

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Automatizace procesu montáže

Assembly process automation

Diplomová práce



Autor: Bc. Lukáš Minka
Studijní program: Výrobní inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Minka** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **476043**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Automatizace procesu montáže

Název diplomové práce anglicky:

Assembly Process Automation

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše problematiky automatizace procesů
2. Rešerše automatizačních prvků
3. Analýza vybraného procesu a stanovení okrajových podmínek
4. Návrh variant řešení
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navržených variant

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D. ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

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

Datum zadání diplomové práce: **15.03.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **29.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis díkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Jiřího Kyncla, 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

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Kynclovi Ph.D. za jeho cenné rady, připomínky a všeobecně příjemný přístup při tvorbě této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Tremis s.r.o., hlavně tedy panu Ing. Milanu Minkovi za poskytnutí příležitosti se podílet na tomto vývoji a za mnoho cenných informací a rad.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i panu Bedřichu Frieserovi z firmy FPA MACHINERY s.r.o. za možnost spolupracovat s ním.

Anotace

Název diplomové práce:	Automatizace procesu montáže
Autor práce:	Lukáš Minka
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
Akademický rok:	2021/2022
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
Vedoucí ústavu:	Ing. Libor Beránek, Ph.D.
Rozsah práce:	129 stránek, 1 tabulka, 138 obrázků
Klíčová slova:	Montáž, automatizace montáže, vibrační zásobníky, šroubovací jednotky, lineární pohony, lineární vedení, poloautomatická montážní linka

Tato diplomová práce se zabývá automatizací montážních procesů a také návrhem poloautomatické montážní linky pro firmu Tremis s.r.o., což je zadavatel této práce. Teoretická část popisuje montáž, její dělení a možnosti automatizace montáže, kde je pozornost věnována především montážním linkám. Dále se práce zabývá automatizačními prvky, jako jsou vibrační zásobníky, šroubovací jednotky, lineární pohony nebo lineární vedení, které jsou v montážních linkách velmi často využívány. Praktická část se věnuje analýze současného stavu ve firmě Tremis s.r.o. z hlediska montáže a dále návrhu poloautomatické montážní linky sloužící k montáži tří typů svorek, jejichž polotovary jsou ve firmě Tremis s.r.o. vyráběny a poté ručně smontovány. Cílem a zároveň výsledkem této práce je návrh poloautomatické montážní linky, skládající se z více stanišť. Některá stanoviště byla navržena ve více variantách, z nichž byla pro finální návrh poloautomatické montážní linky vybrána vždy ta nejlepší varianta.

Annotation

Title of the final thesis:	Assembly process automation
Author:	Lukáš Minka
Supervisor:	Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
Academic year:	2021/2022
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	Department of Manufacturing Technology
Head of department:	Ing. Libor Beránek, Ph.D.
Extent:	129 pages, 1 table, 138 pictures
Keywords:	Assembly, assembly automation, vibratory bowl feeders, screwing units, linear actuators, linear guides, semi-automatic assembly lines

This thesis deals with the automation of assembly processes as well as the design of a semi-automatic assembly line for the company Tremis s.r.o., which is the client of this work. The theoretical part describes assembly, its division and the possibilities of assembly automation, where attention is mainly paid to assembly lines. Furthermore, the work deals with automation elements such as vibratory bowl feeders, screwing units, linear actuators or linear guides, which are very often used in assembly lines. The practical part is devoted to the analysis of the current situation in Tremis s.r.o. from the point of view of assembly and also the design of a semi-automatic assembly line used for the assembly of three types of clamps, which are manufactured in Tremis s.r.o. The goal and at the same time the result of this work is the design of a semi-automatic assembly line consisting of several stations. Some stations were designed in several variants, from which the best variant was always selected for the final design of the semi-automatic assembly line.

Obsah

Seznam zkratk a symbolů	9
1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	10
2. Montáž.....	11
2.1 Technologičnost konstrukce.....	14
2.2 Organizační členění montáže	16
2.2.1 Externí montáž.....	17
2.2.2 Interní montáž	17
2.3 Metody montáže.....	19
2.3.1 Metoda úplné vyměnitelnosti součástí.....	20
2.3.2 Metoda částečné vyměnitelnosti součástí.....	20
2.3.3 Metoda lícování (úprava na místě)	22
2.3.4 Metoda výběrová (selektivní)	22
2.3.5 Metoda kompenzační (seřizovací - pevný člen)	23
2.3.6 Metoda regulační (seřizovací - pohyblivý člen)	23
2.4 Automatizace montáže	24
2.4.1 Montážní linky	24
2.4.2 Využití průmyslových robotů v automatizaci montáže	26
2.4.3 Typy montážních linek	28
3. Automatizační prvky	33
3.1 Vibrační zásobníky.....	33
3.1.1 Lineární vibrační dopravníky a jejich pohony	37
3.2 Pohony.....	39
3.2.1 Mechanické lineární pohony a elektromechanické lineární pohony	40
3.2.2 Hydraulické lineární pohony	44
3.2.3 Piezoelektrické pohony	45

3.2.4	Pneumatické pohony	46
3.3	Automatické šroubováky	52
3.3.1	Metody utahování	56
3.4	Lineární vedení.....	59
3.4.1	Kluzné vedení	60
3.4.2	Valivé vedení	63
3.4.3	Porovnání kluzného a valivého vedení	66
4.	Automatizace montáže ve firmě Tremis s.r.o.....	69
4.1	Zadání.....	69
4.1.1	Typy svorek	70
4.2	Analýza současného stavu.....	74
4.2.1	Ekonomické hledisko.....	74
4.3	Potřebný takt montáže.....	75
4.4	Návrh poloautomatické montážní linky	75
4.4.1	Zakládání matic – stanoviště 1.....	79
4.4.2	Zakládání spodního polotovaru – stanoviště 2	88
4.4.3	Stanoviště 3 a 4	93
4.4.4	Zakládání a utahování šroubů – stanoviště 5	96
4.4.5	Stanoviště 6 a 7	103
4.4.6	Vyjmutí svorky – stanoviště 8	104
4.4.7	Rámová konstrukce.....	107
4.5	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	113
5.	Závěr.....	115
6.	Bibliografie.....	117
7.	Seznam tabulek.....	124
8.	Seznam obrázků.....	125

Seznam zkratek a symbolů

Zkratka (symboly)	Vysvětlení
DP	Diplomové práce
T_m	Takt montáže [min, s]
T	Fond pracovní doby [v minutách za směnu za měsíc]
x	Počet výrobků, které mají být v daném fondu pracovní doby smontovány
R	Rytmus montáže
T_c	Čas celkové přestávky [v minutách za směnu za měsíc]

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Tématem této diplomové práce je automatizace procesu montáže. Práce má za cíl navrhnout poloautomatickou montážní linku pro zadané výrobky a bude vytvořena ve spolupráci se svým zadavatelem, firmou Tremis s.r.o., která vyrábí součásti pro hromosvody a uzemnění. Montážní linka by měla zajišťovat montáž různých typů svorek, které se využívají ke spojování vodičů hromosvodu s kruhovým průřezem a zemnicích pásek. Náhrada ruční lidské práce poloautomatickou montážní linkou povede ke zvýšení produktivity.

Součástí této diplomové práce je teoretická část, která se zabývá montáží, jejím úkolem, druhy jejího rozdělení a v neposlední řadě také různými metodami jejího provedení. Dále popisuje automatizaci montáže, zaměřuje se zejména na montážní linky. Automatické nebo poloautomatické montážní linky tohoto typu často obsahují jisté automatizační prvky, jako jsou vibrační zásobníky, šroubovací jednotky, lineární pohony nebo lineární vedení, a proto budou tyto automatizační prvky podrobněji popsány v jedné kapitole teoretické části.

Cílem praktické části je navrhnout poloautomatickou montážní linku pro tři typy výrobků (svorek), které jsou si podobné a každá z nich se skládá ze dvou polotovarů (desek), čtyř šroubů a čtyř matic. Před samotným návrhem linky bude provedena analýza současné situace ve firmě, a to nejen z hlediska technického provedení montáže, ale i z finančního hlediska.

2. Montáž

Většina strojírenských výrobků se skládá z více částí, a proto je potřeba jednotlivé díly smontovat. Montáží lze tedy rozumět spojování dvou a více součástí do montážních podskupin, skupin, nebo větších montážních celků. Jedná se ve většině případů o poslední fázi výroby, kdy finální výstup z montáže je připraven k expedici. Do montážních procesů mohou být zařazeny i další činnosti, jako např. mytí, kontrola, zaběhávání, přeprava součástí na pracovišti montáže apod., takže montáž je možno obecně definovat jako soubor činností lidí, zařízení, nástrojů a strojů, které mají za úkol ve stanoveném čase a pořadí smontovat dílčí součásti ve výsledný finální výrobek.

[1; 2; 3; 4]

Je nutné podotknout, že kvalitu výsledného výrobku ovlivňuje nejen míra kvality montáže, ale i celá řada dalších aspektů – dodržení přesnosti dílčích součástek dané výrobou, dodatečná povrchová úprava a další. I špatně, nebo nepřesně vyrobené díly lze smontovat tak, aby finální výrobek vyhovoval požadovaným rozměrům, ale na druhou stranu i přesně vyrobené díly lze nesprávně provedenou montáží znehodnotit a vyrobít z nich zmetky. Každopádně se při montáži ukazují nedostatky vzniklé při předchozí výrobě jednotlivých částí.

[1; 2]

Montáž je velmi významné odvětví ve strojírenství, jelikož značně ovlivňuje rychlost výroby daného výrobku a cenové náklady s ním spojené. Je to dáno tím, že pracnost montáže činí obecně zhruba kolem 30 – 40 % z celkové pracnosti připadající na daný výrobek, což je poměrně hodně. Pracnost výroby jednotlivých součástek (dílů) nemusí být tak velká, jako pracnost jejich montáže. Z tohoto důvodu je vhodné snažit se o maximální zjednodušení montáže a o snížení nákladů na ni vynaložených např. vhodným konstrukčním návrhem součástek a výrobku, členěním podobných výrobků do skupin a podskupin, volbou jednodušších spojení součástí, volbou vhodných uložení, používáním typizovaných a unifikovaných součástí atd. Na typizaci má zásadní negativní vliv mnohotvárnost montovaných součástí a výrobků. Montáž je také nutno synchronizovat s výrobou daných součástí, které jsou vyráběny na různých místech a musí být poté přemístěny na montážní pracoviště. Důležitý je tedy i materiálový tok, tedy na jak dalekou vzdálenost jsou součásti přemísťovány v závislosti na jejich

hmotnosti. Samozřejmě je nejméně výhodné dopravovat těžké (hmotné) součásti na velkou vzdálenost. Pokud je nutné přemísťovat nějaké součásti na delší vzdálenosti, měly by to být spíše lehčí součásti. Dalším faktorem, který dělá z montáže velmi významné odvětví, je množství zaměstnanců pracujících na montáži. Obecně se udává, že v montáži pracuje cca 30 – 50 % pracovníků z pracovníků pracujících v celé výrobě.

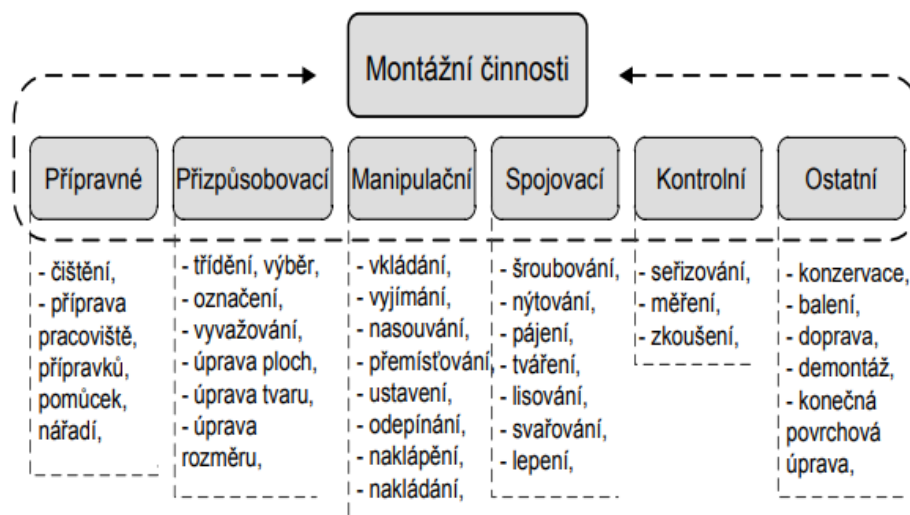
[1; 3; 5]

Z výše uvedeného vyplývá, že je snahou činnosti montáže co nejvíce mechanizovat a automatizovat, což je poměrně nákladné, a proto k tomu dochází převážně u velkosériové výroby, kde si lze dovolit vyšší stupeň automatizace a lepší propracovanost konstrukce. S vyšším stupněm automatizace a mechanizace samozřejmě klesá pracnost, což je hlavním cílem automatizace montáže. Další výhodou mechanizace a automatizace je vyloučení nedefinovaných vlivů, které s sebou ruční montáž přináší.

[1; 3; 5]

Montáž se neskládá z pouhého montování jednotlivých součástí dohromady, ale také z dalších montážních činností. Hlavní montážní činnosti se rozdělují do 6 skupin: přípravné, přizpůsobovací, manipulační, spojovací, kontrolní a ostatní viz obr. č 1, kde jsou uvedeny i konkrétní činnosti spadající do dané skupiny. Všechny tyto činnosti se podílí na kvalitě finálního výrobku a musí tedy splňovat určité požadavky.

[1]



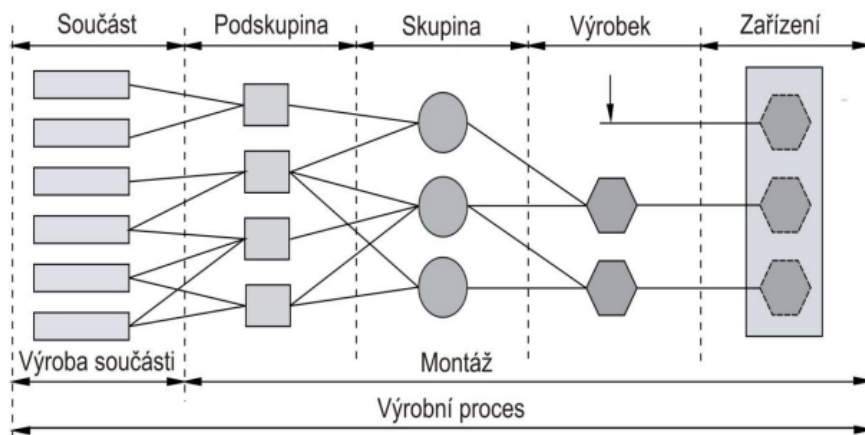
Obrázek 1 - Rozdělení montážních činností [1]

Jakým podílem se uplatní jednotlivé skupiny činností velmi závisí na druhu montáže, na její sériovosti, složitosti montovaných částí, technologičnosti konstrukce,

a hlavně na míře mechanizace a automatizace montáže. Při kusové a malosériové výrobě se uplatňují především skupiny přípravné a kontrolní, které spolu představují cca 80 % pracnosti z celé montáže.

Montáž finálního zařízení lze rozčlenit na několik dílčích fází podle postupného stavu montování od základní součásti až po celé zařízení. Zmíněné dílčí fáze jsou zobrazeny na obr. č. 2.

[1; 3]



Obrázek 2 - Schéma montážních prvků zařízení [1]

K základním prvkům montážního procesu patří:

- Součást – Je základním prvkem montáže, jedná se o nerozebíratelný díl vyrobený z jednoho kusu materiálu.
- Podskupina (podsestava) – Vznikne spojením alespoň dvou nebo více součástí, kdy na druhu spojení nezáleží. Dále je lze rozdělovat do jednotlivých řádů.
- Podskupina prvního řádu – Jedná se o podskupiny, které jsou přímo montované do skupin.
- Podskupina druhého řádu – Jedná se o podskupiny, které jsou montované do podskupin prvního řádu.
- Skupina (sestava) – Je nejvyšší prvek montáže a vzniká spojením jedné nebo více podskupin (případně dalších součástí).

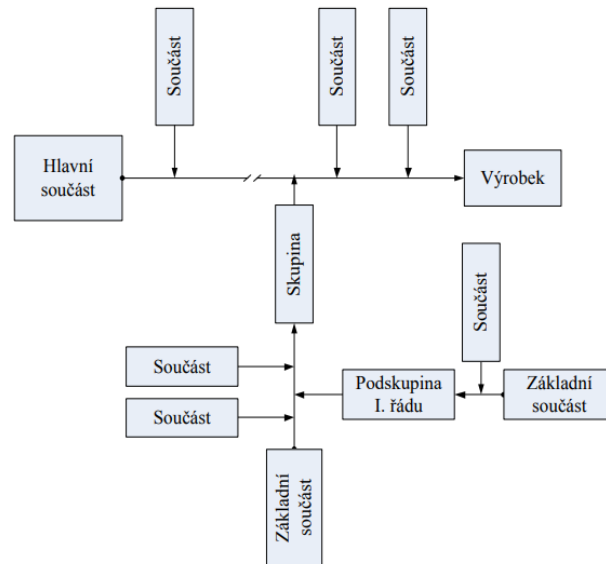
- Výrobek – Je finální produkt montáže připravený k expedici. Vznikne spojením součástí, podskupin a skupin rozebíratelným nebo nerozebíratelným spojem a je konstrukčně uzavřený.
- Zařízení – Je tvořeno souborem strojírenských výrobků, které mají plnit dané provozní a technologické úkoly.

[1; 3; 6]

Při montáži složitějších zařízení se často vytváří montážní schémata viz obr. č. 3. Tato schémata znázorňují posloupnost montáže od základní hlavní součásti až po finální výrobek. Na hlavní podélnou osu se v určitých místech připojují další součásti, skupiny apod., a tím je dáno jejich montážní pořadí.

Montážní schéma se řídí určitými pravidly. Většinou se začíná hlavní součástí, nad osu se umísťují postupně samotné součásti, které se připojují k výrobku přímo. Pod osu se umísťují již smontované podskupiny, skupiny apod. Montážní schéma je výchozím podkladem pro zpracování technologického postupu montáže.

[1; 3; 6]



Obrázek 3 - Schéma montáže [1]

2.1 Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce výrobku by měla brát v potaz i hledisko montáže, protože ta je v mnohých případech velmi důležitou částí výrobního procesu. Konstrukce výrobku by tedy měla zaručit splnění všech požadavků na výrobek – funkčnost, rozměry,

tvár, smontovatelnost, životnost atd., zároveň by měla usnadňovat všechny procesy spojené s výrobou a zlepšovat vlastnosti výrobku. Tím je myšleno zajištění např. nízké hmotnosti výrobku, nízkých nákladů na výrobu, výběr vhodného materiálu, snadné údržby výrobku/zařízení atd. a z hlediska montáže by měla konstrukce výrobku zajistit co nejnižší pracnost při montáži např. úpravou rozměrů jednotlivých součástí nebo co nejmenším počtem montovaných součástí tvořící výrobek. Cílem je tedy zjednodušit montážní proces a eliminovat co nejvíce ruční práci. Zjednodušení procesu montáže umožní mechanizaci a automatizaci, s kterou jsou ale spojeny vyšší požadavky na přesnost montovaných součástí. Při nevhodně zkonstruovaném výrobku se mohou náklady na jeho výrobu výrazně zvýšit, a to kvůli zbytečně složité montáži. Technologičnost konstrukce má tedy mnoho úloh, z nichž za ty základní lze považovat tyto:

- Zabezpečit správné funkce výrobků.
- Hledat nejvhodnější tvary výrobků.
- Vybírat vhodné materiály tvarů a polotovarů.
- Určit ekonomicky výhodný způsob výroby a montáže součástí, skupin a celků.

[1]

Z výše uvedeného lze vyvodit nutnost spolupráce mezi konstruktérem a technologem jejichž hlavní cíle již byly zmíněny. Další zásady, které mohou usnadnit montáž jsou např.:

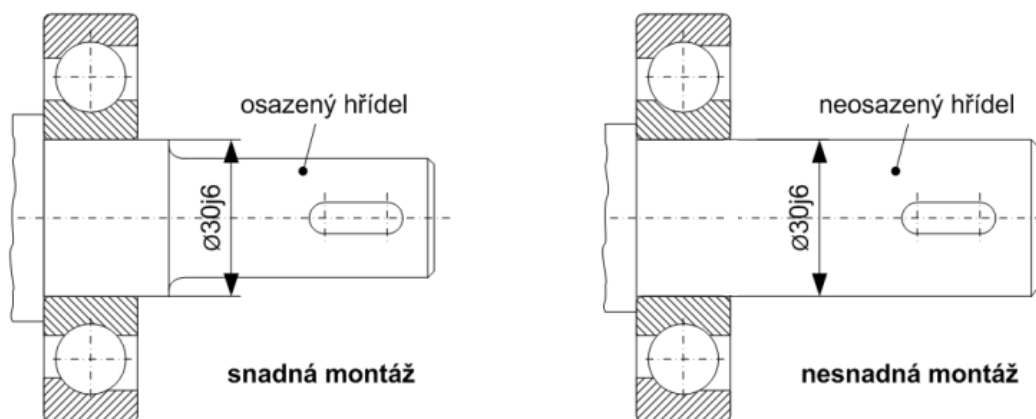
- Unifikace a typizace součástí a výrobků tak, aby jejich různorodost byla minimální a bylo co nejjednodušší automatizovat jejich montáž.
- Umožnění nezávislé montáže skupin a podskupin pomocí stavebnicového charakteru výrobku.
- Montáž je výhodné provádět v 1 – 3 na sebe kolmých směrech.
- Těžiště součásti by mělo zajišťovat stabilní polohu.
- Pro montáž je samozřejmě důležitá rozměrová a tvarová přesnost, takže je nutno dbát na správnou volbu základen, tolerancí rozměrů, geometrických tolerancí, drsnosti povrchu apod.

- Zabývat se otázkou rozměrových řetězců, aby se potřeba přizpůsobovacích prací (tj. dodatečného lícování na místě) snížila na minimum.
- Umožnit snadnou orientaci dílu při montáži. Obsluha by měla jednoduše rozpoznat orientaci dílu buď na první pohled, nebo hmatem. Lze tedy konstruovat viditelně nesymetrický díl, kde bude na jedné straně např. plocha pro ustavení, uchopení nebo upnutí. Další variantou je symetrický díl, u kterého nezáleží na orientaci (myšleno v ose symetrie). V každém případě by konstrukce dílu měla zamezit nutnosti detailního zkoumání dílu obsluhou pro zjištění jeho orientace.

[1]

Na obr. č. 4 je vidět konstrukční změna tvaru součásti, která vede k jednodušší montáži, jelikož součást nasouvaná na hřídel (ložisko) se nebude lisovat po celé délce osazení hřídele.

[1]



Obrázek 4 - Usnadnění montáže (upraveno pro účely DP) [1]

2.2 Organizační členění montáže

Už při samotné konstrukci výrobku musí být brát zřetel na to, jakým způsobem bude výrobek montován, jak je již popsáno v předcházejících kapitolách. Montáž může být prováděna v různých typech organizačních členěních, která závisí hlavně na typu výroby, typu výrobku a na umístění pracovišť. Jedno z možných členění montáže je na interní a externí.

[2; 3; 7]

2.2.1 Externí montáž

Externí montáž probíhá vždy mimo výrobní firmu, která vyrábí součásti pro daný výrobek. Jednotlivé dílčí podskupiny a skupiny bývají většinou smontované přímo ve výrobní firmě a poté jsou přemístěny mimo firmu a tam dochází ke konečné montáži jednotlivých skupin ve finální výrobek. Externí montáž se provádí především při montování značně rozměrných a objemných zařízeních a strojů, nebo když je nutná montáž na konkrétním místě. Dále se externí montáž uplatňuje např. u vzduchotechnických zařízení, stavbě potrubí atd.

[2; 3; 7; 8]

2.2.2 Interní montáž

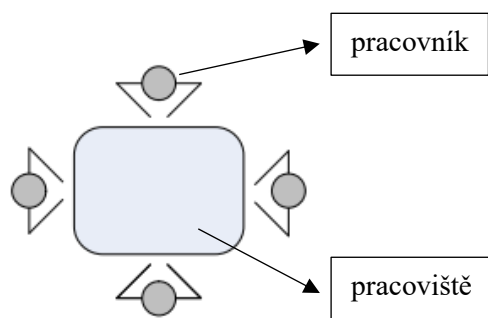
Montáž je prováděna v samotném podniku vyrábějící dílčí součásti a výrobek je na konci montáže připraven k expedici. Lze je dále dělit do určitých kategorií.

[2; 3; 7; 9]

Nepohyblivá soustředěná

Všechna montáž probíhá na jediném stacionárním místě jednou skupinou pracovníků viz obr. č. 5. Využívaná je hlavně pro rozměrné a těžké díly. Není dán podrobný časový rozbor. Nevýhodou jsou vysoké požadavky na kvalifikaci pracovníků, nutnost velké montážní plochy, dlouhá průběžná doba montáže, nepravidelný průběh montáže.

[2; 3; 7; 9]



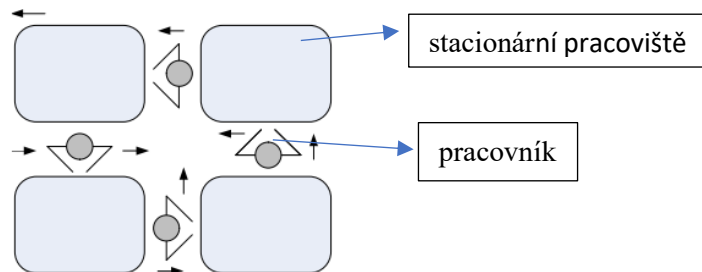
Obrázek 5 - Nepohyblivá soustředěná montáž (upraveno pro účely DP) [7]

Nepohyblivá (stacionární) rozčleněná

Montáž se dělí na montáž dílčích celků a na konečnou montáž, takže existuje více montážních pracovišť, kde dochází k montování podskupin, skupin atd., což znázorňuje obr. č. 6. Nakonec se dané skupiny smontují v konečný výrobek na konečném montážním

pracovišti. Všechny pracoviště jsou stacionární (pevné) a každé pracoviště má svoje specializované pracovníky. Výhodou je možnost současné montáže skupin a podskupin. Toto schéma se používá často u malosériové výroby.

[2; 3; 7; 9]



Obrázek 6 - Nepohyblivá rozčleněná montáž (upraveno pro účely DP) [7]

Nepohyblivá proudová

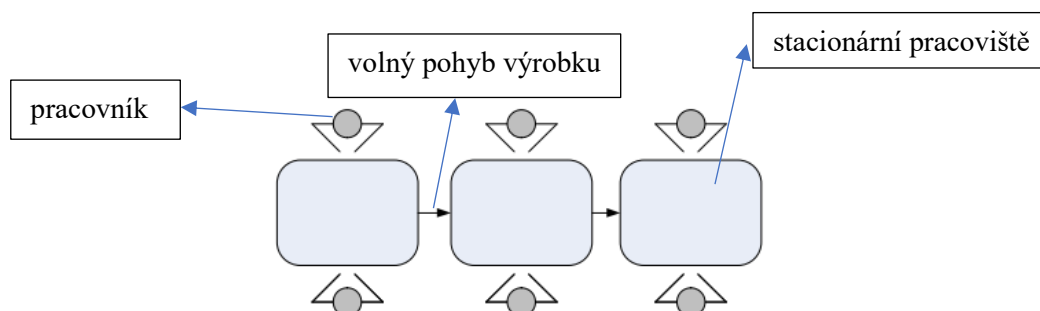
Pracovníci jsou specializováni vždy jen k určitému rozsahu prací, a tak obchází všechny stacionární pracoviště a vždy provedou pouze jim určenou práci. Vhodné pro kusovou, nebo malosériovou výrobu.

[2; 3; 7; 9]

Pohyblivá montáž s volným pohybem montovaných předmětů

Předměty prochází postupně všemi pracovišti, která jsou specializovaná a na nichž pracovníci vykonávají opět jen určitý druh práce viz obr. č. 7. Specializovaní pracovníci jsou tedy stále na jednom místě a předměty (výrobky) se pohybují mezi jednotlivými pracovišti. Dochází k volnému časově neomezenému pohybu předmětů. Typ montáže je určen pro malosériovou až velkosériovou výrobu.

[2; 3; 7; 9]

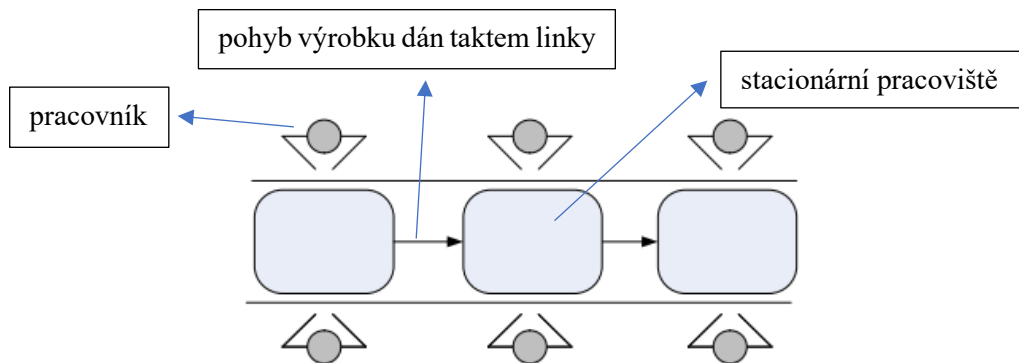


Obrázek 7- Montáž s volným pohybem předmětů (upraveno pro účely DP) [7]

Pohyblivá montáž s nuceným pohybem montovaného předmětu

Jedná se vlastně o montážní linku, kde pohyb předmětu je dán taktem linky a je dodržován stejný sled operací, což je znázorněno na obr. č. 8. Jinak princip je stejný jako u předchozí varianty.

[2; 3; 7; 9]



Obrázek 8 - Montáž s nuceným pohybem předmětů
(upraveno pro účely DP) [7]

U kusové výroby je nejčastějším typem montáže nepohyblivá soustředěná nebo rozčleněná montáž, zatímco v sériové výrobě se nejčastěji uplatňuje nepohyblivá proudová montáž nebo montáž pohyblivá. Výhodou stacionárních montáží jsou nízké nároky na manipulaci s těžkými díly.

U větších montážních celků je vytvářen plán montáže, který by měl obsahovat výkresové dokumentace výrobku, montážní a technologické postupy, výkresovou dokumentaci montážních přípravků a dále také pořadí montážních operací, seznam přípravků, náradí a pomůcek, seznam měřících a zkušebních přístrojů a časy montážních operací.

[2; 3; 7; 9]

2.3 Metody montáže

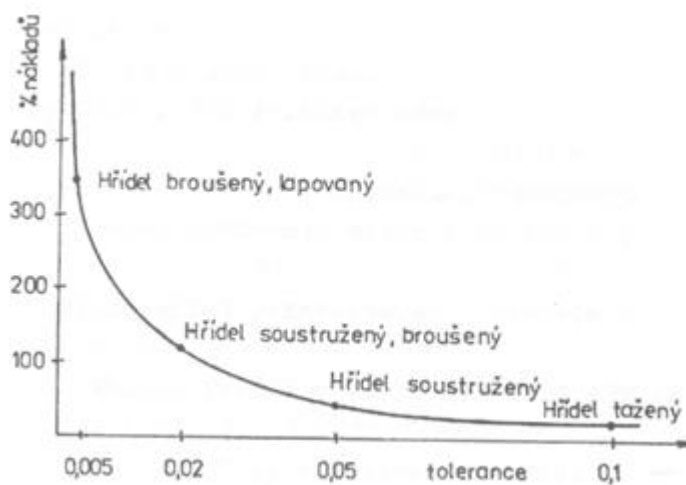
Montáž lze rozdělit podle způsobu montáže jednotlivých součástí. Pro toto rozdělení je důležitá především velikost tolerančního pole vyráběných součástí a také způsob zaručení jejich smontovatelnosti.

[1; 3]

2.3.1 Metoda úplné vyměnitelnosti součástí

Tato metoda dovoluje při montáži libovolný výběr konkrétních dílů nebo je různě zaměňovat (za díly stejného druhu). Tolerance musí být zadány tak, aby v každém případě bylo smontování dílů možné a výrobek splňoval všechny toleranční požadavky. Toleranční pole součástí je tedy velmi úzké a výroba součástí je velmi drahá, jelikož je potřeba nákladného vybavení, např. přesnými stroji, speciálními nástroji, přípravky a měřidly. Závislost nákladů na požadované toleranci výrobku znázorňuje obr. č. 9. Tento typ výroby je tedy vhodný spíše pro hromadnou a velkosériovou výrobu.

[1; 3]



Obrázek 9 - Závislost nákladů na toleranci výrobku [3]

Za výhody této metody lze považovat jednoduchost technologické přípravy montáže (členění, mechanizace montáže), jednoduchost a hospodárnost montáže, kde odpadá výběr součástí a obsluha tedy může být méně kvalifikovaná. Dále se také sníží čas průběžné montáže, který je jinak stabilní. Montáž lze snadněji mechanizovat a automatizovat.

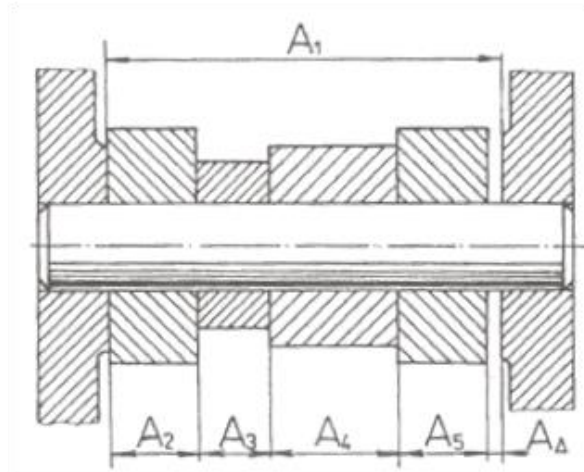
[1; 3; 7]

2.3.2 Metoda částečné vyměnitelnosti součástí

Při montáži s částečnou vyměnitelností součástí jsou součásti vyráběny s většími tolerancemi, a tím dochází ke zjednodušení a zlevnění výroby. Jednotlivé součásti s určitými tolerancemi jsou spojovány, a tak se vytváří tzv. rozměrové řetězce, které mají výslednou vůli, nebo přesah.

