí se v provedení ležatém a stojatém s robustní ocelovou konstrukcí. Disponují tlakem až 16 barů. Jejich hlavním parametrem je objem, který se pohybuje od desítek až po desetitisíce litrů. [10]



Obrázek 10 - Stojatý vzdušník [11]



Obrázek 11 - Ležatý vzdušník [12]

2.2.5. ROZVOD VZDUCHU

Rozvod vzduchu je veden systémem trubek, armatur a spojek. Vyrábí se hned několik materiálových a konstrukčních řešení. Vhodné řešení záleží hlavně na ceně, modularitě a maximálním tlaku. Dále uvedené systémy jsou jedny z mnoha dostupných.

Tabulka 2 - Systémy rozvodů vzduchu [13]

	nerozebíratelné systémy			modulární systémy	
	svařované plastové	lisované ocelové	svařované ocelové	Airnet	Teseo
Materiál potrubí	- PP-RCT - PP-R	- oboustranný pozink - nerez	- černá ocel - nerez	- hliník (práškově lakovaný)	- hliník (eloxovaný)
Materiál tvarovek	- PP-RCT - PP-R	- oboustranný pozink - nerez	- černá ocel - nerez	- do $\varnothing 50$ mm polymer - nad $\varnothing 50$ mm hliník	- hliník
Materiál těsnění	-	NBR O-kroužek	-	NBR O-kroužek	NBR O-kroužek
Maximální tlak	16 bar	16 bar	30 bar	- do $\varnothing 50$ mm 16 bar - nad $\varnothing 50$ mm 13 bar	15 bar
Maximální dimenze	DN63	DN108	DN200	DN80	DN110
Výhody	Nízké pořizovací náklady, kompatibilita s klasickým PP-R potrubím na vodu.	Rychlá montáž, vyšší teplotní odolnost, pevný spoj.	Vysoká odolnost, vhodné pro systémy s vyšším tlakem, vhodné pro potravinářský a farmaceutický průmysl.	Rychlá montáž, nejnižší tlakový spád, odolnost vůči korozi a UV záření.	



Obrázek 12 - Svařované plastové potrubí [13]



Obrázek 13 - Lisované ocelové potrubí [14]



Obrázek 14 - Systém Airnet [15]



Obrázek 15 - Systém Teseo [16]

2.2.6. ŘÍDICÍ PRVKY

Řídicí prvky slouží k řízení stlačeného vzduchu. Vzhledem k různorodosti použití pneumatických mechanismů je spousta variant a konstrukčních řešení. Mezi činnosti těchto prvků patří hrazení a úprava velikosti průtoku nebo řízení tlaku.

Prvky pro řízení či hrazení průtoku

Tyto prvky řídí směr průtoku stlačeného vzduchu. Vzduch protéká kanálky, které jsou uzavírány destičkou, kuličkou, kuželkou nebo šoupátkem, a to přímočarým nebo rotačním pohybem. [6][7]

Jejich ovládání může být ruční, pneumatické, mechanické, elektromagnetické nebo kombinace předchozích způsobů. [6][7]



Obrázek 16 - Elektromagnetický ventil [17]



Obrázek 17 - Ručně ovládaný ventil [18]

Prvky pro řízení velikosti průtoku

Velikost, respektive rychlost průtoku lze upravovat změnou průtokového průřezu. Základním prvkem regulace průtoku je škrťací ventil, na kterém se průtokový průřez mění například pomocí regulačního šroubu. [6][7]



Obrázek 18 - Škrťací ventil [19]

Prvky pro řízení tlaku

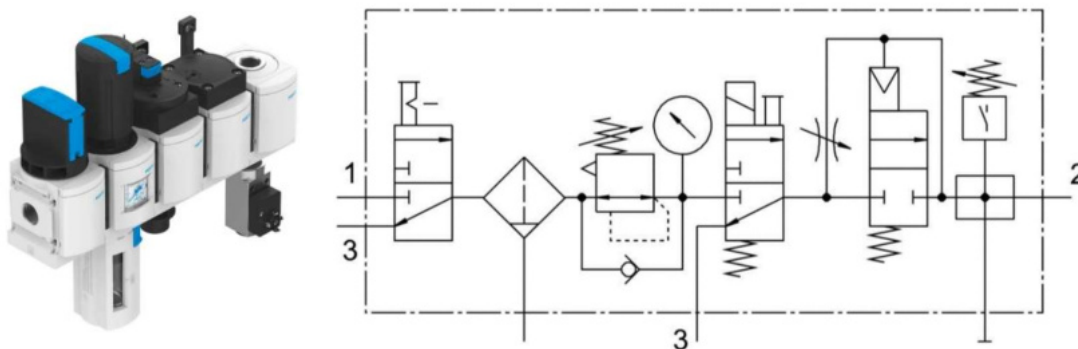
V pneumatických systémech se na rozdíl od hydraulických pro řízení tlaku nepoužívají jen ventily pojistné ale hlavně ventily redukční. Udržují nastavený konstantní tlak v systému a umožňují snížení tlaku pro řídicí obvody. [6][7]



Obrázek 19 - Redukční ventil [20]

Kombinované vícefunkční prvky

Vznikají kombinací několika prvků v jeden konstrukční celek. Významné kombinace jsou využity hlavně s prvky na úpravu vzduchu. [6][7]



Obrázek 20 – Kombinace jednotek pro úpravu stlačeného vzduchu [21]

2.2.7. PRVKY NA ÚPRAVU VZDUCHU

Správná funkce pneumatického mechanismu vyžaduje určitou kvalitu vzduchu, proto je potřeba jej upravit, v některých případech je potřeba vzduch ještě přimazat olejem. [6][7]

Atmosférický vzduch obsahuje okolo 16 g vody a 2 g pevných částic na m³. Jak voda, tak pevné částice jsou pro provoz pneumatických mechanismů škodlivé a je potřeba je ze vzduchu do jisté míry odstranit. Tuto míru kvality vzduchu uvádí norma ČSN ISO 8573-1. [6][7]

Prvky na odstranění pevných částic

Nejvíce nečistot se do obvodu dostane sacím otvorem kompresoru. Nečistoty tvoří hlavně prachové částice z ovzduší. Tyto částice jsou zachyceny filtrem v sání, ten ovšem zachytí jen částice větší než několik desítek μm. Pro odstranění zbytku nečistot se využívá filtr na vstupu do mechanismu. Orientačně uvádí požadavky na filtraci tabulka 3. [6]

Tabulka 3 - Požadavky na filtraci [6]

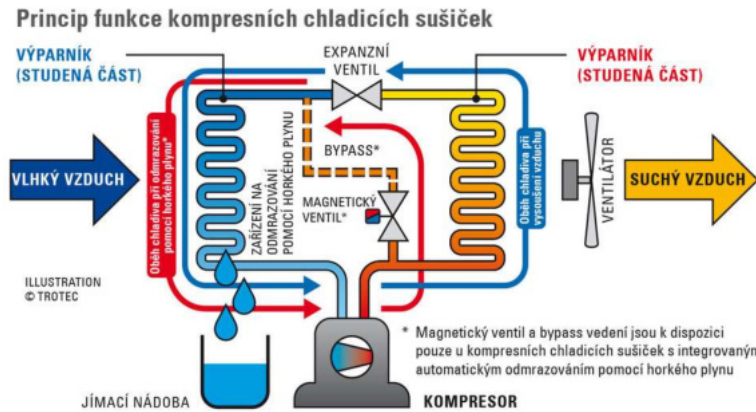
použití	filtrace [μm]
přímočarý pneumomotor	5
rotační pneumomotor	25–40
pneumatické nářadí	40
řídící prvky	5–10
přesné řídící obvody	1–5

Vyměnitelné filtrační vložky jsou vyrobeny z porézního plastu, spékané keramiky, kovu, papíru nebo síťové tkaniny. Materiál filtru záleží hlavně na podmínkách a požadavcích mechanismů. [6][22]

Prvky na odstranění vody

Kondenzační sušička vzduchu

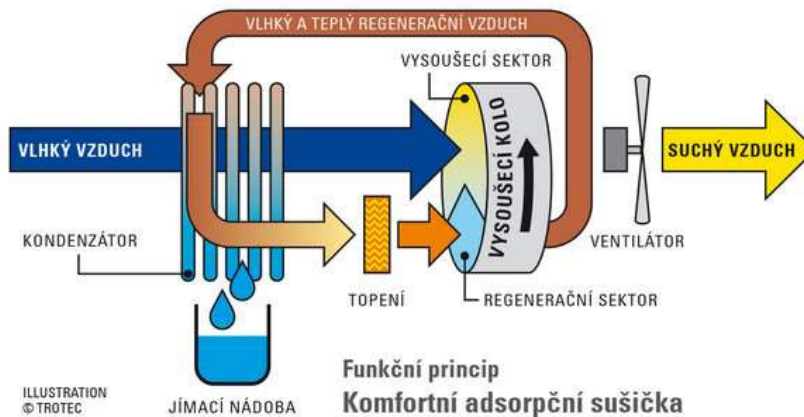
Stlačený vzduch se zchlazuje na teplotu blížíící se nule. Snížením teploty voda ve vzduchu zkapalní (zkondenzuje) a je odvedena pryč. [23][24]



Obrázek 21 - Kondenzační sušička vzduchu [23]

Adsorpční sušička vzduchu

Používají se pro citlivé technologie, kde by mechanická a adsorpční sušička nestačily. Vzduch prochází granulátem na bázi uhlíku hliníku nebo silikagelu, které absorbují vlhkost. Po nasycení musí granulát chvíli regenerovat, proto se pro plynulý chod využívají dvě nádoby, přičemž jedna vzduch suší a druhá regeneruje. [24][25]



Obrázek 22 - Adsorpční sušička vzduchu [25]

Prvky na přimazání vzduchu

V posledních letech se ustupuje od nasycování vzduchu olejem kvůli mazání pohyblivých částí pneumatických prvků. Je to hlavně díky inovaci materiálů a konstrukčních řešení. I přesto jsou v sortimentu většiny výrobců pneumatických součástí k dispozici olejové maznice. Ty pracují na principu Venturiho trubice, pomocí zúžení trubice vzniká tlakový spád, kterým je mazací olej vytlačován z trubičky do sběrného prostoru, kde řízeně kape do proudícího vzduchu. Vzniká tak olejová mlha, která je unášena do pneumatických mechanismů. Orientační požadavky na maximální množství oleje jsou v tabulce 4. [6][25]

Tabulka 4 - Maximální množství oleje [6]

použití	max. množství oleje [mg · m⁻³]
přímočarý pneumomotor	1
rotační pneumomotor	10
pneumatické nářadí	5
řídící prvky	0,5
přesné řídící obvody	0,1

2.2.8. PNEUMATICKÉ VÁLCE

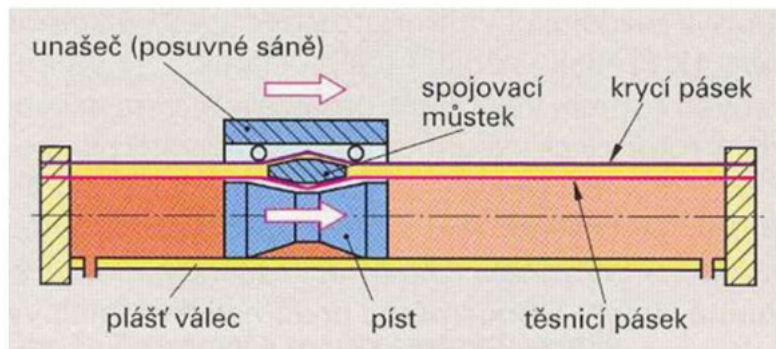
Pneumatické válce, chybně často označované jako písty (píst je pouze součástí válce) slouží k převedení tlakové síly stlačeného vzduchu na posuvný pohyb. Vzhledem k širokému využití rozlišujeme několik konstrukčních řešení, které se dají rozdělit na: [26]

- Jednočinné:
 - tlaková síla působí z jedné strany pístu v dopředném pohybu,
 - do zpětné polohy je píst uveden pružinou,
 - průměr pístu 8 až 63 mm,
 - zdvih 10 až 50 mm.
- Dvojčinné:
 - tlaková síla působí z obou stran pístu,
 - pohyb vpřed i vzad je pomocí stlačeného vzduchu,
 - rozvod vzduchu je pomocí dvoucestného ventilu,
 - průměr pístu 8 až 1 250 mm,
 - zdvih 1 až 2 500 mm.

Pneumatické válce bez pístnice

Jedná se o válce, kde je pomocí spojovacího můstku k pístu připojen unašeč (posuvné saně). Píst je posouván pomocí tlakové síly, která koná jak dopředný, tak zpětný pohyb. Tyto válce jsou velice skladné a využívají se hlavně pro manipulační techniku k přenášení menších součástí nebo pro manipulaci s přísavkovými chapadly. [26][27]

- Průměr pístu 16 až 60 mm,
- zdvih 100 až 5 700 mm.



Obrázek 23 – Schéma pneumatického válce bez pístnice [28]



Obrázek 24 - Pneumatický válec DGC-K [29]



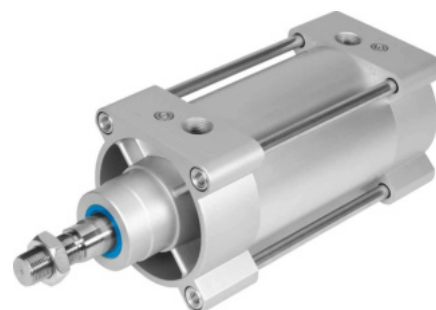
Obrázek 25 - Pneumatický válec SLG [30]

Pneumatické válce s pístnicí

Tlaková síla stlačeného vzduchu je přenášena na píst, k pístu je připevněna pístnice, která koná požadovaný posuvný pohyb. Jedná se o nejrozšířenější druh pneumatických válců, které najdou uplatnění ve všech směrech strojírenství. [31]



Obrázek 26 - Kruhový válec DSNU [32]



Obrázek 27 - Válec DSBC [33]

Speciálním případem může být ještě pneumatický válec s průchozí pístnicí.



Obrázek 28 - Pneumatický válec s průchozí pístnicí [34]

Pneumatické válce mají možnost poměrně velkých přizpůsobení na základě požadované funkce. Kromě základních parametrů (průměr pístu a zdvihu) je možné zvolit ještě tlumení, pojištění proti pootočení, snímání poloh, brzda, zámek v koncové poloze a další.

2.3. DOPRAVNÍKY

Dopravníky jsou zařízení na přemístění nákladu.

2.3.1. DOPRAVNÍKY BEZ TAŽNÉHO ELEMENTU

Dopravovaný materiál se pohybuje po dopravníku.

Dopravníky vibrační

Materiál je přemísťován vibračním pohybem žlabu či podavače. Tyto dopravníky jsou používány hlavně na kusový materiál (šrouby, matice, lego kostky atd..). Základní rozdělení lze provést podle principu pohonu. [35] [36]

Vibrační dopravníky – impulsní s nesymetrickým kmitem

Materiál je v kontaktu se žlabem. Vibrační pohyb je rozdělen na pohyb vpřed a pohyb vzad. Při dopředném pohybu se při zrychlení žlabu nesmí překonat tečná síla mezi materiálem a žlabem. Jinými slovy je důležité, aby se materiál vůči žlabu neposunoval. Při pohybu vzad je naopak důležité, aby byla tečná síla mezi žlabem a materiálem překonána a žlab se tak „podtrhne“, materiál pak vůči rámu zůstane na místě. [35]

Vibrační dopravníky – impulsní třasadla

Materiál je opět v kontaktu se žlabem, který ovšem tentokrát koná kombinaci vodorovného a svislého pohybu. Při dopředném pohybu se žlab pohybuje do strany (řekněme doprava) a nahoru, normálová a tíhová síla působí ve stejném směru a dopravovaný materiál je přitlačen normálovou silou ke žlabu. Při pohybu zpět se žlab pohybuje zpátky doleva a dolů. tíhová a setrvačná síla působí proti sobě a materiál se vůči rámu nepohne. [35]

Vibrační dopravníky s mikrovrhem

Narozdíl od impulsních dopravníků je přepravovaný materiál v kontaktu se žlabem pouze minimálně. Materiál poskakuje po vrhových parabolách ve směru pohybu dopravníku a dopadá zpátky na žlab. Vzhledem k velikosti jednotlivých skoků materiálu hovoříme o mikrovrzích nebo mikroskokcích. [35]

Válečkové a kladičkové tratě

Jsou to dopravní zařízení, které se skládají ze série válečků nebo kladiček (také označované jako rolničky) otočných kolem vlastní osy, které jsou usazeny v pevném či nastavitelném rámu. Pro plynulý chod dopravníku je důležité, aby dopravované součásti měly rovnou dosedací plochu, případně jsou součásti unášeny na unášecí desce. Tyto dopravníky jsou vhodné hlavně pro rozměrné ploché či hranaté součásti (palety, bedny atd..). Vyrábí se jak poháněné, tak nepoháněné varianty. [36]



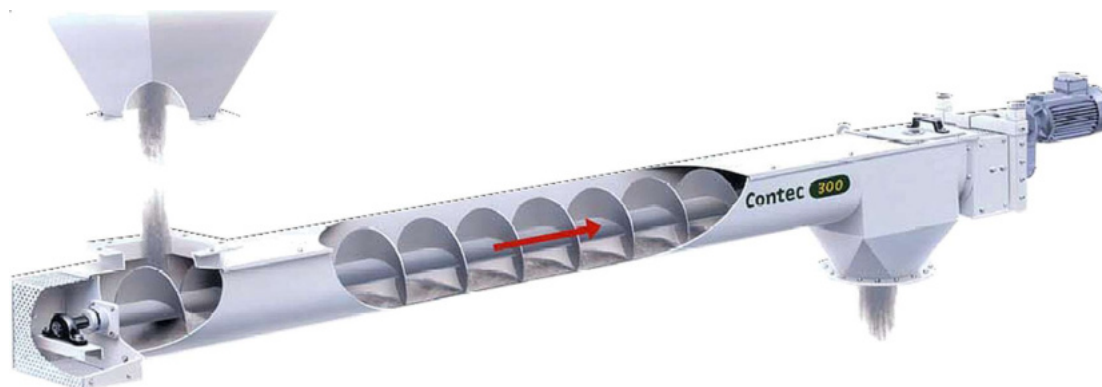
Obrázek 29 - Kladičková trať [37]



Obrázek 30 - Poháněný válečkový dopravník [38]

Dopravníky šnekové

Pracují na principu nakloněné roviny. Jsou vhodné pouze pro sypký materiál jako třeba granule, obilí, pelety atd... Dostupné jsou varianty trubkové, kde je šnek uzavřený v trubce a jde vidět pouze v násypce nebo varianta žlabová, kde je šnek z jedné strany odkryt. [39] [40]



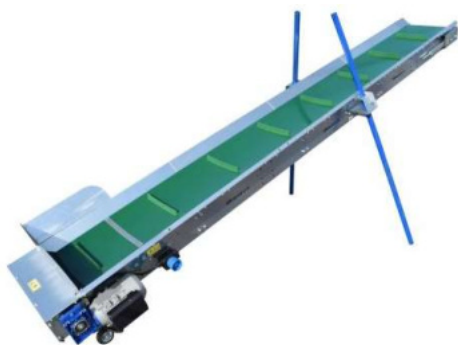
Obrázek 31 - Schéma šnekového dopravníku [39]

2.3.2. DOPRAVNÍKY S TAŽNÝM ELEMENTEM

Materiál se přepravuje na dopravníku.

Dopravníky pásové

Tažným elementem je, jak již název napovídá pás. Ten je natažený mezi dvěma bubny, hnacím a vratným. Hnací buben je připojen k pohonu, zatímco vratný buben slouží k napínání pásu. Pás je unášen na nosných válečkách, které se volně otáčejí a může být ještě veden vodícím bubnem. Tento typ dopravníku je vhodný hlavně pro nepřetržitý provoz na dopravu sypkého materiálu jako je například uhlí, kamení, obilí, písek atd... Dostupné jsou varianty s pásem hladkým, s vruby nebo s korytky. Materiál pásu je buďto textilie, plast, nebo pro vysoké teploty skloteflon. [41] [42]



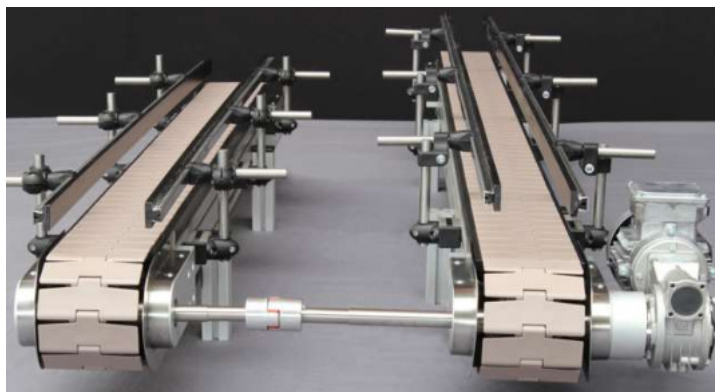
Obrázek 32 - Pásový dopravník s hradítky [43]



Obrázek 33 - Pásový dopravník [44]

Dopravníky článkové

Pracují velmi podobně jako dopravníky pásové, ovšem místo celistvého pásu je pás tvořen kovovými či plastovými články. Oproti pásovému dopravníku je možné článkový vyrobit do zatáčky. Dopravník má opět jeden hnací a jeden vratný napínací buben. Pás je podepřen buďto válečky, nebo kluznou plochou. Používá se hlavně v přepravě kusového materiálu hlavně v potravinovém průmyslu. [36] [45]



Obrázek 34 – Dopravník s článkovým řetězem [46]

Dopravníky lanové

Tažným elementem je lano, to je buďto navinuto na bubnu, nebo je stejně jako u pásového dopravníku nataženo mezi dvěma bubny. Využití je poměrně široké, od dílenského navijáku až po lanové dráhy pro přepravu osob. Lana bývají navinutá do několika svazků ocelových drátů s duší z textilu. Počet a průměr drátů, druh vinutí, materiál duše a povrchová úprava záleží hlavně na použití. [47]



Obrázek 35 - Sedačková lanovka [48]



Obrázek 36 - Elektrický lanový naviják [49]

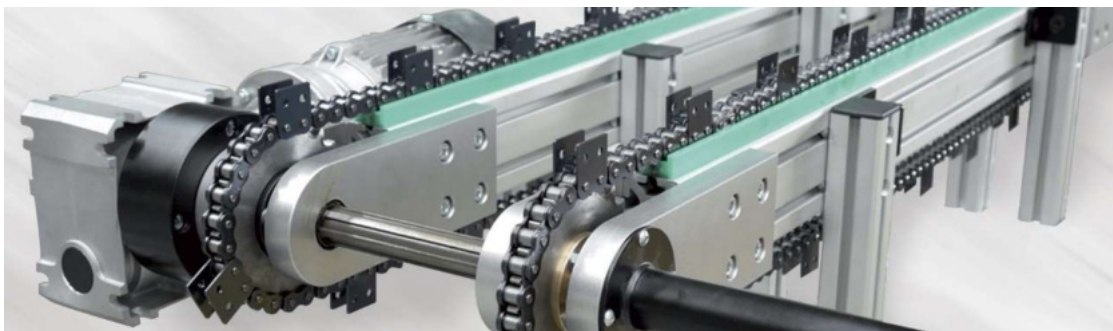
Dopravníky řetězové

Jedná se o dopravník, který se skládá z řetězových kol a článkového řetězu s unašeči. Jedno ozubené kolo je hnací, zatímco druhé, hnané je zodpovědné za napínání řetězu. Tradičně se řetězové dopravníky vyrábí v páru nebo ve trojici. Dopravovaný materiál buďto leží na řetězu volně nebo je řetěz opatřen unašeči a materiál se pohybuje na přípravku připevněném k unašečům, které jsou přímo součástí článků řetězu. Řetěz je podepřen kluzným vedením, které může být rovné nebo s výstupkem, který vede řetěz. Řetězové dopravníky bývají obvykle poháněny elektromotorem se šnekovou převodovkou. Hlavní výhodou řetězového dopravníku je přesná polohovatelnost, jelikož nedochází k prokluzu tažného elementu a přesná poloha se dá snadno vymezit unašeči, u kterých se vzájemná vzdálenost nemění. [50] [51]

Při použití bez unašečů se dopravníky hodí hlavně na ploché a hranaté součásti, jako třeba palety a krabice. S použitím unašečů se dopravník dá využít na přesnou manipulaci s materiálem, například mezi výrobními či sestavnými automatickými operacemi a najde tak využití u automatických linek. [50] [51]



Obrázek 37 - Řetězový dopravník [50]



Obrázek 38 - Řetězový dopravník s unašeči [50]



Obrázek 39 - Řetěz s unašeči [52]



Obrázek 40 - Polyamidové vedení řetězu [53]

ZÁVĚRY PLYNOUCÍ Z PŘEHLEDU PROBLEMATIKY

V první části práce byla rozebrána problematika pneumatických mechanismů a dopravníků. Z teoretické části byly učiněny následující závěry:

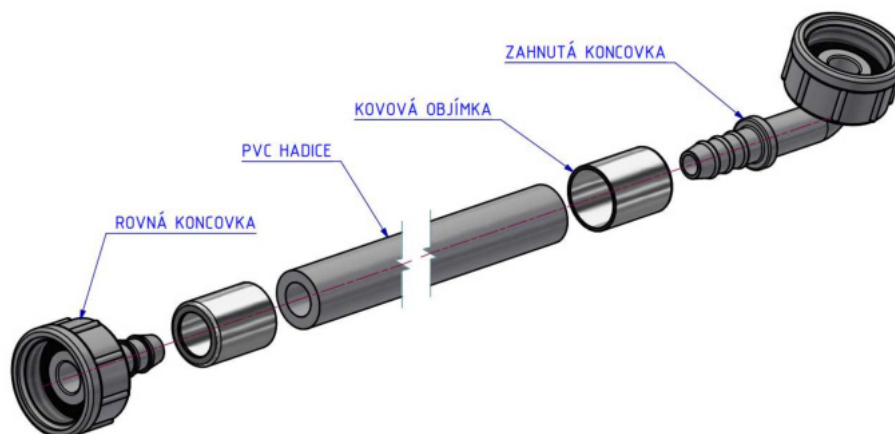
V konkrétním návrhu automatické linky bude využito pneumatických zařízení. Konkrétně budou využity pneumatické válce s pístnicí. Dále by při konstrukci linky byly využity rozvody a součástky na řízení stlačeného vzduchu, ty ovšem nejsou součástí návrhu. Pneumatický rozvod byl zvolen kvůli jednoduchosti rozvodů, ceně a poměrně vysoké bezpečnosti.

Dopravník automatické linky musí být dobře polohovatelný s přesnou vzdáleností přípravků mezi stanovišti. Byl zvolen řetězový dopravník s unašeči. Rozteč mezi články vymezuje přesnou vzdálenost mezi přípravky, které jsou připevněny k unašečům. Dále díky tvarovému styku mezi řetězem a řetězovým kolem nedochází k prokluzu a je tak možné dopravník posunout o přesnou vzdálenost.

3. PRAKTICKÁ ČÁST

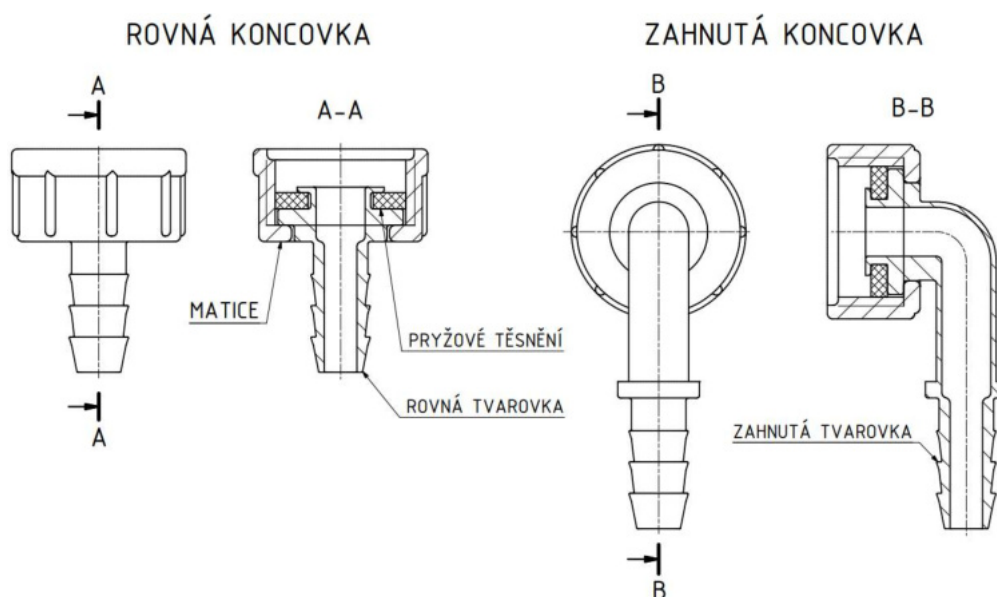
V praktické části bude rozebrán návrh automatické linky na lisování hadic. Bude představen koncepční návrh a následně podrobně rozebrány jednotlivé mechanismy. Vybrané uzly budou pevnostně zkontrolovány.

Pračková hadice se skládá z PVC hadice, dvou kovových objímek a dvou plastových koncovek, jedné rovné a druhé zahnuté, jak je vidět na obrázku 41.



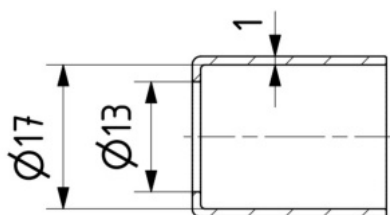
Obrázek 41 - Rozpad kompletní pračkové hadice

Koncovky se skládají ze tří součástí, a to matice, těsnění a tvarovky. Mezi koncovkou rovnou a zahnutou je rozdíl pouze v tvarovce, matice a těsnění jsou naprosto stejné. Koncovky se dodávají již zkompleťované, což automatizaci poměrně dost zjednodušuje.



Obrázek 42 – Rovná a zahnutá koncovka

Kovová objímka je v případě pračkových hadic vyrobena z taženého hliníku o tloušťce 1 mm (viz obr. 42.)



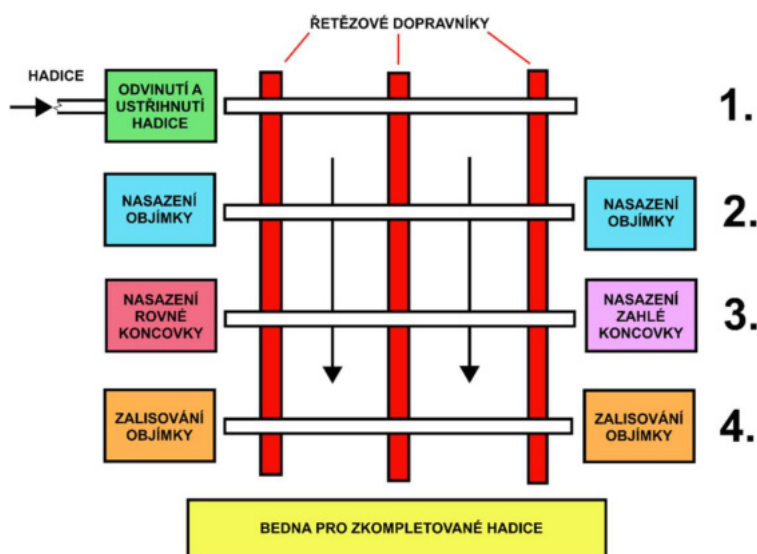
Obrázek 43 – Řez hliníkové objímky

PVC hadice jsou dodávány po délkách od 50 do 100 metrů v podobě kotoučů. Linka byla navržena s ohledem na možnost změny délky kompletované hadice.

V lince je potřeba hadici uštíhnout, nasadit na ni z obou stran objímku, nasadit z jedné strany rovnou koncovku a z druhé zahnutou, a nakonec objímku zalisovat.

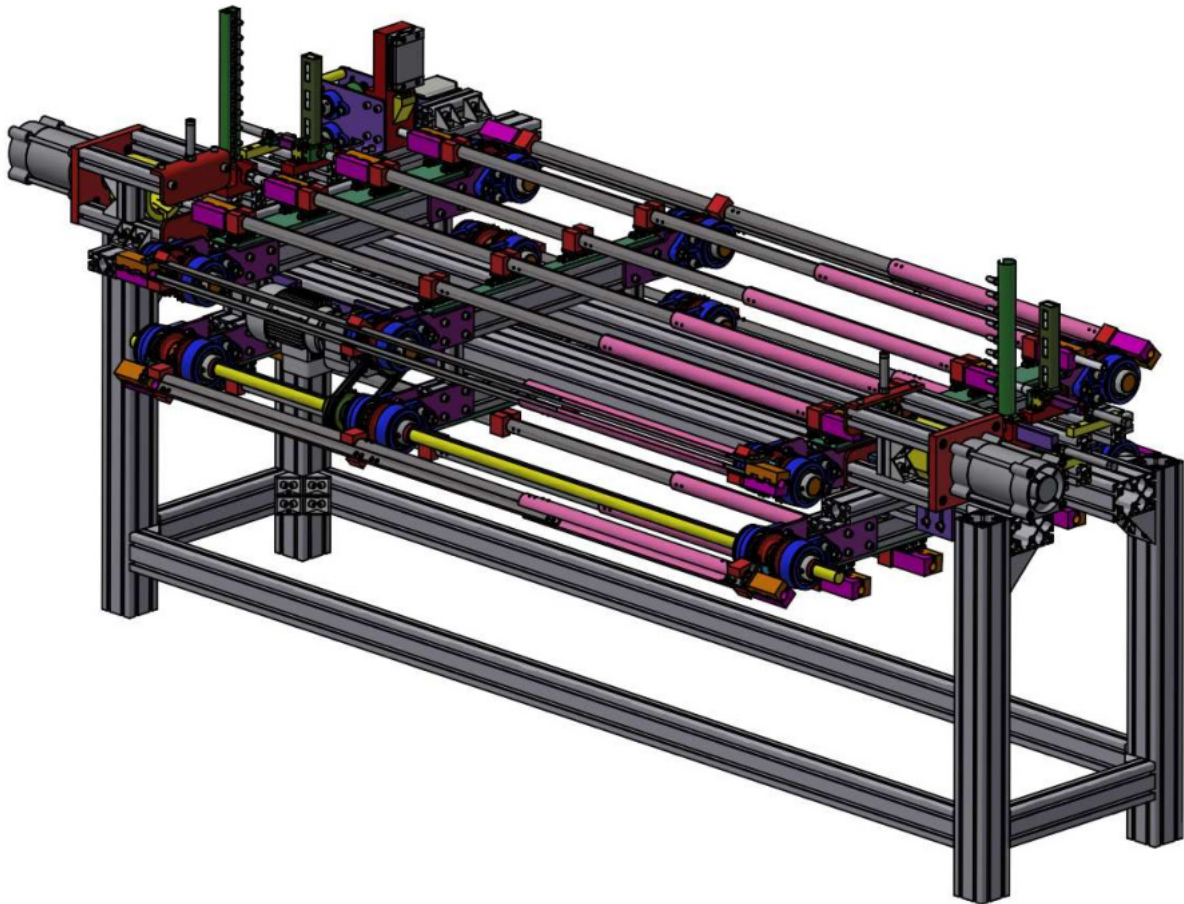
3.1. KONCEPČNÍ NÁVRH AUTOMATICKÉ LINKY

Linka je rozdělena celkem na čtyři stanoviště. Na prvním stanovišti je hadice odmotána z kotouče do přípravku upevněného na řetězovém dopravníku. Po odmotání nastavené délky je hadice uštířena. Uštířená hadice je unášena na řetězovém dopravníku. V druhém stanovišti je na hadici z obou stran nasazena hliníková objímka. Dopravník přesune hadici na třetí stanoviště, kde je z jedné strany nasazena rovná a z druhé zahnutá koncovka. Po nasazení je hadice unášena, do čtvrtého a posledního stanoviště, kde je objímka zalisována a vzniká tak pevné spojení. Na konci dopravníku pak zkompletovaná hadice spadne do bedny.

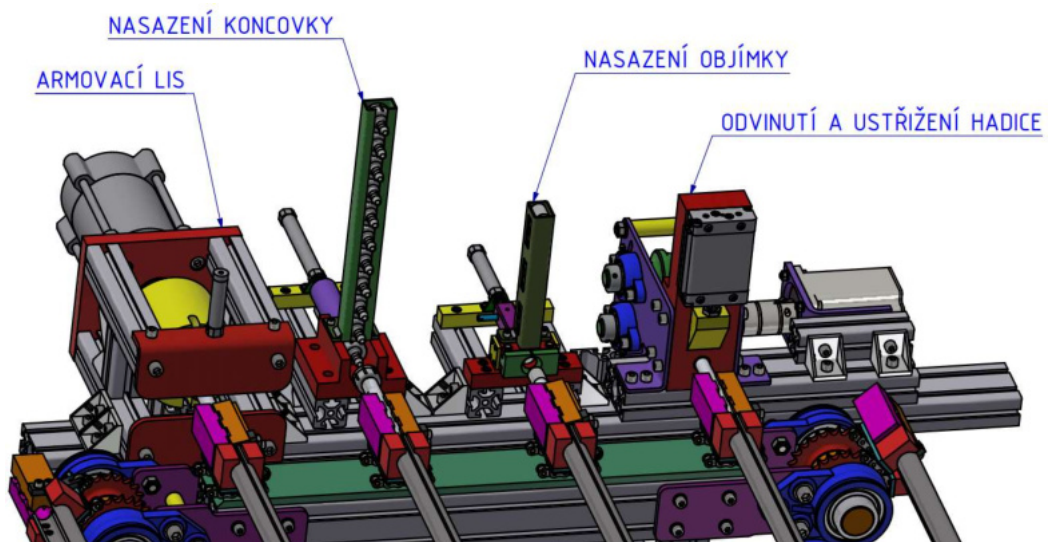


Obrázek 44 - Schéma koncepčního návrhu

Sestava automatické linky je postavena na hliníkových profilech různých variant profilu 40x40. Hadice je unášena pomocí řetězového dopravníku a celá linka je tvořena celkem ze 4 stanovišť.



Obrázek 45 – Kompletní model automatické linky



Obrázek 46 – Model kompletní sestavy jednotlivých stanovišť

V následujících kapitolách bude postupně popsán návrh dopravníku a jednotlivých stanovišť, u kterých jsou provedeny návrhové a kontrolní výpočty dílčích konstrukčních uzlů.

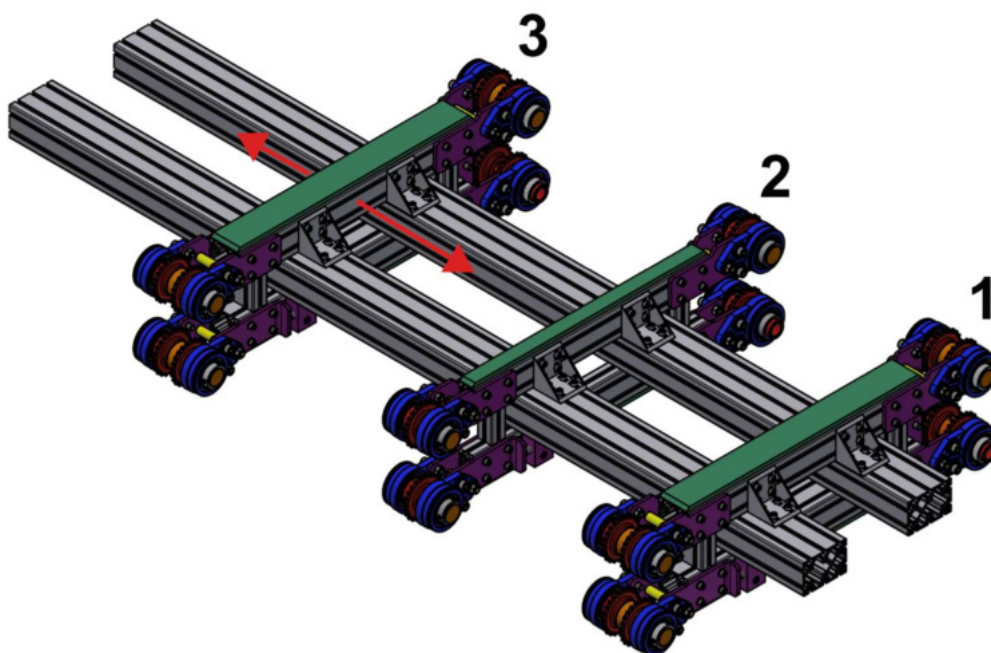
3.2. ŘETĚZOVÝ DOPRAVNÍK

Řetězový dopravník je sestaven ze tří segmentů. Jsou označeny dle obrázku č. 47, jako segment 1, 2 a 3.