Na obr. č. 10 je zobrazen rozměrový řetězec, kde členy $A_2 - A_5$ jsou rozměry jednotlivých spojovaných součástí, rozměr A_1 je určující rozměr mezi stěnami a A_Δ je výsledná vůle.

[1; 3]



Obrázek 10 - Příklad rozměrového řetězce [3]

Jak již bylo zmíněno, toleranční pole součástí jsou větší, než u předchozí metody a skutečný rozměr může být více odchýlen od jmenovitého rozměru. Skutečný rozměr je tedy rozložen v tolerančním poli vlivem systematických i náhodných chyb podle zákona normálního rozdělení, přičemž pravděpodobnost výskytu skutečného rozměru není všude stejná. Častěji by se skutečný rozměr měl vyskytovat v blízkosti jmenovité hodnoty a méně často u limitů tolerančního pole. Toleranční pole všech součástí lze rozšiřovat, aniž by docházelo ke změně tolerančního pole uzavíracího členu. Díky zvětšeným tolerančním polím jsou dané součásti smontovatelné jen s určitou pravděpodobností. Pravděpodobnost, že všechny montované součásti budou vyrobeny v mezních rozměrech tolerančního pole je v určitých případech poměrně malá. Pokud ovšem tato situace nastane, součásti budou nesmontovatelné a dané spojení bude muset být vyřazeno, nebo upraveno. Pravděpodobnost skutečnosti, že všechny součásti budou u mezních hranic tolerančního pole (buď všechny maximální, nebo naopak všechny minimální), klesá s rostoucím počtem montovaných součástí.

Nevýhodou této metody je nutnost provádět úpravy jako např. dolícování součástí v případě jejich nesmontovatelnosti. Dále je vhodné montážní linku doplnit o měření úchylek a zařízení pro vyřazení nevyhovujících součástí.

[1; 3; 7]

2.3.3 Metoda lícování (úprava na místě)

Při této metodě jsou součásti vyrobeny s širšími tolerančními poli, kdy jeden předem vybraný člen tzv. kompenzační se přilícuje těsně před montáží. Změnou rozměru kompenzačního členu se tak dosahuje výsledné potřebné přesnosti spojení a je tak zaručena smontovatelnost celku. Nejčastěji se lícování kompenzačního členu provádí pilováním, zaškrabáváním, broušením nebo leštěním. Výhodou této metody je levnější výroba součástí kvůli možnému širšímu tolerančnímu poli. Lícování s sebou přináší ale i nevýhody, jako např. delší doba montáže, kterou lze těžko kvůli lícovacím procesům odhadnout, porušení rytmu montáže, potřebná vyšší kvalifikace dělníků, znečištění dílů při dodatečném obrábění, což znesnadňuje případnou demontáž. Metoda lícování se tedy využívá především v kusové a malosériové výrobě. Při vyšší sériovosti výroby se volí efektivnější metody.

[1; 3; 7]

2.3.4 Metoda výběrová (selektivní)

Tato metoda spočívá v rozčlenění jednotlivých součástí podle skutečných rozměrů a v jejich následném připasování ke vhodným protějškům. Součásti jsou tedy vyráběny hospodárně ve větších tolerančních polích a následně jsou roztríděny do skupin odpovídajících rozměrovým rozsahům příslušného měřidla. Poté jsou součásti změřeny a rozděleny do skupin podle jejich skutečných rozměrů. Při montáži lze pak k sobě připasovat součásti tak, že konečná tolerance je menší než tolerance přípustná, přestože součásti byly vyrobeny s větší tolerancí než u předchozích metod.

Metodu lze rozčlenit na montáž s úplným výběrem, kde se třídí všechny součásti a montáž s částečným výběrem, kde dochází ke třídění pouze určitých součástí.

Touto metodou lze poměrně jednoduše a levně dosahovat velmi jakostních spojení. Mezi nedostatky této metody patří zvýšení nákladů na přesná měřidla, mzdy pracovníků provádějící roztrídění součástí, složitější skladování součástí. Dále také množství součástí v jednotlivých skupinách nemusí být stejné, a tak po připasování mohou zbyť součásti, které k sobě už nemají vhodný protějšek. Tato metoda se používá zejména ve velkosériové a hromadné výrobě, kde poslední zmíněná nevýhoda neznamená větší problém.

Charakteristickými příklady užití metody mohou být valivá ložiska, vstřikovací čerpadla, montáž pístních čepů s písty, montáž kroužků a pístů s válci motorů apod.

[1; 3; 7]

2.3.5 Metoda kompenzační (seřizovací - pevný člen)

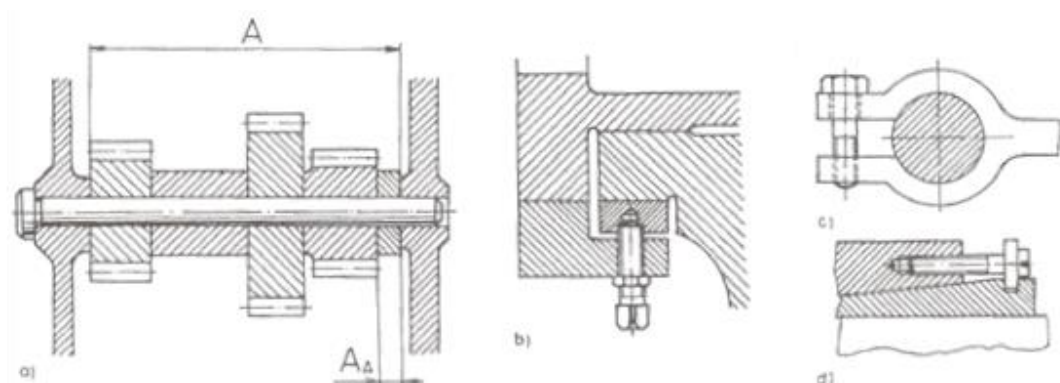
Požadované tolerance se dosahuje přidáním další součásti potřebných rozměrů tzv. pevného kompenzátoru viz obr. č. 11 a), kdy potřebné tolerance bylo dosaženo přidáním kroužku s rozměrem A_{Δ} . Je tedy nutné mít vyrobené součásti (pevné kompenzátory) v určitých odstupňovaných rozměrech tak, aby bylo možné dodat do montáže vždy součást potřebného rozměru. Pevnými kompenzátory jsou většinou distanční kroužky, podložky, vložky apod. Výhodou této metody je možnost vyrábět součásti v širokých tolerancích a zároveň bez lícovacích prací. Montáž je poměrně rychlá a přesná. Nevýhodou je, že se takto zvyšuje počet součástí ve výrobku a komplikuje se i jeho konstrukce. Metoda se využívá především v kusové a malosériové výrobě, nebo kde by byly přizpůsobovací (lícovací) práce velmi nákladné.

[1; 3; 7]

2.3.6 Metoda regulační (seřizovací - pohyblivý člen)

Tato metoda má podobný princip jako metoda kompenzační, s tím rozdílem, že se předepsané tolerance dosahuje změnou polohy součásti (pomocí pohyblivého kompenzátoru). Tímto pohyblivým kompenzátorem bývá nejčastěji stavěcí lišta, dělená objímka se stavěcím šroubem nebo nastavitelný klín viz. obr. č. 11 b) - d). Výhody i nevýhody jsou podobné jako u předchozí metody.

[1; 3; 7]



Obrázek 11 - Příklady použití pohyblivých kompenzátorů [3]

2.4 Automatizace montáže

Technický pokrok umožňuje automatizovat výrobní proces od zpracování polotovaru, přes výrobu součástí až po montáž jednotlivých součástí. Montážní práce jsou často pro ruční montáž poměrně jednoduché, avšak automatizovat tyto práce, je poměrně náročný úkol.

Možnost automatizace závisí na přesnosti výroby, způsobu řešení rozměrových řetězců (montážní metodě), počtu montovaných součástí, konstrukční složitost jednotlivých součástí apod. Vzhledem ke složitosti automatizace montážních prací a často i jednoúčelovosti montážních linek je automatizace montáže předurčena především pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Existují metody standardizace, které napomáhají navýšit počet montovaných příbuzných výrobků. Pro automatizaci montáže se používají montážní linky, které většinou obsahují jednoúčelové nebo stavebnicové zařízení na jednotlivých stanovištích (pracovištích).

[2; 3; 10]

2.4.1 Montážní linky

Návrh montážní linky vychází z rozboru montážního postupu, pracnosti montáže a charakteru montáže. Montážní linka by měla zajistit následující funkce:

- Podávat součásti ze zásobníku do místa, kde bude docházet k montáži, k čemuž je potřeba různých manipulátorů, chapadel, či robotů.
- Plynule dodávat dané množství součástí.
- Správně orientovat součásti a spojovat je.
- Sladit pracovní a časově jednotlivé operace.
- Vyřešit dopravu předmětů mezi pracovišti.
- Zaručit jakost a vyměnitelnost součástí.

Jak již bylo zmíněno, velmi důležitá je technologičnost konstrukce součástí a výrobků, která nabývá na důležitosti hlavně při automatizaci montáže. Důraz je kladen hlavně na vhodný tvar ploch výrobku, aby ho bylo možno snadno podat, upnout, orientovat a samozřejmě smontovat. Dále je vhodné mít montované součásti co nejpřesnější, tzn. co nejužší toleranční pole, jelikož při nedodržení rozměrů součástí se

může linka zastavit, nebo dokonce poškodit. Pro montáž různých druhů výrobků lze použít programovatelnou montážní techniku. Při změně druhu montovaných součástí je pak nutné přeprogramovat kinetiku, vyměnit zásobníky a mechanismy podávající, či orientující součásti, upínání součástí nebo přívodní žlaby. Změnit montážní linku na jiný druh montáže je tedy komplikované, časově i finančně náročné, což je velkou nevýhodou oproti ruční montáži, která se přizpůsobí novému typu montovaných součástí velmi snadno a rychle. Většinou je tedy vhodné upravovat montážní linku pouze na podobný typ výrobku u kterého jsou už při konstrukci uplatňovány metody standardizace, typizace atd.

[3; 10]

Pro montážní linky je důležitý takt montáže, což je průměrná doba, za kterou vychází smontovaný výrobek z linky a stanoví se jako:

$$T_m = \frac{T}{x} \text{ [min]}, \quad (3)$$

kde T_m je takt montáže [min, s], T je fond pracovní doby [v minutách za směnu / měsíc] a x je počet výrobků, které mají být v daném fondu pracovní doby smontovány.

Rozdělení práce na lince do určitých pracovišť se však neřídí taktem výroby, ale podle rytmu montáže, který se vypočte následovně:

$$R = \frac{T - T_c}{x} \text{ [min]}, \quad (3)$$

kde T_c je čas celkové přestávky, o něž je pro výpočet rytmu linky nutno původní fond pracovní doby snížit.

[3]

Ke správnému navržení linky je nutné sladit čas práce na jednotlivých stanovištích s časem rytmu. K tomu se většinou používá následující postup:

- Předběžný rozvrh prací na lince.
- Rozbor synchronizace linky a vypracování návrhu na její zlepšení.

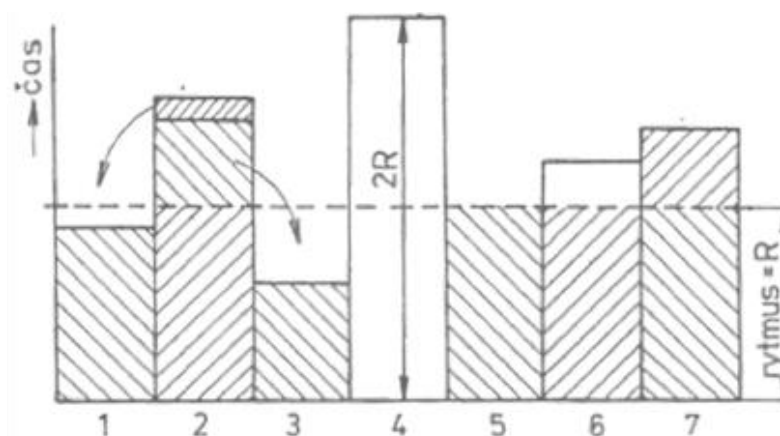
- Konečný návrh montážní linky.

[3]

Předběžný návrh linky vychází z údajů o pracnosti jednotlivých montážních operací, z normativních údajů, nebo z měření potřebného času pro provedení práce na jednotlivých stanovištích při montáži prototypů. Pro každé stanoviště se stanoví množství práce a s tím i spotřeba času. Dále je vhodné provést rozbor synchronizace, kde se zjišťuje, u kterých pracovišť je spotřeba času rozdílná od rytmu linky. Schematicky je toto zobrazeno na obr. č. 12. U stanovišť, kde jsou časy potřebné po provedení dané práce delší než rytmus linky, lze učinit následující kroky:

- Přesunout část práce tohoto stanoviště na stanoviště předchozí nebo následující.
- Vybavit stanoviště lepšími pracovními pomůckami.
- Mechanizovat, či automatizovat stanoviště tak, aby se čas snížil alespoň na hodnotu rytmu.
- Snižit spotřebu času lepším uspořádáním pracoviště – lepší rozmístění pomůcek, pracovníka.
- Nahradit pracovníka kvalifikovanějším, nebo výkonnějším pracovníkem, nebo častěji střídat pracovníky.
- Navrhnout paralelní pracoviště.

[3; 10]



Obrázek 12 - Schematický návrh montážní linky [3]

2.4.2 Využití průmyslových robotů v automatizaci montáže

V případech, kde je požadavkem montování různých typů součástí a výrobků v menších sériích by bylo nutné poměrně složitěho přizpůsobení linky, jak bylo popsáno

dříve, proto je někdy vhodnější v těchto případech použít průmyslové roboty, kteří jsou schopni mechanickými a kamerovými senzory rozpoznat tvar a polohu montovaných dílů. Automatizace montáže s pomocí průmyslových robotů se pak dostává na vyšší úroveň, a je tak možno zautomatizovat i velmi složité pohyby, které se mohou často měnit, podle konkrétního typu výrobku.

[3; 10]

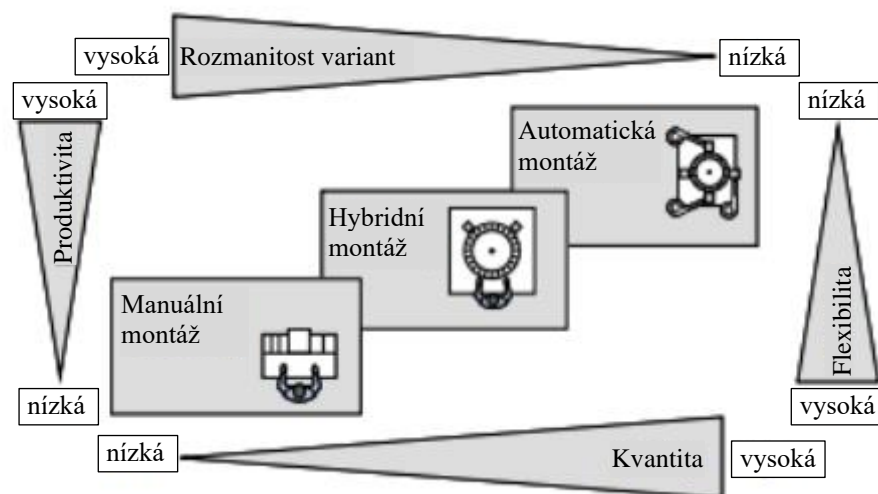
Automatizací montáže lze pak rozumět aplikaci robotiky, softwaru, digitalizovaných dat a konstrukčního inženýrství na výrobní a montážní procesy s cílem minimalizovat požadavky na manuální práci a zároveň maximalizovat efektivitu, bezpečnost a výkon. Pokroky v technologiích průmyslové automatizace, jako je umělá inteligence, strojové vidění, komplexní robotika a další ovládací prvky, činí automatizovanou montáž flexibilnější, efektivnější a rychlejší než v minulosti.

Optimalizace montážního procesu před zahájením výroby vede k efektivnějším výrobním plánům, zkracuje dobu do zavedení sériové výroby a omezuje nákladné revize rozvržení montážního pracoviště. K efektivnímu využití výše zmíněných výhod je stále více snahou digitalizovat výrobní procesy. Využitím těchto dat lze ověřit efektivitu automatizovaných montážních plánů ve virtuálních simulacích před investováním do fyzického vybavení a výrobních zařízení. Ve velkých podnicích je často nutná flexibilita montáže, jelikož rostou požadavky na větší počet vyráběných produktů, vyšší kvalitu výrobků, a to vede k nutnosti optimalizovat svůj výrobní a montážní proces. Výrobci se musí spoléhat na automatizované systémy, aby získali flexibilitu nezbytnou pro složitější výrobní operace a zvýšili efektivitu své výroby. Díky konstrukci stále sofistikovanějších schopností je moderní robotika možná největší hnací silou při optimalizaci automatizace montáže.

[3; 11; 12]

Tento druh automatizace je však velice nákladný, a proto je nutné vždy zvážit, zda je montáž daného výrobku vůbec vhodná k automatizaci a v případě že ano, tak k jakému typu automatizace. K tomuto rozhodování jsou důležité tyto parametry montáže: produktivita, flexibilita, rozmanitost variant a množství výrobků. Vztah těchto parametrů z hlediska automatizace je znázorněn na obrázku č. 13.

[12]



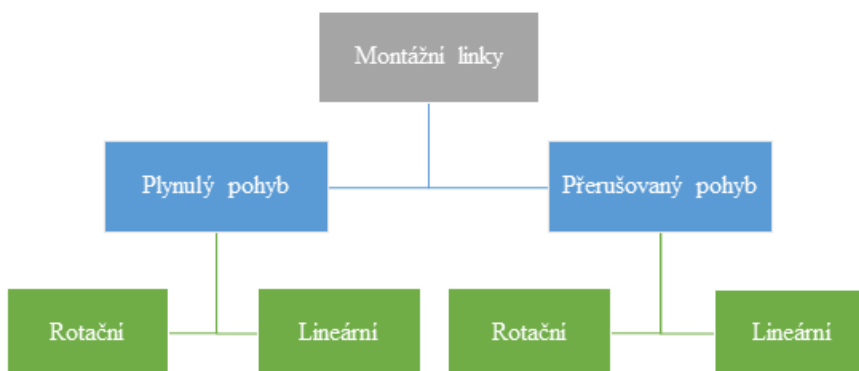
Obrázek 13 - Stupně automatizace a jejich parametry [12]

2.4.3 Typy montážních linek

V automatické montáži se různé jednotlivé montážní operace obecně provádí na samostatných stacionárních pracovištích. Pro tento způsob montáže je potřebný přenos částečně dokončených sestav z jednoho pracoviště (stanoviště) na druhé a musí být zajištěno, že nedojde k žádnému relativnímu pohybu součástí. K tomu se využívá připevnění sestav k určitým základnám, nebo ustavujícím přípravkům, které jsou přemísťovány z jednoho stanoviště na druhé.

Montážní stroje jsou obvykle klasifikovány podle typu pohybu ustavujících přípravků viz obr. č. 14. U lineárního typu montážního stroje je ustavující přípravek přenášen v přímé rovné dráze, zatímco u rotačního typu stroje se pohybuje po kruhové dráze. U obou typů strojů může být přenášení přípravků nepřetržité nebo přerušované.

[13]

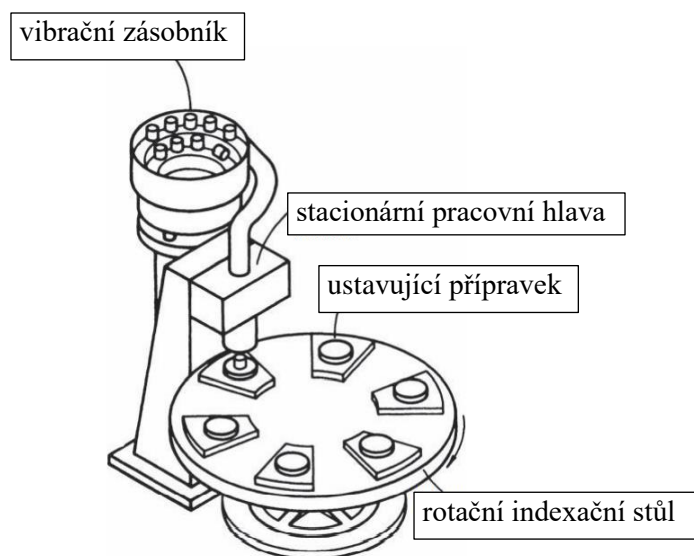


Obrázek 14 - Typy montážních linek (upraveno pro účely DP) [13]

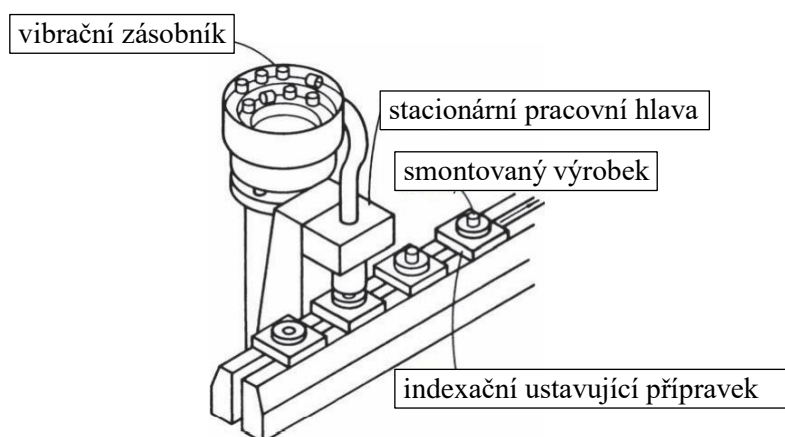
Linky s nepřetržitým pohybem ustavujících přípravků se vyznačují tím, že ustavující přípravky se pohybují konstantní rychlostí a pracovní hlavy se při provádění příslušné operace pohybují stejnou rychlostí. Po dokončení operace se pohyblivé pracovní hlavy vrátí zpět do původní pozice. Systémy nepřetržitého pohybu ustavujících přípravků mají omezené použití v automatické montáži, protože pracovní hlavy a související zařízení jsou často těžké, a tak by je bylo obtížné dosáhnout jejich přesného pohybu.

Přerušovaný pohyb je systém běžně používaný pro automatickou montáž. Při pohybu ustavujících přípravků zůstávají pracovní hlavy nehybné a po zastavení ustavujících přípravků vykonávají pracovní hlavy příslušné operace. Často dochází k přesunu všech ustavujících přípravků současně. Tyto stroje mohou být označeny jako indexační stroje a na obr. č. 15 a č. 16 jsou uvedeny typické příklady rotačních a lineárních typů indexačních strojů.

[13]



Obrázek 15 - Rotační indexační linka [13]



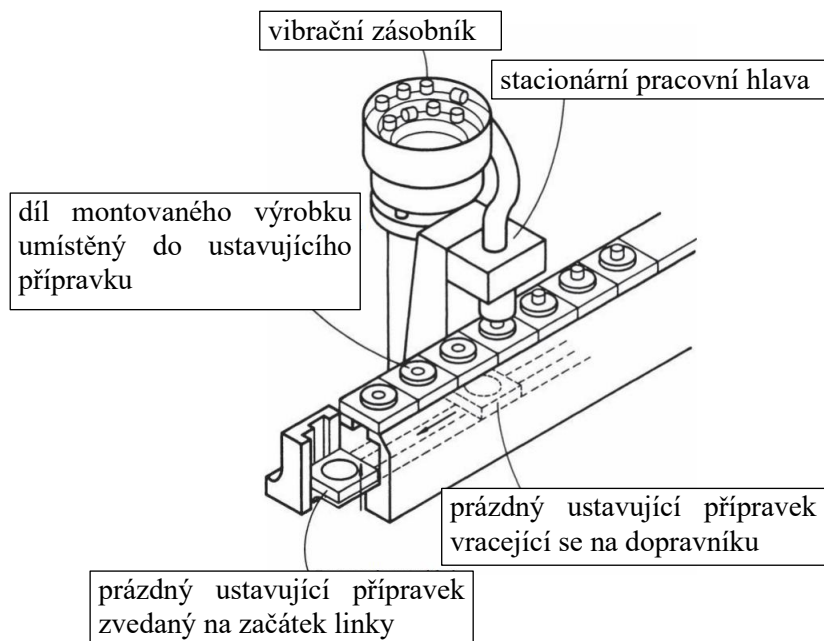
Obrázek 16 - Lineární indexační linka [13]

Často používané jsou kruhové otočné (indexační) stoly, kolem kterých (vně i uvnitř) jsou zásobníky se součástkami a další zařízení nutné k montáži. U rotačních strojů jsou ustavující přípravky přiváděny postupně pod různé pracovní hlavy a montáž výrobku je dokončena během jedné otáčky stolu. Na příslušné stanici může tak být hotový výrobek odebrán ze stroje po každém indexu (jednom pootočení).

Lineární indexační stroj funguje na podobném principu, ale v tomto případě se po každém indexu odebere hotový výrobek z konce linky. U lineárních strojů musí být zajištěno vrácení prázdných ustavujících přípravků na začátek linky. Tohoto vrácení je možno docílit více způsoby.

První možnost přenosu ustavujícího přípravku je znázorněn na obr. č. 17. V tomto systému, mají ustavující přípravky rozměr rovnající se délce jednoho kroku. Na začátku cyklu provozu je pozice ustavujícího přípravku na konci linky neobsazena. Mechanismus posune řadu ustavujících přípravků až k zarážce na konci řady, což indexuje pozici ustavujících přípravků. Dokončená součást se na konci řady vyjme. Prázdný ustavující přípravek z předchozího cyklu, který byl dodán vratným dopravníkem, je zvednut do polohy v místě začátku montážní linky.

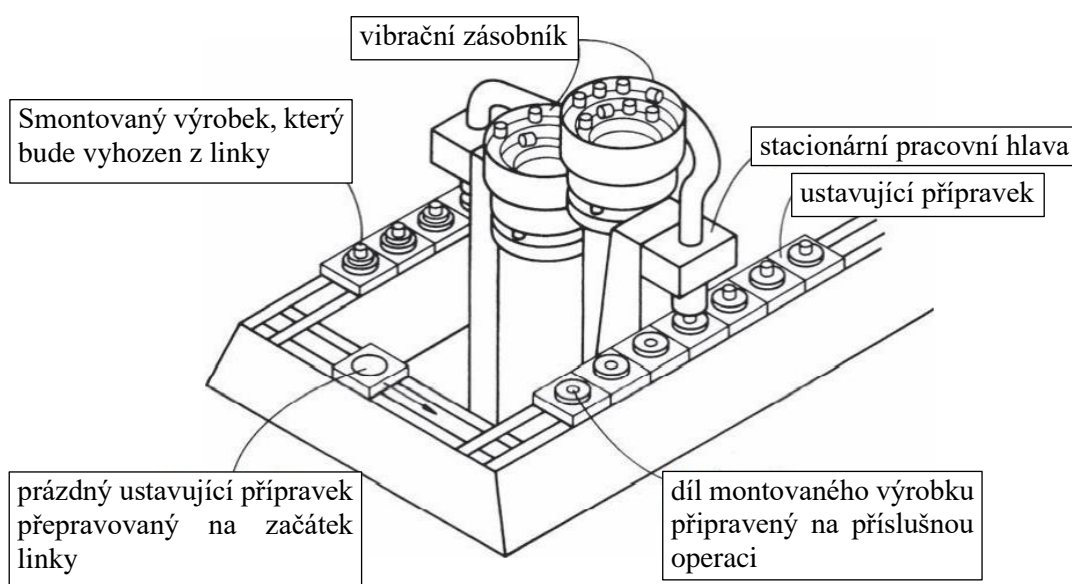
[13]



Obrázek 17 - Lineární linka s vertikálním pohybem přípravků [13]

Popsaný systém funguje ve vertikální rovině, ale návrat ustavujících přípravků lze také provádět v horizontální rovině viz obr. č. 18. V tomto případě dojde na konci linky k vyjmutí smontovaného výrobku a prázdný ustavující přípravek pokračuje v pohybu dále, až opět dojde na začátek linky. Přenos ustavujících přípravků z montážní linky na zpětný dopravník (a naopak) je v tomto případě jednodušší, ale je potřeba větší zastavěná plocha.

[13]



Obrázek 18 - Lineární linka s horizontálním pohybem přípravků [13]

Tímto byla ukončena kapitola týkající se samotné montáže a dále se práce bude zabývat automatizačními prvky, jako jsou vibrační zásobníky, šroubovací jednotky, pohony nebo vedení, jelikož jich bude využíváno v praktické části této práce.

3. Automatizační prvky

Při automatizaci montáže se velmi často využívá následujících prvků: vibračních zásobníků, automatických šroubovacích systémů, lineárních pohonů nebo lineárních vedení, a proto budou tyto prvky podrobněji rozebrány v následujícím textu.

3.1 Vibrační zásobníky

Vibrační zásobník je zařízení sloužící k dopravování (zásobování) a orientaci většinou drobných dílů do požadovaného místa. Jedná se o nejuniverzálnější zařízení pro tento účel. Podle tvaru zásobníku lze rozlišit zásobník válcový, kónický (kuželový) a stupňovitý viz obr. č. 19, přičemž každý je vhodný pro určitý druh dopravovaných dílů.

[13; 14; 15; 16; 17]



Obrázek 19 - Typy kruhových zásobníku [16]

- a) válcový zásobník: ideální pro plynulé podávání dílců malých rozměrů,
- b) kónický (kuželový) zásobník: vhodný pro těžké díly s ostrými hranami, větší kapacitu, snese větší zatížení, zvětšující se poloměr dráhy napomáhá separaci součástí,
- c) stupňovitý zásobník: širší spirálovitá dráha, vhodný pro lepší orientaci dílů, kapacita větší než u válcového zásobníku, vyráběn odléváním ze slitin hliníku,
- d) polyamidový zásobník: malé součástky s jednoduchou geometrií, více možností tvaru dráhy, snižuje hlučnost za provozu, zamezuje nepříznivému styku ocel – ocel, vyrábí se jako kónický nebo stupňovitý.

[16]

Na obr. č. 20 a č. 21 jsou uvedeny nejčastěji používané zásobníky, a to válcový a kónický (kuželový).

[16]



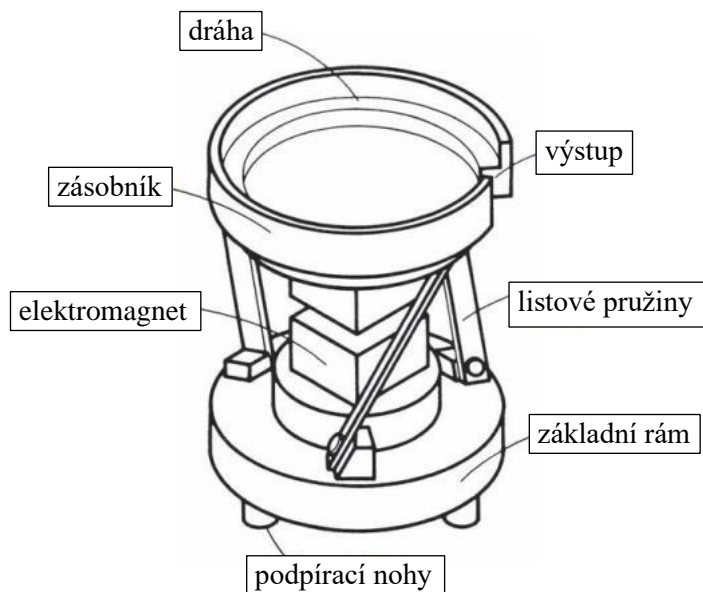
Obrázek 20 - Válcový zásobník [18]



Obrázek 21 - Kónický zásobník [19]

Po vnitřní stěně zásobníku vede spirálovitá dráha, po které se pohybují dané díly směrem nahoru. Vibrační zásobník je systém složený ze základny, cívky, pružných listových pružin, magnetu a zásobníku viz obr. č. 22.

[13]



Obrázek 22 - Vibrační zásobník [13]

Těžká základna je spojena s vibračním zásobníkem pružnými listovými pružinami, které umožňují relativní pohyb mezi oběma zařízeními. Jak cívkou protéká proud, dochází k přitahování a uvolňování magnetu připojeném k vibračnímu zásobníku, čímž se dosáhne torzních vibrací kolem svislé osy zásobníku, a tím je vytvořen relativní pohyb mezi vibračním zásobníkem a základnou.

Cívka nejprve přitáhne magnet a dodá pružinám předpětí (zásobník vykoná vratný pohyb). Poté dojde k uvolnění magnetické síly a energie uložená jako předpětí

v pružinách se použije k dopřednému pohybu zásobníku, při kterém dochází k oddělení dílu od šroubové dráhy (poskočení). Vibrační zásobník pak vykoná vratný pohyb, po němž dopadne daný díl zpět na šroubovou dráhu. Díl tak dopadá na vzdálenější místo na dráze, než ve kterém se oddělil od dráhy. Když se tento proces opakuje s vysokou frekvencí, dochází k pohybu dílu pomocí malých poskoků, a tak je zajištěn nepřetržitý tok kusů.

Elektromagnetický pohon umožňuje plynulou regulaci pohybu dílů, okamžité spuštění, či zastavení vibrací. Regulace může být zajištěna samostatným regulátorem, může být řízena čidly, případně vyšším řídicím systémem.

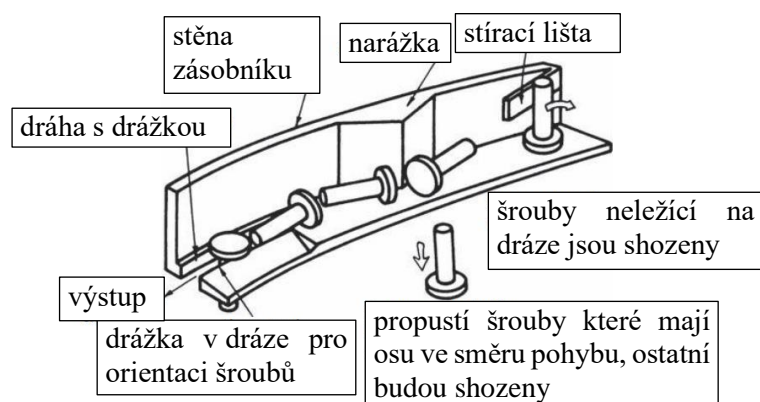
Díly se tedy pohybují (poskakují) po šroubové dráze směrem k výstupu v horní části zásobníku. Orientace dílů je většinou zajišťována soustavou narážek a pro každou součást je konstrukce individuální. Nesprávně orientované díly jsou shozeny soustavou narážek na dno zásobníku, kde se opět začnou pohybovat po šroubové dráze vzhůru. Toto se bude opakovat, dokud daný díl nebude u výstupu správně orientován, aby mohl opustit vibrační zásobník.