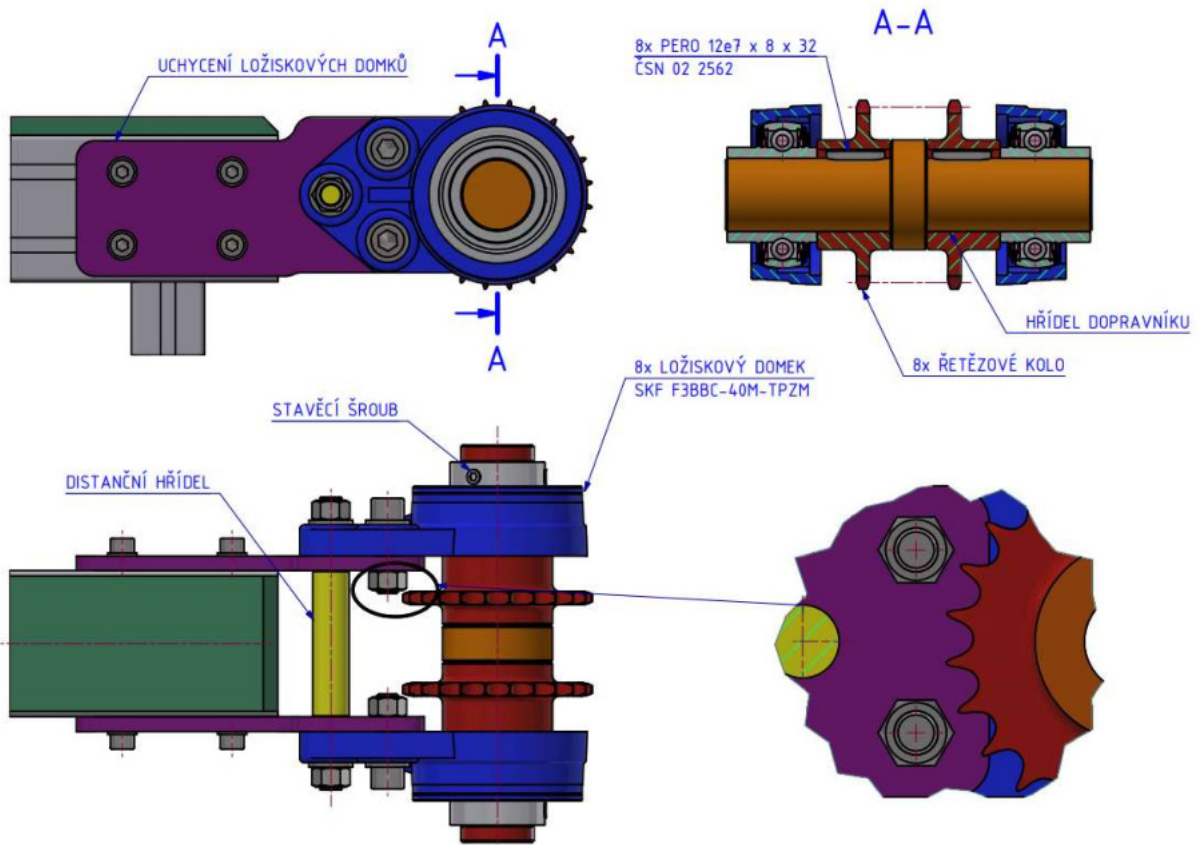
Segmenty 1 a 3 jsou symetrické. Každý se skládá ze 2 řetězů a 8 řetězových kol. Segmenty jsou postaveny na dvou hliníkových profilech 80 x 80. Segment 2 má pouze 1 řetěz a tím pádem 4 řetězová kola a je postaven na dvou hliníkových profilech 40 x 80.

Všechny segmenty jsou nasazeny na dva příčné hliníkové profily 80 x 120. Segmenty 1 a 2 jsou nastálo připevněny na dané pozice, zatímco polohou segmentu 3 se nastavuje délka hadice (viz obr. 46).

K hliníkovým profilům jsou pomocí úchytů z vypálených plechů připevněny ložiskové domky od firmy SKF [54], ve kterých jsou uloženy hřídele řetězových kol. Jejich spojení je realizováno pomocí těsného pera. V axiálním směru jsou vzhledem k malým silám hřídele pojištěny pouze stavěcími šrouby v ložiskových domcích (viz obr. 48).

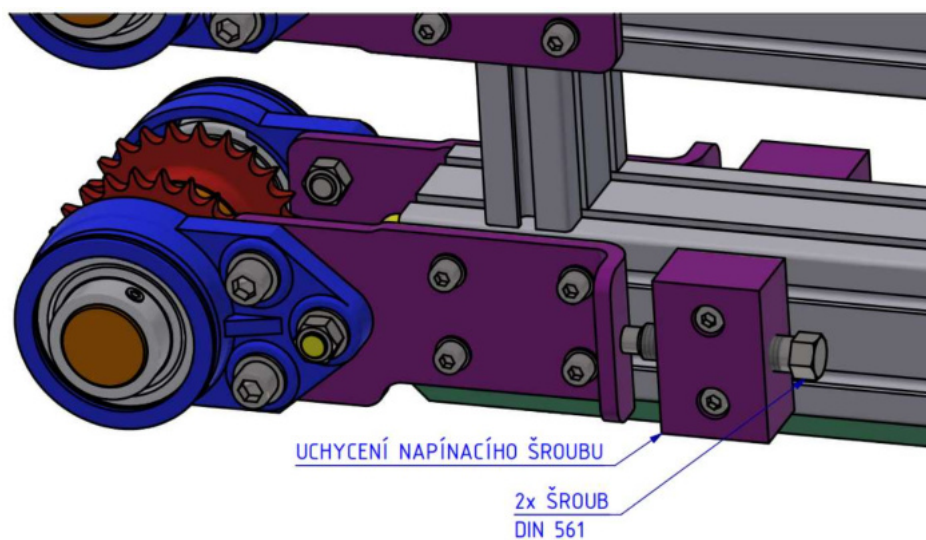


Obrázek 47 – Segmenty dopravníku



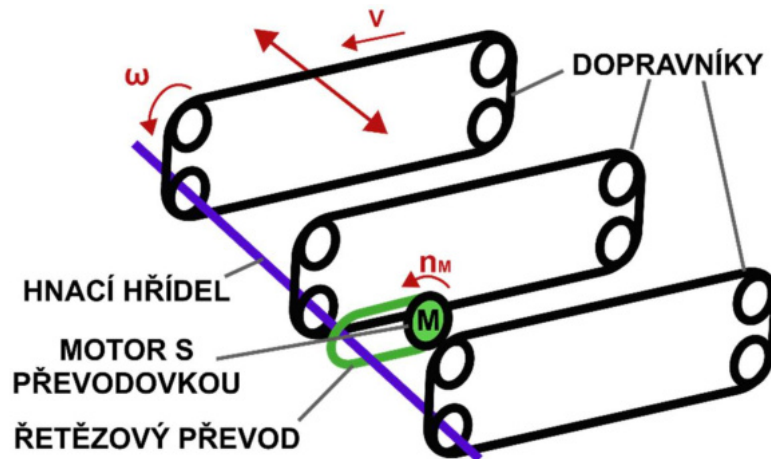
Obrázek 48 - Detail řetězových kol segmentu 1

Napínání je provedeno pomocí napínacího šroubu, zašroubovaného v desce připevněné k hliníkovému profilu, tak jak je zobrazeno na obrázku 49. Šroub tlačí do ohnutého profilu pro uchycení ložiskových domků a napíná řetěz. Tento mechanismus je z obou stran dopravníku.



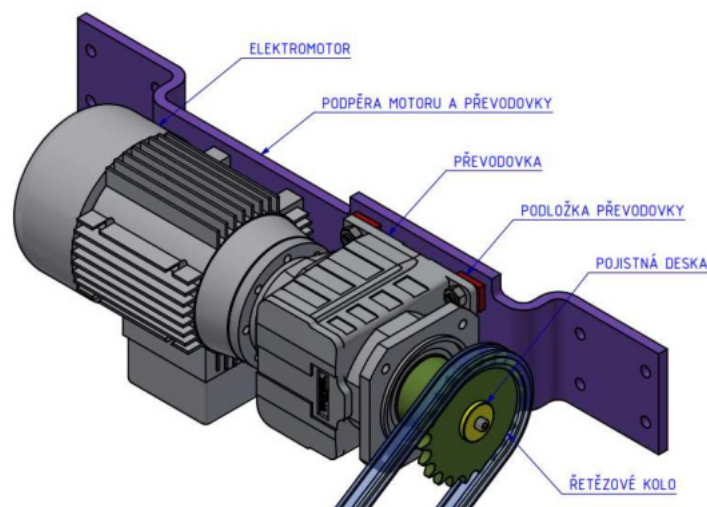
Obrázek 49 – Napínací mechanismus řetězového dopravníku

Pohon hřídele je proveden 4 pólovým motorem s vysokostupňovou čelní převodovkou od firmy Varvel. Čelní převodovka byla zvolena kvůli zástavbovým prostorům. Motor s převodovkou je připevněn pomocí úchytu z ohnutého plechu k příčným profilům 80 x 120 a řetězovým převodem 1 : 1 je poháněna hnací hřídel. Převodovka má menší vzdálenost od podpěry než motor, což je vykompenzováno podložkami.



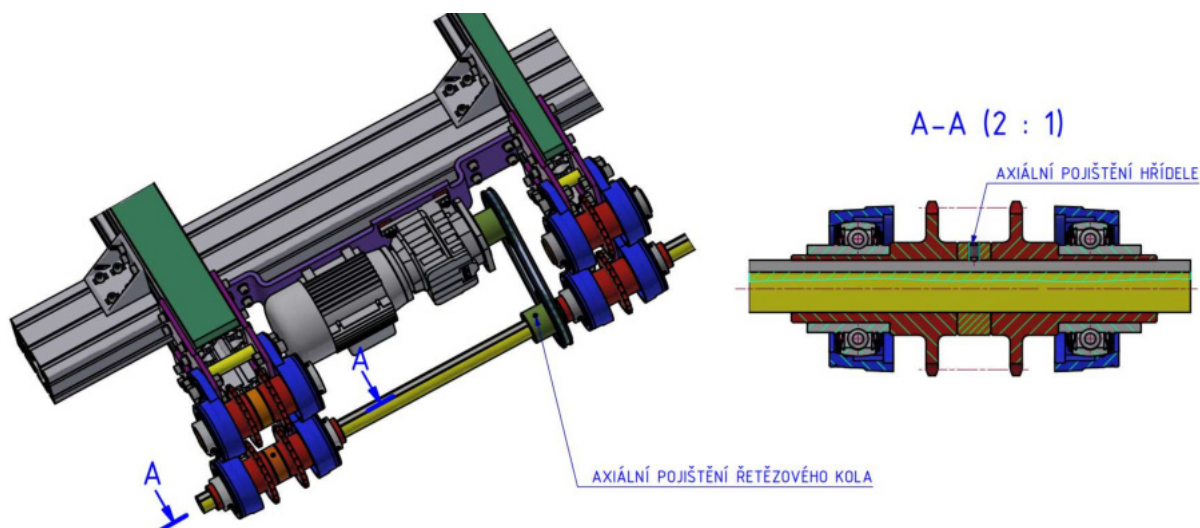
Obrázek 50 - Schéma pohonu dopravníků

Podpěra motoru zobrazená na obr. 51 je vytvarovaná tak, aby řetězové kolo mělo kolem sebe prostor. Zároveň je pak možné použít klasické šrouby na připevnění motoru a převodovky. Pokud by byla podpěra rovná musely by být použity šrouby zapuštěné s kuželovou hlavou.



Obrázek 51 – Připevnění motoru a převodovky k podpěře

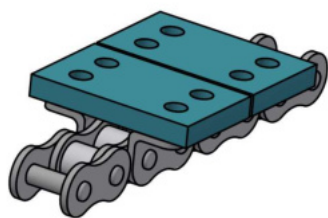
Hnací hřídel měří 2 m a je opatřena dlouhým perem z pásoviny. Řetězová kola jsou v místě hnací hřídele přizpůsobena tak, aby bylo možné se segmenty pohybovat. Ozubená kola jsou přímo uložena v ložiskových domcích a plní tak funkci „pouzdra“. Hnací hřídel je axiálně zajištěna stavěcími šrouby (viz obr. 52) mezi ozubenými koly na segmentu 1 a 3. Prostřední dopravník je řešený prakticky stejně, pouze je ozubené kolo vloženo v obou ložiskových domcích.



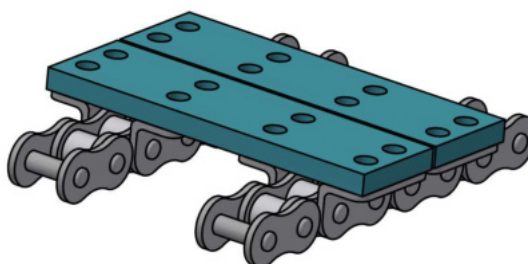
Obrázek 52 – Převod z převodovky na hnací hřídel dopravníku

Řetězy jsou opatřeny unašeči, které jsou vždy na řetězu v páru. Na každém řetězu je celkem 12 párů unašečů. Ke každému unašeči je připevněna deska, u segmentu 1 a 3 tato deska propojuje oba řetězy. Obě varianty jsou vyobrazeny na obr. 53.

UNAŠEČE S DESKOU SEGMENTU 2

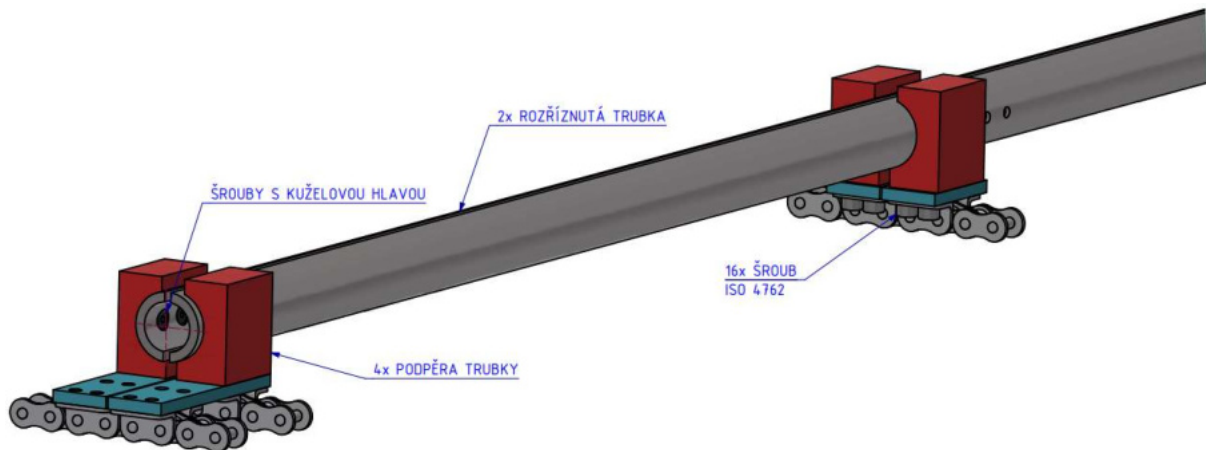


UNAŠEČE S DESKOU SEGMENTU 1 A 3



Obrázek 53 - Unašeče s deskou

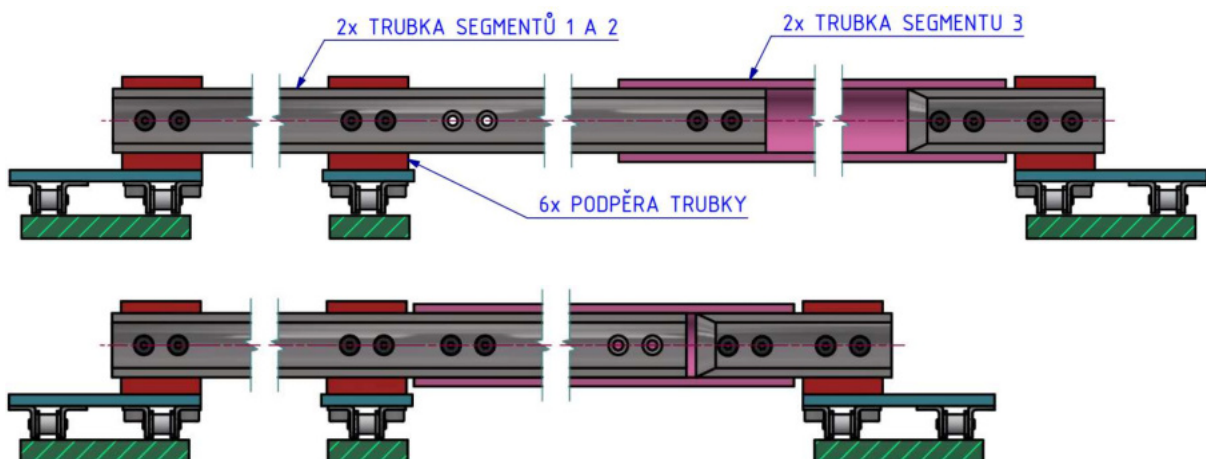
Hadice zajede do přípravku, který je tvořený z rozříznuté trubky na dvě části. Každá část je připevněna k jedné desce na unašečích, pomocí podpěry, ke které je trubka přišroubována šrouby s válcovou hlavou. Deska a podpěra hadice jsou k unašečům připevněny šrouby dle normy ISO 4762, který je skrz unašeč a desku zašroubován do podpěry trubky.



Obrázek 54 - Přípravek dopravníku

Tato rozříznutá trubka je na pevně připevněna k segmentu 1 a 2. Vzhledem k nastavení délky hadice pomocí segmentu 3 je přípravek navržen teleskopický ze dvou trubek. Trubka segmentu 3 má vnitřní průměr stejný jako je vnější průměr trubky segmentů 1 a 2, která je do ní vložena. Jejich vzájemná pozice pak může být ještě pojištěna šrouby s kuželovou hlavou ve vybraných vzdálenostech (viz obr. 54 a 55).

Trubka segmentu 3 je připevněna stejnými podpěrami jako u segmentů 1 a 2. Není ovšem připevněna přímo ale pomocí trubky se stejným rozměrem jako trubka segmentů 1 a 2. Důvodem tohoto konstrukčního řešení je, aby hadice na konci byla ve stejné výšce na obou stranách.

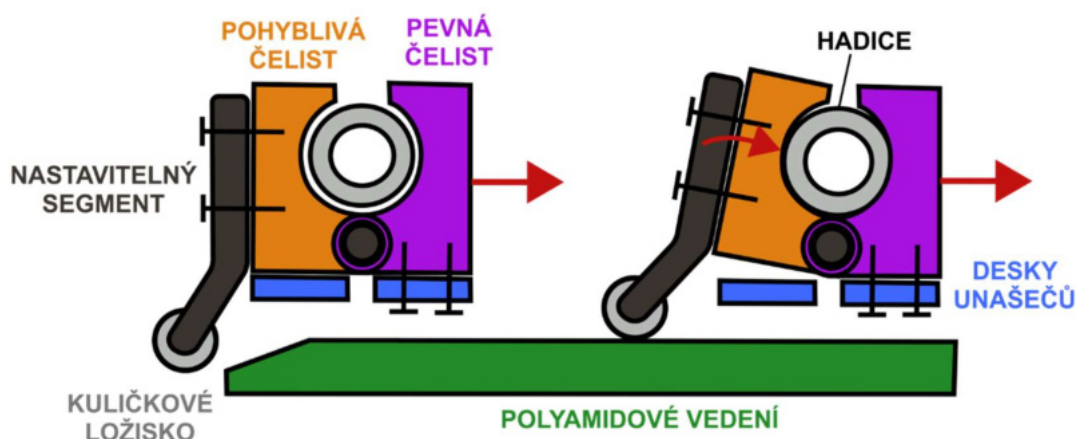


Obrázek 55 – Teleskopicky roztažitelná trubka

Maximální délka hadice je v tomto provedení 2 m a minimální délka je 1,5 m. Pokud by měla být vyráběna jiná délka bylo by vhodnější mít sady přípravků pro konkrétní délky, které by se podle délky vyměňovaly.

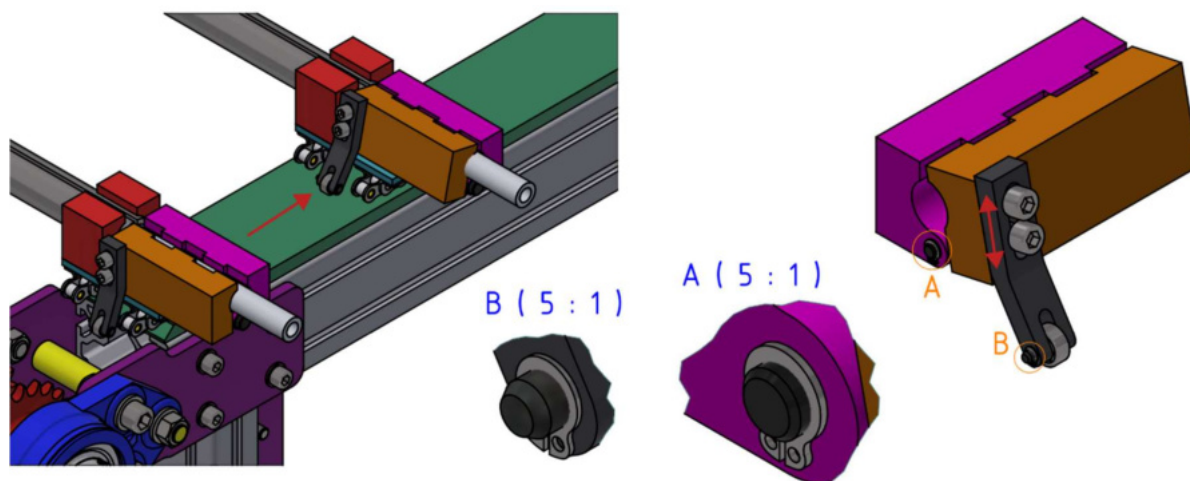
Pojištění pohybu hadice je provedeno na segmentu 1 a 3 mechanismem, který hadici sevře při najetí na polyamidové vedení (viz obr. 56).

Mechanismus se skládá ze dvou čelistí. Jedna čelist je pevná a je připevněna k desce na unašecích. Druhá je pouze kloubově uložena v čelisti první a z druhé strany je k ní připevněn nastavitelný segment, který má na konci ložisko. To se odvaluje po polyamidovém vedení a svírá hadici mezi čelisti.



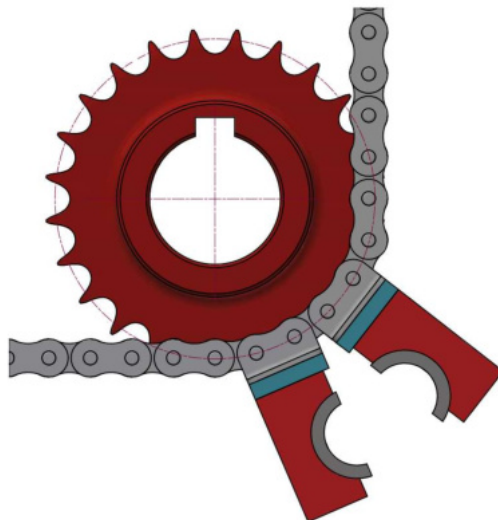
Obrázek 56 - Svěrný mechanismus

Ložisko je uchyceno čepem s hlavou, který je na druhé straně pojištěn pojistným kroužkem. Stejně je provedeno i kloubové uchycení pohyblivé čelisti s čelistí pevnou. Nastavitelným segment má v sobě drážku. skrz tuto drážku je segment přichycen dvěma šrouby. Posunutím segmentu v drážce je pak možné nastavit sílu stlačení hadice. Všechny výše zmíněné konstrukční řešení jsou zobrazeny na obrázku 57.



Obrázek 57 – Detail svěrného mechanismu

Na konci dopravníku se po zkompletování a zalisování přípravků otevře kinematikou pohybu řetězu po řetězovém kole, jak je zobrazeno na obrázku 58. Ze svíracích mechanismů pak zkompletovaná hadice vypadne vlastní vahou do připravené bedny.

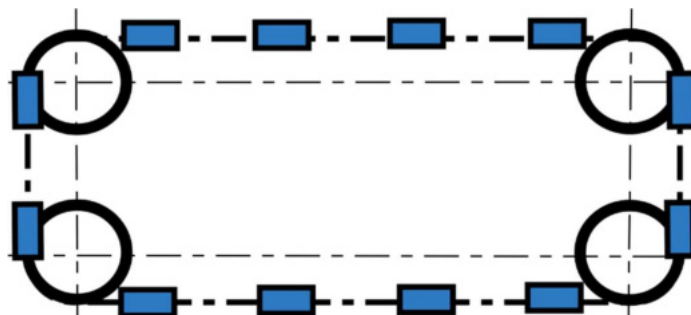


Obrázek 58 – Rozevření přípravku na konci dopravníku

3.2.1. VÝPOČET POHONU DOPRAVNÍKU

Pro zvolení vhodného pohonu řetězového dopravníku je nutné spočítat minimální tahovou sílu pro pohyb dopravníku. Výpočet bude proveden pro segment 1 a následně přepočítán pro všechny segmenty.

Na řetězu segmentu 1 se vzhledem k jeho potřebné délce nachází 12 přípravků, jak je schématicky zobrazeno na obrázku 59. Ve výpočtu budou figurovat především 4 horní přípravky. Ty zatěžují dopravník nejvíc vzhledem k svěrnému mechanismu. Přípravky vpravo a vlevo se navzájem vyruší. Vzhledem ke tření budu počítat s přípravky na honí a dolní větvi.



Obrázek 59 - Schéma přípravků na dopravníku

Síly při rozběhu působící na jeden přípravek

Na jeden přípravek bude působit hned několik sil, konkrétně síla tíhová (G), normálová (N), třecí (T), setrvačná (S) a síla tahová (F), která je důležitá pro dimenzování pohonu. Dále pak ještě ve výpočtu bude figurovat síla od svěrného mechanismu (R).

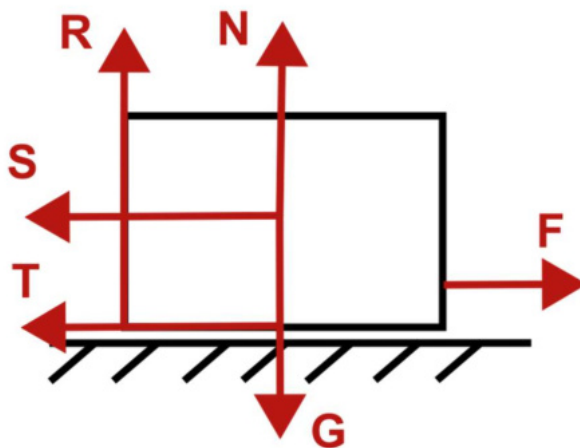
Byl zvolen řetěz 8b dle normy ČSN na základě rozměrové proporčnosti k hadici a podle ní navrhovaných součástí, ten byl následně zkontrolován v programu Autodesk Inventor.

Motor je navrhnut pro rozběhové zatížení vzhledem k setrvačné síle, která bude působit pouze při zrychlení.

$$\sum x = F - S - T = 0 \quad (1)$$

$$\sum y = R + N - G = 0 \quad (2)$$

Moment od síly R a F je zanedbán.



Obrázek 60 - Síly na přípravku

Vzdálenost mezi unašeči

Pro výpočet pohonu je potřeba znát vzdálenost, po které bude dopravník popojíždět. Celkový počet článků řetězu byl dopočítán podle vzdálenosti jednotlivých přípravků. Tato vzdálenost byla označena jako s' . Její hodnota byla zvolena podle zástavbového prostoru jednotlivých stanovišť a bude snaha se k ní přiblížit na základě rozteče článků řetězu. Ta je pro řetěz 8b = 12,7 mm.

vzdálenost mezi unašeči $s' = 200$ mm (zvoleno)

předběžný počet článků řetězu mezi dvěma přípravky $\rightarrow N_p'$

$$N_p' = \frac{s'}{p} = \frac{200}{12,7} \cong 15,75 \quad (3)$$

$$N_p = 16$$

Vzdálenost mezi přípravky se tak změní na:

$$s = p \cdot N_p = 12,7 \cdot 16 \quad (4)$$

$$s = 203,2 \text{ mm} = 0,2032 \text{ m}$$

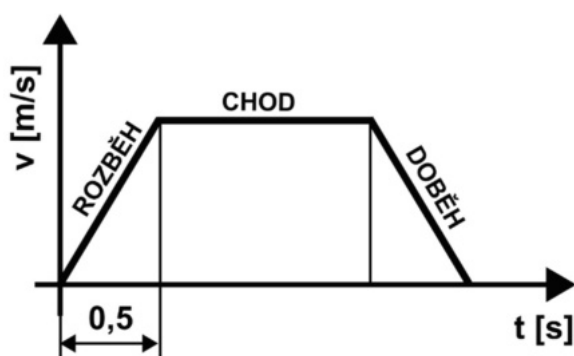
Skutečná vzdálenost mezi stanovišti musí být násobkem rozteče článků řetězu, proto je skutečná vzdálenost rovna 203,2 mm.

Počet zkompletovaných hadic za hodinu

Minimální počet zkompletovaných hadic byl zvolen na 360 kusů za hodinu. Počet kusů při naplnění a vyprázdnění linky je zanedbán. Následně tedy vychází požadovaný čas 10 s na úkony jednotlivých stanovišť a na přejezd na stanoviště další. Tento čas byl následně rozdělen na 2 s na přejezd a 8 s na jednotlivé stanoviště.

Setrvačná síla S

Pro výpočet setrvačné síly je potřeba určit zrychlení, jakým se bude řetěz pohybovat. Přejezd mezi stanovišti má trvat 2 s. Tyto dvě sekundy jsou rozděleny na rozjezd, chod a dojezd. Setrvačná síla bude působit při zrychlení, proto bude určena pro rozjezd. Doba rozjezdu byla odhadnuta na 0,5 s. Grafické znázornění průběhu rychlosti je zobrazeno na obrázku 61.



Obrázek 61 - Průběh rychlostí pohonu dopravníku

Otáčky řetězového kola byly zvoleny na hodnot $n = 45 \text{ min}^{-1}$. Pro výpočet byl dále zvolen počet zubů ozubeného kola na 24 zubů. Bylo tak zvoleno podle zástavbového prostoru dopravníku.

$$v = \frac{p \cdot Z \cdot n}{1\,000} = \frac{12,7 \cdot 24 \cdot 45}{1\,000} \quad (5)$$

$$v = 13,7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\mathbf{v = 0,228 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Dále pak podle hmotnosti odečtené z programu Inventor bylo vypočítáno zrychlení.

$$a = \frac{v}{t} \quad (6)$$

$$a = \frac{0,228}{0,5}$$

$$\mathbf{a = 0,456 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$S = a \cdot m_p = 0,425 \cdot 2,8 \quad (7)$$

$$\mathbf{S = 1,19 \text{ N}}$$

Třecí síla T

Pro třecí sílu je důležité vhodně zvolit součinitel smykového tření, který jsem zvolil podle literatury [55] pro polyamid – ocel, jako $f = 0,3$.

Třecí sílu je pak možné zapsat jako:

$$T = f \cdot N \quad (8)$$

$$\mathbf{T = 0,3 \cdot N}$$

Síla R od svěrného mechanismu

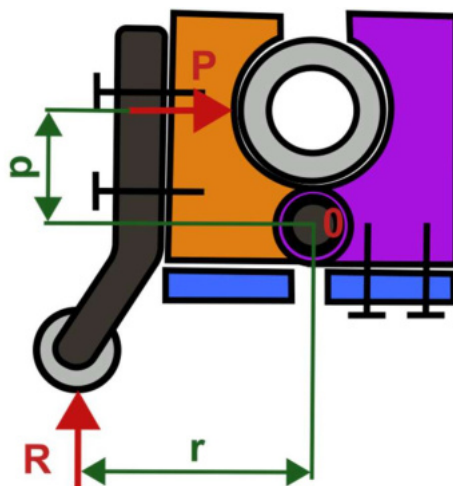
Síla R se vypočítá podle přítlačné síly P, kterou jsem zvolil jako 10 N . Rozměry „r“ a „p“ jsem navrhnul.

$$\sum M_0 = P \cdot p - R \cdot r = 0 \quad (9)$$

$$R = \frac{P \cdot p}{r} \quad (10)$$

$$R = \frac{10 \cdot 25}{42}$$

$$R \cong 5,95 \text{ N}$$



Obrázek 62 - Síla R

Výpočet rozběhové tahové síly F pro jeden příravek

$$R + N - G = 0 \quad (11)$$

$$N = G - R = g \cdot m_p - R \quad (12)$$

$$N = 9,81 \cdot 2,8 - 5,95$$

$$N \cong 21,5 \text{ N}$$

$$F - S - T = 0 \quad (1)$$

$$F = S + 0,3 \cdot N \quad (13)$$

$$F = 1,19 + 0,3 \cdot 21,5$$

$$F = 7,64 \text{ N}$$

Výpočet rozběhové tahové síly F pro 1 segment dopravníku

Tahovou sílu následně přepočítám pro 8 přípravků (4 nahoře, 4 dole).

$$F_1 = F \cdot 8 = 7,64 \cdot 8 \quad (14)$$

$$F_1 = 61,12 \text{ N}$$

Výpočet minimálního rozběhového krouticího momentu 1 segmentu dopravníku

Pro výpočet minimálního rozběhového krouticího momentu pro pohyb segmentu 1 byla odečtena hodnota roztečného průměru ozubeného kola $D_p = 97,298 \text{ mm}$.

$$M_{z1} = F_1 \cdot r = F_1 \cdot \frac{D_p}{2} \quad (15)$$

$$M_{z1} = 61,12 \cdot \frac{97,298 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$M_{z1} = 2,97 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet minimálního rozběhového krouticího momentu pro všechny dopravníky

Prostřední segment bude namáháný několikanásobně menším zatížením, protože se na něm nenachází svěrný mechanismus. I přes to bude ve prospěch bezpečnosti počítáno, jako by byl stejný.

$$M_z = M_1 \cdot 3 = 2,97 \cdot 3 \quad (16)$$

$$M_z = 8,91 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet minimálního momentu pro všechny dopravníky působícího při chodu

Při chodu již nedochází ke zrychlení a je tak setrvačná síla $S = 0 \text{ N}$. Rovnice (13) se pak upraví následovně:

$$F_n = 0,3 \cdot N \quad (17)$$

$$F_n = 0,3 \cdot 21,5$$

$$F_n = 6,45 \text{ N}$$

Po dosazení hodnoty F_n do rovnic (14), (15) a (16) vychází minimální moment pro chod:

$$M_n = 7,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Volba elektromotoru a převodovky

Převodovka byla zvolena čelní vysokostupňová od firmy Varvel řady RD s převodovým poměrem 31,5. Převodovka byla zvolena kvůli vysokému převodovému poměru a ideálním rozměrům pro připevnění k hliníkovým profilům. [56]

U volby motoru je nutné dbát na přepočítání krouticího momentu vzhledem k převodovému poměru. Motor byl zvolen od firmy Siemens typu 1LF7 053-4AB s jmenovitými otáčkami $n_m = 1\,405 \text{ min}^{-1}$ a výkonem 0,33 kW. [57]

Teoretický převodový poměr převodovky:

$$i' = \frac{n_m}{n} = \frac{1\,405}{45} \quad (18)$$

$$i' \cong 31,22$$

Otáčky se pak změny následovně:

$$n_d = \frac{n_m}{i} = \frac{1\,405}{31,5} \cong 44,6 \text{ min}^{-1} \quad (19)$$

3.2.2. NÁVRH HNACÍ HŘÍDELE

Vzhledem k velké délce hřídele je k návrhu přistoupeno dvěma způsoby – napětovým a deformačním. V prvním způsobu je vycházeno z dovolené hodnoty namáhání v krutu. Ve druhém případě je zvolena limitní hodnota natočení 1° . Pro výpočet jsou uvažovány známé standardní materiálové mechanické vlastnosti oceli. Krouticí moment byl zvolen jako záběrový moment po přechodu převodovkou M_z^* , dle literatury [57].

$$M_k = M_z^* = 17\,010 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Výpočet průměru hřídele podle krutu

$$\tau_{DK} = 65 \text{ MPa (materiál 11 500 [55])}$$

$$\tau_K = \frac{M_k}{W_K} \leq \tau_{DK} \quad (20)$$

$$d_H' \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 17\,010}{\pi \cdot 65}} \quad (21)$$

$$d_H' \geq 11 \text{ mm}$$

Výpočet průměru hřídele podle zkrutu

$$\varphi^{\circ}_{\max} = 1^{\circ} \text{ (zvoleno)}$$

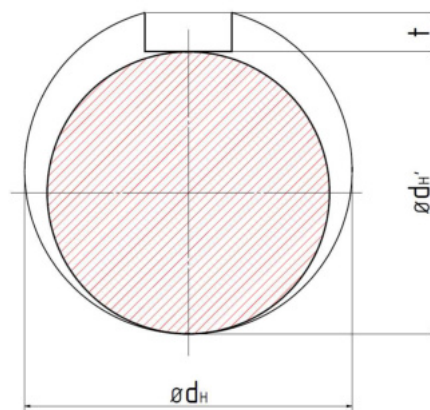
$$\varphi^{\circ} = \frac{M_k \cdot l}{G \cdot I_p} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (22)$$

$$\varphi^{\circ}_{\max} \geq \frac{M_k \cdot l}{G \cdot \frac{\pi \cdot d_H'^4}{32}} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (23)$$

$$d_H' \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_k \cdot l \cdot 180}{G \cdot \pi^2 \cdot \varphi^{\circ}_{\max}}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 17\,010 \cdot 2\,000 \cdot 180}{78\,750 \cdot \pi^2 \cdot 1}}$$

$$d_H' \geq 22,4 \text{ mm}$$

Průměr hřídele vychází větší u zkrutu, což se vzhledem k délce hřídele dalo očekávat. Nyní je ještě potřeba průměr hřídele přepočítat, kvůli drážce na pero, která snižuje nosný průřez.



Obrázek 63 - Nosný průřez hřídele s drážkou na pero

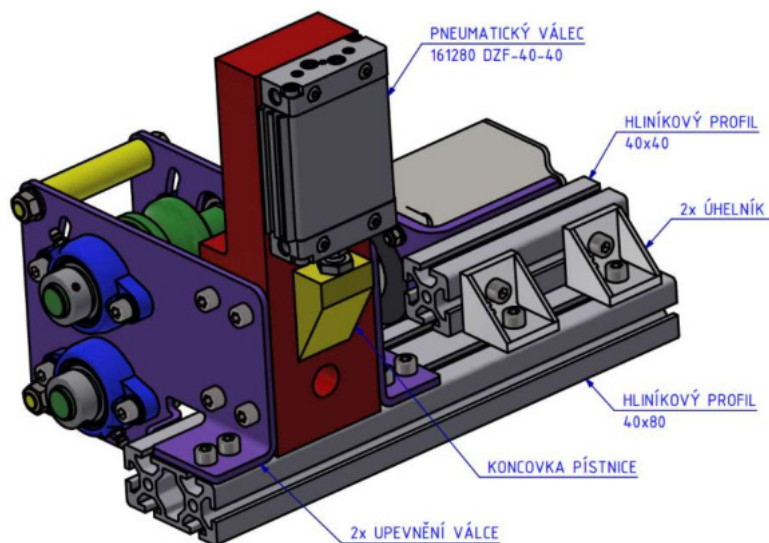
V následující tabulce jsou vypočítány nosné průřezy hřídele. Nosný průřez je vypočítán jako průměr d_H bez drážky na pero (rozměru t [55]). Je tedy důležité, aby: $d_H - t > d_H'$.