[13; 17; 20; 21; 22; 23]

Mechanismy orientace dílů

Vibrační zásobníky a dopravníky jsou velmi univerzální a lze s nimi orientovat velkou škálu tvarově zcela odlišných dílů. Příklad mechanismu sloužícího k orientování šroubů je uveden na obr. č. 23.

[13]



Obrázek 23 - Princip orientace šroubů ve vibračním zásobníku [13]

Prvním prvkem při pohybu šroubů zprava doleva je stírací lišta, která má za úkol shodit na dno vibračního zásobníku všechny šrouby, které neleží na dráze (nedotýkají se

hlavou a zároveň dříkem dráhy). Mezera pod lištou je upravena tak, aby šrouby stojící na své hlavě, nebo šrouby ležící na jiných byly shozeny dolů a prošly pouze samostatně ležící šrouby. Tento princip lze použít pouze pokud je délka šroubu větší než průměr jeho hlavy.

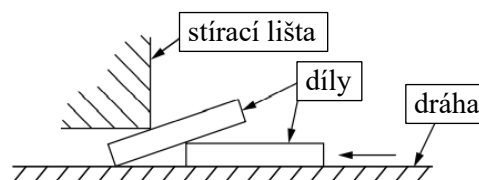
Další prvek v řadě zajišťuje průchod pouze šroubům jdoucím napřed buď hlavou, nebo koncem dříku. Všechny jinak orientované šrouby odpadnou v nejužším místě dráhy na dno zásobníku. Tento prvek plní další funkci, a to shazování šroubů nahromaděných v nejužším místě z důvodu přeplnění následující drážky pro šrouby. K tomuto přeplnění dochází, protože většina podavačů pracuje s vyšší rychlostí podávání dílů, než je rychlost odebírání, aby byl vždy dostatek dílů v požadované pozici.

Poslední prvek se skládá z drážky v dráze, která je dostatečně široká, aby umožnila dříku šroubu propadnout při přidržování hlavy šroubu a skluzu pro oddělení špatně orientovaných šroubů. Nezáleží na tom, jestli se šrouby pohybují k drážce napřed hlavou, nebo dříkem, vždy dojde ke stejné orientaci – dříkem dolů a s podpíranou hlavou.

V tomto systému pro orientaci šroubů jsou první dvě zařízení pasivní a poslední je aktivní. Přestože jsou výše popsána zařízení určena pro části určitého tvaru (šrouby), dva z nich (pasivní) mají široké uplatnění při vibračním dopravování jiných typů dílů.

Stírací lišta je jednoduchou metodou používanou k vyřazení dílů, které spočívají na ostatních (díly ležících na sobě, přes sebe apod.). U vibračního podávání k tomu často dochází kvůli tlačení pohybujících se částic na sebe. Tenké díly mají sklony k zasekávání se pod stírací lištou, což je jedna z jejich nevýhod viz obr. č. 24.

[13]

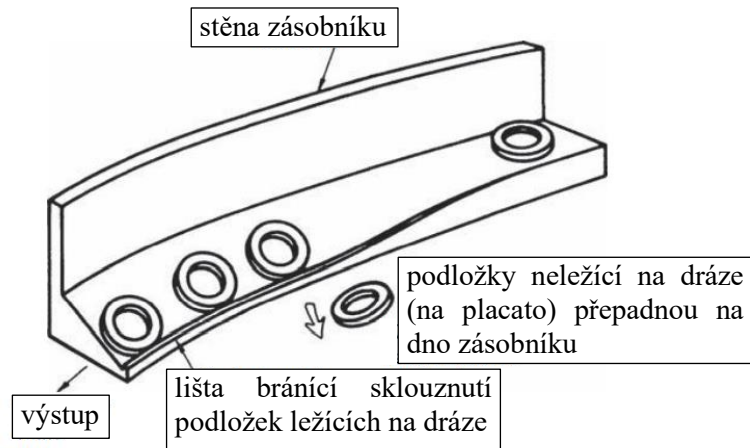


Obrázek 24 - Problém se zasekáváním tenkých dílů [13]

Tomuto zasekávání lze zabránit např. zvolením jiného mechanismu odstraňujícího díly ležící na sobě, přes sebe apod. Příkladem tohoto mechanismu může být situace zobrazená na obr. č. 25, kde dochází k dopravování a orientování podložek. Kus dráhy je šikmo skloněn do středu zásobníku a lišta bránící skluzu podložek je tak vysoká, aby

zabránila skluzu podložek ležících v požadované poloze (viz obr. č. 25) a zároveň zajistila sklouznutí jinak orientovaných podložek, nebo podložek ležících na sobě.

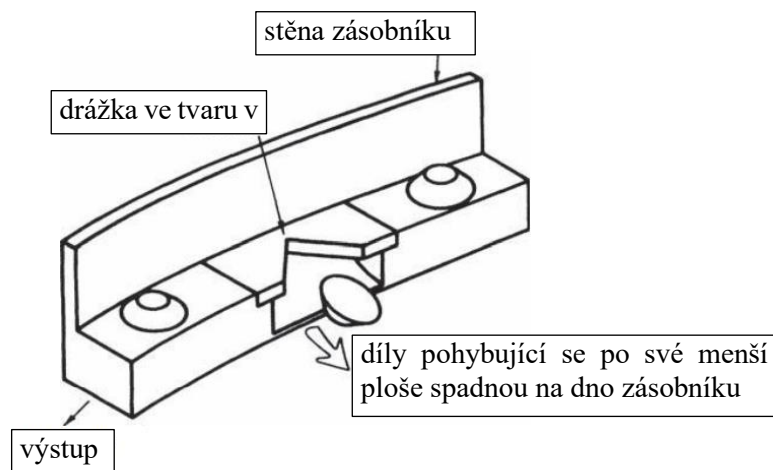
[13]



Obrázek 25 - Princip orientace podložek ve vibračním zásobníku [13]

Další příklad mechanismu zajišťujícího orientaci dílů je uveden na obr. č. 26. Dráha je opatřena výřezem, přes který přejdou pouze ty díly, u kterých se dráhy dotýká větší kruhová plocha. Ostatní díly spadnou dolů na dno zásobníku.

[13]



Obrázek 26 - Princip orientace komolých kuželů ve vibračním zásobníku [13]

3.1.1 Lineární vibrační dopravníky a jejich pohony

Lineární dopravníky (podavače) dopravují již orientované díly z vibračních zásobníků na různě dlouhé vzdálenosti, čímž vytvářejí vyrovnávací zásobník. Umožňují konzistentní tok orientovaných součástí z vibračních zásobníků do cílových zařízení,

a tak zajišťují akumulaci dílů před strojem nebo manipulační jednotkou. Pohyb dílů je opět způsoben vibracemi, které pochází z lineárních vibračních pohonů. Těchto pohonů je více druhů, lze je např. rozdělit podle způsobu připevnění k základnímu stolu, nebo rámu. Způsob připojení pohonu k základu stroje totiž ovlivňuje míru přenosu vibrací mezi nimi.

[24; 25]

Na obr. č. 27 je uveden příklad lineárního vibračního pohonu, který se pružně upevňuje k základnímu rámu pomocí čtyř kusů upínek, a tak nedochází k přenosu skoro žádného chvění do základů stroje.

[26]



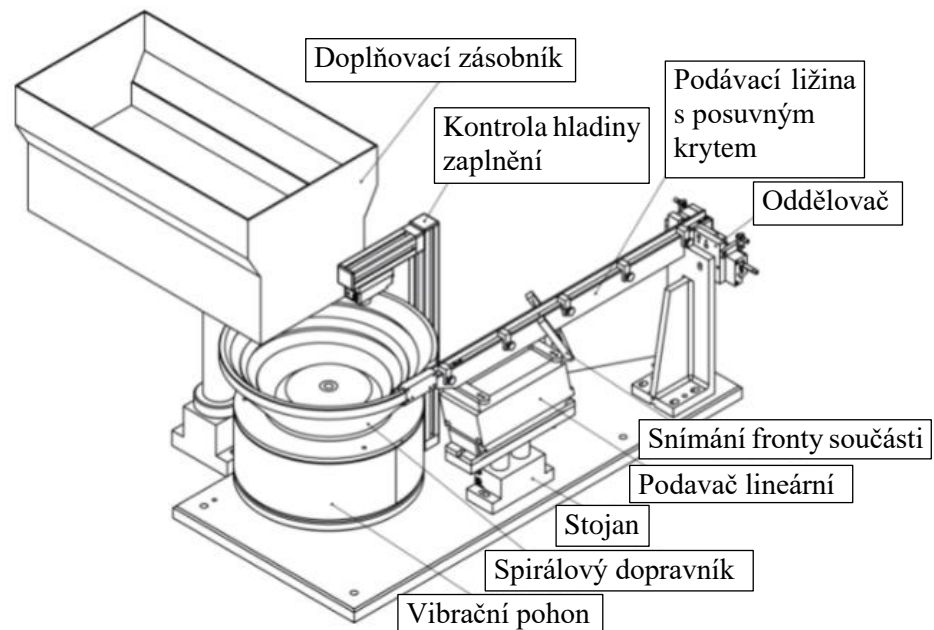
Obrázek 27 - Lineární vibrační pohon [26]

Existují ale také pohony, které se připevňují např. pomocí závitů ve spodní desce bez pružného spojení, což má za následek přenášení vibrací do základů stroje.

[26]

Klasické uspořádání jednotlivých prvků je schematicky znázorněno na obr. č. 28.

[27]



Obrázek 28 - Celkové zařízení sloužící k orientaci a dopravování dílů [27]

3.2 Pohony

Pohon je část zařízení nebo stroje, která převádí většinou elektrickou nebo tlakovou energii na mechanický pohyb. Jednoduše řečeno, je to součást každého stroje umožňující pohyb, který lze tak ovládat. Vstupní energie, která má být přeměněna, má tedy více podob a má velký vliv na funkci pohonu.

[28; 29; 30; 31; 32]

Pohony lze dělit z různých hledisek, kdy jedno z možných dělení je na rotační (např. klasický elektromotor) a lineární, přičemž lineární pohon vytváří přímočarý pohyb. Lineární pohony se používají v obráběcích, tvářecích a jiných strojích nebo v oblasti automatizace.

Obecně lze lineární pohony rozdělit na pístnicové a bezpístnicové, přičemž pístnicový pohon se skládá z válce, pístu a pístnice a přímočarý pohyb je dán pohybem (vysouváním) pístnice. Jedná se o častější typ pohonu, který je znázorněn na obr. č. 29.

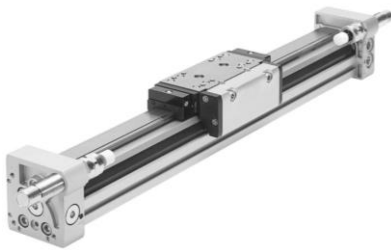
[30; 31; 32; 33]



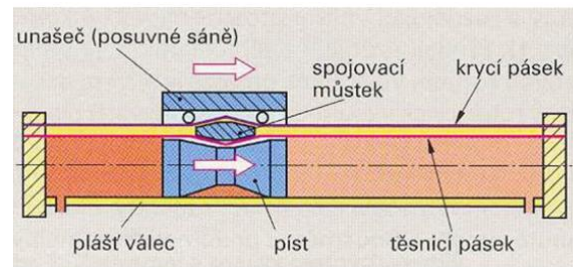
Obrázek 29 - Pístnicový typ pohonu [34]

U bezpístnicového typu je matice pohybového šroubu nebo píst spojen s unašečem (posuvnými saněmi) pohybujícím se nad horní částí pohonu (nad pouzdem). Tento typ je tedy méně náročný na prostor, a proto se ho využívá především v případech, kdy není prostor pro vysouvání pístnice. Bepístnicový pohon je uveden na obr. č. 30 a schematický řez na obr. č. 31.

[30; 31; 32; 33]



Obrázek 30 - Bepístnicový typ pohonu [35]



Obrázek 31 - Řez bepístnicovým typem pohonu [36]

Dále lze pohony rozdělit podle druhu vstupní energie, např. mechanické, elektromechanické, hydraulické, piezoelektrické, pneumatické.

3.2.1 Mechanické lineární pohony a elektromechanické lineární pohony

Obvykle převádějí rotační pohyb na lineární pohyb. Rozdíl mezi mechanickými a elektromechanickými lineárními pohony je v tom, zda jsou poháněny ručně nebo motorem.

[37; 38]

Typy převodů lineárních elektromechanických pohonů

Z hlediska převodu rotačního pohybu na lineární lze lineární pohony rozdělit na šroubové a pásové. Šroubové pohony lze pak dále dělit na pohony s vodícím šroubem, pohony s kuličkovým šroubem a pohony s planetovými válečky.

[37; 38]

Vodící šroub (pohybový šroub)

Vodící šroub je součást, která převádí rotační pohyb na lineární pohyb pomocí šroubu a matice. Motor otáčí šroubem, který je axiálně uchycen a matice, která je pevně spojena s unašečem vykonává přímočarý pohyb. Pouzdro pohonu často tvoří vedení pro matici. Vodící šroub je zobrazen na obr. č. 32.

[31; 32; 39; 40]



Obrázek 32 - Vodící šroub [32]

Tření mezi povrchem závitů matice a povrchem závitů šroubu způsobuje opotřebení a zvýšení teploty a současně klesá životnost a účinnost. Opotřebení závitů může zároveň ovlivnit přesnost nebo opakovatelnost. Třecí odpor vyžaduje vyšší vstupní krouticí momenty.

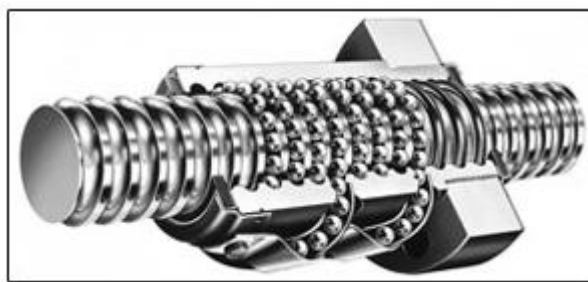
Tato technologie je jednoduchá, ekonomická a široce používaná. Pohony s vodícím šroubem se nejčastěji používají v případech, u kterých není potřeba přenášet velká zatížení, nejsou požadovány vysoké výkony a důležitým parametrem je nízká cena.

[31; 32; 39; 40]

Pohony s kuličkovým šroubem

Pohon s kuličkovým šroubem funguje principálně stejně jako vodící šroub, pouze s tím rozdílem, že se v drážce mezi hřídelí a maticí pohybují kuličky, které vyvolávají lineární pohyb. Při pohybu dochází k odvalování kuliček, což výrazně snižuje tření, rovnoměrněji rozděluje zatížení, a tím se dosáhne větší životnosti pohonu. Tento typ pohonu má větší účinnost a není potřebný tak velký výkon hnacího motoru jako u vodícího šroubu. Kuličkový šroub je znázorněn na obr. č. 33.

[31; 32; 39; 40]



Obrázek 33 - Kuličkový šroub [32]

Mezi výhody kuličkových šroubů patří schopnost přenášet velká zatížení, přesné polohování a vyšší účinnost oproti vodícímu šroubu. Nevýhody spojené s kuličkovými šrouby spočívají v tom, že jsou dražší, generují větší hluk a ložiska se mohou kontaminovat, což snižuje výkon nebo způsobuje poruchu.

[31; 32; 39; 40]

Planetový válečkový šroub

Planetový válečkový šroub využívá planetové uspořádání závitových válečků obklopujících hlavní závitový hřídel. Válečky jsou pohybově spojeny s vnější maticí ozubením. Vnější matice se začne otáčet, přes ozubení dojde k otáčení válečků a poté díky závitovému spojení i k lineárnímu posuvu šroubu. Tím se zvětšuje styková plocha, která přebírá zatížení a lze tak dosáhnout velmi vysokého přítlaku a životnosti šroubových pohonů. Pracují s minimální údržbou a vysokou účinností. Vzhledem k vyššímu počtu závitových válečků kolem centrálního vodícího šroubu v planetárním provedení má matice větší průměr. Stejně jako u kuličkového šroubu znamená snížený odpor vůči pohybu riziko volného pádu kuličkového šroubu (ve vertikální poloze) při ztrátě točivého momentu. Šrouby s planetovými válečky jsou nejdražším typem šroubového pohonu, ale

mají nejlepší výkon, a proto se využívají pro náročné aplikace, které vyžadují velkou sílu. Planetový válečkový šroub je znázorněn na obr. č. 34.

[31; 32; 41]

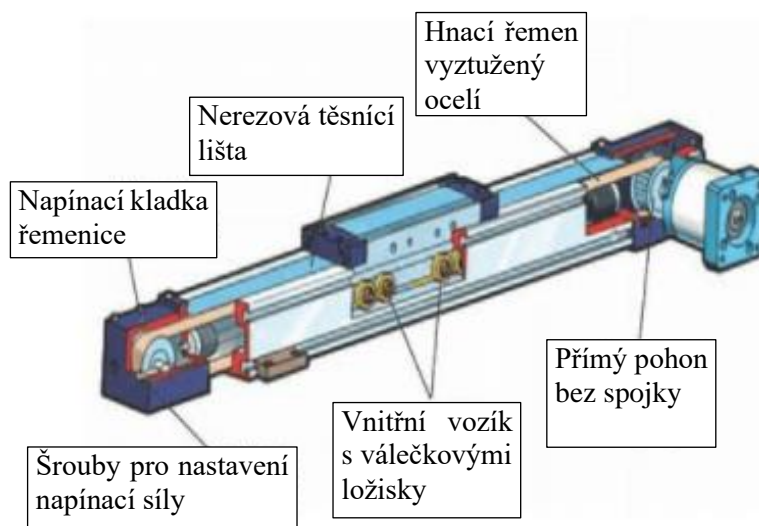


Obrázek 34 - Planetový válečkový šroub [41]

Řemenové pohony

Řemenové pohony se skládají z dlouhého řemene, který je poháněn motorem s řemenicí a zároveň napínán druhou řemenicí na opačném konci bezpístnicového pohonu viz obr. č. 35.

[31]



Obrázek 35 - Řemenový pohon [31]

Tento typ pohonu se využívá v případě, když je požadována vysoká rychlost pohybu (větší než u kuličkových šroubů). Obecně se nepoužívají ve vertikálních aplikacích, protože přetržení pásu by mohlo způsobit volný pád nákladu. Nevýhodou použití řemenového pohonu je horší opakovatelnost dané polohy než u alternativ, řemen

navíc vyžaduje pravidelné napínání. Řemenové pohony jsou mnohem plynulejší a tišší než předešlé druhy, a to i při vyšších rychlostech.

[31; 32; 39]

Výhody elektromechanických lineárních pohonů

- Nabízí nejvyšší přesnost řízení polohy.
- Jsou ideální pro polohování i mimo koncové polohy.
- Poskytují úplnou kontrolu nad průběhem pohybu a mohou dle typu řízení obsahovat ovládání pro řízení rychlosti, polohy a síly.
- U elektropohonů nehrozí úniky provozních tekutin.

Nevýhody elektromechanických lineárních pohonů

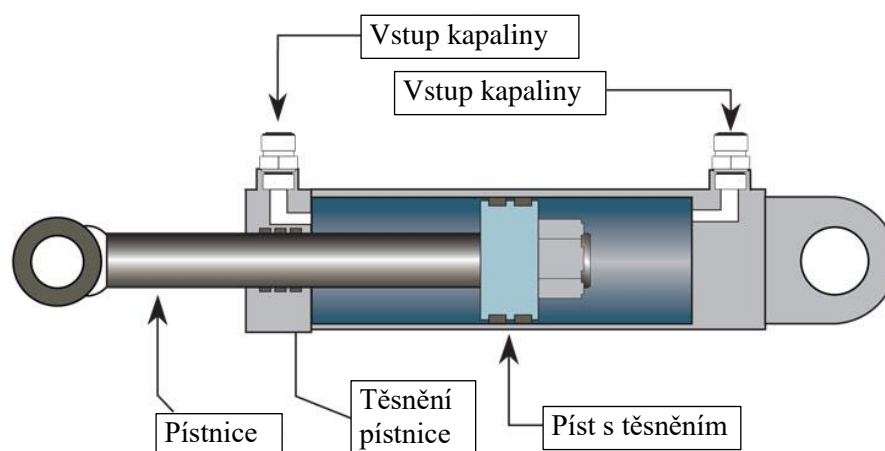
- Počáteční cena elektropohonů je výrazně vyšší než u pneumatických pohonů.
- Rozsah pracovních teplot je výrazně omezený oproti pneumatickým pohonům.

[28; 42]

3.2.2 Hydraulické lineární pohony

Hydraulický pohon se velmi zjednodušeně skládá z uzavřeného válce, pístu a pístnice viz obr. č. 36. Do jednoho prostoru válce se přivede tlaková kapalina, většinou olej, která vyvine tlakovou sílu a uvede píst s pístnicí do lineárního pohybu.

[37; 38]



Obrázek 36 - Hydraulický pohon [43]

Výhody

- Hydraulické pohony jsou většinou robustní a vhodné pro aplikace s vysokými silami (ale hydraulický pohon o stejné síle bude oproti pneumatickému mnohem menší).
- Hydraulický pohon může, vlivem nestlačitelnosti tekutiny (hydraulického oleje) držet sílu nebo kroutící moment i bez provozu hydraulického čerpadla.
- Hydraulické čerpadlo může být umístěné i ve značné vzdálenosti od pohonu s minimální tlakovou ztrátou.

Nevýhody

- V případě úniku hydraulického oleje může dojít kvůli jeho hořlavosti k nebezpečné situaci nebo poškození znečištěných částí stroje.
- Hydraulické systémy vyžadují mnoho prvků - nádrže, čerpadla, ventily, chladiče, atd., což přispívá k tomu, že jsou velké, těžké, drahé a složité.
- Nutná údržba např. kvůli problémům s netěsnostmi.
- Chod pohonu je charakteristický poměrně velkým vznikem tepla a hluku.

Kvůli výše zmíněnému jsou hydraulické pohony vhodné pro náročné a robustní aplikace, kde je požadována vysoká síla, vysoký výkon, mechanická tuhost a vysoká dynamická odezva. Obvykle se používají v těžkých obráběcích strojích ve strojírenských vozidlech, námořních a leteckých aplikacích.

[37; 42]

3.2.3 Piezoelektrické pohony

Pohyb zajištěn piezoelektrickým efektem, který při přívodu elektrického pole na krystal vyvolá v jeho krystalové mřížce elastické deformace, které tvoří pohyby v měřítku mikrometrů nebo nanometrů. Tyto pohony mají velmi omezený, ale přesně regulovaný rozsah pohybu, velmi rychlou mechanickou odezvu na elektrický impuls a dosahují velmi vysokých zrychlení. Pro piezoelektrické pohony je tedy charakteristické extrémně přesné a rychlé polohování v malých rozsazích. Mezi další výhody patří nízká spotřeba energie, malé opotřebení a téměř žádné omezení teploty, protože piezoelektrický jev funguje i při

teplotě blízké 0 K. Nevýhodou je samozřejmě vysoká cena. Používá se tedy např. při pohybování laseru, v různých senzorech adaptivní optiky nebo u řízení ventilů.

[37; 38; 44]

3.2.4 Pneumatické pohony

Tyto pohony fungují velmi podobně jako hydraulické, namísto tlakové kapaliny (oleje) se ale využívá kompresorem stlačený vzduch, díky němuž dochází k lineárnímu pohybu prvků většinou menší hmotnosti.

[36; 37; 38; 45]

Výhody

- Velmi jednoduchá konstrukce zaručuje spolehlivý provoz při minimální údržbě.
- Nízká cena, nízká hmotnost
- Poměrně dobrá dosažitelná přesnost v krajních polohách až 0,025 mm.
- Válce pracují v širokém rozmezí pracovních teplot -20 °C až +80 °C v běžných provedeních až -40 °C až +250 °C ve speciálních provedeních.
- Lze je použít i v nebezpečných prostředích např. s nebezpečím výbuchu.
- Úniky stlačeného vzduchu ve vedení nebo ve válci nejsou nebezpečné pro obsluhu stroje.

Nevýhody

- Pneumatické válce jsou vlivem tlakových ztrát a stlačitelnosti vzduchu méně efektivní než jiné typy pohonů.
- Mnohem menší dosažitelná síla oproti hydraulickým pohonům.
- Přesné ovládání rychlosti válce a síly, vyžaduje použití proporcionálních ventilů, které výrazně zvyšují náklady na pořízení a složitost ovládání.
- Stlačený vzduch jako pohonné médium pro pohonné jednotky je dražší (v porovnání s elektromotory).
- Většina ovládacích ventilů, redukčních ventilů a dalších částí pneumatického obvodu je citlivá na nečistoty.

[36; 37; 42]

Pneumatické pohony se využijí především v:

- Lineárních polohovacích systémech v automatizačních soustavách.
- Pneumatickém nářadí, např. v pneumatických kladivech (sbíječkách), ručních manipulátorech atd.
- V systémech vzduchových brzd, pneumatickém odpružení, v podvozcích, v ovládání převodových skříní apod.
- Upínacích ovladačích, upínacích hlavicích apod.
- Ovládání průmyslových armatur v chemickém průmyslu, energetice, potravinářství atd.

[36; 37]

Jednočinné pneumatické válce

U jednočinných válců je vzduch přiváděn pouze k jedné straně pístu tak, aby byl píst schopen konat práci v příslušném směru. Zpětný chod pístu je však vykonáván vnější silou, nebo pružinou. Vyznačují se menší spotřebou vzduchu oproti dvojčinným válcům, ale při stlačování pístu musí tlak vzduchu překonat sílu pružiny, takže využitelná síla jednočinného pohonu je menší právě o sílu pružiny. Jejich zdvih bývá většinou do 50 mm a používají se např. k upínání polotovarů, vyhazování různých výrobků, k podávání a zvedání polotovarů atd. Jednočinné válce jsou proti dvojčinným válcům se stejným průměrem a zdvihem delší.

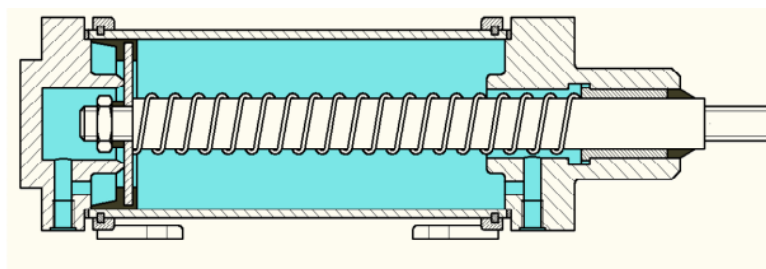
[36; 45]

Jednočinné válce lze rozlišit na pístnicové a membránové.

Pístnicové válce

U pístnicových válců je píst spojen s pístnicí, která se při pohybu vysouvá z válce. Zdvih bývá omezen buď délkou pístního válce, umístěním distančních objímek nebo vnějším dorazem. Jednočinný pístnicový válec s pružinou zajišťující zpětný chod je zobrazen na obr. č. 37.

[45]

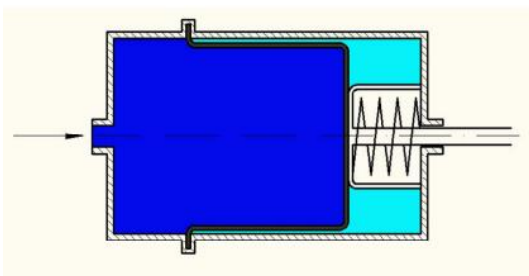


Obrázek 37 - Pístnicový válec [45]

Membránové válce

U membránových válců, jehož schéma je znázorněno na obr. č. 38, je místo válce pružná membrána, která se za působení tlaku prohýbá a přenáší tlak na pístnici. Zpětný chod může být zajištěn vrácením napružené membrány zpět do původního stavu, nebo stejným způsobem jako u jednočinných válců. Zdvih bývá většinou do 40 mm, ale může být i větší. Výhodou membránových válců je nenáročná údržba.

[45]



Obrázek 38 - Membránový válec [45]

Dvojčinné pneumatické válce

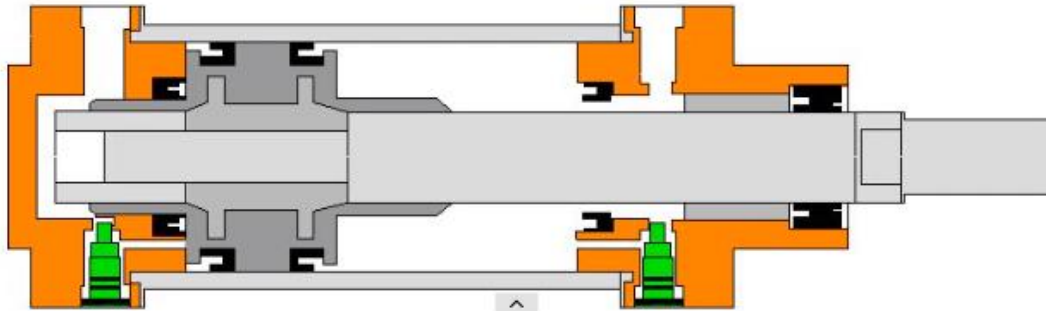
U dvojčinného válce se přivádí vzduch postupně k oběma stranám pístu, takže není potřeba vratné pružiny. Je tak docíleno většího možného zdvihu oproti jednočinným válcům. Další výhodou je rychlý a rovnoměrný zpětný chod pístu, přičemž rychlost v jednotlivých směrech lze nastavit škrtícím ventilem na výstupu.

Rozsah pohybu lze nastavit umístěním zarážek do válce. Nárazy v krajních polohách válce lze ztlumit pomocí pružných podložek, polštářků nebo tlumičů.

Pneumatické válce vyvíjejí při vysouvání pístnice větší sílu než při jejím zasouvání, jelikož účinná plocha pístu je z jedné strany menší o průřez pístnice. Na to je třeba brát zřetel při práci pístnice v obou směrech se stejným zatížením.

Pohyb pístnice může být tlumen v krajních polohách pomocí osazeného pístu, který se při dojíždění do krajní polohy zasouvá do dutiny v čelní stěně válce, a tím dochází k utěšňování hlavního odvodu vzduchu. Stlačený vzduch tak musí být odváděn přes nastavitelný škrťací ventil, kterým lze regulovat rychlost dojezdu pístu. Uvedený princip je schematicky zobrazen na obr. č. 39.

[36; 45]



Obrázek 39 – Dvojitě činné válce s tlumením v krajních polohách [46]

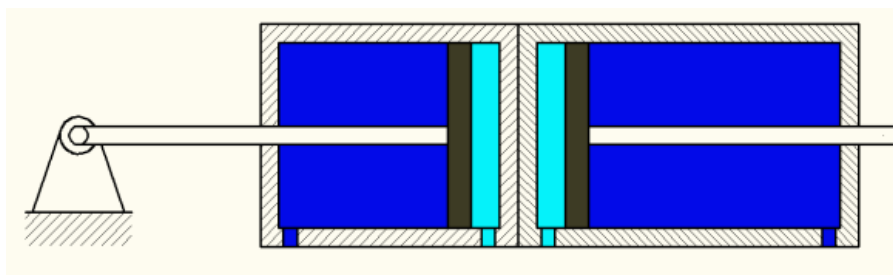
Speciální pneumatické válce

Vícepolohový válec

Vícepolohový válec umožňuje využití více poloh. Může být konstruován jako dvoupístový s pístními tyčemi vyvedenými na protějších koncích viz obr. č. 40. Lze tak získat při různých kombinacích vysunutí pístů čtyři polohy:

- Píst 1 zasunutý, píst 2 zasunutý.
- Píst 1 zasunutý, píst 2 vysunutý.
- Píst 1 vysunutý, píst 2 zasunutý.
- Píst 1 vysunutý, píst 2 vysunutý.

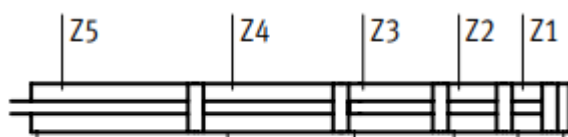
[45]



Obrázek 40 - Vícetahový válec [45]

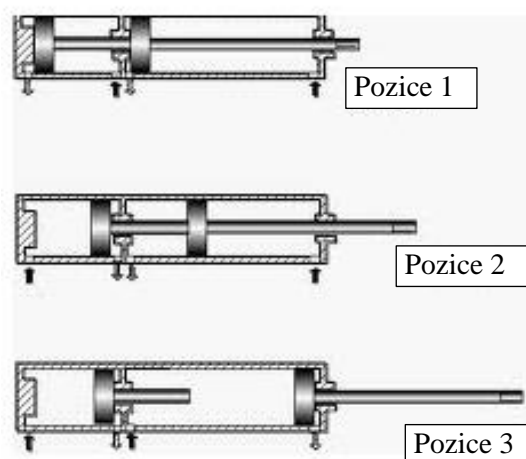
Další možná konstrukce je zobrazena na obr. č. 41 a č. 42. Postupně dochází ke stlačování pístů z1 – z5, přičemž pístnice Z1 tlačí vždy po určité vzdálenosti na píst Z2 a zbytek dráhy pístu Z2 zajistí tlak vzduchu. Takto to pokračuje dále až po Z5. V označení válce se vyskytují vzdálenosti jednotlivých poloh a platí, že každá následující poloha musí být vždy větší než předchozí poloha např. 50Z1-100Z2-150Z3-200Z4-300Z5.

[47]



$$Z5 > Z4 > Z3 > Z2 > Z1$$

Obrázek 41 - Příklad principu vícetahového válce [47]

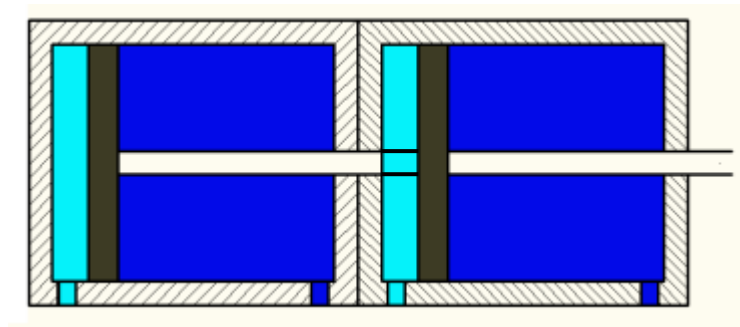


Obrázek 42 - Řez vícetahovým válcem [48]

Tandemový válec

Tandemový válec má v jednom válci za sebou dvě tlakové komory, ve kterých je daný počet pístů na společné pístní tyči, jak je znázorněno na obr. č. 43. K přívodu tlakového vzduchu na jednu stranu od pístu dochází ve všech válcích současně. Tandemový válec je tak schopen vyvinout větší sílu než klasický válec o stejném průměru pístu.

[45]



Obrázek 43 - Tandemový válec (upraveno pro účely DP) [45]

Válec nekruhového průřezu

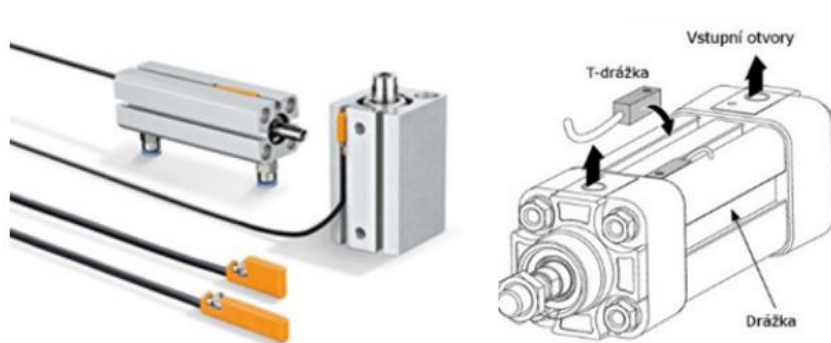
Využívají se tehdy, pokud je potřeba zamezit otáčení pístu kolem své osy. Tyto válce jsou velmi tuhé a odolné proti kroučícím momentům.

[36; 45]

Pneumatický válec s magnetem

Pro řadu aplikací je nutné sledovat polohu pístu, čehož lze dosáhnout použitím válce s magnetem a čidla. Do drážky válce se nainstaluje snímač, který detekuje přes stěnu válce pole magnetu integrovaného v pístu. Pneumatický válec se snímáním polohy je uveden na obr. č. 44.

[36]



Obrázek 44 - Detekce polohy pístu pomocí magnetického snímače [36]

Válec s vedením

U klasických válců je pístnice namáhána především na tlak ve směru její osy. V případě působení i radiálního zatížení (kolmo na osu) je vhodné využít válec s vedením, které zajistí přesnější lineární pohyb bez možnosti natočení. Při použití klasického válce může při působení radiálních sil dojít k nepřesnému pohybu, nebo předčasnému opotřebení válce. Válec s vedením je zobrazen na obr. č. 45, kde válec

slouží jako pohon a krajní vodící kolíky slouží jako lineární vedení, které může být kluzné, nebo valivé.

[36]



Obrázek 45 - Válec s vedením [49]

Výběr válce

Výběr vhodného válce velmi závisí na konkrétní aplikaci. Určujícím parametrem bývá tlačná nebo tažná síla, která je dána plochou pístu a pracovním tlakem. Hlavní parametry při výběru válce tedy jsou: průměr válce, zdvih válce, pracovní tlak (závisí na kompresoru), rychlost pístu, způsob tlumení a způsob snímání polohy.

[36]

3.3 Automatické šroubováky

V procesu montáže dochází velmi často k utahování různých typů šroubů, matic, vrtů apod., a proto je automatizace šroubování poměrně hodně rozšířeným tématem. Především ve velkosériových výroбах by ruční utahování šroubů (samozřejmě s určitými pomůckami a nástroji) bylo náročné jak z hlediska počtu potřebných pracovníků a jejich mezd, tak i z hlediska délky trvání šroubovacího procesu. Automatizace šroubování je však poměrně široký obor a její konkrétní podoba velmi závisí na dané aplikaci. Utahování šroubů je velmi úzce spjato s podáváním šroubů, a proto se často dělají šroubovací linky včetně podávání na míru pro konkrétní případ.

[50; 51; 52]

Šroubovací moduly lze rozdělit podle úrovně automatizace. Nejnižší úroveň automatizace se uplatňuje u ručního utahování šroubů (např. pomocí šroubováku). Úroveň automatizace lze zvýšit např. pomocí menších elektrických utahováků, které se po dosednutí na šroub roztočí a provedou příslušnou operaci (šroubování). Další úroveň lze dosáhnout použitím ručních robustnějších utahováků na ramenech opatřených většinou automatickým přívodem šroubů. V některých případech může být osová

přesnost šroubování zajištěna konstrukcí ramen a obsluha pouze rukou navádí šroubovací jednotku na potřebné místo. Šrouby jsou v tomto případě hadicí přiváděny přímo k ústí šroubovací jednotky. Tento typ se používá především při větším počtu šroubovacích operací na jednom dílu. Příklad rukou naváděné šroubovací jednotky je zobrazen na obr. č. 46.

[52; 53; 54]



Obrázek 46 - Poloautomatický šroubovací systém [55]

Dále lze využít poloautomatické linky, kdy je šroubovací jednotka pevně spojena s konstrukcí rámu a šrouby se určitým způsobem přivedou na příslušné místo pod šroubovací jednotku, která poté vykoná pouze pohyb ve svislé ose, a tak dojde k utažení šroubu. U této úrovně automatizace už může být zcela odstraněna lidská práce, ale metoda je spíše vhodná pro konstrukčně jednodušší výrobky.

Při nejvyšší úrovni automatizace utahování šroubů se využívá manipulátorů, kolaborativních robotů, či klasických robotů, kteří jsou schopni vykonávat i velmi složité operace. Manipulátory případně roboti si tak mohou sami zajišťovat podávání šroubů, jejich orientaci i samotné utahování včetně kontroly.

[52; 53; 54]

S typem šroubovací jednotky souvisí způsob přivádění šroubů na příslušné místo. První možností je, že šroub je přiveden přesně na určité místo obsluhou, nebo manipulátorem, a zde pak dochází k jeho utažení pomocí šroubovací jednotky. Další způsob spočívá v pohybech šroubovací jednotky i v osách x a y, jednotka nejprve nabere

příslušný šroub a následně se opět vrátí do původní pozice, kde dojde k samotnému šroubování.

Tento princip nabírání a umístění šroubů se nazývá pick and place. Princip nabrání šroubu šroubovací jednotkou může být uskutečněn za pomoci vakuové techniky nebo magnetické síly. Při volbě vakuové techniky je u ústí šroubovací jednotky vytvořen podtlak, čímž dojde k přísátí šroubu. Druhá zmíněná možnost je přitáhnutí šroubu magnetickou silou k bitu v šroubovací jednotce. Je zde ovšem nutná podmínka, aby přitahovaný spojovací prvek (šroub) byl magnetický, což např. některá nerezová ocel není, a tak by tento mechanismus nefungoval. Tyto oba principy se využívají i při nabírání šroubů či šroubování na špatně přístupných místech. Pokud se například šroubuje šroub do otvoru, kolem kterého jsou nějaké překážky, dojde k vysunutí šroubovacího nástroje z hlavy šroubováku. Nástroj je dlouhý a samozřejmě mnohem tenčí než hlava šroubováku, a tak se dostane i na špatně přístupná místa, přičemž upevnění šroubu v nástroji je zajištěno již zmíněnými principy. Využití vakuové techniky kvůli špatné přístupnosti je zobrazeno na obr. č. 47.

[53; 54; 56]

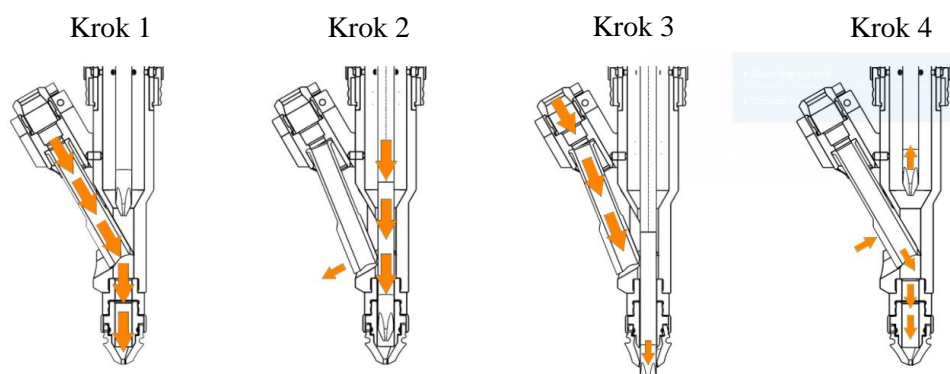


Obrázek 47 - Použití vakuové techniky k přidržení šroubu [54]

Třetí a velmi používanou možností je plně automatické podávání šroubů, jehož princip je znázorněn na obr. č. 48. V prvním kroku je přiveden šroub kyvným ramínkem do koncovky šroubovací hlavy, která přidržuje hlavu šroubu, aby nepropadl. Rozměry a tvar přívodního kanálu musí být takové, aby umožnili konkrétnímu šroubu snadný a plynulý pohyb. V druhém kroku sjede šroubovací bit až ke šroubu a při pohybu odsune kyvné ramínko. Působící síla šroubovacího bitu rozevře koncovku šroubovací hlavy (kleštinu) na větší rozměr, než je hlava šroubu, a umožní tak pohyb bitu se šroubem do

pracovní pozice. Ve třetím kroku dochází k operaci šroubování a zároveň je přiváděn další šroub do kyvného ramínka, které je stále ještě v odsunuté poloze. V posledním kroku se šroubovací bit vrací do základní polohy (vyjíždí nahoru), čímž dojde k uvolnění kyvného ramínka, které se tedy vrátí do výchozí pozice a z něj zapadne již připravený šroub do koncovky šroubovací hlavy a cyklus se opakuje.

[53; 54; 56; 57]



Obrázek 48 - Automatické podávání šroubů [57]

Dále je nutno uvést, jak se šroub dostane do přívodního kanálu, potažmo kyvného ramínka. Šrouby jsou většinou určitým způsobem orientovány např. vibračním zásobníkem, podavačem apod. a dále jsou hadicí určitého průřezu přiváděny rovnou ke koncovce šroubovací hlavy. Pohyb šroubu je nejčastěji zajištěn tlakovou silou vzduchu. Profily přepravných hlavic mohou mít různé tvary, což umožňuje přivádět různé tvary součástí. Profilované hadice jsou zobrazeny na obr. č. 49.

[54; 56]

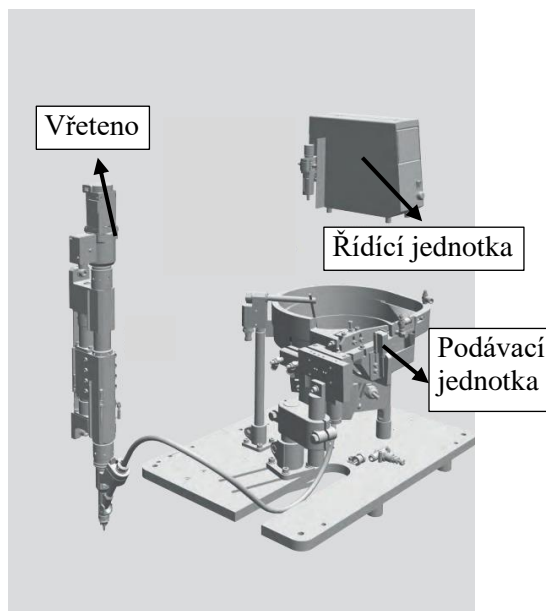


Obrázek 49 - Profily hadic pro dopravované díly [54]

Toto automatické podávání šroubů může být součástí jak ručních šroubováků, tak i automatických stacionárních šroubovacích systémů. Výhodou je především rychlejší, efektivnější a většinou i spolehlivější montáž. Celkové uspořádání je zobrazeno na

obr. č. 50. Šrouby jsou z vibračního zásobníku přesunuty přes lineární podavač do hadice, kterou se pohybují až do koncovky hlavy šroubovací jednotky.

[54; 56]



Obrázek 50 – Šroubovací stanoviště [54]

3.3.1 Metody utahování

Pro spojování součástí při montáži se často využívá šroubování (vytváření šroubových spojů), jelikož disponuje výhodami jako jsou velká únosnost nebo snadná demontáž bez poškození. Šrouby jsou tedy velmi používané strojní součásti, které se vyrábějí v nejrůznějších provedeních.

Nejdůležitějším parametrem šroubových spojů je síla předpětí, která definuje únosnost daného spoje. Toto předpětí musí být takové, aby při jakémkoliv provozním zatížení nabývalo určité, výpočtem dané, velikosti, zároveň ale nesmí překročit dovolené předpětí spoje.

Bylo by nákladné zjišťovat skutečné předpětí přímo, a proto se využívá levnějších a jednodušších nepřímých měření, která jsou považována za referenční a mají za úkol dosáhnout optimálního předpětí ve šroubu. Mezi ně patří měření utahovacího momentu šroubového spoje, úhlu natočení šroubu, doby šroubování, hodnoty tření apod.

[54; 58]

Metoda utahování řízená krouticím momentem

Jedná se v praxi o nejpoužívanější metodu, avšak výsledné předpětí je velmi náchylné na velikost tření v závitech a pod hlavou šroubu a také na kolísání utahovacího momentu šroubovacího systému. Při stejném, stále se opakujícím krouticím momentu, může výsledné předpětí šroubového spoje kolísat až o 50 %. Spoj musí být dimenzovaný tak, aby i v krajních případech (minimální a maximální předpětí) vždy dosahoval minimálního předepsaného předpětí a zároveň nikdy nepřesáhl maximální možné předpětí (nebyl přetížen). Výhodou této metody je jednoduchost technické realizace.

- Výhodou je, že utahovací moment lze lehce změřit a řídit.
- Nevýhodou je velký rozptyl síly předpětí.

[54; 58]

Metody utahování řízené úhlem otočení

Při této metodě se nejprve dotáhne šroub na prahový moment a poté je ještě dotažen o předem určený úhel pootočení, takže ze začátku je řídicí veličina krouticí moment a při dotažení je řídicí veličinou úhel pootočení šroubu. Dotahování šroubu na úhel pootočení již není závislé na tření. Vzhledem k tomu, že při řízení krouticím momentem vznikají nepřesnosti hlavně v konečné fázi dotahování, kdy hraje velkou roli tření, tak tento způsob zajišťuje přesnější výsledné předpětí (menší výkyvy síly předpětí), než je tomu u předchozí metody.

Výhody

- Konstantní předpětí je nezávislé na tření.
- Lze dosáhnout optimálního využití materiálu.

Nevýhody

- Po uvolnění již nelze šrouby použít (při utahování se dosahuje plastické deformace).
- Tuto metodu nelze používat pro všechny šroubové spoje - jsou nutné šrouby se zeslabeným dříkem.
- Zjišťování parametrů šroubování je náročné.

[54; 58]

Metody utahování řízené mezí kluzu

Při této metodě je zde řídicí veličinou kroutící moment, nebo úhel pootočení, ale k ukončení utahování dojde až na mezi kluzu šroubu, čímž dochází k maximálnímu využití materiálu. Zároveň tímto způsobem dochází k malé plastické deformaci. Tato metoda eliminuje kolísání hodnot tření, a tím hodnot předpětí. Díky maximálnímu využití materiálu lze dimenzovat šrouby menší. Tohoto principu se využívá pouze u ocelových šroubových spojení, kde platí Hookův zákon. Při malých velikostech šroubu jsou velké náklady na měřicí a řídicí techniku šroubovacího systému.

Výhody

- Předpínací síla je dosažena bez závislosti na hodnotě tření.
- Dochází k optimálnímu využití šroubu.
- Nejsou nutné žádné speciální tvary šroubů (např. šrouby se zeslabeným dříkem).
- Šroub lze po uvolnění zpravidla opět použít.

Nevýhody

- Tato metoda vyžaduje náročný šroubovací a řídicí systém.
- Metodu nelze používat pro všechny šroubové spoje.

[54; 58]

Adaptivní metoda utahování DEPRAG CFC Clamp Force Control

Tato metoda v průběhu šroubování zaznamenává závislost velikosti šroubovacího momentu na úhlu otočení a vytváří z ní funkci. Při dosednutí hlavy šroubu k podložce mění tato závislost svůj průběh, a systém tak dokáže tento okamžik zachytit a rozpoznat.

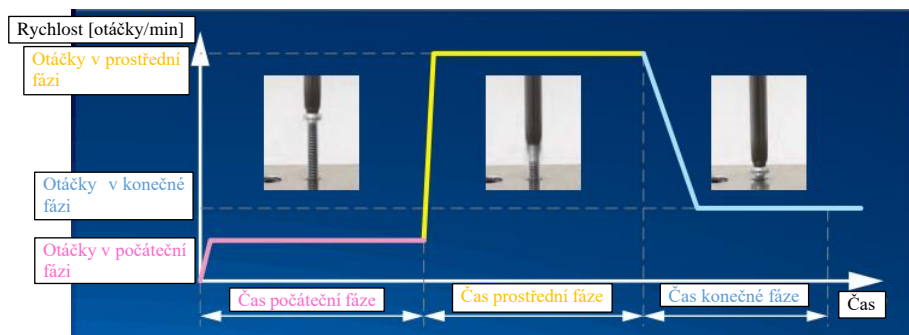
Tato metoda se tedy používá především při často měnících se podmínkách šroubování jako např. změna geometrie šroubu a otvorů, změna struktury materiálu šroubu, nebo měnící se povrchová úprava závitu šroubu. Tyto všechny příčiny vedou ke změně kroutícího momentu, který bude při této metodě zaznamenáván do funkce. Takto je dosažen vždy stejný výchozí stav (dosednutí hlavy šroubu k podložce) pro následné dotahování šroubu, a to vede k menšímu rozptylu výsledné skutečné síly předpětí.

Volba vhodné metody utahování šroubů je poměrně důležitou úlohou a záleží na konkrétním případě. Vhodnou metodou lze zajistit větší stálost předpětí šroubového spoje, což je jeden z úkolů automatizace utahování šroubů.

[58]

Na obr. č. 51 je znázorněn průběh závislosti rychlosti otáček za minutu na čase šroubování. Pro počátek šroubování jsou charakteristické pomalé otáčky, protože tak lze předejít nežádoucím jevům jako např. špatnému zapadnutí bitu do drážky v hlavě šroubu (případně špatnému nasazení ořechu na šestihrannou hlavu apod.) nebo zpříčení dřívku šroubu v otvoru v případě nesouosého šroubování. V prostřední sekci šroubování se otáčky zvýší, aby se zrychlil čas šroubování, a tím i efektivita. V posledním úseku šroubovacího procesu se otáčky opět sníží, aby nedošlo k překročení nastaveného utahovacího momentu, spojeného s poškozením šroubu. Snížené otáčky v konečné fázi způsobují snazší zastavení otáčení, jelikož za dobu odezvy šroubovací jednotky se šroub nestihne potočit o tak velký úhel natočení a zároveň nejsou tak velké setrvačné síly jako v případě vysokých otáček.

[59]



Obrázek 51 - Hodnota otáček v závislosti na fázi šroubování [59]

3.4 Lineární vedení

Lineární vedení je takové uspořádání součástí, kdy jedna se může vůči druhé pohybovat relativním pohybem. Přímé vedení lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na kluzné a valivé vedení.

[60; 61; 62]

Požadavky na lineární vedení

- Přesnost – Pohyblivá část vedení se pohybuje po nepohyblivé části s jistou přesností, která se odlišuje od geometricky přesného tvaru vedení.
- Nejmenší možná vůle – Vůle musí být dostatečně velká, aby umožňovala pohyb olejové vrstvy. Jinak je ovšem snahou mít tuto vůli co nejmenší, jelikož větší vůle způsobuje možný pohyb vedení v kolmém směru na směr pohybu vedení, a to zvyšuje nepřesnost.
- Tuhost – Požaduje se určitá tuhost vedení, aby nedocházelo k deformaci kluzných ploch nebo valivých těles, která by způsobila nepřesnost vedení.
- Odolnost proti opotřebení – Tato vlastnost zvyšuje spolehlivost a životnost vedení, protože brání deformacím stykových ploch valivých těles apod.
- Konstrukce – Měla by zajistit co možná nejmenší silové reakce od vnějšího zatížení. Staticky neurčité konstrukce jsou většinou problematické, přesto je jejich použití někdy výhodné.
- Odpor proti pohybu – V místě, kde je žádoucí aretace vedení je nutno zvýšení odporu proti pohybu. Na druhou stranu při pohybu malými rychlostmi je žádoucí mít malé tření a plynulý pohyb.
- Tlumení a kmitání – Souvisí s tuhostí soustavy, kdy soustava s větší tuhostí je odolnější vůči kmitům. Z toho hlediska jsou výhodná hydrostatická vedení. U valivých se používají tlumící odpružené lišty.

[60; 61; 62]

3.4.1 Kluzné vedení

Tento typ je nejstarší, nejjednodušší, nejméně nákladný a má širokou škálu aplikací. Obecně má kluzné vedení větší koeficient tření, větší stabilitu a tuhost než valivé vedení. Mazivo je udržováno v miniaturních jamkách, které fungují jako olejové kapsy mezi dvěma relativně se pohybujícími plochami. Vzájemný pohyb těles pomáhá rozprostřít mazivo po celé délce vedení, a tím vytvořit tenký film. Mazivo funguje jako ochrana proti zadření a tlumí vibrace. Klasické kluzné vedení lze považovat za

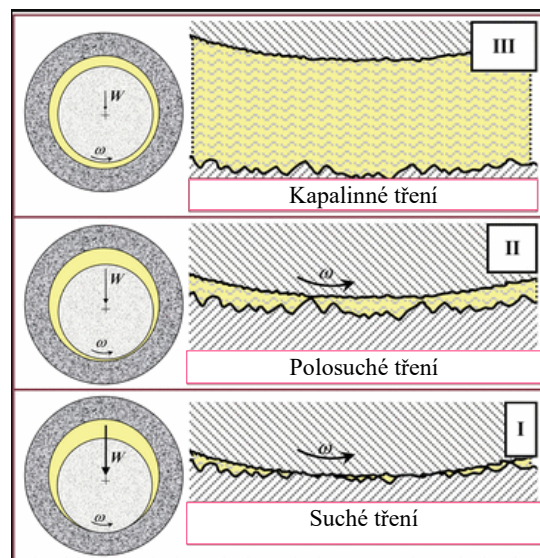
hydrodynamické, dále také existuje “speciální“ typ kluzného vedení – hydrostatické vedení.

[60; 61; 62; 63]

Kluzné vedení hydrodynamické

Při nulovém relativním pohybu obou ploch, tedy za klidu, se kontaktní plochy přímo dotýkají (svými výstupky) a nedochází k mazání. Pouze za pohybu dochází k mazání tenkou vrstvou maziva mezi styčnými plochami. Při pohybu může vznikat několik typů vrstev maziva, z nichž hlavní jsou uvedeny na následujícím obr. č. 52, který znázorňuje princip pomocí rotačních ložisek, který u lineárního vedení funguje stejně.

[63; 64]



Obrázek 52 - Typy tření u kluzného hydrodynamického vedení [64]

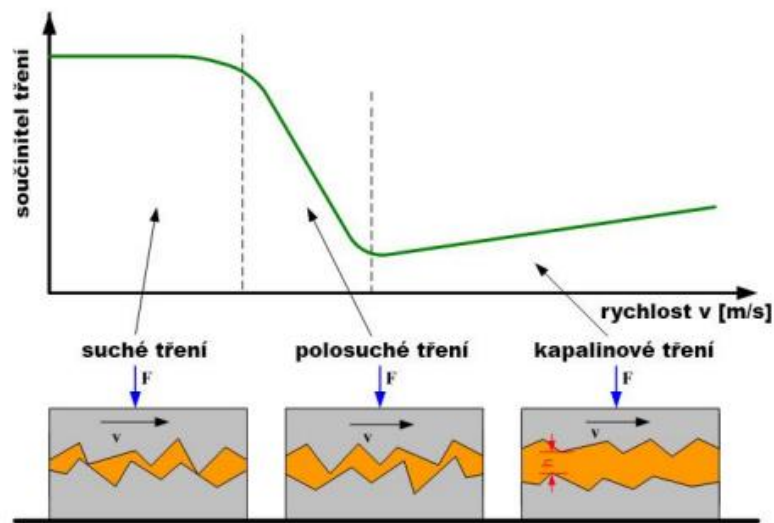
Varianta I) znázorňuje suché tření, kde není žádná vrstva maziva a dochází k přímému dotyku ploch. K tomuto jevu dochází při startu nebo doběhu vedení. Tření a opotřebení jsou zde vysoké. Varianta II) znázorňuje polosuché tření, při kterém se již mezi plochy dostává tenká vrstva maziva, ale není natolik silná, aby se plochy nedotýkaly v žádném místě. Jinak řečeno, mazivo je přítomno v tenké vrstvě, ale u nejvyšších vrcholů drsností dochází přesto k přímému dotyku. Tento stav je typický pro malé relativní rychlosti pohybu. Stav III) znázorňuje kapalinné tření, kdy vrstva maziva je natolik silná, že se již nerealizuje přímý kontakt ploch, neboť vždy je mezi nimi mazivo.

K této variantě dochází při vyšších relativních rychlostech pohybu a tření i opotřebení je zde nižší, než tomu bylo v předchozích případech.

[63; 64; 65]

Závislost součinitele tření na relativní rychlosti pohybu ploch je znázorněna na obr. č. 53, ze kterého je patrné, že za klidu je třecí síla velká a dochází tak ke stick-slip efektu – trhavý pohyb způsobený poklesem tření při uvedení tělesa do pohybu oproti statickému tření. Výhodná je oblast kapalinového tření.

[63]



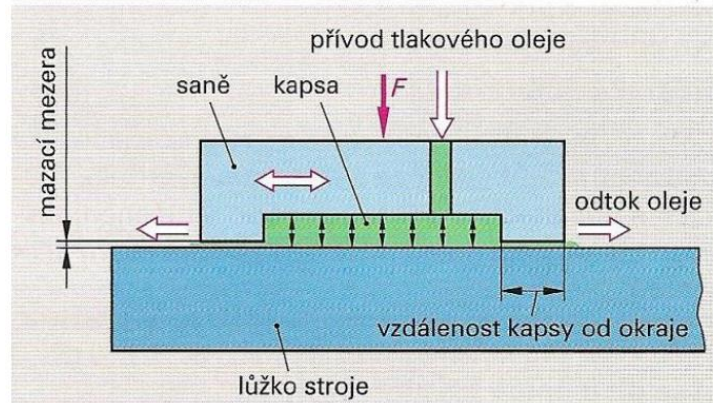
Obrázek 53 - Závislost součinitele tření na typu tření [63]

Hydrostatická lineární vedení

Je-li třeba dosáhnout extrémně přesného a tichého provozu, je nutné použít vedení, kde nedochází k přímému kontaktu vodících ploch. Mezi tyto plochy je přiváděna tlaková kapalina, která vymeze prostor mezi stykovými plochami. Dochází tedy pouze ke tření mezi kapalinou a daným materiálem povrchu, což způsobuje mnohonásobně menší tření než při provozu bez kapaliny. Nízké tření umožňuje přesnější posun do cílové polohy. Tento typ vedení má velmi dobré vlastnosti, ale vyžaduje pomocná zařízení jako např. čerpadlo, a proto je obvykle nákladný. Používá se tedy převážně u velmi přesných strojů. Konstrukce hydrostatického vedení je patrna z obr. č. 54. Čerpadlo dodává tlakovou kapalinu a přes škrtící ventil ji vhání do kapsy a do olejové mezery. Funguje zde princip samoregulace, jelikož při zvýšení zatížení F a poklesu kluzné plochy směrem dolů

se olejová mezera zmenší, a tím v ní dojde ke zvýšení tlaku. Zvýšení tlaku způsobí zatlačení na horní kluznou plochu a horní část vedení se opět nadzdvihne.

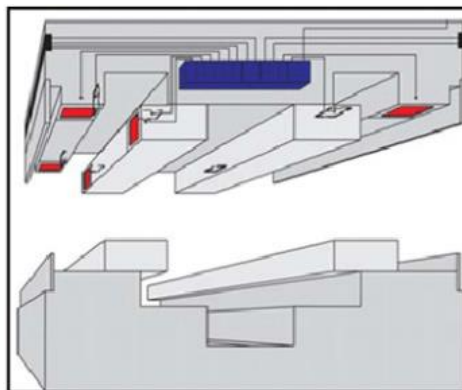
[65; 66; 67]



Obrázek 54 - Schéma hydrostatického vedení [65]

Na obr. č. 55 je uvedena možná konstrukce hydrostatického vedení a rozvod oleje do červeně označených kapes ve vedení.

[68]



Obrázek 55 - Příklad konstrukce hydrostatického vedení [68]

3.4.2 Valivé vedení

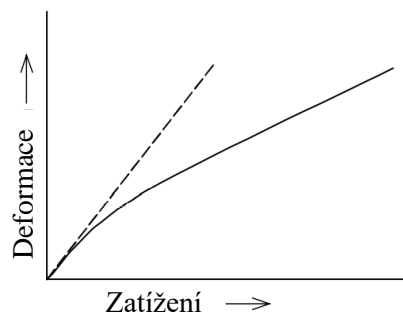
Tento typ snižuje tření využitím valivého kontaktu prostřednictvím valivých prvků (kuličky, válečky atd.). Ty jsou umístěny mezi dvěma relativně pohyblivými objekty.

[60]

Princip předpětí

Na obr. č. 56 je zobrazena závislost rychlosti deformace na zatížení. Je patrné, že z počátku je závislost téměř lineární, ale poté se mírně přiklání k ose x. Je tedy výhodné pracovat v oblasti „nad ohybem“, kde při zvyšování zatížení dochází k menšímu růstu rychlosti deformace, než je tomu v lineární části grafu. Z tohoto důvodu se používají předepjatá lineární vedení.

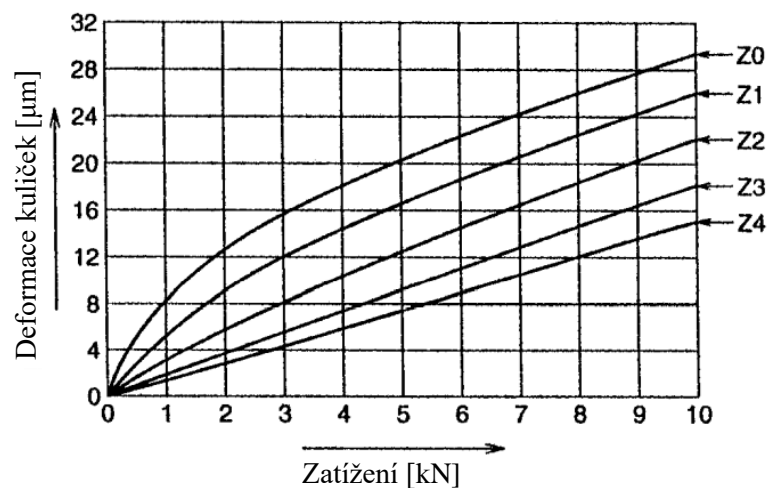
[60]



Obrázek 56 - Závislost deformace valivých elementů na zatížení [60]

Jak je znázorněno na obrázku č. 57, předpětí má tendenci snižovat deformace lineárních vedení při dodatečném zatížení. Vedení označené Z0 je bez předpětí a má větší vůli, zatímco Z4 má velké předpětí a menší vůli.

[60]

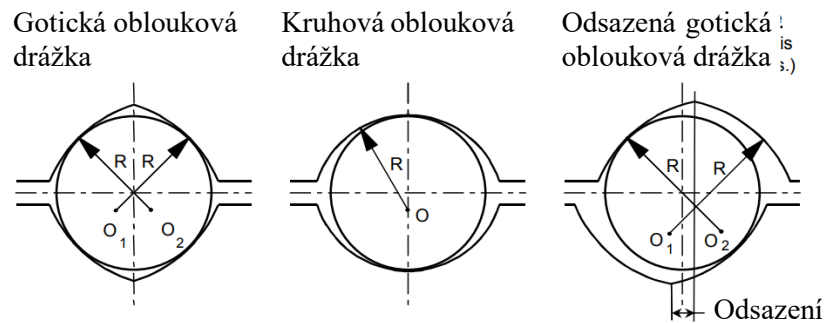


Obrázek 57 - Deformace valivých elementů [60]

Profil kuličkové dráhy

Profily dráhy pro valivé elementy jsou rozdělovány na tři základní typy viz obr. č. 58.

[60; 69]



Obrázek 58 - Profily drah valivých elementů [60]

První případ tzv. gotická drážka je tvořena dvěma oblouky. Dochází zde ke kontaktu kuličky s drážkou ve čtyřech bodech. Jedná se tedy o celkem přesné uložení s vyšším koeficientem tření, než je tomu v dalších případech.

U kruhové obloukové drážky dochází ke kontaktu s kuličkou ve 2 místech a toto uložení je tedy méně přesné. Zároveň je menší tření mezi plochami.

Odsazená gotická oblouková drážka má průsečík oblouků tvořících drážku vychýlen o určitou hodnotu. Posun je vzdálenost mezi středy dvou drážek nazývaný ofset. Ke kontaktu s kuličkou tak dochází pouze ve dvou bodech. Poloha kuličky je jasně daná a přesnost je tak vysoká. Tento typ uložení se používá u vedení alespoň se dvěma drážkami.