Tabulka 5 – Nosný průměr hřídele s drážkou na pero [55]

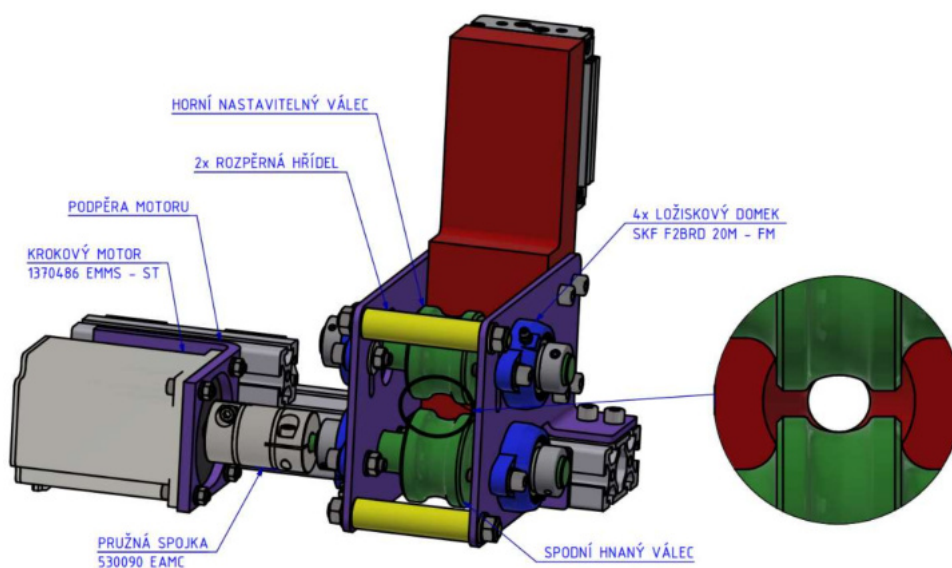
d_H	t	$d_H - t$
22	4,1	17,9
25	4,1	20,9
28	4,1	23,9
30	4,1	25,9

Volím průměr hřídel $d_H = 28$ mm.

3.3. ODVINUTÍ A USTŘIHNUTÍ HADICE



Obrázek 64 – Sestava odmotání a ustřížení hadice zepředu

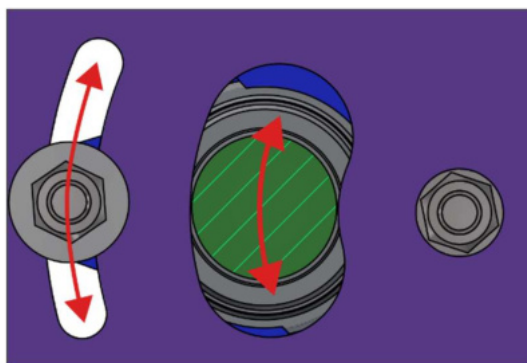


Obrázek 65 – Sestava odmotání a ustřížení hadice zezadu

Hadice je odmotávána z kotouče pomocí dvou válců vytvarovaných podle tvaru hadice (viz obr.65). Horní válec je nastavitelný a určuje jakou silou bude hadice stlačena mezi válci (viz obr. 66). Spodní válec je hnaný. Oba válce jsou uloženy v ložiskových domcích od firmy SKF [54] a jsou připevněny ke konstrukci z ohnutých plechů. Ohnuté plechy jsou na jedné straně připevněny k desce a na druhé jsou upevněny pomocí dvou rozpěrných hřídelí (viz obr 65).

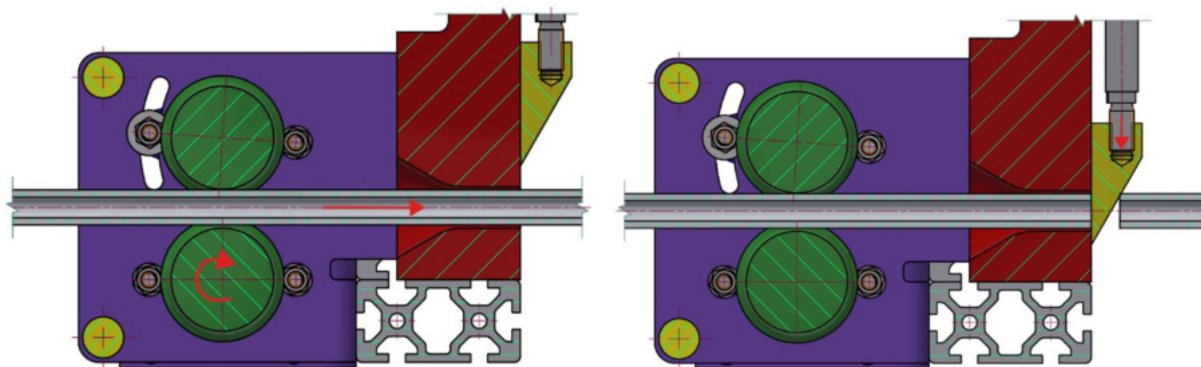
Pohon je realizován pomocí krokového motoru spojeného se spodním válcem pružnou spojkou. Krokový motor je připevněn k rámu podpěrou v podobě ohnutého plechu.

Ložiskové domky horního válce jsou uchyceny pevně v jedné díře, zatímco na druhé straně jsou kyvně posuvné pomocí oblé drážky. Stejně tak je vytvarována drážka pro hřídel. Po nastavení výšky mezery je šroub na posuvné straně ložiskového domku utažen.



Obrázek 66 - Nastavení výšky mezery pro hadici

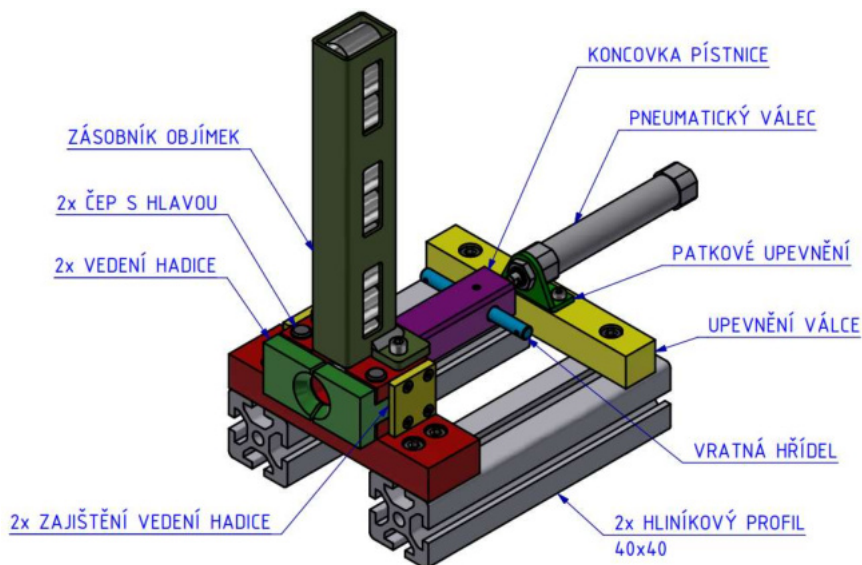
Po průchodu válci je hadice vedena do desky se zužující se dírou. Po odmotání dané délky je hadice pomocí pneumatického válce s upravenou koncovkou ustřižena. Hadice v dopravníku odjíždí a celý proces se opakuje.



Obrázek 67 - Pohyby pro odmotání a ustřižení hadice

Celá konstrukce je připevněna k hliníkovému profilu 40 x 80. V místě upevnění motoru je pomocí rohových spojek přišroubován další 40 x 40 profil, ke kterému je motor připevněn. Při spojování hliníkových profilů jsou využívány speciální matice do drážky profilu a šroubů dle normy ISO 4762, které jsou použity v průběhu celé konstrukce.

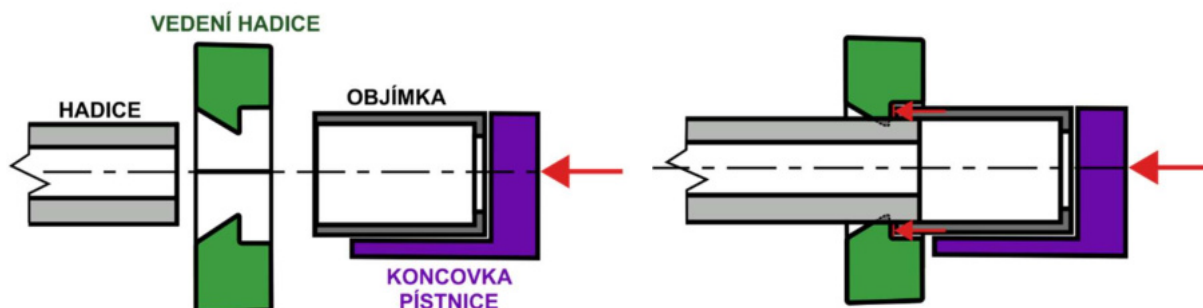
3.4. NAsAZENÍ OBJÍMKY NA HADICI



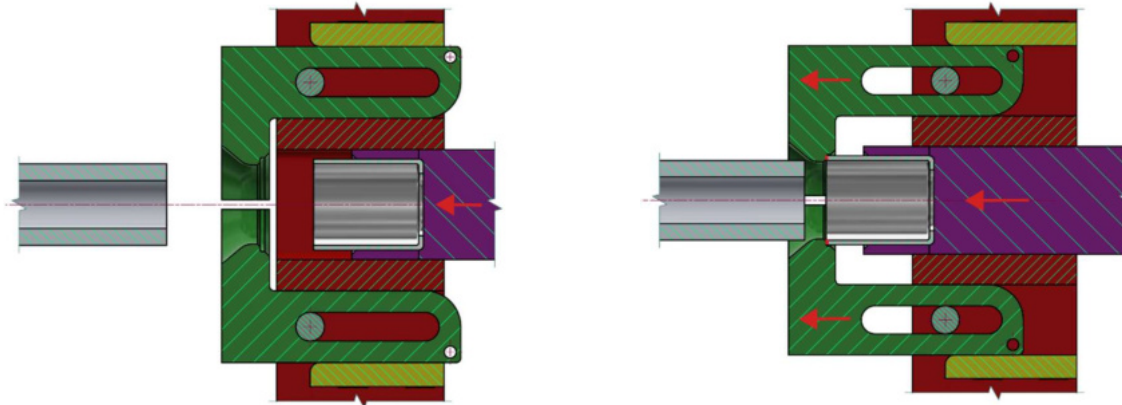
Obrázek 68 – Sestava nasazení objímky

Objímka bude nasazena pomocí pneumatického válce se speciální koncovkou pístnice. Při nasazení objímky ovšem vzniká zásadní problém, uložení objímky vůči hadici je s přesahem a hadice je z poměrně měkkého PVC. Pouhý pneumatický válec s upravenou pístnicí by nestačil, protože by mohlo dojít k tomu, že by se hadice do objímky netrefila. Proto je důležité z počátku hadici vést, což ovšem poměrně komplikuje celkový mechanismus.

Hadice stojí v průběhu celého nasazování na místě. Objímka je umístěna v pístnici, která na ni tlačí. Po malém posuvu se objímka opře o vedení hadice a unáší jej vpřed. Díra čelistí vedení hadice je o něco menší než vnější průměr hadice, která se mírně zmáčkne a zajede do objímky (viz obr. č. 69).

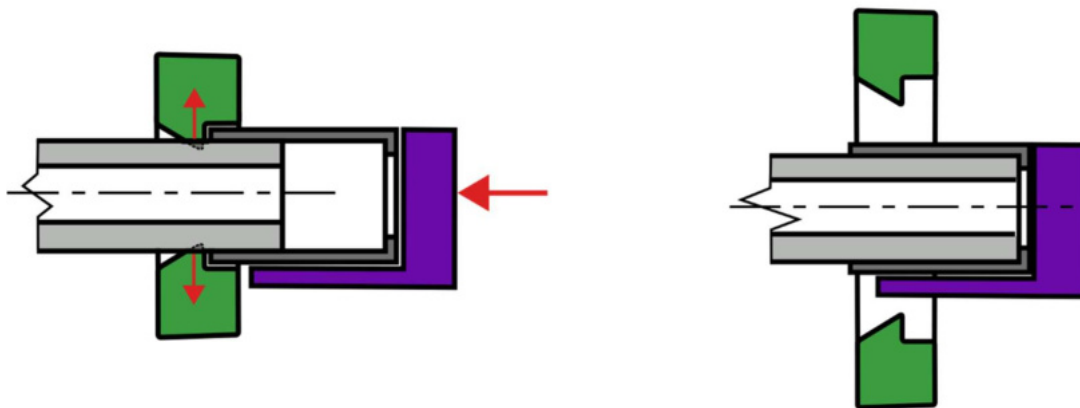


Obrázek 69 - Schéma nasazení objímky – pohled seshora 1

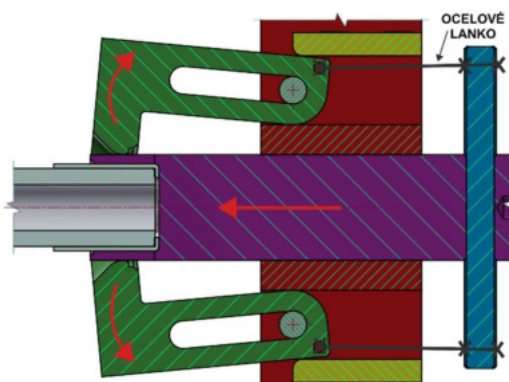


Obrázek 70 – Sestava nasazení objímky – pohled seshora v řezu

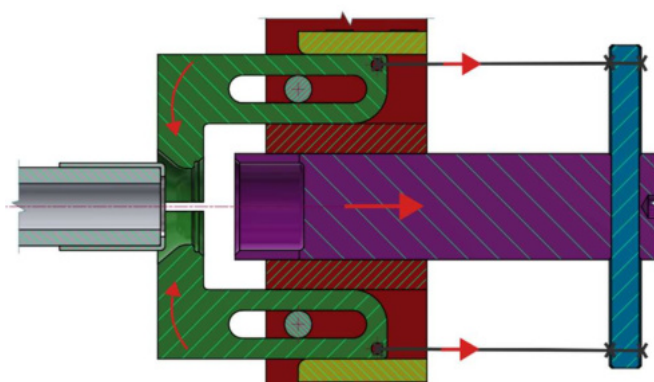
Při návratu pístnice je potřeba vedení hadice rozevřít, aby se při zpětném pohybu objímka nesundala. Proto se po určité vzdálenosti, kde už je jistota že se hadice do objímky trefila, vedení rozevře (viz obr. 71). To je realizováno konstrukcí vedení hadice se dvěma čelistmi, které jsou zkonstruovány s rameny. Ty vedou čelisti rovně a po posunutí o určitou vzdálenost vedení skončí, ramena se zarazí o čep a čelisti se rozevřou. Pístnice poté pokračuje až do úplného nasazení objímky (viz obr. 71).



Obrázek 71 - Schéma nasazení objímky – pohled seshora 2

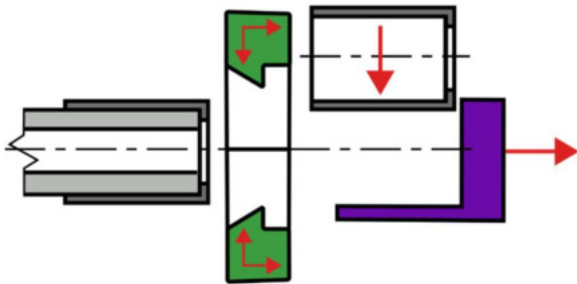


Obrázek 72 – Sestava nasazení objímky – pohyb při rozevření

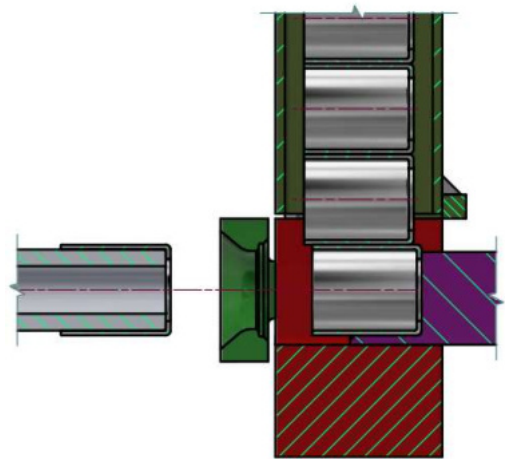


Obrázek 73 – Sestava nasazení objímky – vratný pohyb

Po nasazení objímky se pístnice vrací do původní polohy, stejně tak i vedení hadice, které se znovu zavírá a posouvá zpět, což je realizováno ocelovým lankem, připevněným k ramenům čelistí a k vratné hřídeli (viz obr. 73). Vratná hřídel je uchycena v koncovce pístnice a pojištěna stavěcím šroubem. Po návratu do pístnice spadne další objímka, dopravník přisune další hadici a celý proces se opakuje (viz obr. 74 a 75).



Obrázek 74 - Schéma nasazení objímky – reset mechanismu

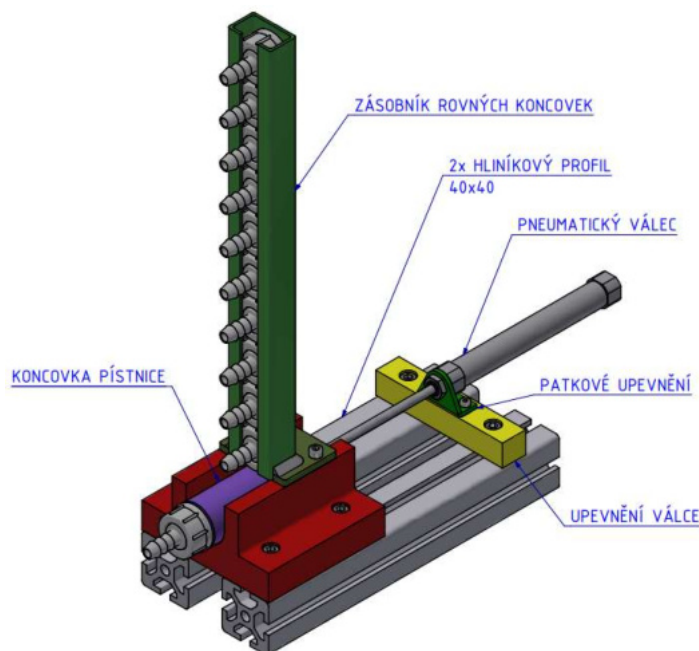


Obrázek 75 - Sestava nasazení objímky – reset mechanismu

Celý mechanismus je postaven na dvou hliníkových profilech 40 x 40. Koncovka pístnice je hranatá jako pojištění proti pootočení. Ramena čelistí jsou pojištěna ze strany deskami a uvnitř čepy s hlavou.

Vzhledem k poměrně složité kinematice mechanismu byl vytvořen model na 3D tiskárně, na kterém byla funkce mechanismu vyzkoušena. Vše fungovalo podle návrhu.

3.5. NASAZENÍ ROVNÉ KONCOVKY

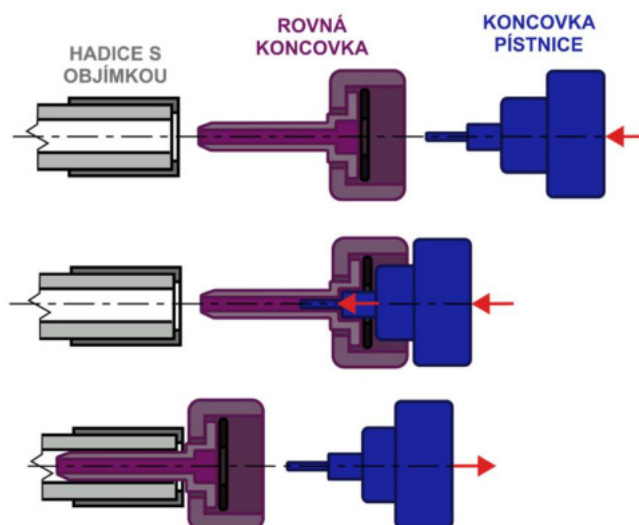


Obrázek 76 - Sestava nasazení rovné koncovky

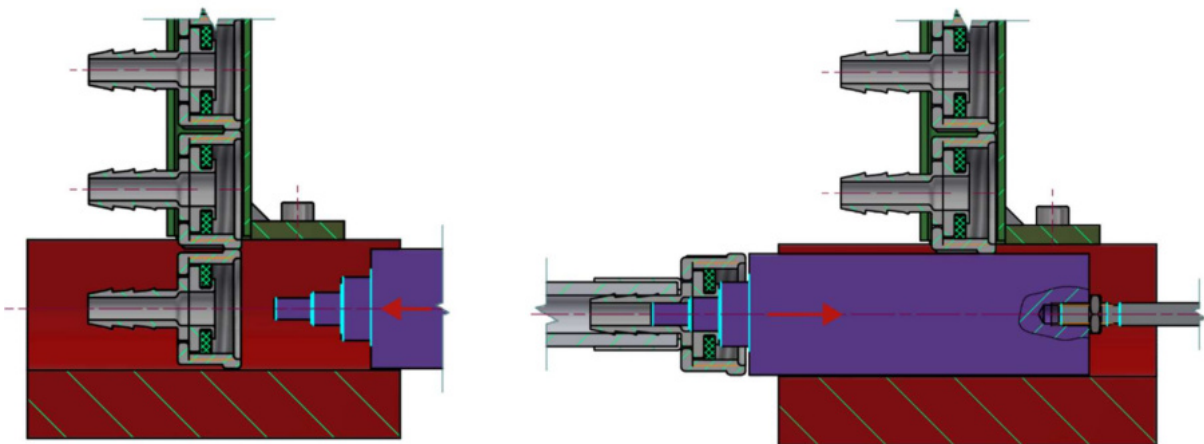
Rovné koncovky jsou naskládány v zásobníku, který je tvořen proříznutou trubkou s obdélníkovým průřezem. Trubka má na spodní straně navařený kovový plíšek s dírami pro šrouby, kterými je zásobník připevněn k desce mechanismu (viz obr. 76).