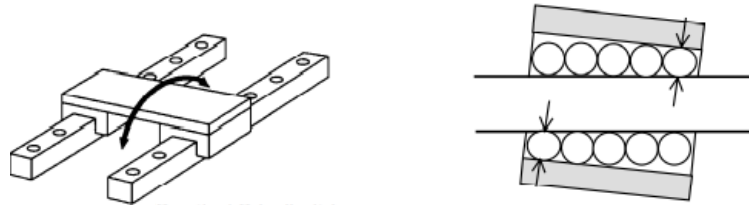
Pro nižší předpětí (odpovídající křivce Z2) lze volit konstrukci s dvěma body dotyku a nízkým třením. V oblastech vyššího předpětí (Z3 a Z4) je vhodnější už čtyřmístný kontakt mezi plochami, což způsobí větší tuhost vedení, únosnost, větší tření mezi plochami a vysokou schopnost tlumit vibrace.

[60; 69]

Tam, kde je aplikováno momentové zatížení, může dojít k mírnému náklonu horní části vedení viz obr. č. 59. To způsobí nerovnoměrné zatížení kuliček tak, že bude nejvíce namáhána první a poslední kulička, jak je znázorněno na obr. č. 12. Ostatní kuličky budou

odlehčeny a nemusí přenášet žádné zatížení. Tím bude docházet k větší deformaci krajních kuliček, většímu tření a větší rychlosti jejich opotřebení.

[60]



Obrázek 59 – Nerovnoměrné namáhání valivých prvků [60]

3.4.3 Porovnání kluzného a valivého vedení

Zde bude uveden výčet základních vlastností kluzného a valivého vedení.

Kluzné vedení hydrodynamické

- Snese větší radiální a axiální zatížení než valivé vedení.
- Tlumí vibrace a rázy lépe než valivé vedení (ale hůře než hydrostatické).
- Servis a údržba jsou jednodušší oproti valivému.
- Vyznačuje se jednoduchou konstrukcí a nižší cenou oproti valivému.
- Lze využít v extrémních teplotních podmínkách.
- Má velké třecí ztráty.
- Při rozjezdu a dojezdu klesá únosnost.
- Při malých rychlostech dochází ke stick-slip efektu.
- Při suchém tření vzniká nežádoucí teplo.
- Dosahuje menší přesnosti – v desítkách mikrometrů (např. 20 μm).

[60; 62; 65]

Valivé vedení

- Má nízké pasivní odpory.
- Dosahuje vyšší přesnosti – cca v jednotkách mikrometrů (někdy i desetiny).
- Součinitele tření je téměř konstantní (s rostoucí rychlostí se téměř nemění).

- Nedochází ke stick-slip efektu.
- Menší opotřebenění zajišťuje vyšší životnost.
- Lze smontovat s velmi malými vůlemi a s předpětím.
- Klade větší nároky na přesnou výrobu, a tedy je i vyšší pořizovací cena.
- Valivé elementy dělají konstrukci robustnější.
- Má menší schopnost tlumení rázů a kmitů.
- Je náchylné na vnikání nečistot mezi valivé elementy.

[60; 62; 65]

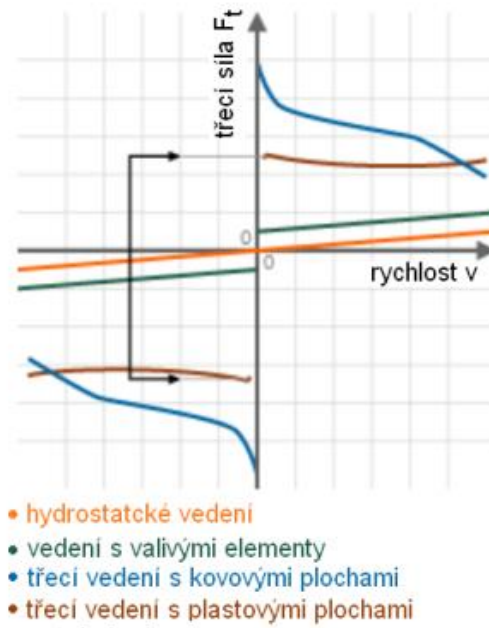
Vlastnosti hydrostatického vedení vůči hydrodynamickému

- Má velmi malý součinitel tření (i při rozjezdu a dojezdu).
- Dochází k téměř nulovému opotřebenění i při malých rychlostech (kvůli bezkontaktnímu styku ploch).
- Schopné velmi vysokého tlumení rázů a kmitů (vysoká tuhost).
- Je bez vůlí (vůle vyplněny tlakovým olejem) – velmi vysoká přesnost – pohybuje se v nanometrech.
- Vyznačuje se vysokou únosností.
- Nevýhodou je komplikovaná konstrukce a vysoké pořizovací náklady.
- Je potřeba čerpadla se složitým rozvodem tlakového oleje (včetně filtrace).
- Je nutné zajištění konstantní tloušťky tlakového oleje – nutnost bezproblémového fungování čerpadla (bez poruch).

[62; 65]

Některé vlastnosti a kritéria je obtížné obecně hodnotit. Vždy záleží na konkrétní konstrukci, takže v určitých případech tato srovnání nemusí platit. Například složitost konstrukce a montáže nebo dosahovaná přesnost velmi závisí na konkrétním případě a nelze to stoprocentně zobecnit.

Na obr. č. 60 jsou uvedeny závislosti součinitele tření na rychlosti pohybu vedení.



Obrázek 60 - Velikost třecí síly [70]

Z obrázku je patrné, že kluzné vedení z plastových materiálů bude mít menší tření oproti kovovým vedením, ale pouze do určité rychlosti. Valivé vedení má mnohonásobně nižší tření oproti kluznému vedení a má téměř lineární charakter. Podobně tomu tak je i u hydrostatického vedení, které má tření ještě o něco nižší než valivé vedení.

[70]

4. Automatizace montáže ve firmě Tremis s.r.o.

Praktická část této diplomové práce spočívá ve vytvoření návrhu poloautomatické linky na montování svorek pro hromosvody.

Při navrhování bylo spolupracováno s firmou Tremis s.r.o., což je výrobce součástí pro hromosvody a uzemnění a zároveň také zadavatel této práce. Dále bylo nutné navázat spolupráci s firmou se zkušeností s výrobou automatických jednoúčelových linek (strojů), konkrétně tedy s firmou FPA MACHINERY s.r.o.

Firma Tremis vyrábí poměrně široké množství různých svorek, které slouží většinou pro spojování drátů hromosvodu, zemnicích pásek, nebo drátu se zemnicí páskou. Některé tyto svorky jsou velmi podobné a zároveň se jich vyrábí velké množství, což společně vede k potřebě automatizace jejich montáže.

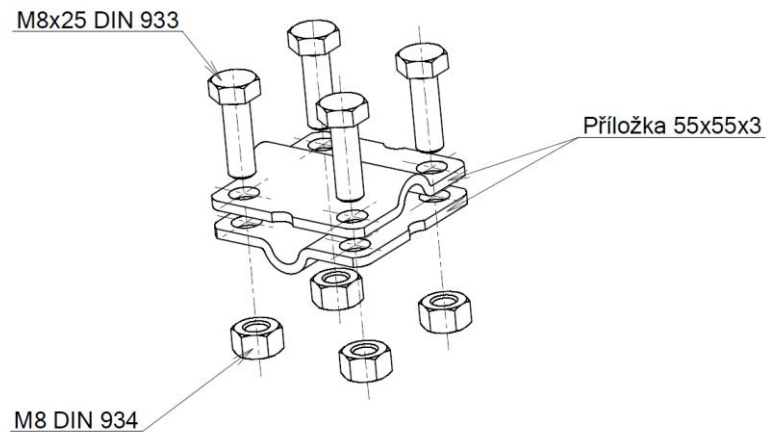
4.1 Zadání

V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny různé typy svorek, které mají být montovány na poloautomatické lince. Svorka se vždy skládá ze 2 polotovarů (desek), kterých jsou dva typy (rovná a s prolisem), ze čtyř šroubů M8x25 DIN 933 a ze čtyř matic M8 DIN 934. Tři typy svorek jsou z oceli žárově pozinkované a další 3 svorky jsou konstrukčně téměř stejné, ale z nerezové oceli. Nerezové desky mají tloušťku 2,5 mm, zatímco ocelové 3 mm. Ocelové rovné desky mají na čtyřech místech prolisy a z druhé strany výstupky, což napomáhá lepšímu oddělení desek od sebe při zinkování. Výstupky jsou ve svorce vždy vně, aby se nezmenšovala plocha kontaktu se zemnicí páskou. Šrouby a matice jsou pro ocelové žárově pozinkované svorky také ocelové žárově pozinkované.

Tabulka 1 - Zadané svorky určené k poloautomatické montáži

Číslo	Označení svorky	Popis desek	Materiál	Výroba [ks/rok]
1	SR 2b	2 rovné	ocel + Zn	350 000
2	SR 3b	1 rovná + 1 s prolisem	ocel + Zn	270 000
3	SK	2 s prolisem	ocel + Zn	160 000
4	SR 2b N	2 rovné	nerez	5 000
5	SR 3b N	1 rovná + 1 s prolisem	nerez	2 000
6	SK N	2 s prolisem	nerez	172 000

Montáž je schematicky znázorněna na obr. č. 61.



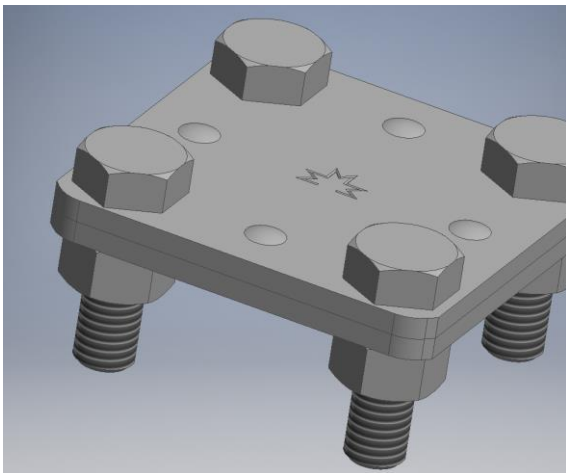
Obrázek 61 - Schéma montáže svorky

Dále bude uveden detailnější popis již zmíněných svorek včetně výkresů desek, z nichž se dané svorky montují.

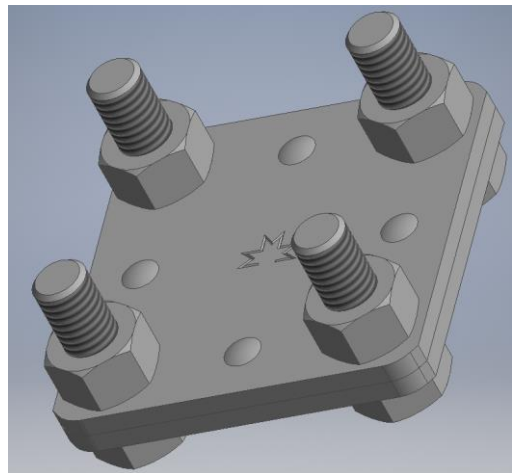
4.1.1 Typy svorek

Zde budou uvedeny typy montovaných svorek, pro které má být navrhnutá poloautomatická montážní linka. Na obrázcích budou vždy modely svorek a výkresy jejich polotovarů.

Svorka SR 2b



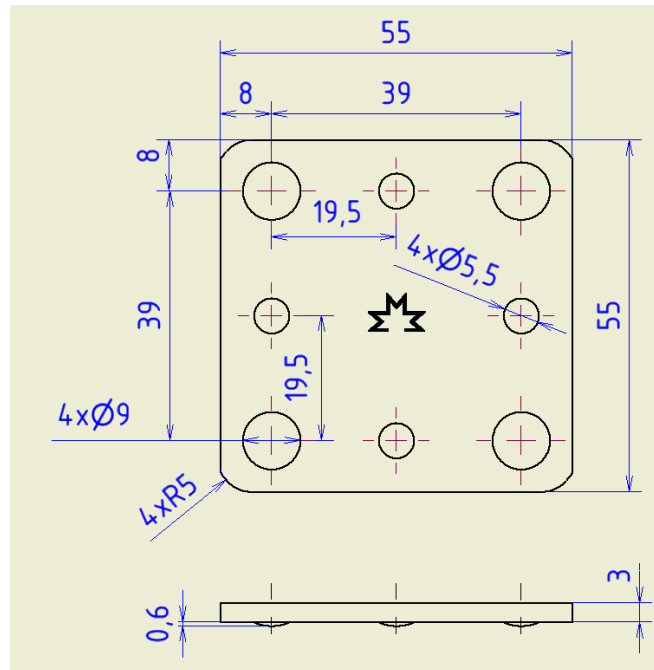
Obrázek 62 - Svorka SR 2b



Obrázek 63 - Svorka SR 2b (2)

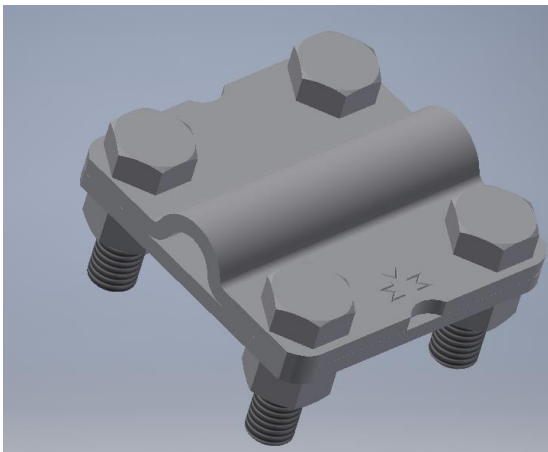
Výkres desky SR 2bd

Na obr. č. 64 jsou zakótovány důležité rozměry rovné desky SR 2bd. Písmeno d značí pouze fakt, že se jedná o polotovár (desku).

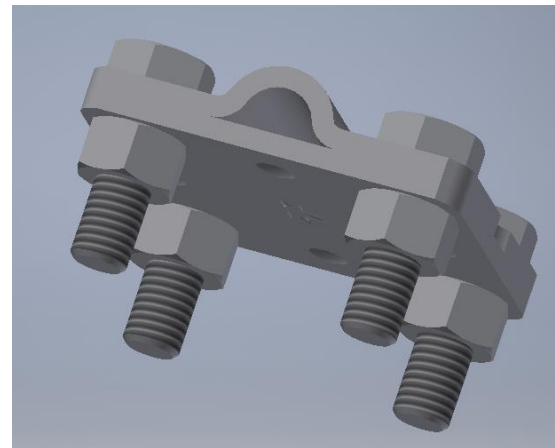


Obrázek 64 - Výkres desky SR 2bd

Svorka SR 3b

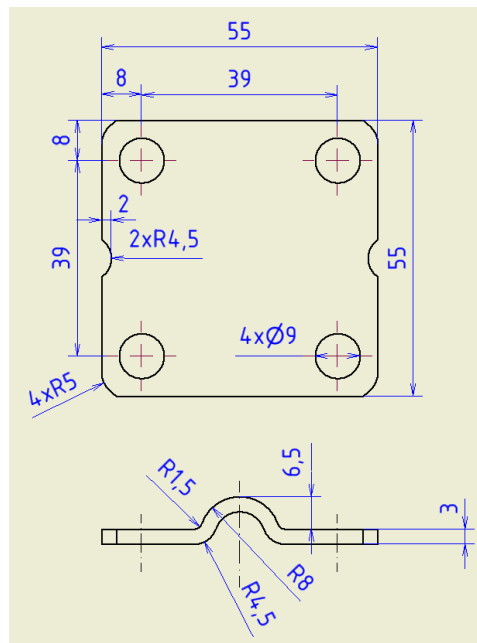


Obrázek 65 - Svorka SR 3b



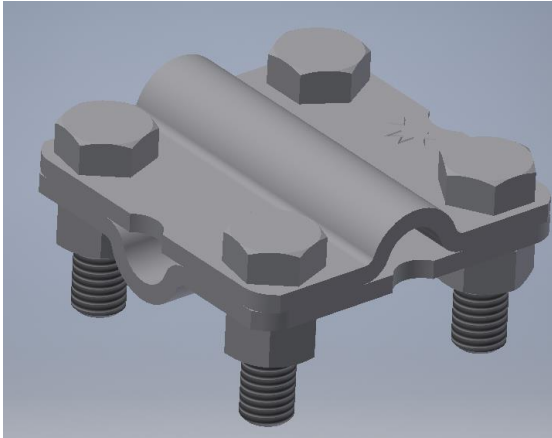
Obrázek 66 - Svorka SR 3b (2)

Výkres desky SR 3bd

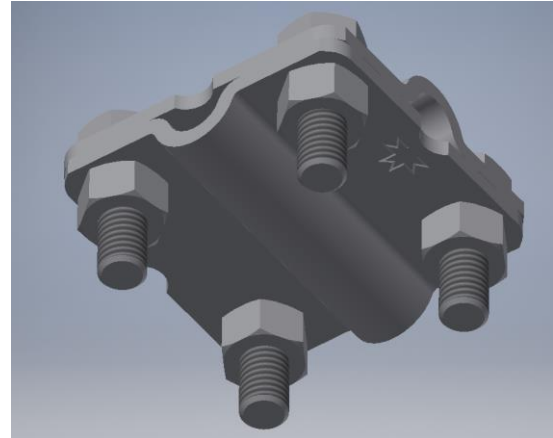


Obrázek 67 - Výkres desky SR 3bd

Svorka SK



Obrázek 68 - Svorka SK

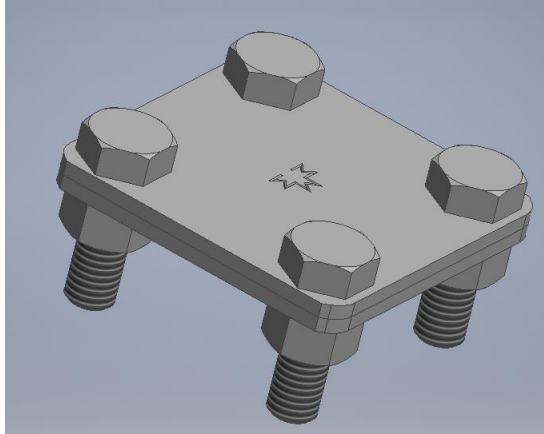


Obrázek 69 - Svorka SK (2)

Zde výkres není uveden, jelikož svorka SK se skládá ze dvou desek SR 3bd, které jsou na obr. č. 67.

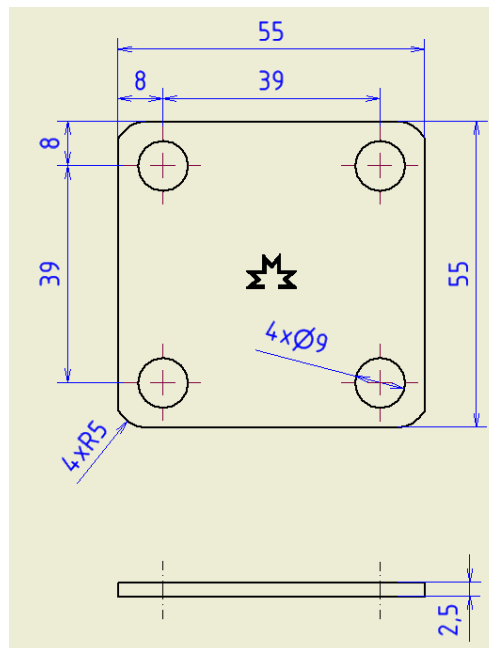
SR 2b N

Tato svorka je víceméně stejná jako svorka SR2b, pouze je nerezová, nemá na povrchu prolisy (a výstupky), jelikož se nezinkuje. Tloušťky desek u všech nerezových svorek jsou pouze 2,5 mm. Šrouby a matice jsou pro nerezové svorky také nerezové.



Obrázek 70 - Svorka SR 2b N

Výkres desky SR 2bd N



Obrázek 71 - Výkres desky SR 2bd N

Modely svorek SR 3b N a SK N už zde nebudou uvedeny, jelikož by byly stejné jako svorky SR 3b a SK, pouze se stejnými úpravami jako u předchozí svorky SR 2b N (nerez, bez prolisů, tloušťka 2,5 mm).

4.2 Analýza současného stavu

Polotovary, z nichž se svorky skládají, se vyrábějí přímo ve firmě na excentrických lisech tvářením za studena, následně jsou povrchově upraveny v externí zinkovně žárovým zinkováním s odstředivkou. Rovné desky, SR 2bd se musí před zinkováním smíchat s jinými výlisky, které mají nějaké tvarové výstupky, aby při zinkování nedocházelo ke slepení rovných ploch, takže po přivezení ze zinkovny se výlisky musí roztrždit. Dále se bedny s deskami převezou vysokozdvížným, nebo paletovým vozíkem do montážní dílny. Pracovnice, provádějící montáž, si vždy dojde k ocelové bedně s deskami a magnetickým naběrákem (nebo ručně u nerezových součástek) přendá desky do plastové přepravky, kterou si odnese na pracovní stůl, kam ji obsluha montáže donese šrouby a matice v krabicích z vedlejšího skladu. Při samotné montáži se k sobě dají dvě desky, do jejichž děr se zasunou čtyři šrouby a mírně se pak jedním šroubem zatlačí na elektrický utahovák, do něhož byla ručně vložena právě jedna matice a šroub s maticí se utáhnou. Toto se opakuje pro všechny čtyři šrouby a poté je hotová svorka umístěna do plastové bedny. Nakonec pracovnice napočítá vyrobené svorky a vloží je do pytlů. Pytle jsou pak pomocí paletového a vysokozdvížného vozíku přemístěny do prodejního skladu, odkud jsou dále expedovány odběratelům.

4.2.1 Ekonomické hledisko

V současném stavu smontuje průměrná pracovnice 1300 kusů svorek denně a předpokládá se, že linku bude obsluhovat jedna pracovnice. Při uvažování 250 pracovních dní se musí ale odečíst 25 dní dovolené a zhruba 15 dní další absence (zdravotní a osobní důvody). Je nutné tedy počítat s 210 dny, kdy pracovnice opravdu pracuje osm hodin. Jedna pracovnice tedy smontuje 273 000 kusů svorek za rok ($1300 \text{ ks/den} * 210 \text{ dní}$). Na smontování 815 000 kusů za rok je tedy potřeba tří pracovnic ($815 000 \text{ ks/rok} / 274 300 \text{ ks/rok}$). Průměrná měsíční mzda pracovnice, určená z celkové roční mzdy včetně 13. platu, prémie apod. je 31 000 Kč/měsíc. Dále je třeba zahrnout odvody zaměstnavatele za zaměstnance ze mzdy, které činí 33,8 % (9 % zdravotní pojištění a 24,8 % sociální pojištění), takže měsíční náklady na zaměstnance jsou 41 478 Kč ($1,338 * 31 000 \text{ Kč/měsíc}$), což je 497 736 Kč ročně. Dále je k tomu potřebné přičíst náklady spojené s pracovníci, jako např. příspěvky na stravování – cca 10 000 Kč/rok a pracovní pomůcky (montérky, boty, rukavice apod.) – 20 000 Kč/rok. Další aspekty jako úspora místa v šatně, větší potřebná plocha v dílně atd. zde už nebudou uvažovány.

Celkové roční náklady na zaměstnance tedy činí 527 736 Kč (497 736 Kč + 10 000 Kč + 20 000 Kč), takže tři pracovnice montáže představují pro firmu náklady ve výši 1 583 208 Kč ročně.

4.3 Potřebný takt montáže

Z tabulky č. 1 vyplývá, že ocelových svorek se montuje 636 000 ks/rok a nerezových 179 000 ks/rok, což dohromady je 815 000 kusů svorek za rok. Orientačně lze uvažovat, že rok má 250 pracovních dní a stroj bude v provozu sedm hodin denně, protože je v chodu pouze s obsluhou a zároveň bude po nějakou dobu seřizován, opravován apod. Takt lze pak vypočítat takto:

$$\text{takt} = \frac{250 \text{ dní} * 7 \text{ h/den} * 60 * 60}{815 000 \text{ kusů/rok}} = 7,7 \text{ s}$$

Dále je dobré vzít v úvahu možnost navýšení prodeje těchto druhů svorek, a tím i potřebu rychlejšího taktu v budoucnu. Takže, aby se pomocí poloautomatické linky dalo smontovat celoroční množství výrobků včetně určité rezervy, měl by se takt montáže pohybovat do sedmi sekund.

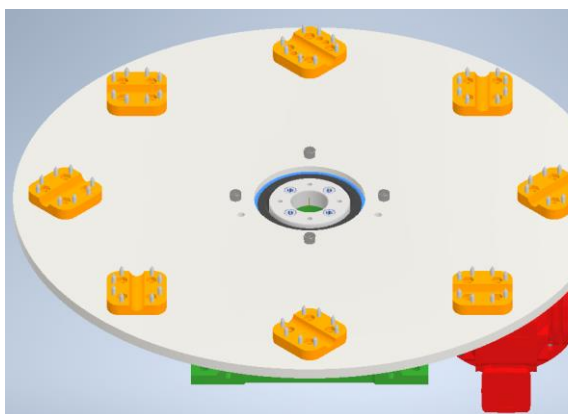
4.4 Návrh poloautomatické montážní linky

Stěžejní částí pro návrh poloautomatické montážní linky pro zadané svorky bylo vymyslet princip zakládání matic, desek a šroubů a jejich následného utažení. Nejprve však bylo nutno vybrat vhodný typ poloautomatické montážní linky. Z hlediska plynulosti pohybu linky je vhodnější přerušovaný (přetržitý) pohyb, kdy linka vždy v určitých pozicích zastaví, aby bylo možno provést příslušné operace (zakládání matic apod.). Pracovní hlavy jednotlivých pracovišť tak můžou být nepohyblivé, což je konstrukčně jednodušší a ekonomicky mnohem výhodnější. Dále bylo nutné zvolit druh pohybu linky tedy, zda bude linka konat rotační pohyb, nebo lineární. Vybrán byl rotační stůl (karusel), jelikož oproti lineárnímu typu linek má mnoho výhod jako např.:

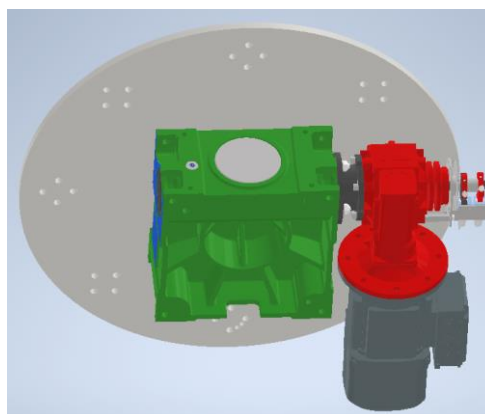
- Vyznačuje se jednoduchou konstrukcí a jednoduchou realizací rotačního pohybu, s poměrně přesnou opakovatelností dané polohy.
- Není nutno řešit vracení zakládajících přípravků (případně vozíků) zpět na začátek linky.

- Lineární linka musí být uzavřená, vyskytují se v ní rohové části dráhy a bývá tedy rozměrnější a konstrukčně složitější než karusel, u kterého je většinou zastavěná plocha menší.
- Vzhledem k výše zmíněným bodům je mnohem levnější.

Rotační stůl byl zkonstruován podle podkladů od dodavatele těchto karuselů, s nímž firma FPA MACHINERY s.r.o. již v minulosti spolupracovala. Karusel má průměr 800 mm a je spolu s motorem zobrazen na obr. č. 72 a č. 73.



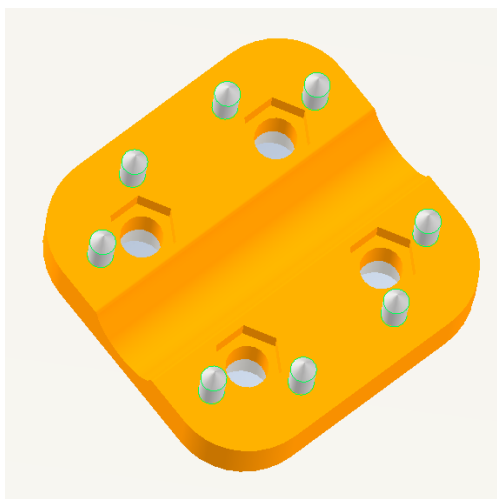
Obrázek 72 - Karusel s ustavujícími přípravky



Obrázek 73 - Karusel s motorem

Na otočné desce karuselu je umístěno osm ustavujících přípravků (nosičů) rozmístěných vždy po 45° jak je patrné z obr. č. 72. Poloha každého ustavovacího přípravku takto představuje stanoviště, kde budou při zastavení karuselu provedeny příslušné operace. Po provedení příslušné operace se deska karuselu vždy pootočí o 45° a cyklus se bude opakovat. V zadání byl určen takt přibližně sedm sekund, reálně se doba taktu skládá z doby nejdelší operace a doby pootočení karuselu o 45° (o jedno stanoviště), takže karusel bude stát (netočit se) přibližně šest sekund. Snahou tedy bude, aby všechny operace vyžadující stacionární polohu karuselu, byly provedeny maximálně do šesti sekund.

Ustavovací přípravek je těleso, která má v sobě čtyři otvory pro průchod šroubů, čtyři vyfrézované šestihřanné otvory pro zapadnutí matic, drážku pro prolis desky SR 3bd a SR 3bd N a osm přesně umístěných kolíků pro ustavení montované desky. Tento ustavovací přípravek je vidět na obr. č. 74.

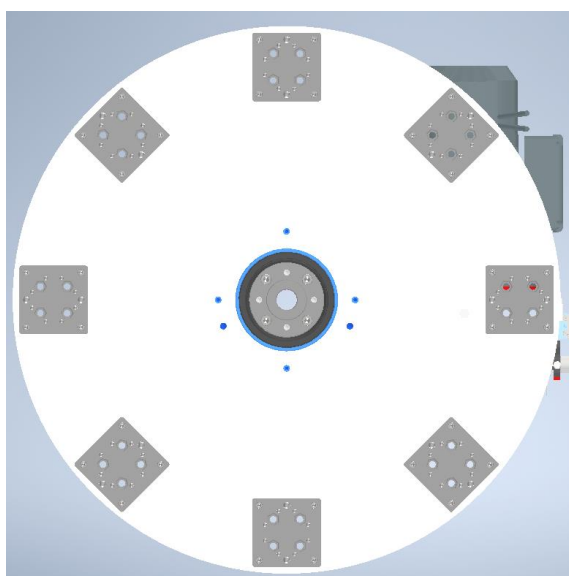


Obrázek 74 - Ustavující přípravek

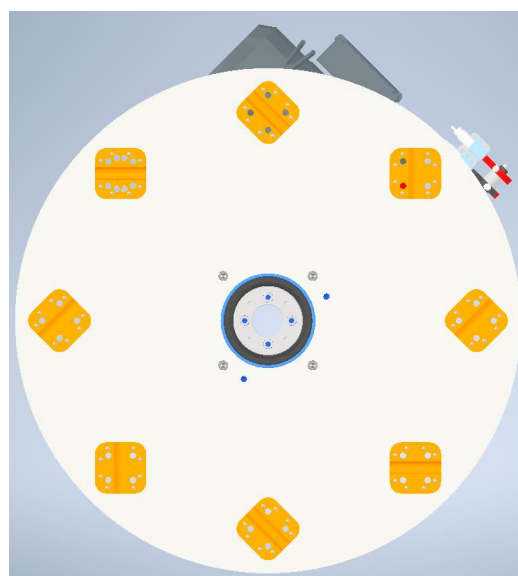
Drážka pro prolis je hlubší než samotný prolis, aby v žádném případě nedošlo ke špatnému zapadnutí desky do přípravku. Svorkám, které mají spodní desku bez prolisu, nebude drážka vadit.

Všechny pozice (stanoviště) dané polohou ustavovacích přípravků nebudou využity, jelikož prvky potřebné k zakládacím a utahovacím operacím jsou rozměrné, tak mezi nimi musí někdy být jedno stanoviště vynecháno. Další příčinou vynechání stanoviště je i lidská obsluha, která také potřebuje více místa a nemůže být v těsném kontaktu s pohybujícími se díly.

Konstrukčních možností bylo navrhováno více, jak ukazuje obr. č. 75 a č. 76. Nakonec bylo vybráno řešení z obr. č. 76, které je nejvýhodnější. Detailnější vysvětlení bude popsáno později při návrhu jednotlivých stanovišť.

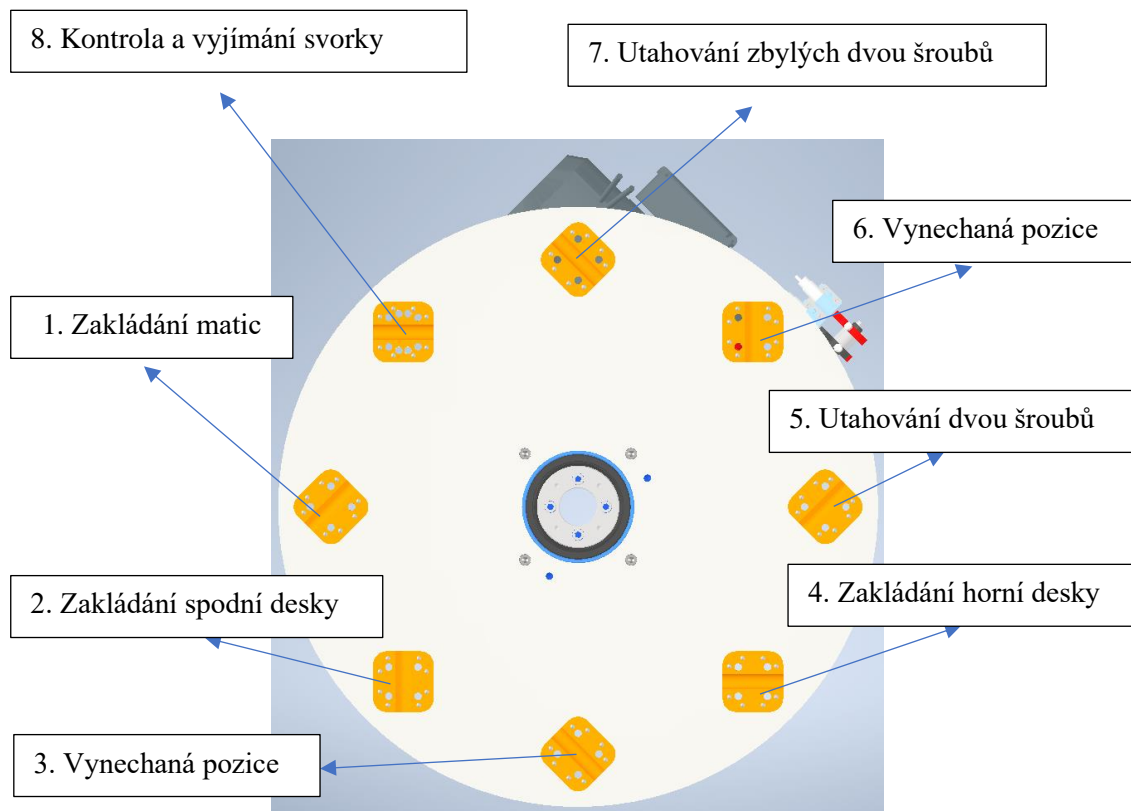


Obrázek 75 - Varianta uspořádání 1



Obrázek 76 - Varianta uspořádání 2

Pro lepší následnou orientaci je na obr. č. 77 schematicky zobrazeno konečné rozmístění konkrétních dílčích úkolů na jednotlivých stanovištích, což vyplynulo až později v průběhu konstruování celé linky.