Koncovka je nabrána pneumatickým válcem s upravenou koncovkou pístnice a zalisována do hadice, která je již opatřena objímkou.

Po návratu pístnice do drážky spadne další koncovka, dopravník přisune následující hadici a celý proces se opakuje.

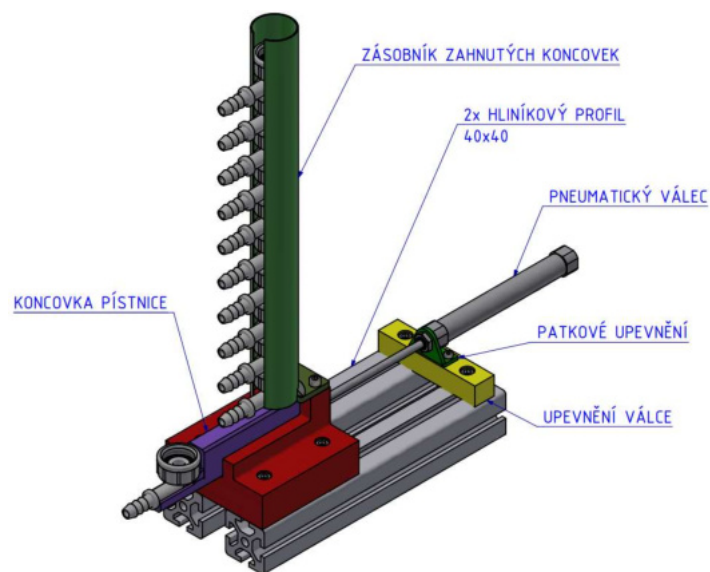


Obrázek 77 - Schéma nasazení rovné koncovky



Obrázek 78 - Sestava nasazení rovné koncovky pohled z boku v řezu

3.6. NASAZENÍ ZAHNUTÉ KONCOVKY

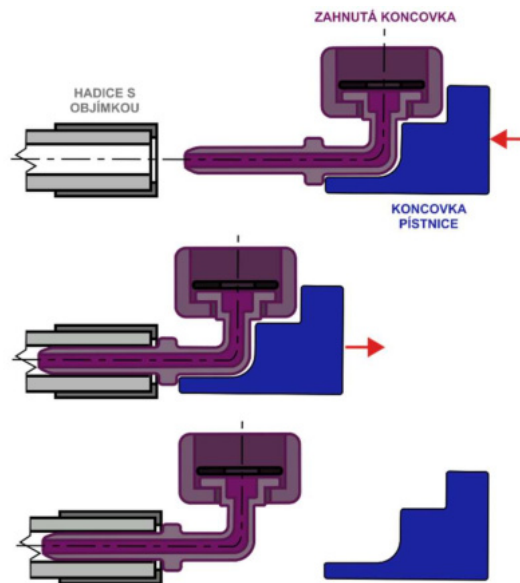


Obrázek 79 - Nasazení zahnuté koncovky

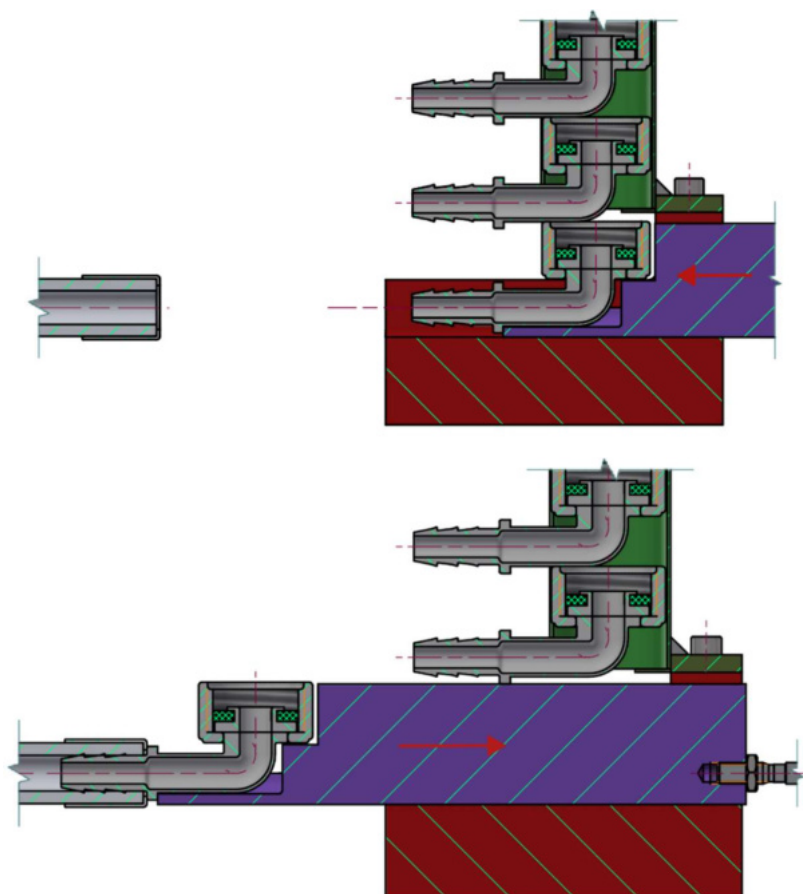
Zahnuté koncovky jsou naskládány v zásobníku, který je tvořený proříznutou kruhovou trubkou. Stejně jako u nasazení rovné koncovky je k trubce přivařen kovový plíšek s dírami pro šrouby k připevnění zásobníku k desce mechanismu (viz obr. 79).

Zahnutá koncovka je unášena na koncovce pístnice, která je hranatá, jako pojištění proti pootočení. Koncovka se zapírá do spodní části kroužku na tvarovce. Pohybem pneumatického válce je pak koncovka nalisována do hadice s objímkou.

Po návratu pístnice do ní spadne další zahnutá koncovka a po posunutí hadice se vše znovu opakuje.



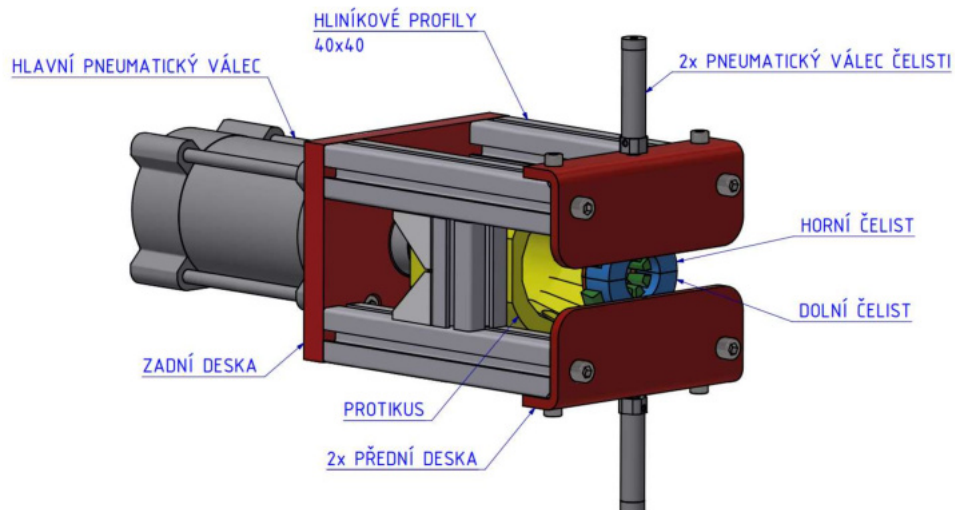
Obrázek 80 - Schéma nasazení zahnuté koncovky



Obrázek 81- Sestava nasazení zahnuté koncovky pohled z boku v řezu

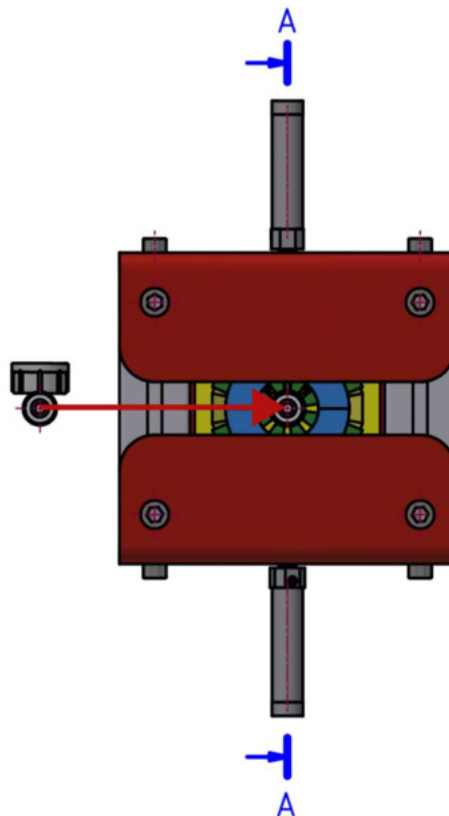
3.3. ZALISOVÁNÍ OBJÍMKY

Zalisování objímky je provedeno pomocí pneumatického armovacího lisu. U lisování je důležité, aby síla působila ze všech stran rovnoměrně.



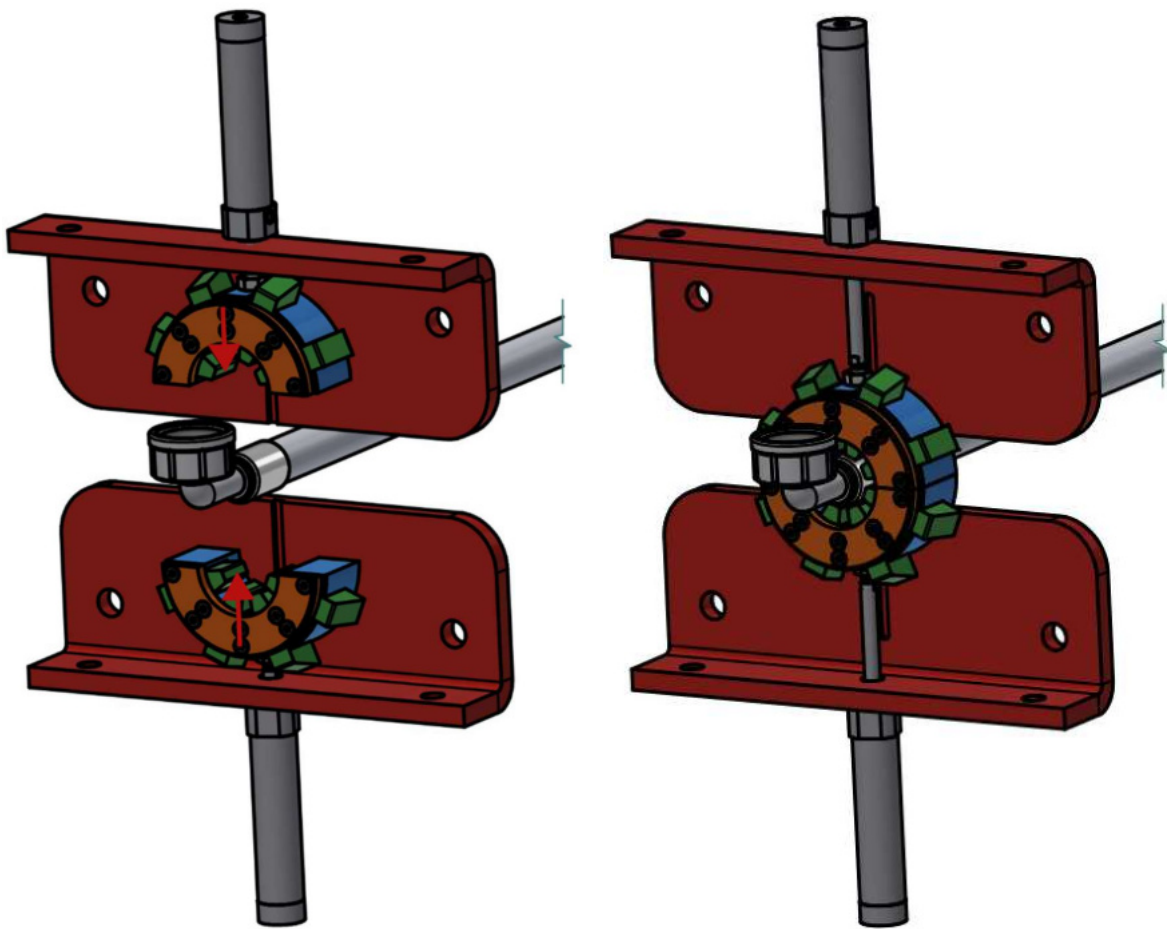
Obrázek 82 - Sestava armovacího lisu

Hadice s objímkou a koncovkou zastaví mezi čelistmi, které jsou připevněny k pneumatickým válcům, jak je zobrazeno na obrázku 83.



Obrázek 83 - Zalisování objímky – přísun

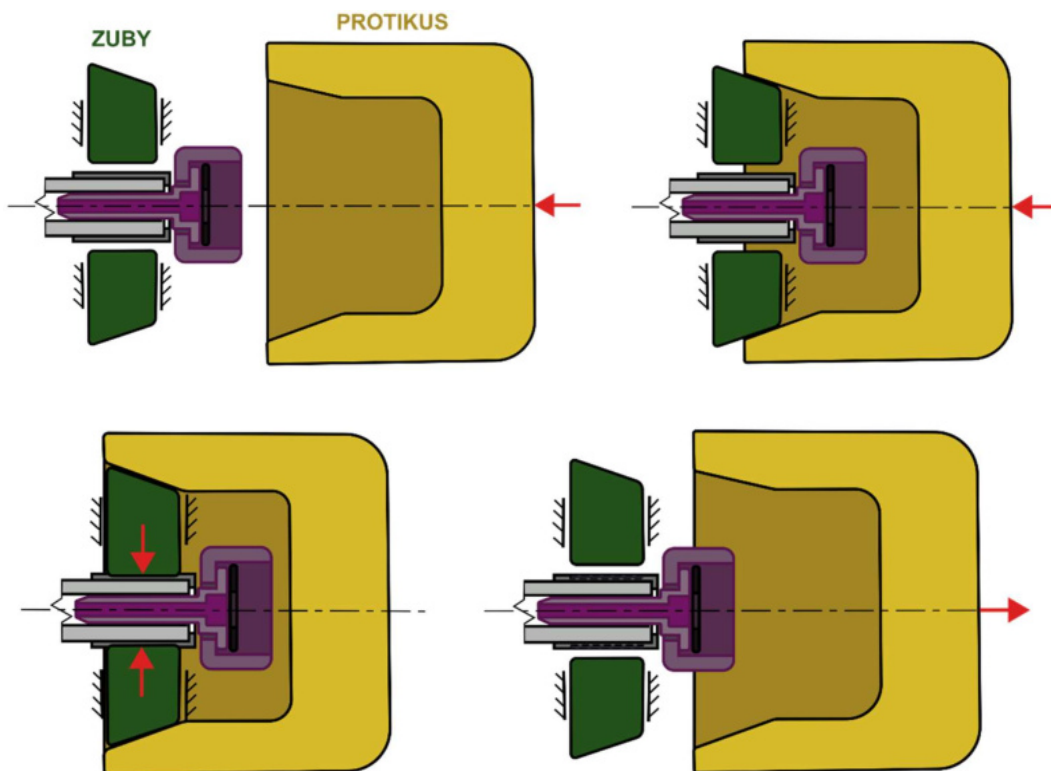
Po zastavení hadice se pomocí pneumatických válců spodní čelist zvedne, horní spustí a hadici zavřou (viz obr. 84). Pohyb čelistí je veden pomocí per v čelistech a drážek v předních deskách. Každá čelist obsahuje 4 zuby, které jsou na jedné straně pojištěny deskou a na druhé straně mají zalisovaný kolík. Ten volně jezdí v drážce, která vymezuje maximální pohyb zubů a zabrání tak jejich vypadnutí (viz obr. 86). Na horní straně je každý zub zešikmený pod úhlem 15° .



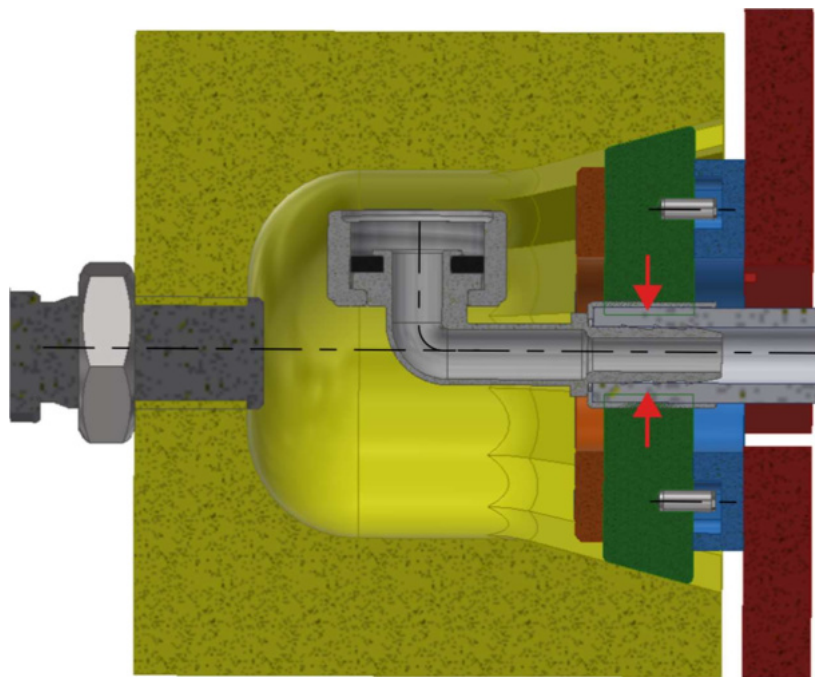
Obrázek 84 - Zalisování objímky – pohyb čelistí

Protikus má vnitřní tvar zužujícího se 16-ti stěnu. Sklon stěn je stejně jako u zubů 15° . Z druhé strany je do protikusu zašroubovaná pístnice pneumatického válce, která je hranatá, jako pojištění proti pootočení. Dále je shora a zezdola protikusu vyfrézovaná drážka kvůli pístnicím čelistí. Z boku má ještě protikus vyfrézované plochy kvůli větší kompaktnosti (viz obr. 90).

Protikus najede na zuby v čelistech a dopředný pohyb se přemění na souměrný pohyb zubů ke středu a objímka se zuby zalisuje. Tento pohyb je rozkreslen ve schéma na obr. 85.



Obrázek 85 – Schéma zalisování objímky

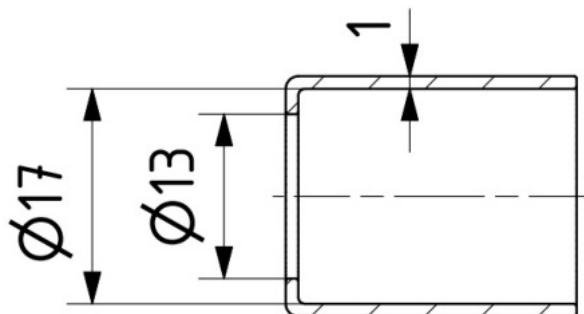


Obrázek 86 – Konečná pozice lisování a čepy zachycující zuby v čelistech

Po zalisování je protikus je vrácen do původní polohy. Horní čelist se zvedne, spodní sníží a dopravník posune další připravenou hadici a vše se znova opakuje.