Obrázek 77 - Základní uspořádání stanovišť

Variant celkového uspořádání a principů uspořádání jednotlivých stanovišť bylo zvažováno několik, ale toto uspořádání se ukázalo jako nejlepší. Nejprve se založí matice, poté se postupně založí obě desky, a nakonec budou do závitů matic zašroubovány šrouby. Další variantou by bylo např. nejdříve založit šrouby, na ně nasadit obě desky, následně na šrouby vložit matice, a na závěr utáhnout šrouby, což by celé bylo konstrukčně hůře proveditelné. Záleželo by na mnoha dalších faktorech, např., zda by šrouby byly zakládány dříkem nahoru a v konečné fázi by byly utahovány ze spodu, nebo by byla utahována matice (ze shora) a šroub pouze zajištěn, nebo by šrouby byly dříkem dolů a desky by na ně byly nasazovány ze spodu atd. Jak již bylo zmíněno, vybrané řešení se zdá být výhodné především díky snadnému zakládání všech prvků nebo např. elegantnímu přidržování matic šestihranným otvorem při utahování šroubů.

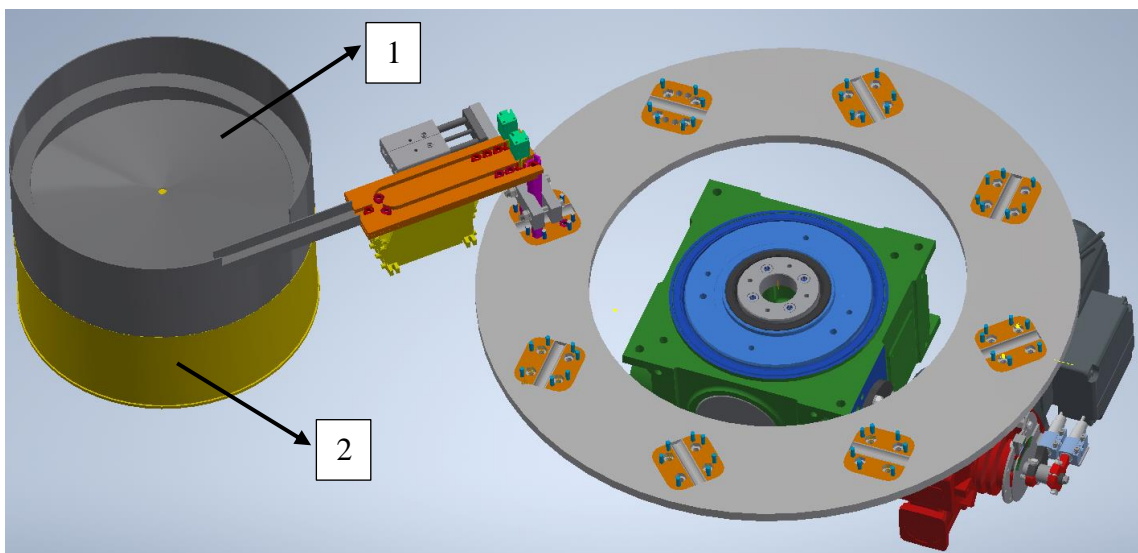
Dále se práce bude zabírat popisem jednotlivých stanovišť, případně popisem jejich variant. Všechny varianty nejsou zkonstruovány tak, aby se podle nich mohla zadávat výroba, někdy chybí šrouby nebo není dořešeno detailní spojení dvou prvků. Jedná se tedy pouze o návrhy, ze kterých bude vybrán ten nejlepší. Ten pak bude zpracován do detailu, ale to už nebude předmětem této práce.

4.4.1 Zakládání matic – stanoviště 1

Cílem prvního stanoviště je založení všech čtyřech matic do šestihranných otvorů vyfrézovaných v ustavovacím přípravku. Pro toto stanoviště byly vytvořeny tři hlavní varianty, které zde budou popsány. Všechny tři varianty mají společné dosypání matic do vibračních kruhového zásobníku, o což se bude starat obsluha této poloautomatické linky, která tedy bude muset jednou za určitý časový úsek např. jednou za hodinu vysypat krabici matic do vibračního zásobníku. Vibrační zásobník matice zorientuje a dopraví do lineárního vibračního dopravníku. Přesné konstrukční řešení vibračního dopravníku nebo lineárního vibračního dopravníku bude poptáno u externí firmy, která se touto problematikou zabývá a ve variantách této diplomové práce budou naznačena pouze principiálně možná řešení.

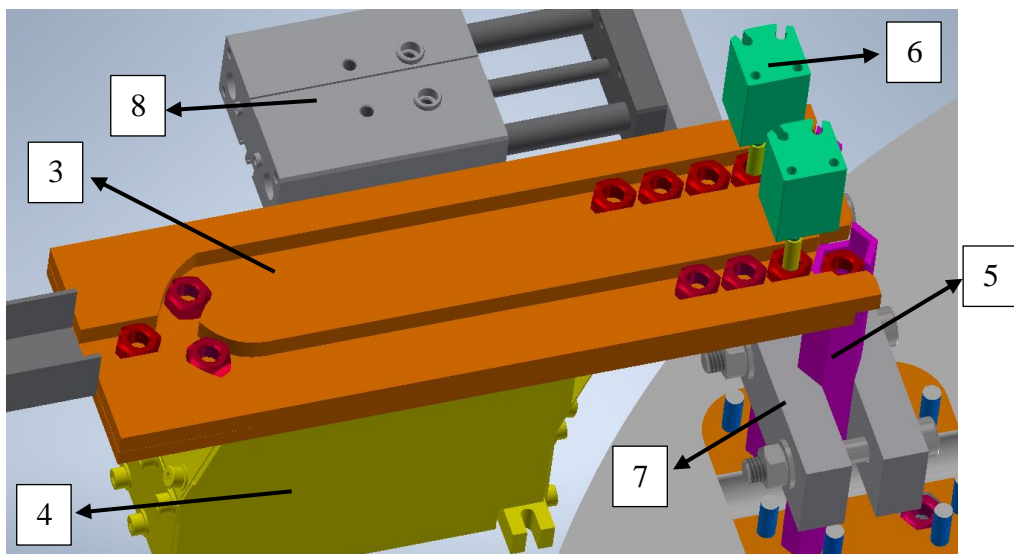
Zakládání matic – varianta A

Varianta A je zobrazena na obr. č. 78. V této variantě budou matice nasypány do vibračního zásobníku (pozice 1), který je poháněn kruhovým pohonem (pozice 2).



Obrázek 78 - Zakládání matic - varianta A

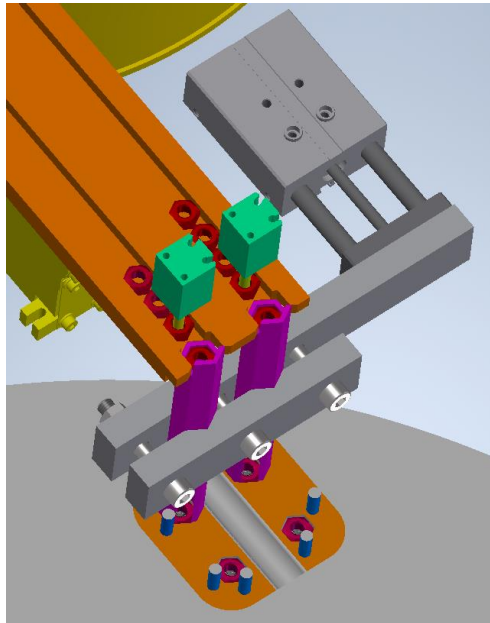
Dále budou matice dopraveny do lineárního vibračního dopravníku (pozice 3), který je poháněn lineárním pohonem (pozice 4) viz obr. č. 79. Dráha v lineárním dopravníku bude rozdvojená, a matice se tak budou rovnat do dvou řad. Na konce řad dopravníku navazují šestihřanné trubky (pozice 5), kterými budou matice vedeny až k ustavovacímu přípravku. Pneumatické válce (pozice 6) vždy přidržují poslední matici před šestihřannou trubkou. Trubky jsou sevřeny svěrným spojem mezi deskami (pozice 7), které jsou sešroubovány šrouby. K těmto deskám je přidělán pneumatický válec s vedením (pozice 8), který posouvá přímočarým pohybem desky, a tedy i šestihřanné trubky k zadním dvěma otvorům v ustavujícím přípravku.



Obrázek 79 - Princip zakládání matic - A

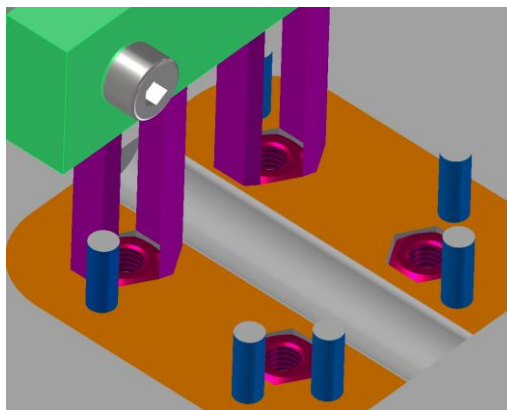
Obr. č. 80 poskytuje další pohled na kterém bude vysvětlen princip. Matice na sebe díky vibracím lineárního podavače tlačí, a tak dochází k posunu poslední matice do šestihřanné trubky, která je celá vyplněna maticemi až po ustavující přípravek. Kdyby tomu tak nebylo, mohla by se matice při pohybu dolů v šestihřanné trubce natočit a zaklínit. V momentě pootočení karuselu do příslušné polohy a jeho následného zastavení dojde k zapadnutí spodních matic do šestihřanných otvorů v ustavujícím přípravku. Tímto je umožněn přísun nové matky do horní pozice v trubce a následně dojde k vysunutí dvou pístnic z pneumatických válců (pozice 6) do otvorů předposledních matic v obou dráhách, čímž se řady matic zajistí proti pohybu. Poté se píst pneumatického válce s vedením (pozice 8) vysune a přesune tak šestihřanné trubky nad zbylé dva šestihřanné otvory v ustavovacím přípravku, po kterém se pohybují (s třením) obě spodní matice. Po dosažení vysunuté polohy pístu válce zapadnou opět obě spodní matky do otvorů a píst válce se poté opět zasune do původní polohy. Po dosažení původní polohy

se může karusel opět uvést do pohybu a zároveň dojde k výsunu pístnic obou válců (pozice 6) z otvorů matek, a tím bude umožněn opětovný přísun matky do horní pozice trubky.



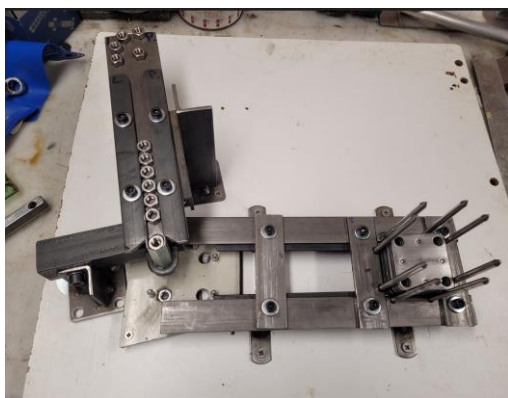
Obrázek 80 - Detail zakládání matic - A

Šestihranné trubky jsou na protějších stranách odfrézované tak, aby nepřekážely středícím kolíkům, které jsou součástí otočné desky karuselu viz obr. č. 81.



Obrázek 81 - Detail zakládání matic – A (2)

Tato varianta se zdála být konstrukčně poměrně jednoduchá a pro ověření její funkčnosti byly vyrobeny prototypy, na kterých se vyzkoušelo právě ono posouvání matic po přípravku a jejich zapadávání do otvorů. Prototyp dokázal správné fungování této varianty a je zobrazen na obr. č. 82 a č. 83.



Obrázek 82- Prototyp zakládání matic

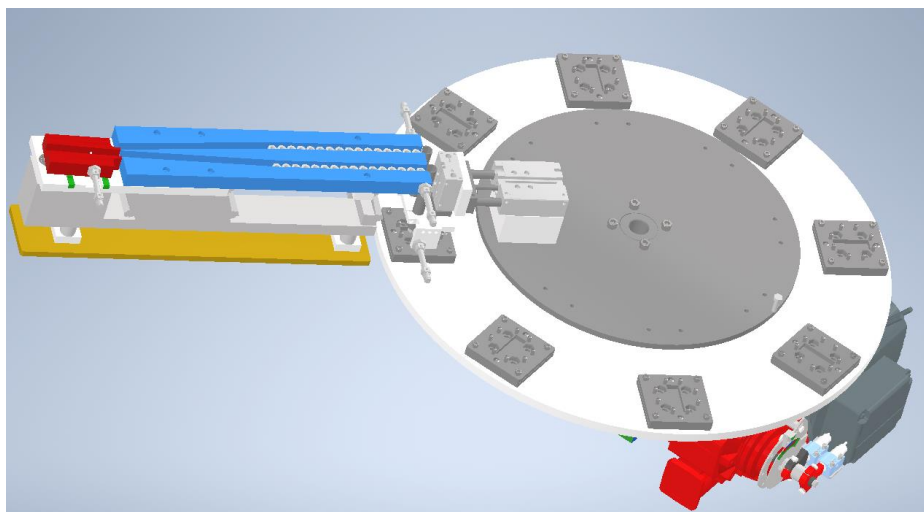


Obrázek 83 - Prototyp zakládání matic (2)

Velkou nevýhodou této varianty je neustálé posouvání matic po karuselu, což by vedlo k jeho brzkému opotřebení, a tak i ke zvýšení nákladů (už takto musí být z kvalitního ořezuvzdorného materiálu). Tato varianta by ovšem stejně nebyla funkční, a to z důvodu zapadnutí spodních matic do drážky pro prolis v ustavujícím přípravku, ke kterému by došlo při otáčení stolu. Tento nedostatek by způsobil, že by varianta A byla použitelná pouze pro svorky SR 2b a SR 3b a nikoli pro svorky SK.

Zakládání matic – varianta B

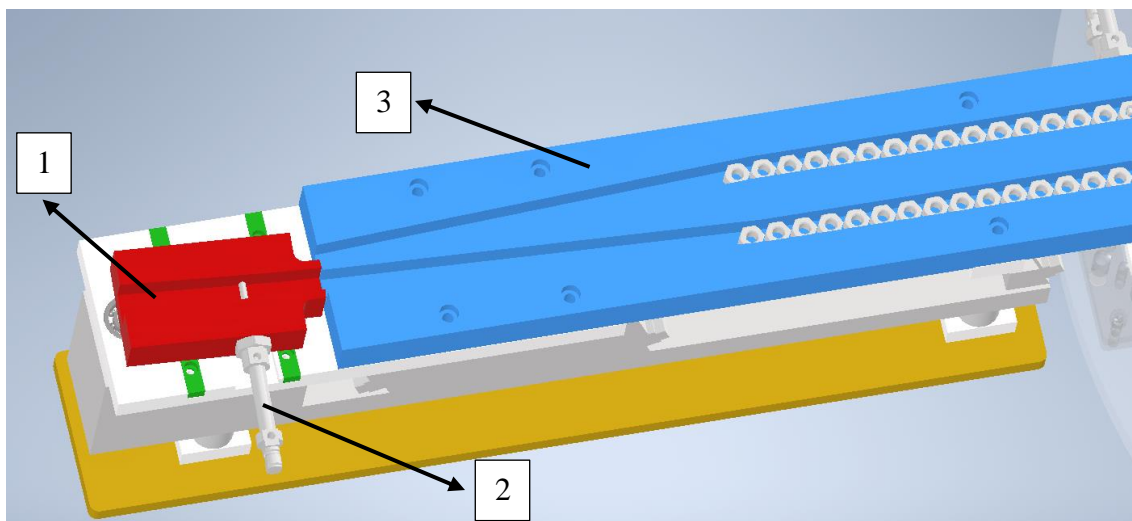
Varianta B je zobrazena na obr. č. 84. Orientování matic kruhovým vibračním zásobníkem by probíhalo totožně jako u předchozí varianty.



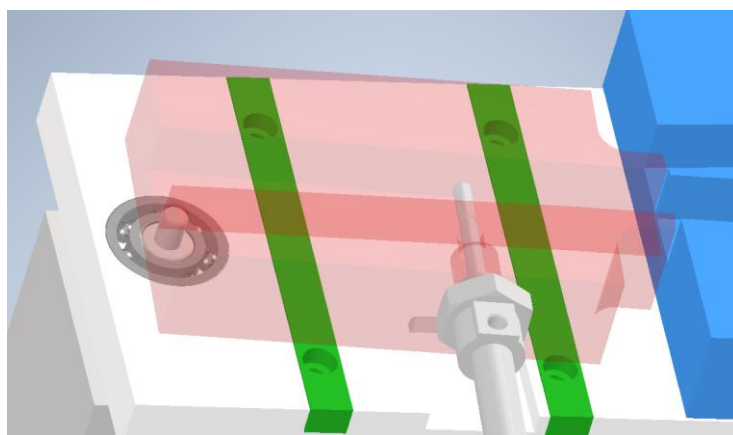
Obrázek 84 - Zakládání matic - varianta B

Rozdíl je až ve způsobu rozdělení drah matic v lineárních dopravníku, které je detailně zobrazeno na obr. č. 85. Matice jsou vedeny v dopravníku (pozice 1), který je

pneumatickým pístem (pozice 2) pootáčen k drahám v další části dopravníku (pozice 3). Pootáčení je umožněno rotačním uložením pomocí radiálního ložiska viz obr. č. 86.



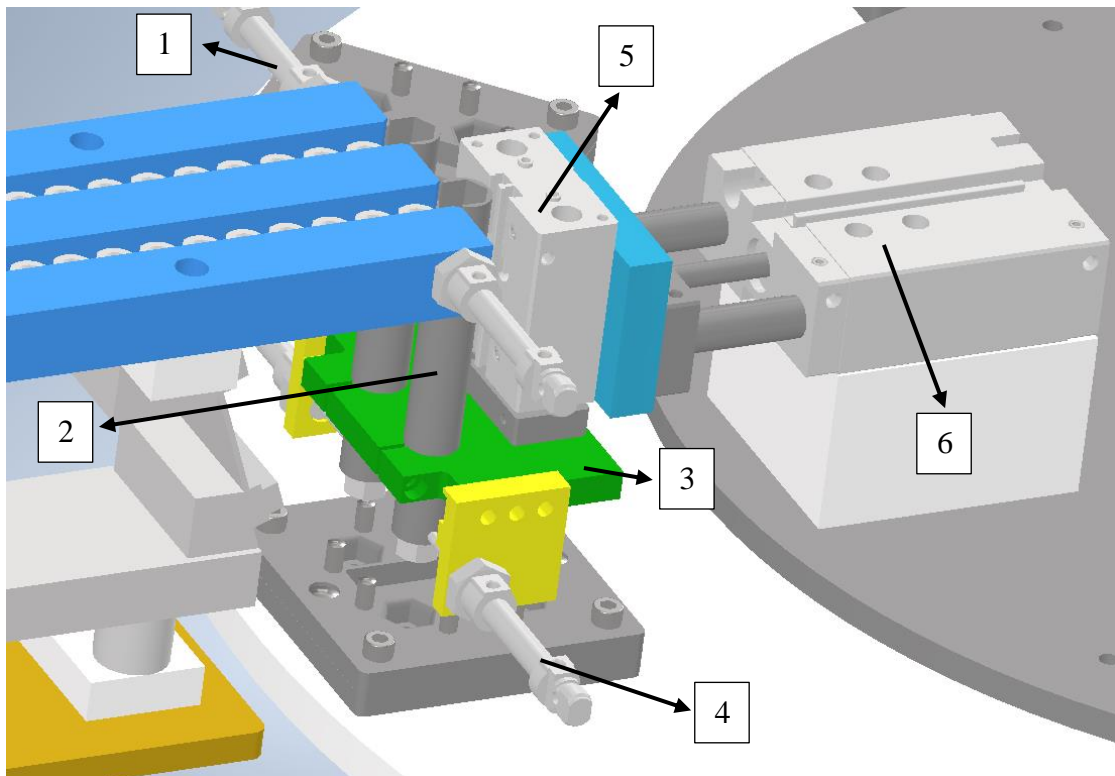
Obrázek 85 - Princip plnění obou drah maticemi - B



Obrázek 86 - Detail natáčení části lineárního dopravníku - B

Matice jsou takto opět řazeny na konec lineárního dopravníku a následný způsob zakládání matice do otvorů v ustavujícím přípravku je zobrazen na obr. č. 87. Již při otáčení karuselu se může poslední matice doplnit do horní pozice v trubce, poté se vysunou pneumatické válce (pozice 1), které tak přidrží předposlední matice. Šestihranné trubky (pozice 2) jsou svěrným spojem upevněny v tělesu (pozice 3). Spodní matice jsou zatím přidržovány pneumatickými válci (pozice 4). Po zastavení karuselu v příslušné poloze se vysune píst u pneumatického válce s vedením (pozice 5), který je připevněn k tělesu (pozice 3), a tak dojde k posunutí trubek s maticemi do spodní polohy – těsně nad ustavovací přípravek. Poté se pístnice válců (pozice 4) vysune a obě matice zapadnou

do otvorů v přípravku. Pístnice válců (pozice 4) se ihned zase zasunou a přidrží spodní matici. Válec s vedením (pozice 5) se zasune s trubkami směrem nahoru do původní pozice, aby mohla být doplněna vrchní matice do trubek, což je umožněno zasunutím pístnice válců (pozice 1). Dále dojde k zasunutí pístu v pneumatickém válci s vedením (pozice 6), který je připevněn k válci (pozice 5). Takto se trubky dostanou nad zbylé dva otvory po čemž se opět vysune pístnice válce s vedením (pozice 5), aby se trubky posunuly dolů těsně nad přípravek. Dojde k uvolnění spodních matic, které přidržují pístnice válců (pozice 4), a tím dojde k zapadnutí i druhého páru matic. Pístnice se zpět vysunou, aby přidržovali spodní matice a oba válce s vedením se vrátí do původní polohy, kde trubky doléhají k lineárnímu dopravníku. Karusel se může uvést do pohybu, zatímco do trubek bude doplňována další matka a cyklus se bude opakovat.

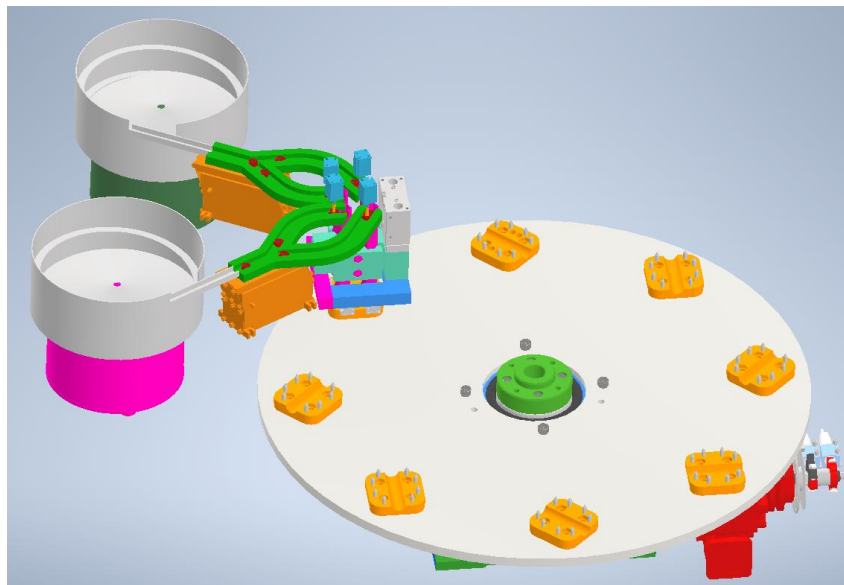


Obrázek 87 - Princip zakládání matic - B

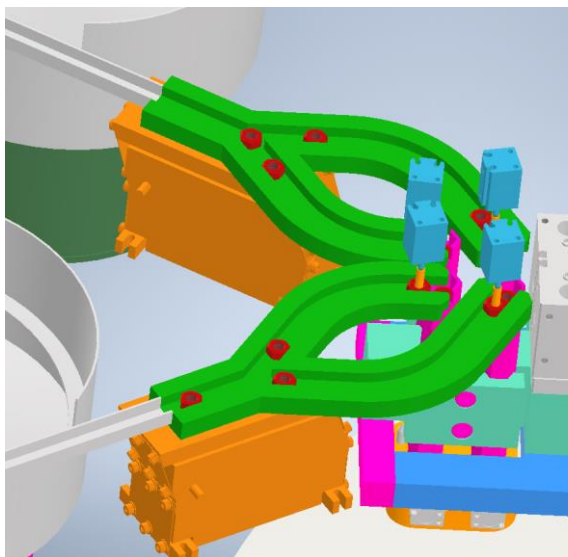
Toto řešení by bylo nejspíš funkční, ale obsahuje poměrně hodně na sebe navazujících pohybů, a tak by mohl být problém s časovou náročností tohoto stanoviště. Jak již bylo řečeno, takt linky je dán nejdelsí operací při zastavení karuselu a touto konstrukcí by právě zakládání matic mohlo takt linky prodloužit.

Zakládání matic - varianta C

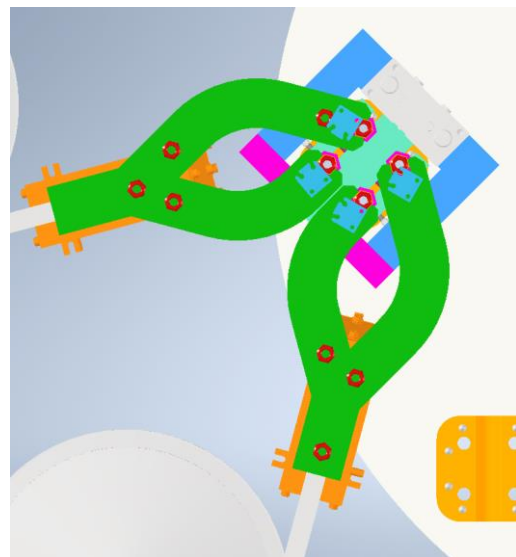
Varianta C je zobrazena na obr. č. 88. Kvůli již zmíněným nevýhodám předchozí varianty bylo snahou redukovat množství pohybů jednotlivých pístů válců. V této variantě jsou čtyři trubky místo dvou, takže s nimi není nutno přejíždět nad zadní dva otvory v ustavujícím přípravku viz obr. č. 89 a č. 90. Matice se tak musí dostávat do čtyř různých pozic a takového jejich rozdělení z jednoho kruhového vibračního zásobníku bylo velmi náročné a finančně nákladné, takže je vhodnější vybavit stanoviště dvěma menšími zásobníky, kde každý z nich bude zásobovat dvě pozice, jak je patrné z obrázků.



Obrázek 88 - Zakládání matic - varianta C



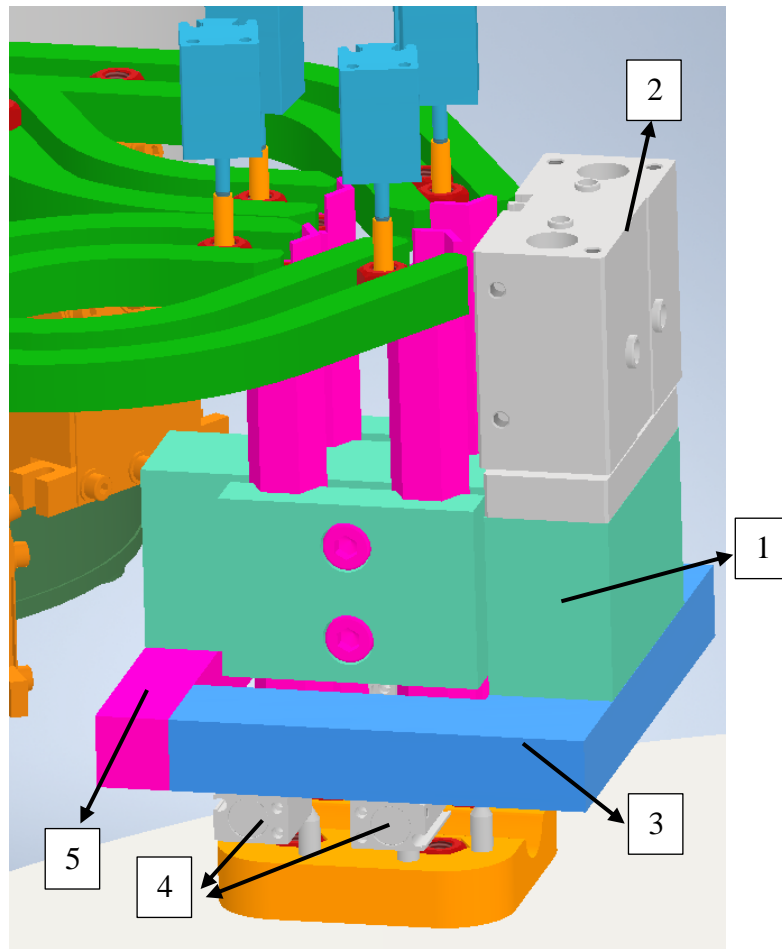
Obrázek 89 - Detail zakládání matic - C



Obrázek 90 - Půdorys zakládání matic - C

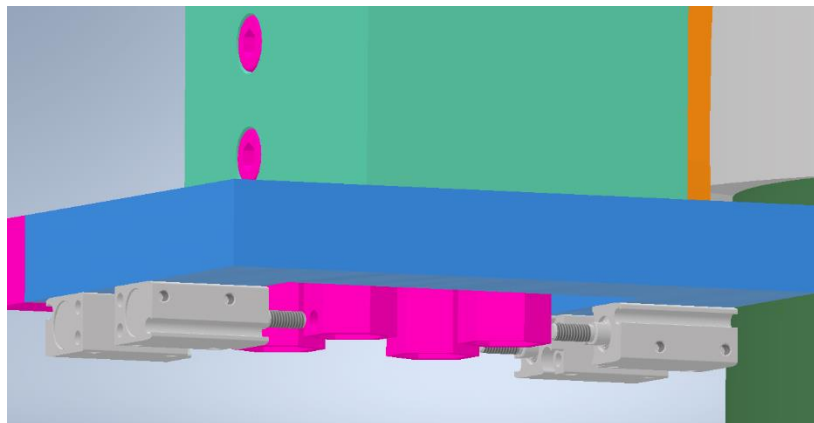
Princip je velmi podobný jako u předešlé varianty a bude popsán pomocí obr. č. 91. Matky mohou být opět doplňovány do horní pozice trubky už při otáčení karuselu. Trubky jsou upevněny svěrným spojením v tělese (pozice 1), ke kterému je shora připevněn pneumatický válec s vedením (pozice 2) a ze spodu rám (pozice 3). Deska (pozice 5) je přišroubována k rámu (pozice 3) a slouží ke zvýšení jeho tuhosti. K tomuto rámu jsou zespoda upevněny čtyři pneumatické válce (pozice 4), jejichž pístitnice se vysouvají do otvoru v trubkách a přidržují tak spodní matici. Po zastavení karuselu v příslušné poloze se vysune válec (pozice 2) a celý tento blok se posune dolů, tak že trubky budou těsně nad ustavovacím přípravkem. Všechny čtyři pístitnice válců (pozice 4) se vysunou a umožní tak založení matic do otvorů v přípravku. Poté se pístitnice opět vysunou, přidrží spodní matici, a válec s vedením (pozice 2) posune opět celý blok do původní polohy. Tímto je cyklus ukončen, karusel se může začít znovu otáčet a matice budou znovu doplňovány do horní pozice trubky (možno i za otáčení karuselu).

Tato varianta je nejlepší, neobsahuje tolik pohybů jednotlivých pístitů válců, které samozřejmě zvyšují šanci na výskyt poruchy a také prodlužují čas zakládání matic. Nevýhodou jsou větší náklady za vibrační dopravníky, jelikož dva menší budou dražší než jeden větší. Na druhou stranu náklady klesnou u pneumatických válců. Tato varianta má velkou pravděpodobnost být funkční i v praxi, a proto byla vybrána jako hlavní.



Obrázek 91 - Princip zakládání matic - C

Pro úplnost je zde uveden ještě obr. č. 92 znázorňující pohled ze spodu na válce zajišťující přidržování spodních matic.



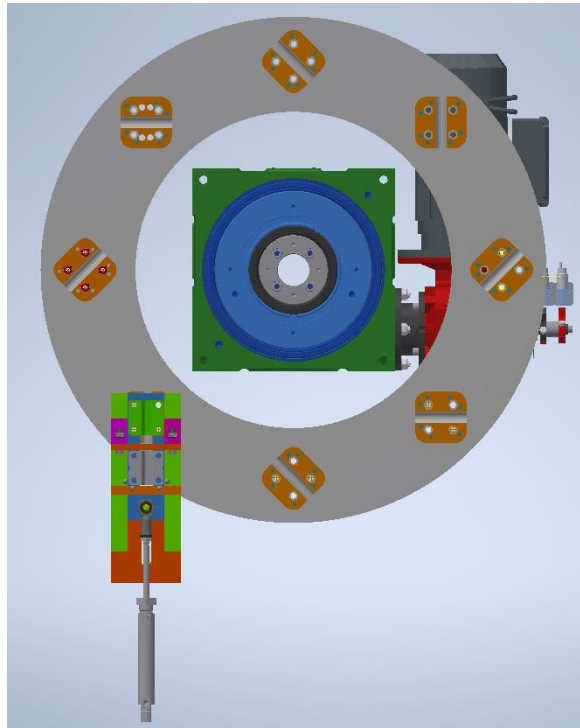
Obrázek 92 - Přidržování matic v trubkách pomocí pneumatických válců

4.4.2 Zakládání spodního polotovaru – stanoviště 2

Princip zakládání polotovaru (desky) je v obou variantách stejný, varianta B je pouze vylepšení varianty A.