3.3.1. VÝPOČET LISOVACÍ SÍLY

Síla potřebná k deformaci byla vypočtena podle teorie tenkostěnných nádob. Lisování hliníkové objímky představuje úlohu tenkostěnné nádoby s vnějším přetlakem. Rozměry respektují obrázek 87.



Obrázek 87 - Hliníková objímka v řezu

$$\sigma_{DAl-slitin} = 160 \text{ MPa [55]}$$

Pro zalisování objímky je nutné překročit mez kluzu, proto u dimenzování vycházíme z rovnice (24).

$$\frac{p_L \cdot D}{2 \cdot s} \geq \sigma_{DAl-slitin} \quad (24)$$

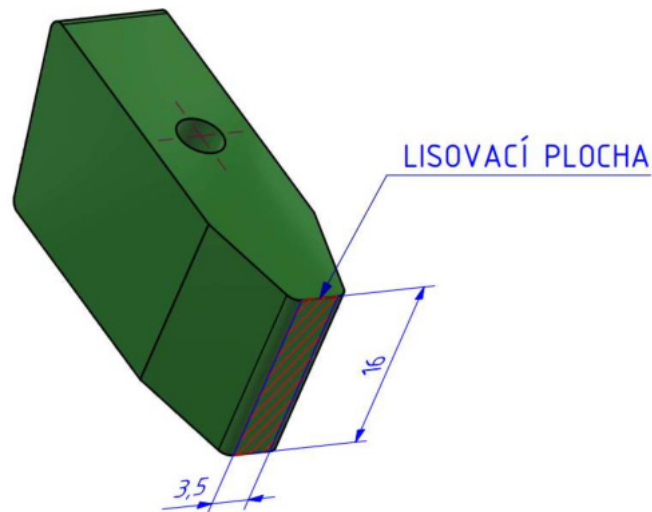
$$p_L \geq \frac{2 \cdot s \cdot \sigma_{DAl-slitin}}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 160}{17}$$

$$p_L \geq \mathbf{18,8 \text{ MPa}}$$

Pro výpočet je potřeba znát lisovací plochu zubu, která j vypočítána z rovnice (25).
Následně pak lisovací sílu vypočítáme přes známé vztahy v rovnicích (26) a (27).

$$S_1 = 16 \cdot 3,5 = 56 \text{ mm}^2 \quad (25)$$

$$N_Z = 8$$



Obrázek 88 - Lisovací plocha zubu S_1

$$S_8 = S_1 \cdot N_Z = 56 \cdot 8 = 448 \text{ mm}^2$$

$$p_L = \frac{F_{L8}}{S} \rightarrow F_{L8} = p_L \cdot S_8 \quad (26)$$

$$F_{L8} = 18,8 \cdot 448$$

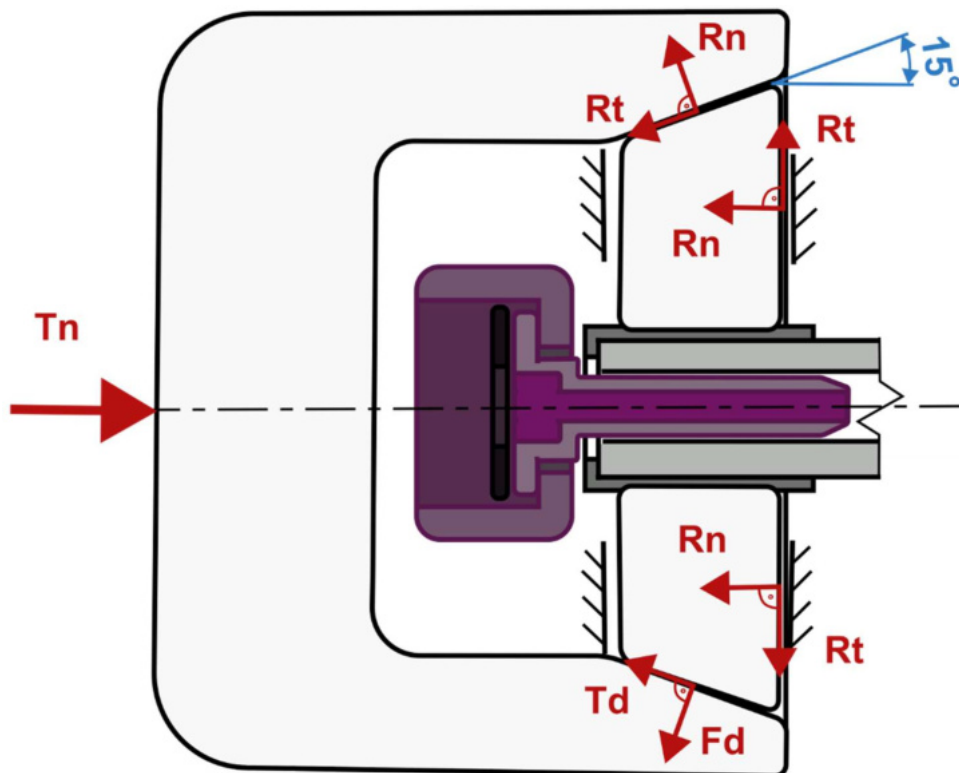
$$F_{L8} \cong 8\,422 \text{ N}$$

$$F_{L1} = \frac{F_{L8}}{8} = \frac{8\,422}{8} \quad (27)$$

$$F_{L1} \cong 1\,053 \text{ N}$$

3.3.2. VÝPOČET MINIMÁLNÍ SÍLY PNEUMATICKÉHO VÁLCE

Vzhledem k menší uražené vzdálenosti zubů oproti protikusy by podle energetické bilance měla vyjít menší potřebná síla pístu než síla lisovací.



Obrázek 89 - Schéma lisovací síly

Silové rovnice rovnováhy pro protikus:

$$\sum x: F_p - N_z \cdot F_{d_x} - N_z \cdot T_{d_x} = 0 \quad (28)$$

$$\sum y: N_z \cdot F_{d_y} - N_z \cdot T_{d_y} - N_z \cdot F_{d_y} + N_z \cdot T_{d_y} = 0 \text{ (není potřeba)} \quad (29)$$

Silové rovnice rovnováhy pro zuby:

$$\sum x: N_z \cdot T_{d_x} + N_z \cdot F_{d_x} - N_z \cdot R_n = 0 \quad (30)$$

$$\sum y: N_z \cdot F_{L1} - N_z \cdot F_{d_y} - N_z \cdot T_{d_y} + N_z \cdot R_t = 0 \quad (31)$$

Do rovnic (28), (30) a (31) byly dosazeny známé vztahy. Ze tří rovnic o třech neznámých pak byly dopočítány potřebné hodnoty.

$$F_p - N_z \cdot F_d \cdot \sin(15^\circ) - N_z \cdot F_d \cdot 0,2 \cdot \cos(15^\circ) = 0 \quad (32)$$

$$N_z \cdot F_d \cdot 0,2 \cdot \cos(15^\circ) + N_z \cdot F_d \cdot \sin(15^\circ) - N_z \cdot R_n = 0 \quad (33)$$

$$N_z \cdot F_{L1} - N_z \cdot F_d \cdot \cos(15^\circ) - N_z \cdot F_d \cdot 0,2 \cdot \sin(15^\circ) + N_z \cdot R_n \cdot 0,2 = 0 \quad (34)$$

$$F_d \cong 1\,135\text{ N}$$

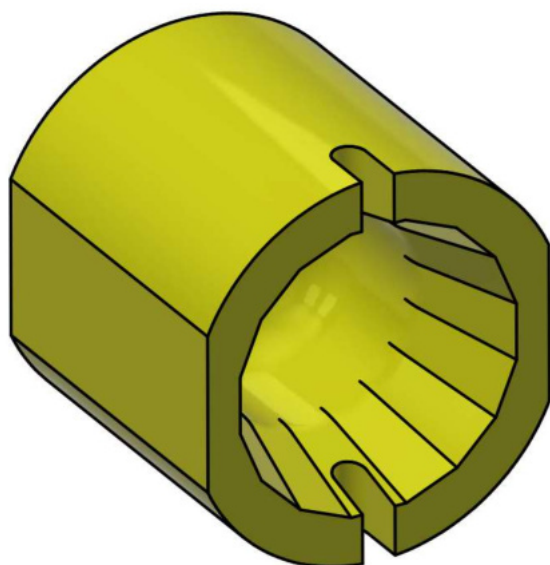
$$R_n \cong 514\text{ N}$$

$$F_p \cong 4\,110\text{ N}$$

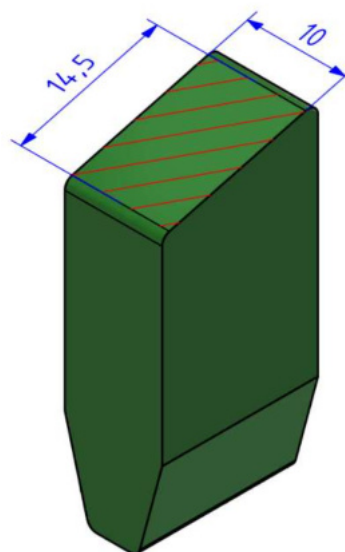
Byl zvolen pneumatický válec DSBG-Q-100-80-PPVA od firmy Festo s teoretickou silou při 6 bar 4 418 – 4 712 N. Pojištění proti pootočení pístnice je zajištěno pomocí hranaté pístnice.

3.7.3. KONTROLA PROTIKUSU

U protikusu je na místě kontrola, jestli se při lisování nezdeformuje. Rozměry kontaktních ploch zubů s protikusem, počítané v rovnici (35), respektují hodnoty na obrázku 91.



Obrázek 90 - Protikus



Obrázek 91 - Lisovací plocha zub/protikus S_p

$$S_p = N_z \cdot 14,5 \cdot 10 = 8 \cdot 14,5 \cdot 10 \quad (35)$$

$$S_p = 1\,160 \text{ mm}^2$$

Síly působící deformaci protikusů jsou dle obrázku 89 ve směru osy y. Celková síla ve směru osy y je vypočítána podle vztahu v rovnici (36).

$$F_y = N_z \cdot F_{d_y} - N_z \cdot T_{d_y} \quad (36)$$

$$F_y = N_z \cdot F_d \cdot \cos(15^\circ) - N_z \cdot F_d \cdot 0,8 \cdot \sin(15^\circ)$$

$$F_y = 8 \cdot 1\,135 \cdot \cos(15^\circ) - 8 \cdot 1\,135 \cdot 0,2 \cdot \sin(15^\circ)$$

$$F_y \cong 8\,301 \text{ N}$$

Tlak je následně vypočítán ze známého vzorce (37).

$$p_1 = \frac{F_y}{S_p} = \frac{8\,301}{1\,160} \quad (37)$$

$$p_1 \cong 7,2 \text{ MPa}$$

Kontrola byla provedena podle teorie tlustostěnných nádob, v tomto případě se jedná o nádobu otevřenou s vnitřním přetlakem. Průběh napětí je symbolicky zobrazen na obrázku 92. Důležité je podotknout, že K ve vzorci (40) a v obrázku 93 není bezpečnost, ovšem označení vzorce v teorii tlustostěnných nádob.

$$r_1 = 42,5 \text{ mm (obr. 92)}$$

$$r_2 = 52,5 \text{ mm (obr. 92)}$$

$$p_2 = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Dt_{E335}} = 200 \text{ MPa [55]}$$

$$k = 2 \text{ (zvoleno)}$$

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{Dt_{E335}}}{k} = \frac{200}{2} \quad (38)$$

$$\sigma_D = 100 \text{ MPa}$$

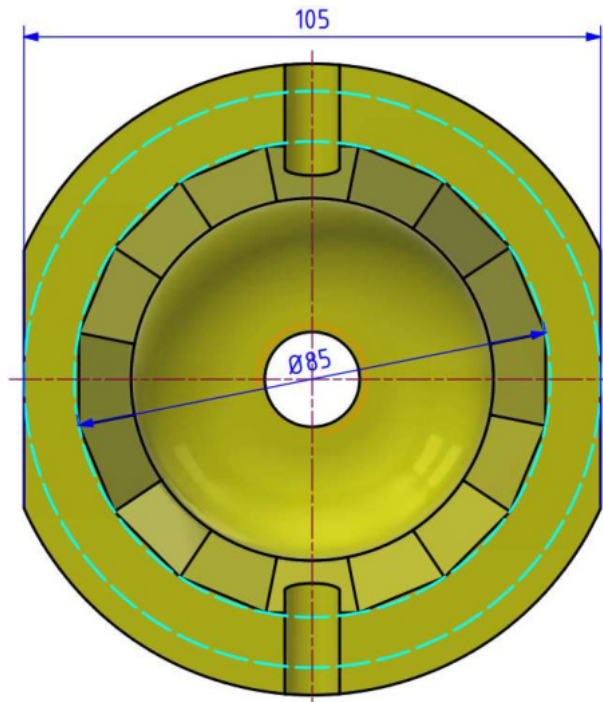
$$\sigma_{RED}^{TMAX} = \sigma_t(r_1) - \sigma_r(r_1) \quad (39)$$

$$\sigma_{RED}^{TMAX} = (2 \cdot K + p_1) - (-p_1) \leq \sigma_D \quad (40)$$

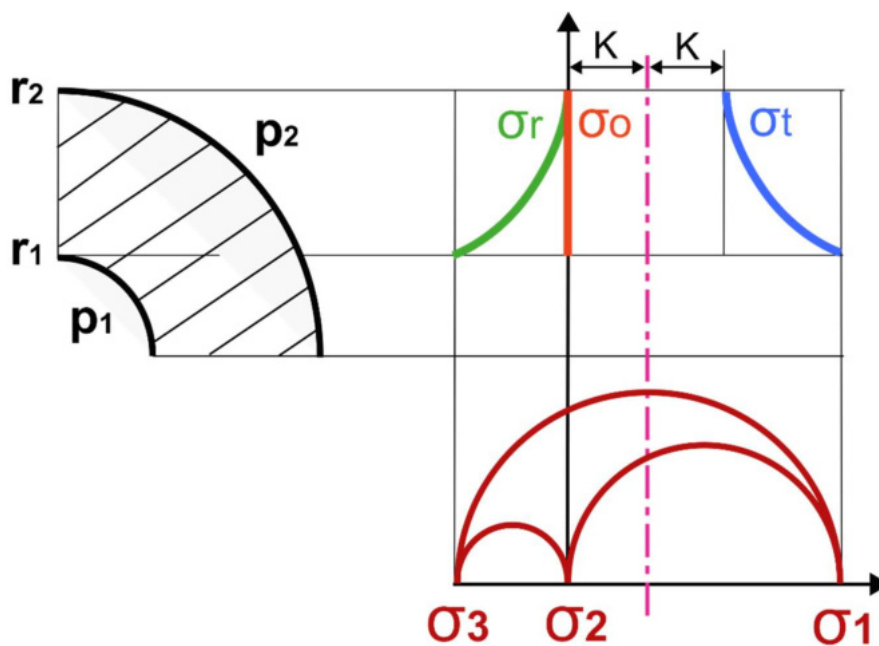
$$2 \cdot \frac{p_1 \cdot r_1^2 - p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} + p_1 - (-p_1) \leq \sigma_D$$

$$2 \cdot \frac{7,2 \cdot 42,5^2}{52,5^2 - 42,5^2} + 7,2 + 7,2 \leq \sigma_D$$

42 MPa ≤ 100 MPa → VYHOVUJE



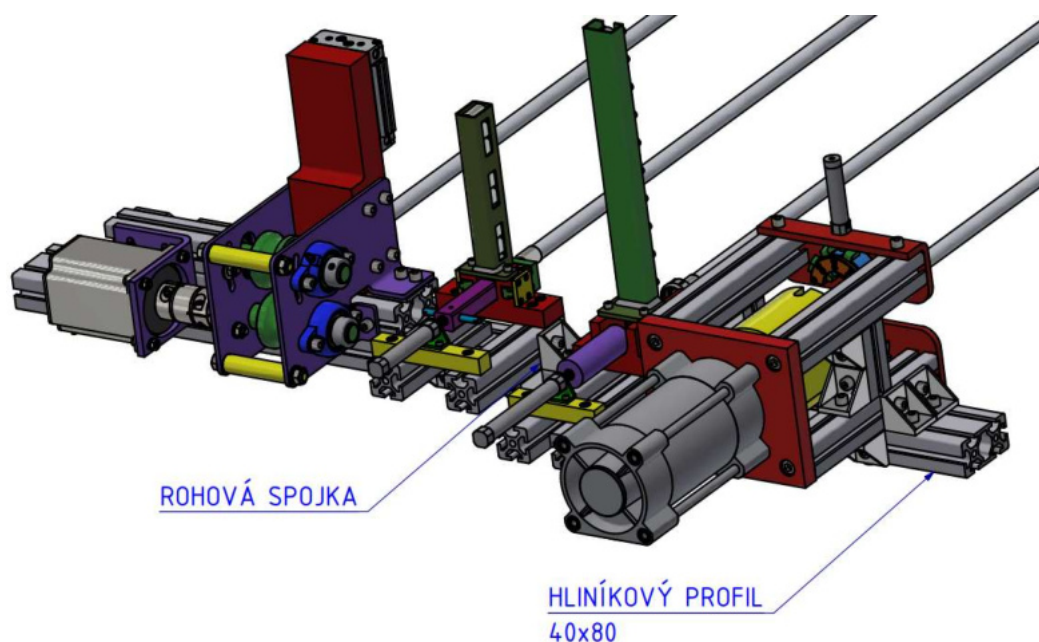
Obrázek 91 - Výpočtové průměry kontroly protikusu



Obrázek 93 - Průběh napětí tlustostěnné nádoby s vnitřním přetlakem

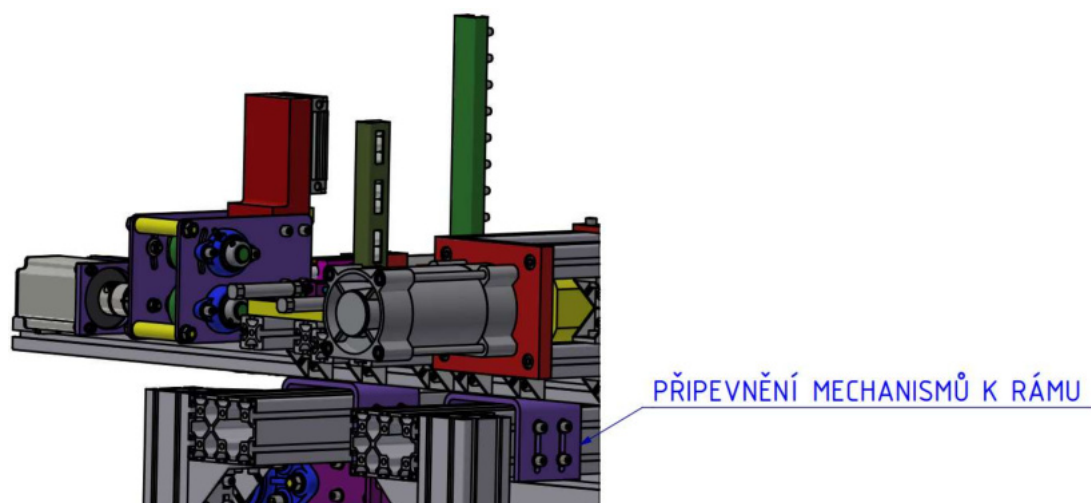
3.4. KOMPLETACE JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠŤ

Jednotlivé mechanismy byly navrženy tak, aby všechny měly stejnou pracovní výšku od podstav. To umožnilo všechny mechanismy uchytit k jednomu nosnému hliníkovému profilu 40x80 na každé straně. Nosné profily jsou téměř totožné, jen na výstupní straně je o jeden mechanismus méně.



Obrázek 94 - Ukotvení mechanismů k nosnému hliníkovému profilu

Hliníkový profil je následně uchycen pomocí ohnutého plechu k rámu dopravníku. Ohnutý plech je navrženy tak, aby bylo možné s výškou a vzdáleností nosného hliníkového profilu hýbat.



Obrázek 95 - Připevnění nosného profilu k rámu dopravníku

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout automatickou linku na lisování koncovek s možností změny délky lisované hadice.

V první části byla rozebrána problematika pneumatických mechanismů a dopravníků. Na základě teoretické části byl dále vytvořen vlastní návrh automatické linky. Ve druhé části byla rozebrána funkce a konstrukce vlastního návrhu automatické linky.