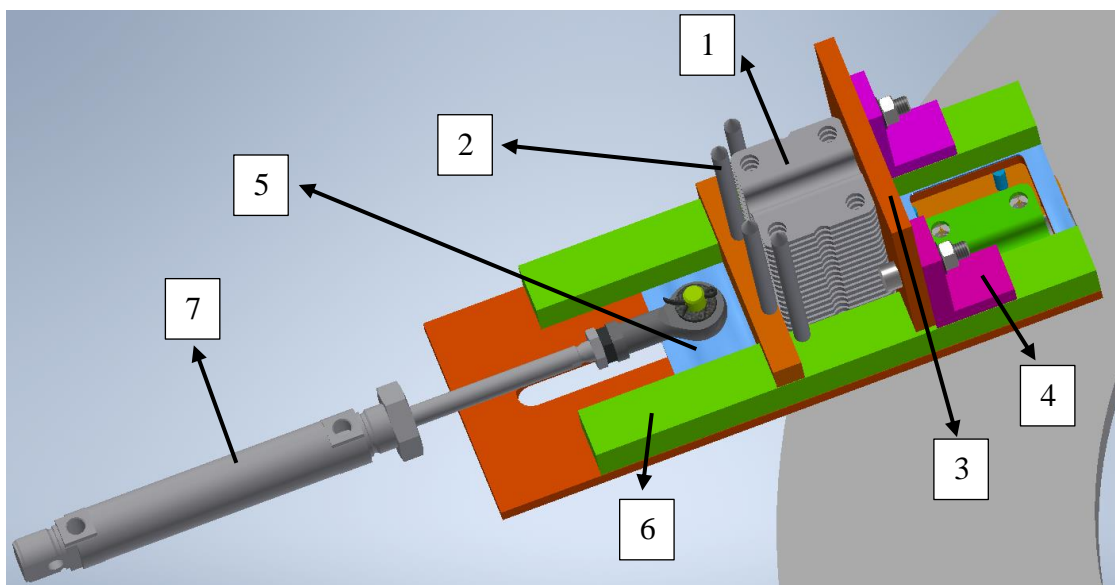
Zakládání spodního polotovaru - varianta A

Na tomto stanovišti bude docházet k založení spodního polotovaru svorky. Umístění tohoto pracoviště v rámci celého karuselu je zobrazeno na obr. č. 93.

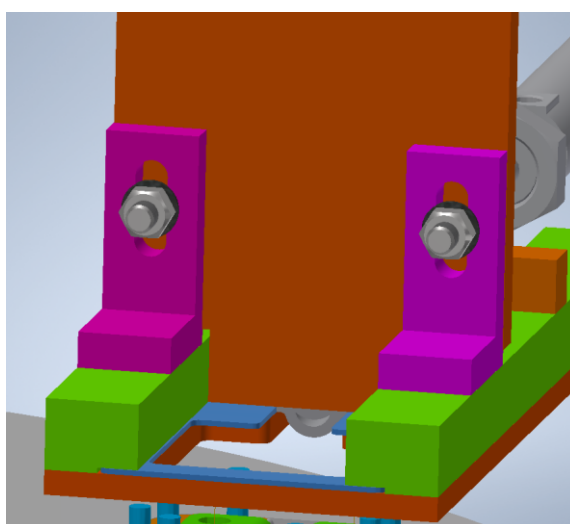


Obrázek 93 - Zakládání spodního polotovaru - varianta A

Na obr. č. 94 lze vidět pohled na celé stanoviště. Polotovary SR 3bd (pozice 1) budou obsluhou ručně vyrovnávány mezi kolíky (pozice 2) a přední desku (pozice 3), která je v takové výšce, aby bylo možno pod ní posouvat právě jeden polotovar SR 3bd, ale další polotovary SR 3bd, ležící na spodním, byly už o ni zaraženy. Pomocí oválných drážek v L profilu (pozice 4) je výška přední desky nastavitelná, jelikož rozměr mezery pod přední deskou je třeba nastavit podle druhu montovaných polotovarů viz obr. č. 95. Polotovary SR 3bd a posuvná deska (pozice 5) jsou vedeny bočními vodícími lištami (pozice 6).

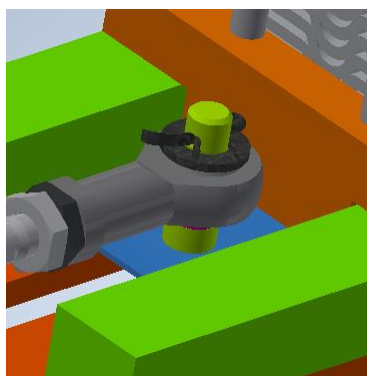


Obrázek 94 - Princip zakládání spodního polotovaru - A



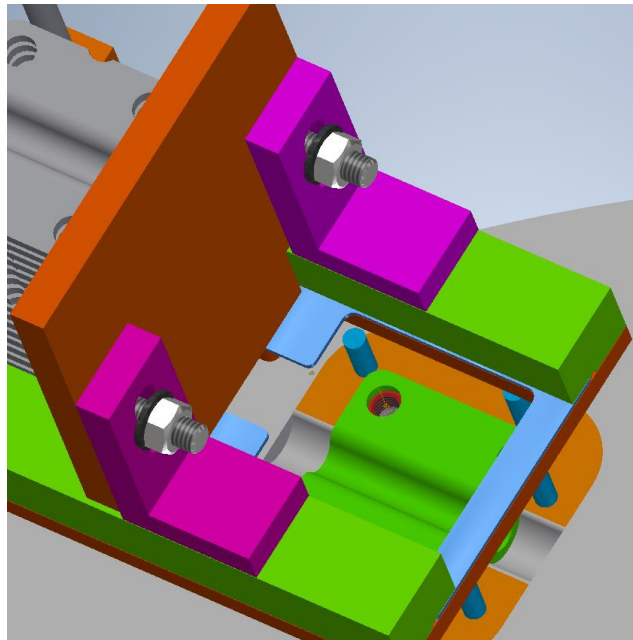
Obrázek 95 - Využití drážek pro regulaci výšky - A

Pneumatický válec (pozice 7) je připevněn k posuvné desce (pozice 5) pomocí čepu se závlačkou a z druhé strany maticí, což je částečně zobrazeno na obr. č. 96.



Obrázek 96 - Spojení pístnice s vyhazovací deskou pomocí čepu se závlačkou - A

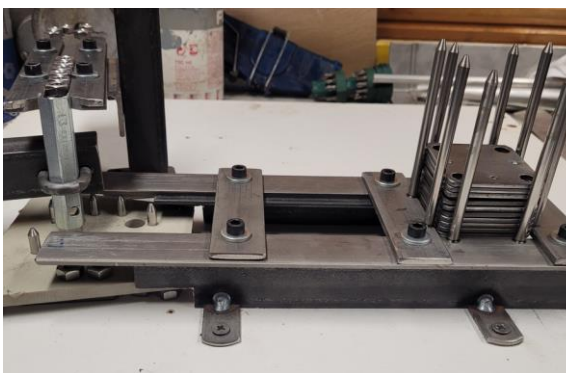
Princip fungování je poměrně jednoduchý, obsluha bude ručně zakládat polotovary SR 3bd na určené místo a při zastavení karuselu v příslušné poloze se vysune píst válce, který pomocí posuvné desky (pozice 7) posune spodní polotovar SR 3bd, který zapadne do ustavujícího přípravku s kolíky viz obr. č. 97.



Obrázek 97 - Detail zakládání polotovaru - A

Tato varianta je funkční, ale objevují se zde spíše bezpečnostní a ergonomické problémy. Jak je vidět z obr. č. 93 a č. 94 tak polotovary, které jsou zakládány ručně obsluhou, jsou nad rotujícím karuselem, takže v případě, kdy by byly všechny polotovary vypotřebované a obsluha by chtěla založit první, mohla by přijít do kontaktu s rotujícím stolem, nebo posuvnou deskou (pozice 7).

Toto stanoviště bylo také vyzkoušeno formou prototypu, který dokázal správné fungování tohoto stanoviště. Prototyp je zobrazen na obr. č. 98 a č. 99.



Obrázek 98 - Prototyp zakládání polotovarů



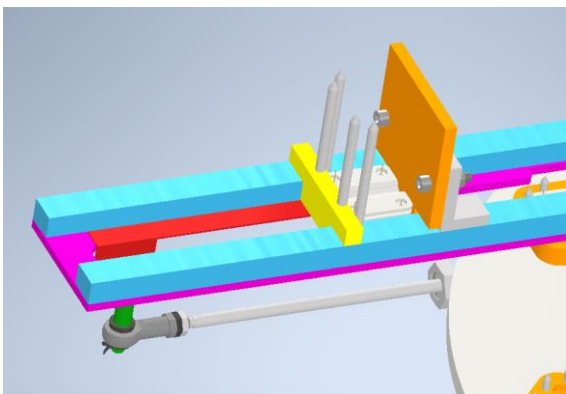
Obrázek 99 - Prototyp zakládání polotovarů (2)

Na čtvrtém stanovišti je úplně stejným způsobem zakládána horní polotovar. Obsluha by tedy měla sedět mezi těmito stanovišti, mezi kterými je prostor pouze 35 cm. Obsluha by tedy musela sedět až za pneumatickými válci (pozice 6), a to by způsobilo, že bude sedět od místa zakládání polotovarů SR 3bd příliš daleko, což není z ergonomického hlediska vhodné.

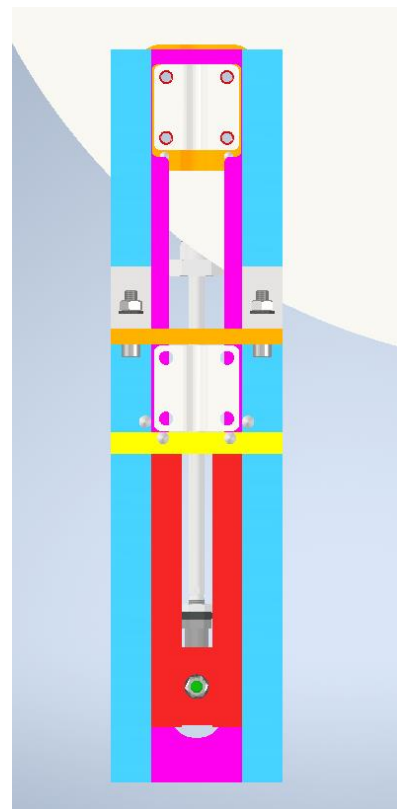
Z těchto dvou důvodů bylo v druhé variantě snahou oddálit místo zakládání polotovarů od karuselu a zároveň zkrátit vzdálenost mezi místem zakládání polotovarů a pozicí sedící obsluhy.

Zakládání spodního polotovaru – varianta B

Cíle této varianty již byly zmíněny a podařilo se je naplnit. Varianta B funguje principiálně stejně jako předchozí varianta a je zobrazena na obr. č. 100. Místo zakládání polotovarů SR 3bd obsluhou bylo posunuto mimo karusel viz obr. č. 101.



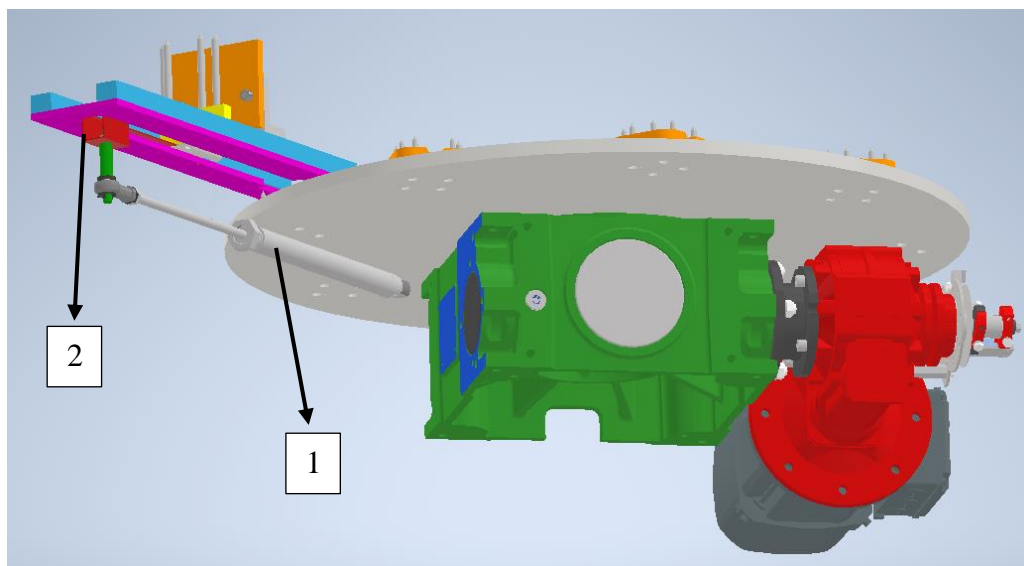
Obrázek 100 - Zakládání spodní desky - varianta B



Obrázek 101 – Oddálení stohu desek od karuselu - B

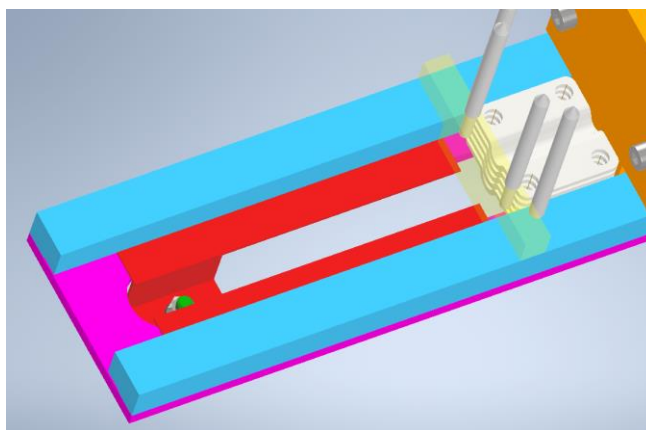
Zkrácení vzdálenosti mezi sedící obsluhou a místem zakládání polotovarů SR 3bd bylo docíleno zejména pomocí otočení pneumatického válce (pozice 1) o 180 ° a jeho umístění pod karusel. viz obr. č. 102. V základní poloze je tedy píst z válce vysunut

a zakládání polotovarů SR 3bd se provede jeho zasunutím do válce. Aby se válec mohl umístit pod stůl co nejdále, musel být blok motoru pohonu otočen o 45° vůči stolu.



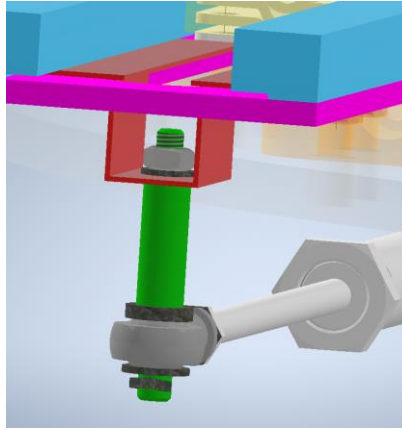
Obrázek 102 - Přetočení válce - B

Dále byla upravena posuvná deska (pozice 2) zakládající polotovar SR 3bd do přípravku viz obr. č. 103 a č. 104. Tento díl již nemá v sobě otvor pro polotovar, ale pouze ho bude před sebou sunout, což se pomocí praktických zkoušek ukázalo jako vhodnější řešení. Uprostřed posuvné desky je drážka kvůli prolisu v polotovaru SR 3bd.



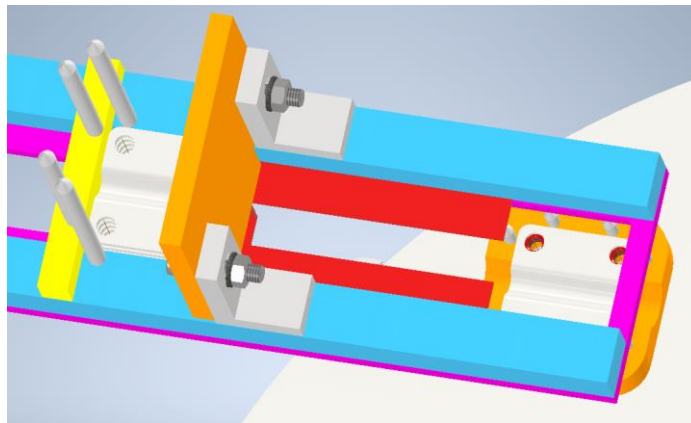
Obrázek 103 - Úprava dílu zakládající desku - B

Na obr. č. 104 lze také vidět spojení válce s dílem pomocí čepu, který má na jedné straně závlačku a na druhé matici. Čep je z obou stran osazen a axiální vůle je vymezena podložkami pro možné seřízení výšky a zajištění rovnoběžnosti posuvné desky a osy válce.



Obrázek 104 - Spojení pomocí čepu se závlačkou a matice - B

Obr. č. 105 zobrazuje zasunutou pístnici válce, tedy polohu, kdy dochází založení polotovaru SR 3bd mezi středící kolíky v ustavujícím přípravku.

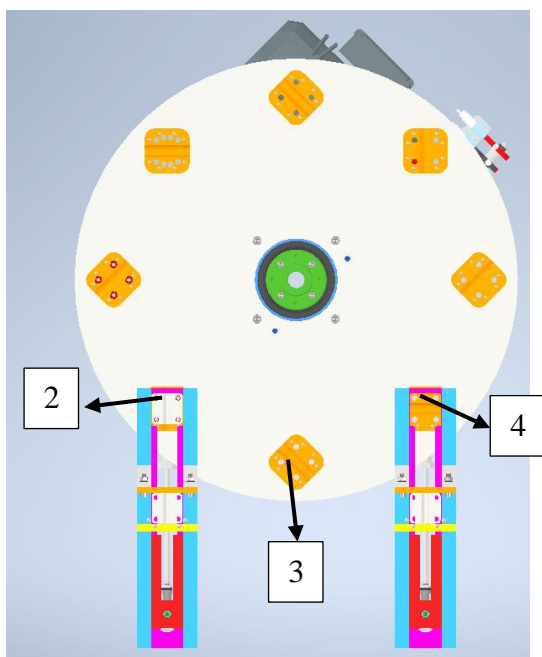


Obrázek 105 - Detail zakládání desky - B

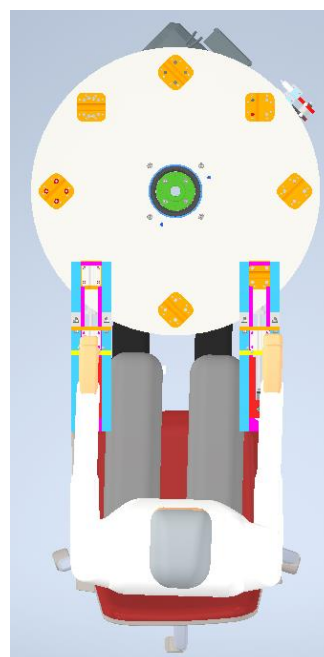
Tato varianta je lepší, protože pozice zakládání desek je mimo karusel, takže je sníženo riziko nebezpečí úrazu a zároveň je zkrácena vzdálenost mezi obsluhou a pozicí zakládaných desek, která zde činí přibližně 21 cm (oproti cca 40 cm u varianty A). To je z ergonomického hlediska pro obsluhu výhodnější, jelikož nemusí mít tak natažené ruce po značnou část pracovní doby.

4.4.3 Stanoviště 3 a 4

Jak je patrné z obr. č. 106, stanoviště 3 je vynechané a stanoviště 4 slouží pro založení horní desky svorky. Je tedy vlastně naprosto totožné se stanovištěm 2 a jejich uspořádání je vidět z obr. č. 106 nebo z obr. č. 107, kde je zobrazena i obsluha linky.

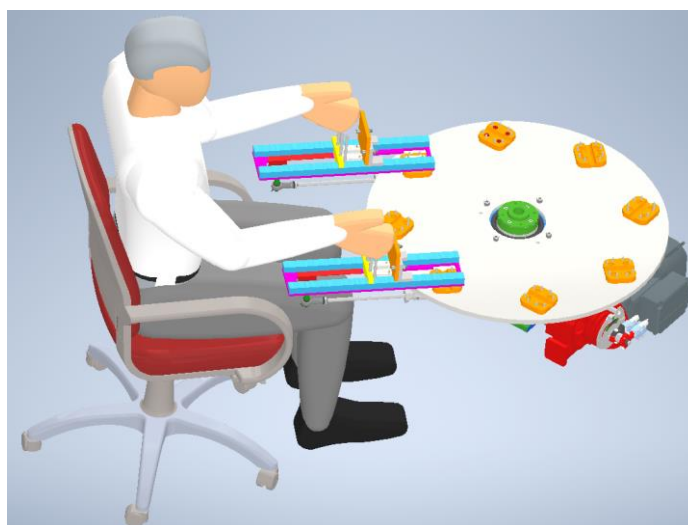


Obrázek 106 - Umístění stanovišť
zakládající desky



Obrázek 107 - Místo pro obsluhu

Pro lepší názornost je zde ještě uveden obr. č. 108

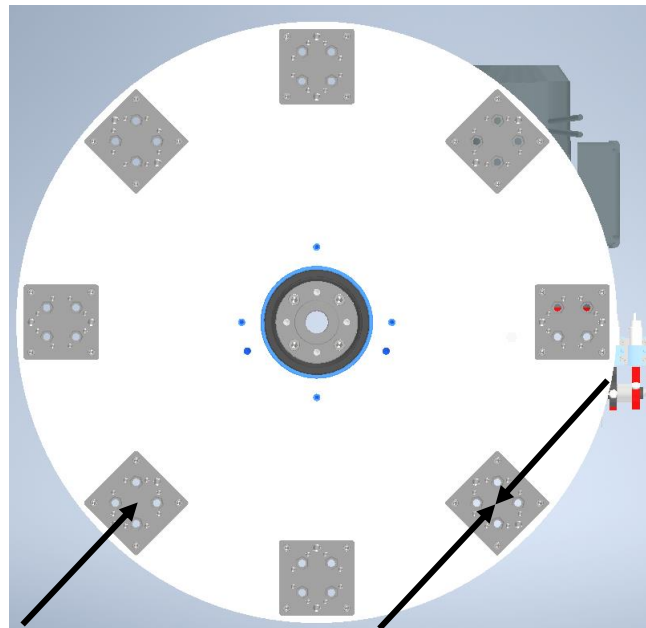


Obrázek 108 - Celkový pohled na stanoviště 2 a 4

Na obr. č. 76 je uspořádání s ustavujícími přípravky otočenými o 45° , což způsobí, že stanoviště 2 a 4 jsou obě rovnoběžné, nijak si vzájemně nepřekáží a zároveň je mezi nimi místo pro obsluhu, která má obě pozice zakládáných polotovarů SR 3bd stejně daleko a symetricky.

U rozložení přípravků z obr. č. 75 by bylo problematické zakládání obou polotovarů SR 3bd (s prolisem) pro svorky SK. Při zakládání musí být prolis rovnoběžný

s osou válce, jinak by nebylo možné polotovary SR 3bd takto jednoduše zakládat (vadil by prolis, který by byl kolmo k pohybu polotovaru). U SK svorky jsou prolisy obou polotovarů na sebe kolmé, takže by se horní polotovar musel zakládat, jak je jen schematicky naznačeno na obr. č. 109. U tohoto rozložení by bylo mnohem náročnější uspořádání ostatních stanišť a místa pro obsluhu, aby nikde nedošlo k žádné kolizi (např. by stanoviště 4 překázelo stanovišti 5, kde bude prováděno utahování šroubů).



Obrázek 109 - Problematické zakládání desek

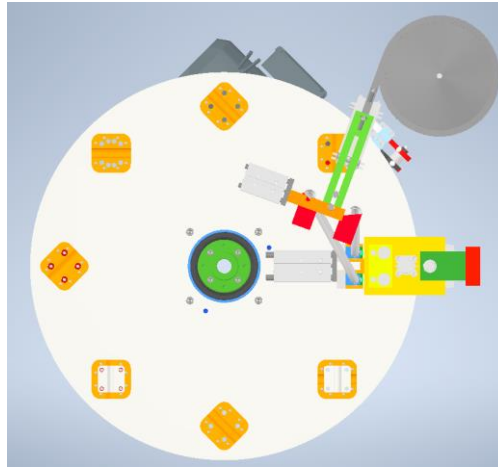
Bezpečnost práce

Samozřejmě zejména stanoviště 2 a 4 budou muset být doplněny o ochranné ploty a elektrické zabezpečení tak, aby obsluha nemohla přijít do kontaktu s žádným pohybujícím se objektem jako je např. karusel pístnice válce nebo posuvnou desku. Vše musí splňovat příslušné normy a nařízení.

Návrh konkrétních bezpečnostních opatření už přesahuje rámec této práce, ale ilustrativně bude uveden na závěr. Lze dále uvést příklad ochrany obsluhy před kolizí s dílem posouvajícím desku do přípravku, ke které by mohlo dojít v případě, že stoh desek bude prázdný a obsluha bude zandávat první (spodní) desku zrovna v okamžik, kdy se bude píst válce zasouvat, a díl posouvající desku by tak mohl ruku obsluhy skřípnout. Tomuto by mělo zabránit čidlo, které dovolí pístu válce se zasunout pouze v případě, že je alespoň jedna deska v příslušné pozici (obsluha tam pak nebude moct strčit ruku).

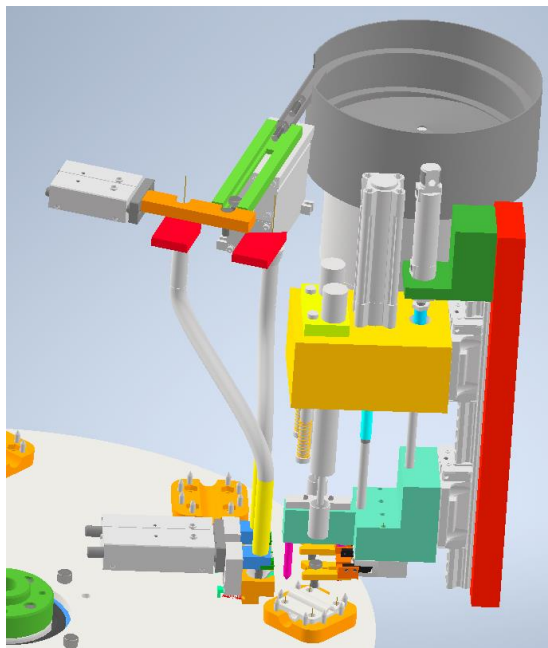
4.4.4 Zakládání a utahování šroubů – stanoviště 5

Úkolem tohoto stanoviště je zavést šrouby do otvorů desek, pod nimiž jsou již matice, a následně je pomocí automatického šroubováku utáhnout. Umístění šroubovacího zařízení je vidět na obr. č. 110



Obrázek 110 - Zakládání a utahování šroubů

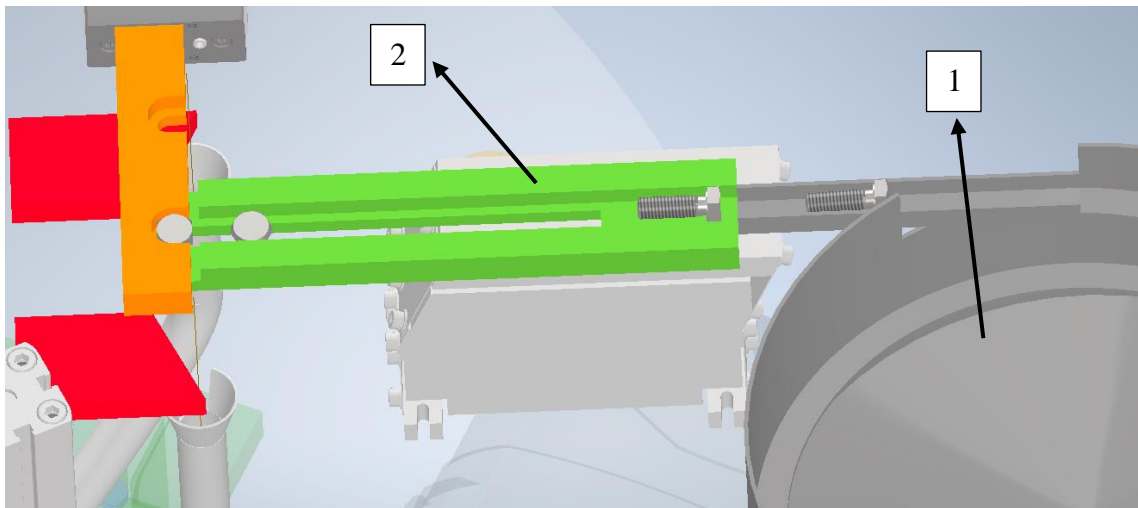
Toto poměrně složité zařízení zobrazené na obr. č. 111 lze rozdělit na tři hlavní bloky. Blok 1 zajišťuje podávání šroubů z kruhového vibračního zásobníku až k hadicím, kterými jsou šrouby pomocí tlakového vzduchu dopravovány do kuželového přípravku, který je součástí bloku 2 a přesouvá šrouby nad otvory polotovarů SR 3bd. Blok 3 tvoří vlastní šroubování dvou šroubů. Popis funkce zařízení stanoviště č. 5 bude popsáno po jednotlivých blocích.



Obrázek 111 - Detail zakládání a utahování šroubů

Blok 1

Šrouby budou obsluhou dosypávány za určitý časový úsek (např. 1x za hodinu) do kruhového vibračního zásobníku (pozice 1) (podobně jako matice) a dále budou orientovány a dopravovány pomocí lineárního vibračního dopravníku (pozice 2). Tato zařízení nejsou zkonstruována detailně, protože přesný konstrukční návrh bude požadován až od externí firmy zabývající se vibračními zásobníky a dopravníky. Možný princip orientování šroubů v kruhovém vibračním zásobníku byl však zmíněn v teoretické části této práce a zapadávání dříku šroubu do drážky v lineárním dopravníku je poměrně běžným řešením v praxi a je zobrazeno na obr. č. 112.

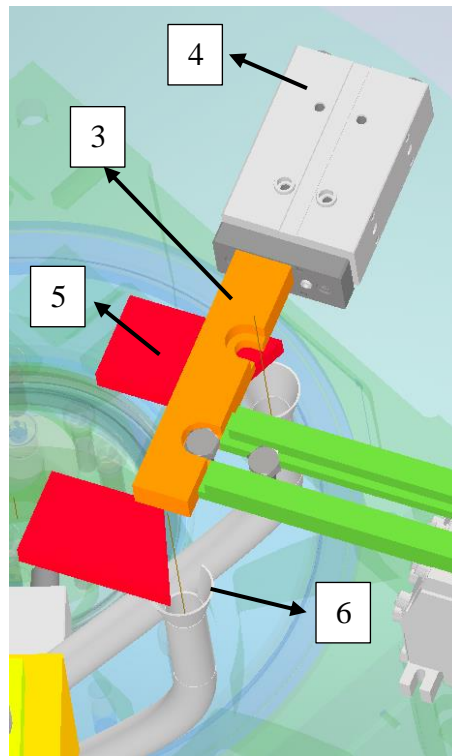


Obrázek 112 - Doprava a orientace šroubů

Z drážky lineárního dopravníku se šroub dopraví až do posuvné lišty s drážkou jak pro dřík šroubu, tak pro hlavu šroubu (pozice 3) viz obr. č. 113. Šroub je v této drážce držen za hlavu, která ovšem zasahuje mírně do dráhy lineárního dopravníku. Důvodem je zajištění pozice druhého šroubu v lineárním dopravníku. Pokud by tomu tak nebylo, druhý šroub by se mohl dostat hranou své hlavy na rozmezí dopravníku (pozice 2) a posuvné lišty (pozice 3) a při pohybu posuvné lišty (pozice 3) by mohlo dojít ke zpříčení šroubu a zastavení chodu tohoto bloku. Jak již bylo naznačeno, po založení šroubu do posuvné lišty (pozice 3) se pneumatický válec s vedením (pozice 4) vysune a dřík šroubu bude postupně vysouván z drážky ven kontaktem se šikmou plochou pevné nárazky (pozice 5) až bude nakonec úplně z drážky vysunut. Kuželový tvar nátrubku (pozice 6) zajistí spadnutí šroubu do hadice, kterou bude šroub pomocí tlakového vzduchu dopraven

do bloku dva. Tento způsob dopravy šroubů se v praxi běžně používá. Současně se zapadáváním prvního šroubu do hadice se šroub z lineárního dopravníku, který byl předtím druhý, dostane do druhé drážky v posuvné liště (pozice 3). Poté se píst válce s vedením zasune a druhý šroub zapadne do druhé hadice, kterou bude také dopraven do bloku 2. Současně s tímto bude opět docházet k zaplnění první drážky v posuvné liště (pozice 3) třetím šroubem z lineárního dopravníku a takto se bude cyklus opakovat.

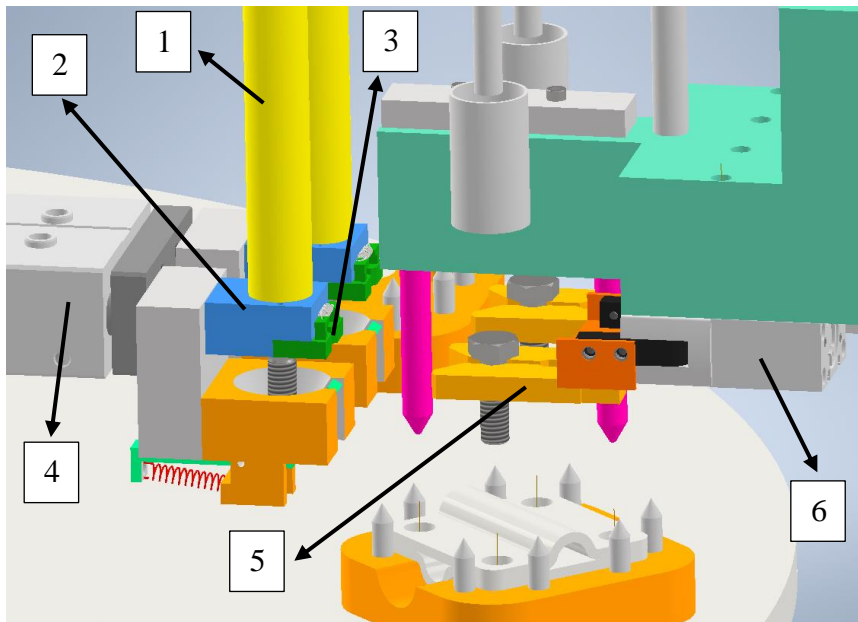
Největším rizikem je zde shazování šroubu pevnou nárazkou (pozice 5) do hadice. Hlava šroubu bude stále nad tělesem a šroub se tak dostane do šikmé polohy a mohl by být shozen mimo hadici. Tomu by však měl zabránit právě kuželový tvar nátrubku (pozice 6), který šroub navede do hadice. Při experimentálním zkoušení bylo prokázáno, že při určité rychlosti a tloušťce posuvné lišty (pozice 3) nedochází ke shazování šroubu mimo hadici a vše pracuje správně.