Jako první byl navržen řetězový dopravník s unašeči, u kterého byla podrobně rozebrána konstrukce. Poté byl vypočítán minimální rozběhový krouticí moment potřebný k rozběhu dopravníku, podle kterého byl zvolen pohon dopravníku pomocí motoru Siemens 1LF7 053-4AB s jmenovitými otáčkami $1\,405\text{ min}^{-1}$ a výkonem $0,33\text{ kW}$, který byl připojen na vysokostupňovou čelní převodovku Varvel RD s převodovým poměrem 31,5. Následně byla napěťovými a deformačními výpočty navržena hnací hřídel, jejíž průměr byl zvolen jako $d_H = 28\text{ mm}$.

Dalšími body druhé části bylo rozebrání konstrukce a funkce stanovišť na odmotání a ustřížení hadice, nasazení objímek a nasazení koncovek. Pro mechanismus nasazení objímky byl s ohledem na složitost mechanismu vytvořen model na 3D tiskárně, na kterém byla ověřena funkce podle návrhu.

Následně byla rozebrána konstrukce a funkce armovacího lisu a byly provedeny výpočty. Podle teorie tenkostěnných nádob byla vypočtena síla pístu potřebná k zalisování objímky, ta byla stanovena jako $F_p = 4\,110\text{ N}$ a byl zvolen pneumatický válec DSBG-Q-100-80-PPVA od firmy Festo s teoretickou silou při 6 bar $4\,418 - 4\,712\text{ N}$. Následně byl podle teorie tlustostěnných nádob zkontrolován protikus, který představoval úlohu otevřené nádoby s vnitřním přetlakem. Bezpečnost protikusu vyšla 2,4.

V závěru druhé části bylo vysvětleno připojení jednotlivých stanovišť k podstavě dopravníku.

Navržená konstrukce a návrhový výkres armovacího lisu byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor Professional 2022 (viz přílohy).

CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Crimping tools and dies. *Vevor* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://eur.vevor.com/crimping-tools-dies>
- [2] Lis SRP – ruční pákový [online]. *gms.cz*, ©2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.gms.cz/lis-srp?variant=2412788&gclid=CjwKCAjwrJ-hBhB7EiwAuyBVXbMikJb3F_UYRjcCMDiVyp1dP6wpe6xvD4SBIfNhZJLQJLAP3VqcmhoCC1gQAvD_BwE
- [3] Ruční šroubový krimpovací nástroj [online]. *vevor.com*, ©2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: https://eur.vevor.com/pipe-wrench-c_10818/71550-a-c-hose-crimper-kit-manual-crimper-protable-crimping-w-4-dies-p_010473421049?lang=cs¤cy=czk&utm_source=google&utm_campaign=14579388611&utm_term=127133867699&gclid=CjwKCAjwrJ-hBhB7EiwAuyBVXRyN7vkh6oacijdmPKYASwet3l1StXwqmpwsZjMUCWpxalzNwxFSIBoCH1gQAvD_BwE
- [4] Assembly machines: *katalog Techmaflex* [online]. *techmaflex.com*, 2022 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.techmaflex.com>
- [5] Pneumatický armovací lis. *Fittings and adapters* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://fittingsandadapters.com/pnairwahocr.html>
- [6] **KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK.** *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0442-5.
- [7] Bezpečná pneumatika. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/e/reseni/bezpecnost-stroju/bezpecna-pneumatika-id_4562
- [8] **KOLARČÍK, Kamil, Jaroslav KAMINSKÝ a Mojmír VRTEK.** *Kompresory* [online]. 2012 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/01_Stavba-a-provoz-stroju_1-3/1_IUT/002_Kompresory---Kolarcik-a-kol---P3.pdf. Skriptum. Technická univerzita Ostrava.
- [9] Jak vybrat kompresor. *Industrien* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.industrien.cz/poradna/jak-vybrat-kompresor>
- [10] Tlakové nádoby a vzdušníky pro kompresory. *Kompresory - vzduchotechnika* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/tlakove-nadoby-samostatne-i-vystrojen>
- [11] Tlaková nádoba s podstavcem VVP50-11: stojatá. *Kompresory - vzduchotechnika* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/tlakova-nadoba-s-podstavcem-vvp50-11/?utm_source=navstivene_produkty

- [12] Tlaková nádoba s podstavcem VHP5-11: ležatá. *Kompresory - vzduchotechnika* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/tlakova-nadoba-s-podstavcem-vhp5-11/>
- [13] Rozvody stlačeného vzduchu. *Kompresory PEMA* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://kompresorypema.cz/produkty/rozvody-stlaceneho-vzduchu>
- [14] Rozvody technologického vzduchu a plynu: lisované ocelové potrubí. *C.S. Energo* [online]. ©2019 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://www.csenergo.cz/rozvody-technologickeho-vzduchu-a-plynu.aspx>
- [15] AIRnet Compressed Air Pipework. *Complete compressed air system* [online]. ©2022 [cit. 0510-03-20]. Dostupné z: <https://ccassolutions.com.au/airnet-pipework>
- [16] Aluminium pipework: Teseo. *Team air power* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.teamairpower.co.uk/products/pipework>
- [17] Elektromagnetický ventil VOFC. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/elektromagneticky-ventil-id_VOFC/?page=0&q=~%3AfestoSortOrderScored
- [18] Ručně ovládané ventily, metrické VHEF. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/rucne-ovladane-ventily-metricke-id_VHEF/?page=0&q=RU%C4%8CN%C3%8D%20VENTIL~%3AfestoSortOrderScored
- [19] Škrticí ventily GRLO. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/skrlici-ventily-id_GRLO_QS/?page=0&q=%C5%A0KRTIC%C3%8D~%3AfestoSortOrderScored
- [20] Redukční ventily s filtrem MS4-LFR. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/redukzni-ventily-s-filtrem-id_MS4_LFR/?page=0&q=REDUK%C4%8CN%20VENTIL~%3AfestoSortOrderScored
- [21] Kombinace jednotek pro úpravu stlačeného vzduchu. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/a/542293/?q=KOMBIN~:sortByCoreRangeAndSp2020>
- [22] Náhradní filtrační vložky do filtrů. *Januška kompresory* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.kompresor.cz/nahradni-filtracni-vlozky/>
- [23] Kondenzační sušičky s kompresorovou technikou. *Trotec* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/stroje-homecomfort/vysousec-vzduchu/prakticke-vedomosti-o-vysousecich-vzduchu/proces-vysouseni-vzduchu-v-prehledu/kondenzacni-susicky-s-kompresorovou-technikou/>
- [24] **LINHARTOVÁ, Zuzana.** *Výroba a úprava stlačeného vzduchu*. 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Radek ŠULC.

- [25] Adsorpční sušičky. *Trotec* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z:
<https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/stroje-homecomfort/vysousec-vzduchu/prakticke-vedomosti-o-vysousecich-vzduchu/proces-vysouseni-vzduchu-v-prehledu/adsorpcni-susicky/>
- [26] Jak správně vybrat pneumatický válec. *Kompresory - vzduchotechnika* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/user/documents/upload/poradna/jak-vybrat-valec/jak-spravne-vybrat-pneumaticky-valec-clanek.pdf>
- [27] Bezpístnicové pneumatické válce. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cz/cs/c/vyrobky/prumyslova-automatizace/pohony/pneumaticke-pohony/bezpistnicove-valce-id_pim216
- [28] **DILLINGER, Josef.** *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [29] Přímočaré pohony DGC-K. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cz/cs/p/primocare-pohony-id_DGC_K/?page=0&q=~%3AfestoSortOrderScored
- [30] Přímočaré pohony SLG. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cz/cs/p/primocare-pohony-id_SLG/?page=0&q=~%3AfestoSortOrderScored
- [31] Pneumatické válce s pístnicí. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cz/cs/c/vyrobky/prumyslova-automatizace/pohony/pneumaticke-pohony/valce-s-pistnici-id_pim215
- [32] Kruhové válce, dvojčinné DSNU. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cz/cs/p/kruhove-valce-dvojcinne-id_DSNU_PUB/?page=0&q=~%3AfestoSortOrderScored
- [33] Válec dle norem: DSBC-32-30-PPVA-N3. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
<https://www.festo.com/cz/cs/a/2123070/?q=~:sortByCoreRangeAndSp2020>
- [34] Válec dle norem: DSBC-40-100-T-PPSA-N3. *Festo* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z:
<https://www.festo.com/cz/cs/a/1461995/?identCode1=DSBC-40-100-T-PPSA-N3>
- [35] **PECKA, Ondřej.** *Návrh nového vytlukačného roštu do slévárny*. 2021. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce František LOPOT.
- [36] **FORMÁNEK, Jan.** *Návrh a konstrukce řetězového dopravníku pro dopravu odlitků*. 2016. Bakalářská práce. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Martin PODAŘIL.
- [37] Nůžkový válečkový dopravník. *Topregal* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z:
https://www.topregal.cz/cs/provozni-technika/mobilni-nuzkovy-valecky-dopravnik-frb-pk7-abs-valecky-6-9-m-tecmaschin.html?gmc=1&glid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspOR-iiSx9WMdKkvphiOeir2CDA1dgT_p04C6CEABntm_tQ7zIVqC3xoCo4sQAvD_BwE

- [38] Válečkový dopravník na palety poháněný 110. *Strand* [online]. ©2022 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://strand.cz/produkty/valeckovy-dopravnik-na-palety-pohaneny/>
- [39] Šnekové dopravníky. *Navzas s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.navzas.cz/snekove-dopravniky>
- [40] Šnekové dopravníky. *JK Mont* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://jkmont.cz/snekove-dopravniky>
- [41] **KVITA, Josef.** *Pásový dopravník*. 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Martin JONÁK.
- [42] Dopravníkové pásy. *Gumex, spol. s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/produkty/dopravnikove-pasy-241>
- [43] Dopravník STANDARD: s hradítky. *JVM Metal s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: https://www.jvmmetalshop.cz/produkt/dopravnik-standard/?attribute_pa_pas=pas-pvc-s-hraditky&attribute_pa_sirka=200-mm-2&attribute_pa_delka=2m&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspDCr1FB6sw1Z1bSvtR-SJ1GN92MB5-NxNfAbnX-aX4wqX9skvLBrrBoCS2EQAvD_BwE
- [44] Dopravník STANDARD VAN. *JVM Metal s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.jvmmetalshop.cz/produkt/dopravnik-standard-van>
- [45] Článekové dopravníky. *TTR s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.ttr.cz/clankove-dopravniky.html>
- [46] Dopravník s článkovým řetězem. *Alvaris* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.alvaris.eu/cz/reference/dopravnik-s-clankovym-retezem>
- [47] Ocelová lana. *M. Hovorka lana - řetězy* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.lana-retezy.cz/ocelova-lana>
- [48] Horní stanice sedačkové lanovky U Slona. *Dolní Morava* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://eresort.dolnimorava.cz/bod/horni-stanice-sedackove-lanovky-u-slona-121>
- [49] Elektrický lanový naviják provedení STANDARD. *Pavlínek vázací prostředky* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.pavlinek.cz/elektricky-lanovy-navijak-provedeni-standard-haklift/>
- [50] Řetězové dopravníky. *Haberkorn s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/retezove-dopravniky>
- [51] Řetězové dopravníky s válečkovým řetězem. *Machine building s.r.o.* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://machineconveyor.cz/retezove_dopravniky

- [52] Válečkový řetěz 08 B1* s unašeči K8 na každém vnějším článku oboustranně ČZ. *Mateza* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.mateza.cz/e-shop/112666-valeckovy-retez-08-b1-s-unaseci-k8-na-kazdem-40-vnejsim-clanku-oboustranne-cz?gad=1&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspDyUUpXPurA-retm9T-ztzsYJKT9liPTY7GpKM1lITmNjMRRz7sBzBoCUTYQAvD_BwE
- [53] Vedení řetězu: Typ CT. *Murtfeldt Kunststoffe GmbH & Co. KG* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.murtfeldt.cz/produkty/vedeni-retezu-remenu-a-kluzne-profily/vedeni-pro-valeckove-retezy/typ-ct/>
- [54] Valivá ložiska: *katalog SKF* [online]. skf.com, 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968096351e/pdf_preview_medium/0901d1968096351e_pdf_preview_medium.pdf#cid-121486
- [55] **LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA**. Strojnické tabulky: 5. vyd. Úvaly: Albra, 2011, ISBN 978-80-7361-081-4.
- [56] RD Series. *Varvel* [online]. 2014 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://varvel.com/wp-content/uploads/2022/10/D00-RD-STD-ITENDE-ED02-REV01a-1.pdf>
- [57] Jednofázové asynchronní motory nakrátko, zavřené 1LF7: *katalog Siemens* [online]. siemens.cz, 2023 [cit. 2023-06-01]. Dostupné z: https://www.elektromotory.com/upload/file/katalog_1lf7.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Ruční pákový armovací lis [2]	- 4 -
Obrázek 2 - Ruční šroubový armovací lis [3]	- 4 -
Obrázek 3 - Hydraulický armovací lis [4]	- 5 -
Obrázek 4 - Ruční hydraulický armovací lis [4].....	- 5 -
Obrázek 5 - Pneumatický armovací lis [5]	- 5 -
Obrázek 6 - Ukázkový pneumatický obvod	- 6 -
Obrázek 7 - Schéma pístového kompresoru [8].....	- 9 -
Obrázek 8 - Schéma šroubového kompresoru [8]	- 9 -
Obrázek 9 - Schéma radiálního třístupňového turbokompresoru [8]	- 10 -
Obrázek 10 - Stojatý vzdušník [11].....	- 10 -
Obrázek 11 - Ležatý vzdušník [12].....	- 10 -
Obrázek 12 - Svařované plastové potrubí [13].....	- 11 -
Obrázek 13 - Lisované ocelové potrubí [14]	- 11 -
Obrázek 14 - Systém Airnet [15]	- 12 -
Obrázek 15 - Systém Teseo [16].....	- 12 -
Obrázek 16 - Elektromagnetický ventil [17]	- 12 -
Obrázek 17 - Ručně ovládaný ventil [18]	- 12 -
Obrázek 18 - Škrticí ventil [19]	- 13 -
Obrázek 19 - Redukční ventil [20]	- 13 -
Obrázek 20 - Kombinace jednotek pro úpravu stlačeného vzduchu [21]	- 13 -
Obrázek 21 - Kondenzační sušička vzduchu [23]	- 15 -
Obrázek 22 - Adsorpční sušička vzduchu [25]	- 15 -
Obrázek 23 - Shéma pneumatického válce bez pístnice [28]	- 17 -
Obrázek 24 - Pneumatický válec DGC-K [29].....	- 17 -
Obrázek 25 - Pneumatický válec SLG [30]	- 17 -
Obrázek 26 - Kruhový válec DSNU [32]	- 17 -
Obrázek 27 - Válec DSBC [33].....	- 17 -
Obrázek 28 - Pneumatický válec s průchozí pístnicí [34]	- 18 -
Obrázek 29 - Kladičková trať [37]	- 19 -
Obrázek 30 - Poháněný válečkový dopravník [38]	- 19 -

Obrázek 31 - Schéma šnekového dopravníku [39].....	- 20 -
Obrázek 32 - Pásový dopravník s hradítky [43].....	- 20 -
Obrázek 33 - Pásový dopravník [44].....	- 20 -
Obrázek 34 - Dopravník s článkovým řetězem [46]	- 21 -
Obrázek 35 - Sedačková lanovka [48]	- 21 -
Obrázek 36 - Elektrický lanový naviják [49]	- 21 -
Obrázek 37 - Řetězový dopravník [50]	- 22 -
Obrázek 38 - Řetězový dopravník s unašeči [50]	- 23 -
Obrázek 39 - Řetěz s unašeči [52]	- 23 -
Obrázek 40 - Polyamidové vedení řetězu [53]	- 23 -
Obrázek 41 - Rozpad kompletní pračkové hadice.....	- 24 -
Obrázek 42 - Rovná a zahnutá koncovka	- 24 -
Obrázek 43 - Řez hliníkové objímky	- 25 -
Obrázek 44 - Schéma koncepčního návrhu.....	- 25 -
Obrázek 45 - Kompletní model automatické linky.....	- 26 -
Obrázek 46 - Model kompletní sestavy jednotlivých stanovišť	- 26 -
Obrázek 47 - Segmenty dopravníku	- 27 -
Obrázek 48 - Detail řetězových kol segmentu 1	- 28 -
Obrázek 49 - Napínací mechanismus řetězového dopravníku.....	- 28 -
Obrázek 50 - Schéma pohonu dopravníku	- 29 -
Obrázek 51 - Připevnění motoru a převodovky k podpěře.....	- 29 -
Obrázek 52 - Převod z převodovky na hnací hřídel dopravníku	- 30 -
Obrázek 53 - Unašeče s deskou.....	- 30 -
Obrázek 54 - Přípravek dopravníku.....	- 31 -
Obrázek 55 - Teleskopicky roztažitelná trubka	- 31 -
Obrázek 56 - Svěrný mechanismus	- 32 -
Obrázek 57 - Detail svěrného mechanismu	- 32 -
Obrázek 58 - Rozevření přípravku na konci dopravníku	- 33 -
Obrázek 59 - Schéma přípravku dopravníku	- 33 -
Obrázek 60 - Síly na přípravku.....	- 34 -
Obrázek 61 - Průběh rychlostí pohonu dopravníku	- 35 -

Obrázek 62 - Síla R.....	- 37 -
Obrázek 63 - Nosný průřezhřídele s drážkou na pero.....	- 40 -
Obrázek 64 - Sestava odmotání a ustřížení hadice zepředu	- 41 -
Obrázek 65 - Sestava odmotání a ustřížení hadice zezadu	- 41 -
Obrázek 66 - Nastavení výšky mezery pro hadici.....	- 42 -
Obrázek 67 - Pohyby pro odmotání a ustřížení hadice	- 42 -
Obrázek 68 - Sestava nasazení objímky	- 43 -
Obrázek 69 - Schéma nasazení objímky – pohled seshora 1	- 43 -
Obrázek 70 - Sestava nasazení objímky – pohled seshora v řezu	- 44 -
Obrázek 71 - Schéma nasazení objímky – pohled seshora 2	- 44 -
Obrázek 72 - Sestava nasazení objímky – pohyb při rozvření.....	- 44 -
Obrázek 73 - Sestava nasazení objímky – vratný pohyb	- 44 -
Obrázek 74 - Schéma nasazení objímky – reset mechanismu	- 45 -
Obrázek 75 - Sestava nasazení objímky – reset mechanismu.....	- 45 -
Obrázek 76 - Sestava nasazení rovné koncovky.....	- 46 -
Obrázek 77 - Schéma nasazení rovné koncovky	- 46 -
Obrázek 78 - Schéma nasazení rovné koncovky pohled z boku v řezu.....	- 47 -
Obrázek 79 – Nasazení zahnuté koncovky	- 47 -
Obrázek 80 - Schéma nasazení zahnuté koncovky.....	- 48 -
Obrázek 81 - Sestava nasazení zahnuté koncovky pohled z boku v řezu	- 48 -
Obrázek 82 - Sestava armovacího lisu.....	- 49 -
Obrázek 83 - Zalisování objímky – přísun.....	- 49 -
Obrázek 84 - Zalisování objímky – pohyb čelistí	- 50 -
Obrázek 85 - Schéma zalisování objímky	- 51 -
Obrázek 86 - Konečná pozice lisování a čepy zachycující zuby v čelistech	- 51 -
Obrázek 87 - Hliníková objímka v řezu	- 52 -
Obrázek 88 - Lisovací plocha zubu S_1	- 53 -
Obrázek 89 - Schéma lisovací síly	- 54 -
Obrázek 90 - Protikus	- 55 -
Obrázek 91 - Lisovací plocha zub/protikus S_p	- 55 -
Obrázek 92 - Výpočtové průměry kontroly protikusu.....	- 57 -

Obrázek 93 - Průběh napětí tlustostěnné nádoby s vnitřním přetlakem - 57 -
Obrázek 94 - Ukotvení mechanismů k nosnému hliníkovému profilu - 58 -
Obrázek 95 - Připevnění nosného profilu k rámu dopravníku - 58 -

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Porovnání pneumatiky, hydrauliky a elektrotechniky [6] - 7 -
Tabulka 2 - Systémy rozvodů vzduchu [13] - 11 -
Tabulka 3 - Požadavky na filtraci [6] - 14 -
Tabulka 4 - Maximální množství oleje [6] - 16 -
Tabulka 5 - Nosný průměr hřídele s drážkou na pero [55] - 40 -

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Návrhový výkres armovacího lisu
Příloha 2 - 3D model automatické linky (CD)