Obrázek 113 - Princip zapadávání šroubů do hadic

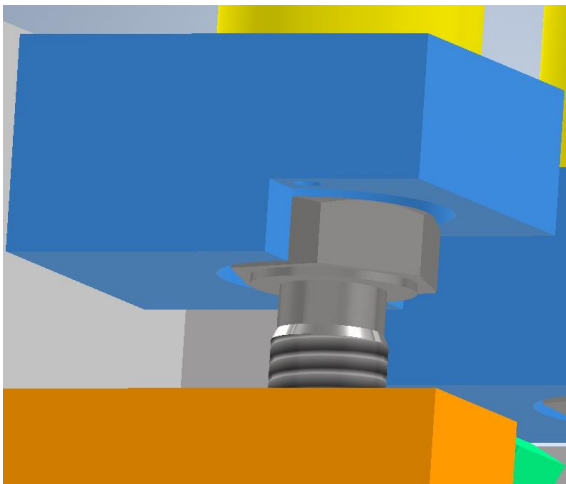
Blok 2

Tento blok je zobrazen v levé části na obr. č. 114.

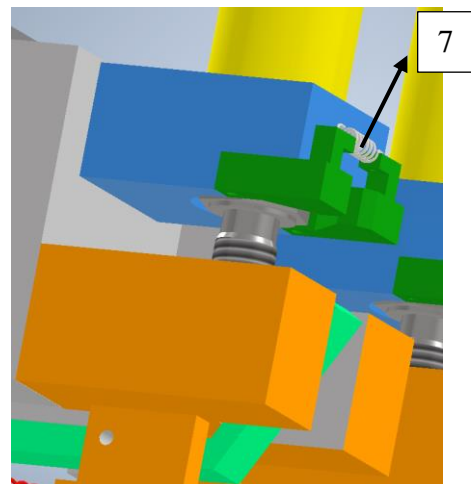


Obrázek 114 - Princip podávání šroubů pod šroubovací hlavu

Šrouby jsou dopravovány hadicí, která je na konci napojena na ocelovou trubku (pozice 1). Dřík šroubu zapadne do tělesa s vnitřním kuzelem, který vystředí šroub do osy. V tento moment je hlava přidržována zezadu tělesem (pozice 2) a zepředu odpruženými zarážkami (pozice 3) viz obr. č.115 a č. 116.



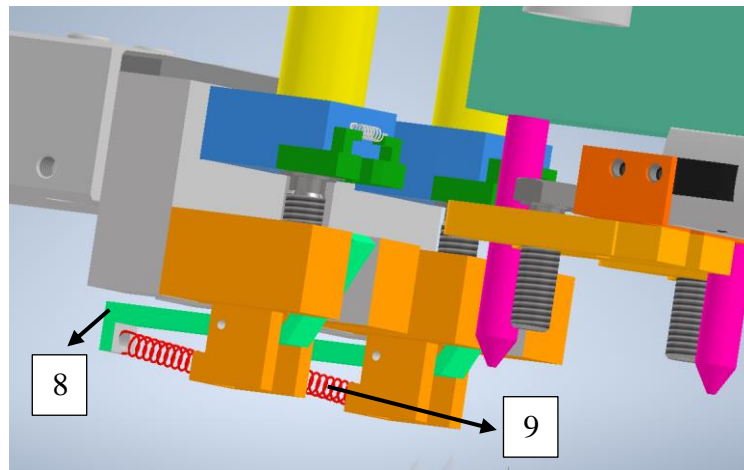
Obrázek 115 - Detail držení šroubu



Obrázek 116 - Princip rozevření

Dále dojde k vysunutí pístu pneumatického válce s vedením (pozice 4), a tím se celý tento blok přesune do pozice nad svorku. V této poloze sevřou čelisti (pozice 5), chapadla (pozice 6) dřík šroubu, a tím ho přidrží. Celý blok 2 se posune zpět do původní

pozice. Při tomto zpětném pohybu se zarážky (pozice 3) spojené tažnou pružinou (pozice 7) rozevřou na větší průměr, než je rozměr hlavy šroubu, čímž bude umožněno odsunutí bloku. Podobná situace nastane i u dřívku šroubu viz obr. č. 117. Páka (pozice 8) se při zpětném pohybu pístu díky tažné pružině (pozice 9) odklopí, a umožní tak odsunutí celého bloku, zatímco šroub zůstane sevřen čelistmi chapadla.



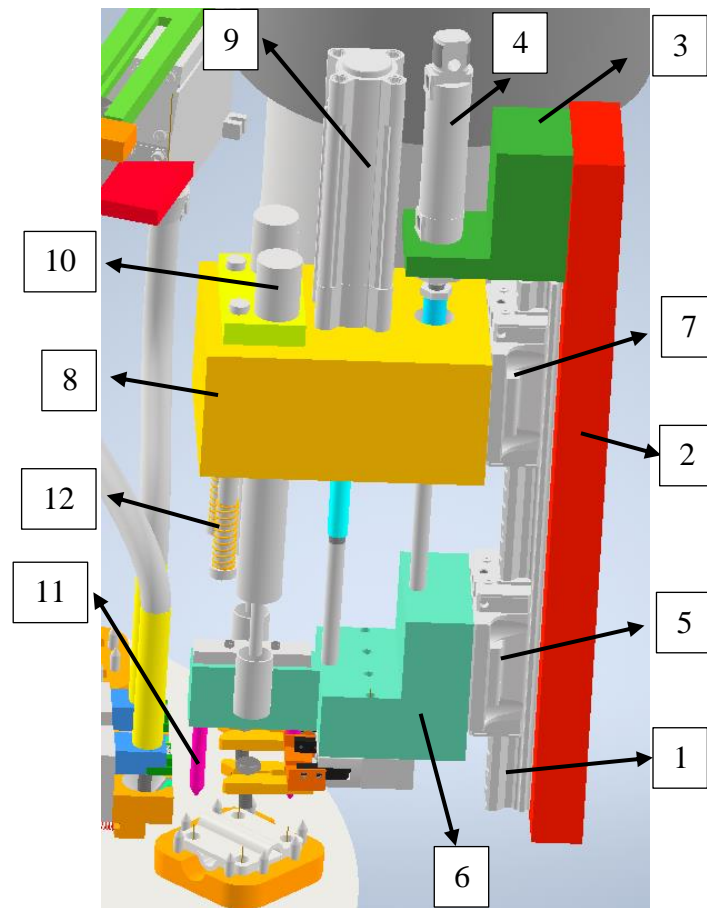
Obrázek 117 - Odpružení tělesa (pozice 8)

Podávání šroubů z vibračního zásobníku až do sevření chapadel se může odehrávat i za pohybu karuselu, což je velká výhoda, jelikož bylo odhadováno, že právě podávání a utahování šroubů bude časově nejnáročnější stanoviště, které bude určovat takt celé linky. Tímto konstrukčním řešením se docílí poměrně rychlého taktu linky.

Blok 3

Hlavním prvkem tohoto bloku je automatický šroubovák, který je jedním ze stěžejních zařízení celé poloautomatické montážní linky, a proto byl jeho výběr zkonultován s firmou Deprag s.r.o., která se touto problematikou zabývá. Po této konzultaci bylo rozhodnuto, že blok bude obsahovat dva šroubováky, které utáhnou křížem dva šrouby. Utahovat všechny čtyři šrouby naráz by bylo velmi náročné z hlediska prostoru, nebylo by možné nejprve desky vystředit, jak bude později ukázáno a ani takt linky by se nezrychlil. Výhoda utahování všech čtyř šroubů by spočívala pouze v úspoře financí za určité komponenty jako např. lineární vedení šroubováku, vozíky pohybující se po vedení atd., což nepřevyšuje nevýhody předtím zmíněné. Dále byl vybrán typ šroubováku s označením 347-228-31 od firmy Deprag.

Princip fungování bloku tří včetně popisu jednotlivých dílů bude vysvětlen s pomocí obr. č. 118.

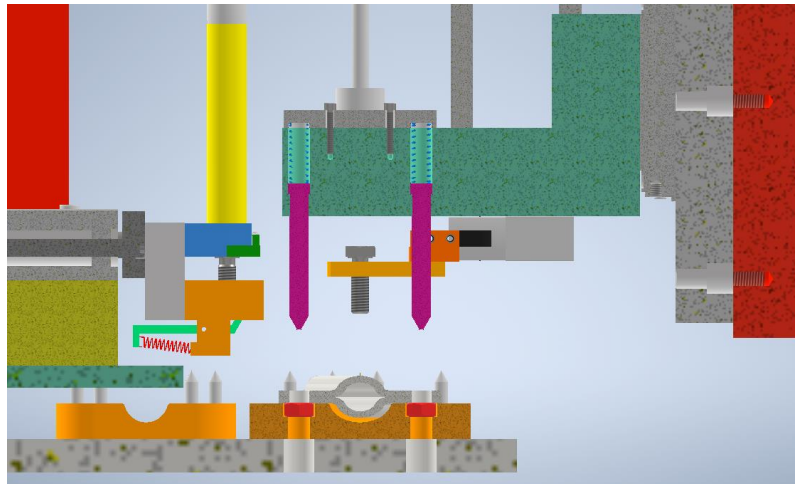


Obrázek 118 - Princip šroubovací jednotky

Lineární vedení (pozice 1) je přišroubováno k rámu (pozice 2), ke kterému je přišroubován držák (pozice 3) upevňující pneumatický válec (pozice 4). K posuvnému vozíku A (pozice 5) je přišroubován držák (pozice 6), který je spojen s pístnicí válce (pozice 4). Vozík B (pozice 7) je spojen s tělesem (pozice 8), ke kterému je uchycen pneumatický válec (pozice 9) a zároveň v něm jsou suvně uloženy pneumatické šroubováky Deprag (pozice 10).

Dva šrouby jsou podány a uchopeny čelistmi chapadel. V tento okamžik se karusel zastaví a píst pneumatického válce (pozice 4) se vysune, čímž dojde k posunutí držáku (pozice 6), ke kterému jsou přišroubována chapadla. Tento pohyb tak zajistí zasunutí šroubů do pozice, kdy spodní část dřívku šroubu bude těsně nad otvorem v matici. K držáku (pozice 6) je pomocí pístnice válce (pozice 9), která je v tuto dobu vysunutá, připojeno i těleso (pozice 8) se šroubováky, takže se vše bude pohybovat současně. Dřík šroubu se tak dostane k matici a vzdálenost mezi šroubovací hlavou a hlavou šroubu se nezmění (celá sestava pouze sjede směrem dolů).

Držák (pozice 6) je vybaven dvěma odpruženými kolíky s kuželovými náběhy (pozice 11), které budou zasunuty do otvorů v polotovarech SR 3bd, čímž je vystředí do správné polohy. Bez těchto kolíků by polotovary mohly být vůči sobě mírně pootočený a šroub by pak nebyl v ose otvorů polotovarů, což by mohlo vést k problémům při utahování šroubů. Kolíky musí být zasunuty do otvorů v deskách dříve než šrouby, ale do matice už sjet nemohou, a proto musí být odpruženy. Odpružení kolíků lze vidět na obr. č. 119.



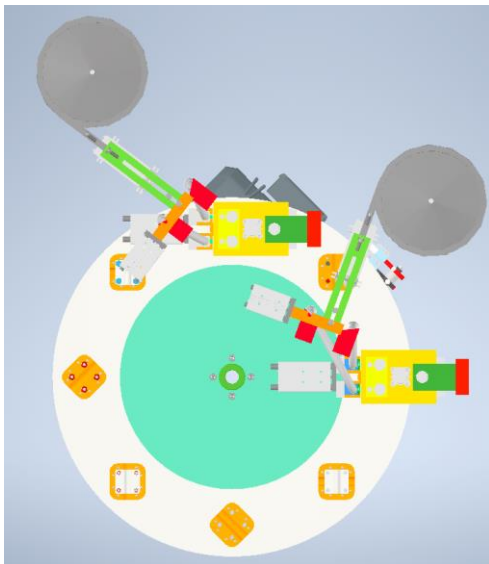
Obrázek 1199 - Odpružení středících kolíků

Následovat bude zasunutí pístu válce (pozice 9), čímž bude těleso (pozice 8) a celá sestava přitahována k hlavám šroubů. Šroubovák se začne otáčet již před dosednutím ořechu k hlavě šroubu, aby bylo zajištěné správné zapadnutí hlavy šroubu do ořechu. Po zapadnutí ořechu na hlavu šroubu se tedy šroubovák otáčí a zároveň se pohybuje směrem dolů. Závit šroubu se v tuto dobu protáčí v čelistech chapadla, které šroub stále svírají. Po prvním záběru závitů šroubu s maticí se teprve čelisti chapadla uvolňují a uvolní šroub, který je dále držen pouze ořechem šroubováku a závitem. V matici se takto šroub zašroubuje až spodní plocha hlavy šroubu bude dosedat na horní plochu horního polotovaru SR 3bd. Pro samotné šroubování je nutné, aby rychlost pohybu šroubováku směrem dolů (daná pneumatickým válcem) byla větší než rychlost šroubování, jinak by docházelo k vypadnutí hlavy šroubu z ořechu. Zároveň tento lineární posuv šroubováku směrem dolů je odpružen pružinami (pozice 12), které tak zajišťují správný konečný přítlak šroubováku. Šrouby jsou dotaženy utahovacím momentem, který je dán nastavením šroubováků Deprag.

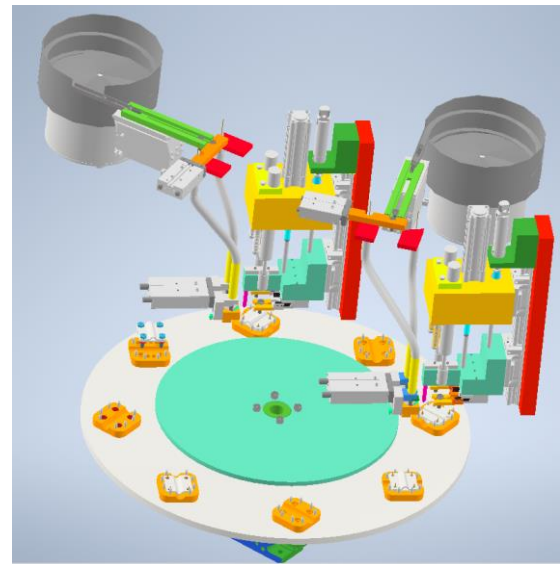
Dva křížem umístěné šrouby jsou tedy zašroubovány. Píst válce (pozice 9) se opět vysune, čímž dojde k vyjetí tělesa (pozice 8) včetně šroubováků směrem vzhůru. Poté se zpět zasune píst válce (pozice 4) a celý blok odjede směrem vzhůru do původní polohy. Tyto pohyby uvádějící blok do původní polohy mohou být teoreticky prováděny už za rotace karuselu, ale pro bezpečnější chod linky je lepší zajistit původní polohu šroubováku a až poté uvést karusel do pohybu.

4.4.5 Stanoviště 6 a 7

Dále je nutné zašroubovat zbylé dva šrouby, což bude provedeno úplně stejně, jak bylo popsáno výše. Takže stanoviště 7 bude stejné se stanovištěm 5, jen jinak pootočené viz obr. č. 120 a č. 121. Stanoviště 6 je vynechané z důvodu nutnosti většího prostoru mezi šroubovacími stanovišti.



Obrázek 120 - Rozmístění šroubovacích jednotek

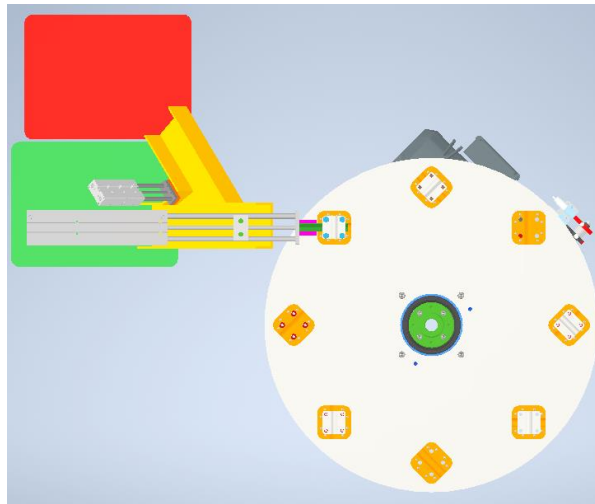


Obrázek 121 - Pohled na stanoviště 5 a 7

Po zašroubování šroubů na stanovišti 7 je svorka smontována, takže zbývá vyřešit její vyjmutí, což bude popsáno v následující kapitole.

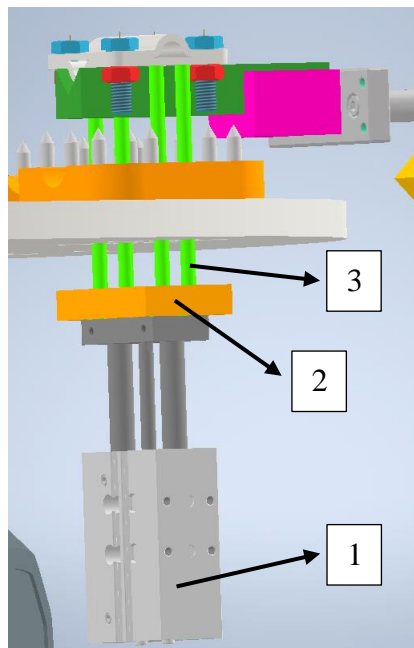
4.4.6 Vyjmutí svorky – stanoviště 8

Rozmístění jednotlivých komponent stanoviště osm je zobrazeno na obr. č. 122.



Obrázek 122 - Vyjmutí svorky

Princip vyjmutí je následující. Pístnice pneumatického válce s vedením (pozice 1) je spojena pomocí desky (pozice 2) s vyhazovači (pozice 3) viz obr. č. 123.

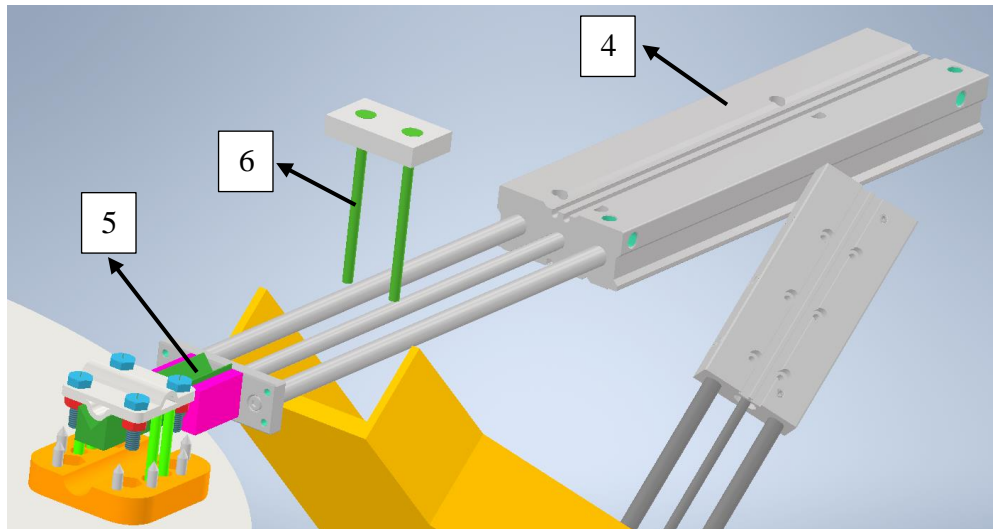


Obrázek 123 - Nadzvednutí svorky

Nejprve se píst pneumatického válce s vedením (pozice 1) vysune, čímž dojde k nadzvednutí smontované svorky vyhazovači.

Poté se dle obr. č. 124 vysune píst pneumatického válce s vedením (pozice 4), jehož pohyb je spojen s tělesem (pozice 5), které se zasune pod svorku. Těleso (pozice 5)

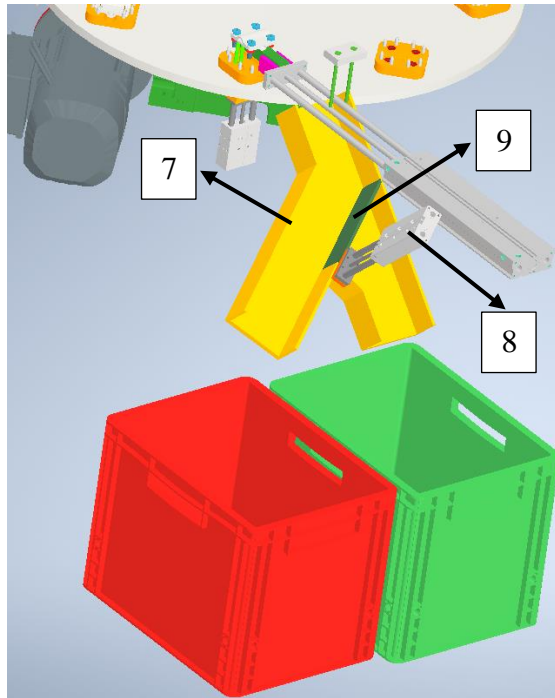
má v sobě drážku ve tvaru písmena v, aby byla zajištěna i stabilní poloha desky s prolisem. Poté se píst válce spolu se svorkou zasune. V průběhu tohoto pohybu bude svorka z tělesa (pozice 5) shozena stacionárními vyhazovači (pozice 6).



Obrázek 124 - Princip shození svorky na skluz

Shozená svorka tak spadne na skluz (pozice 7), kterým se dopraví do cílové bedny. Toto vyhazovací stanoviště bude obsahovat i kontrolu, zda jsou šrouby správně utažené. Jednou z mnoha možností je například optické snímání hlavy šroubů při otáčení karuselu mezi sedmým a osmým stanovištěm. Pokud je hlava některého ze šroubů výše než nastavená výška, znamená to, že šroub není dotažen a svorka je vyhodnocena jako neshodná.

V tomto případě bude píst pneumatického válce s vedením (pozice 8) vysunut, a tak bude zajištěn skluz špatně smontované svorky do bedny s neshodnými výrobky, jak lze vidět na obr. č. 125. V případě správně smontované svorky bude píst ve válci zasunut, takže deska (pozice 9) nebude sorce zábranou, a svorka spadne do zelené bedny. Samozřejmě vnitřní mantinel dráhy správně smontované svorky je zkosen a odsazen tak, aby svorka nikdy (když je deska (pozice 9) nahoře) nesjela do dráhy pro neshodné výrobky. Neshodné výrobky budou ručně opraveny.

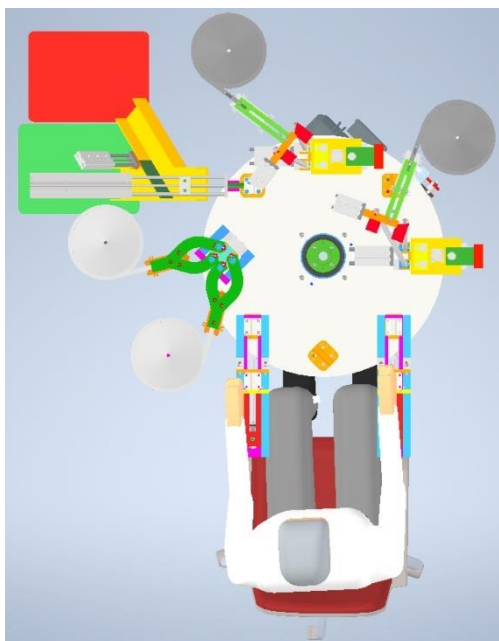


Obrázek 125 - Princip třídění svorek

Tento návrh rozřídování neshodných výrobků od správně sešroubovaných svorek by měl být funkční, nicméně další variantou by byla otočná výhybka, která by zajišťovala pohyb svorky potřebnou drahou.

Finální varianta

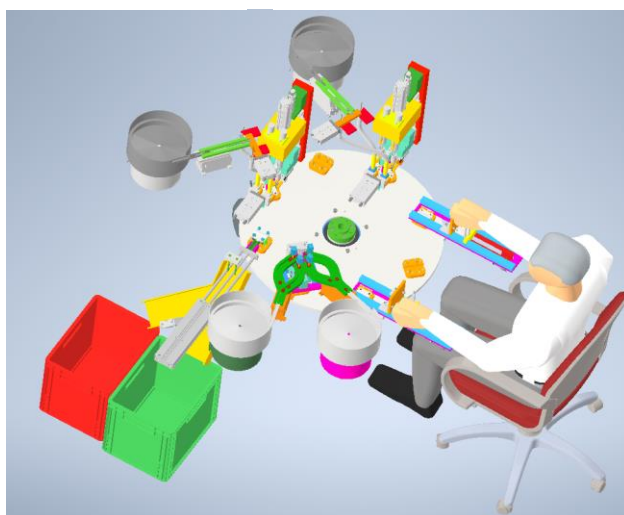
Takto byla rozebrána jednotlivá stanoviště poloautomatické montážní linky postupně, kdy u stanoviště zakládání matic byla vybrána jako nejlepší varianta C a u zakládání polotovarů varianta B. Na obr. č. 126 – č. 128 je uvedena linka se všemi stanovišti najednou.



Obrázek 126 – Půdorys celé linky



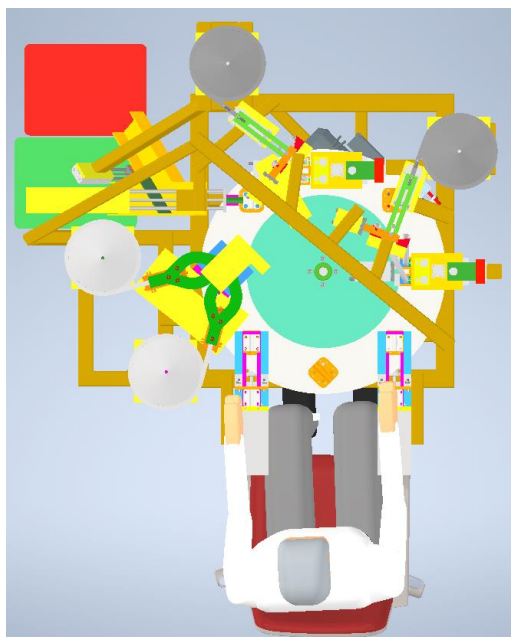
Obrázek 127 – Celková montážní linka



Obrázek 128 - Celková montážní linka (2)

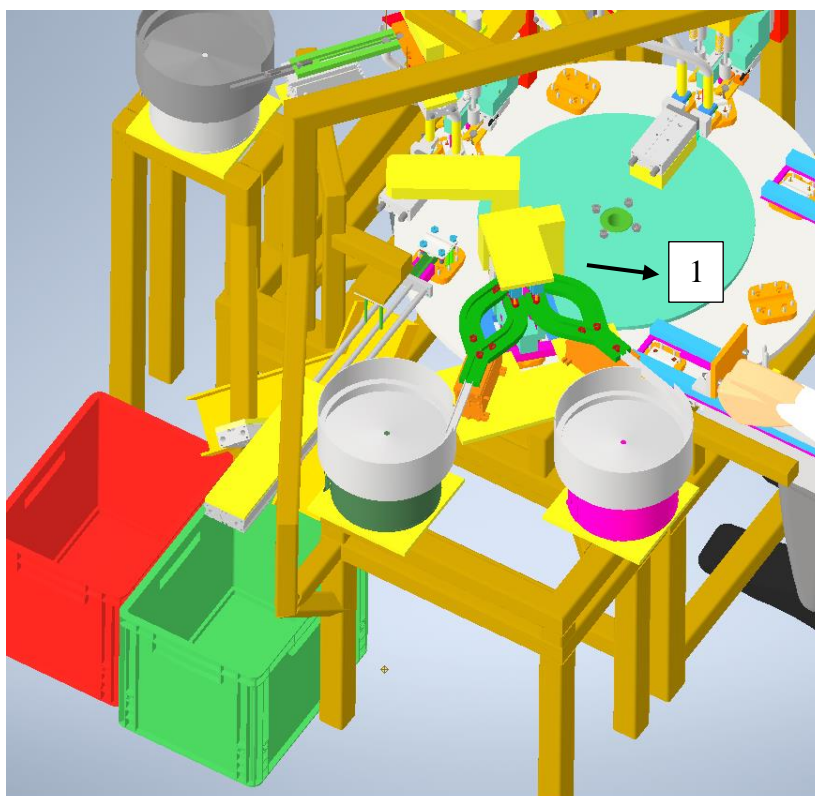
4.4.7 Rámová konstrukce

U tohoto finálního návrhu linky, není spousta komponentů nijak spojeno se zemí, což je samozřejmě nereálné, a proto byl zkonstruován i rám, ke kterému jsou všechny požadované komponenty připevněny (např. stacionární část karuselu, vibrační zásobníky matic i šroubů, lineární pohony dopravníků, většina pneumatických válců atd.) viz obr. č. 129. Tento rám je však pouze orientační, a reálný rám bude v určitých místech poupraven (např. redukcí profilů jechlů).



Obrázek 129 - Půdorysu linky s rámovou konstrukcí

Do středu otočného stolu byl zkonstruován stacionární stůl (pozice 1), na který lze umisťovat různé upínací prvky pro jednotlivé pneumatické válce apod. viz obr. č. 130. Dále lze na obrázku vidět způsob uchycení pneumatického válce s vedením u vyhazování svorky, podepření vibračních zásobníků, nebo lineárních pohonů.



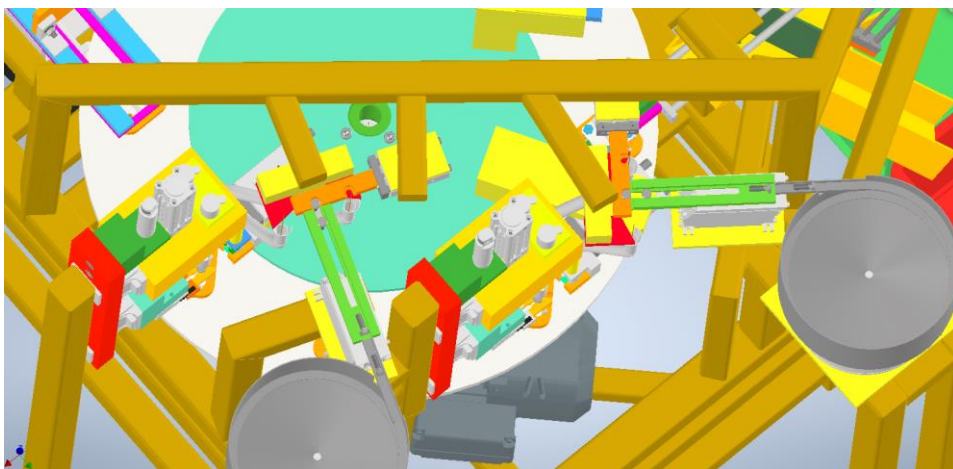
Obrázek 130 - Středový stacionární stůl

Na obr. č. 131 jsou uvedeny schematicky způsoby připevnění pneumatických válců s vedením zajišťující podávání šroubů chapadlům, nebo válců zajišťujícím přidržení předposlední matice v dráze dopravníku.



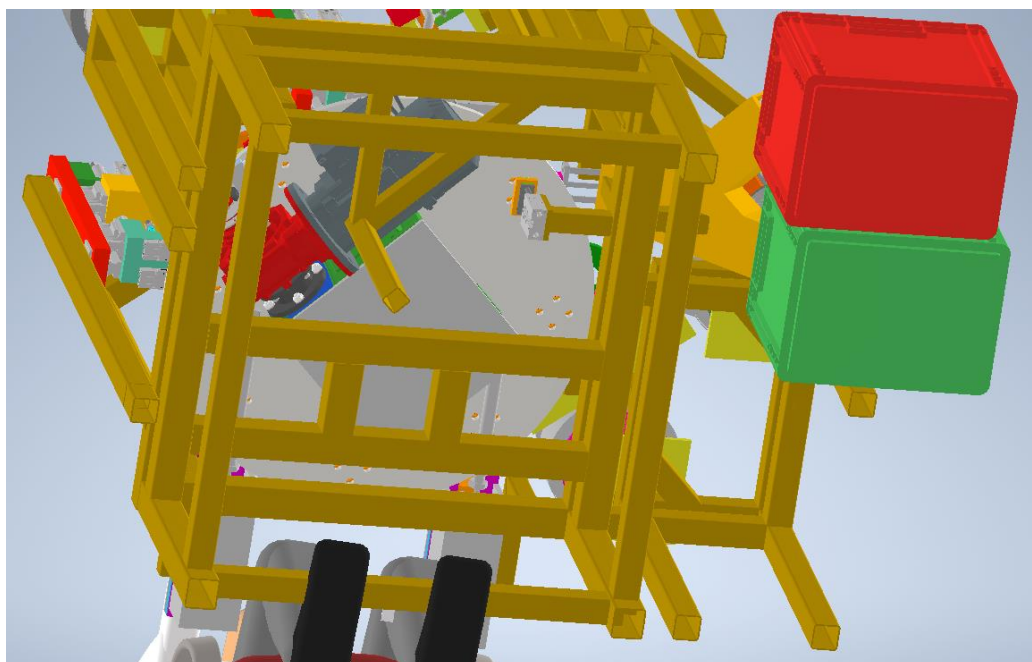
Obrázek 131 - Připevnění pneumatických válců ke středovému stolu

Obr. č. 132 znázorňuje např. uchycení rámu šroubovacího bloku k rámu stroje. Způsob uchycení by byl podobný jako u většiny komponentů a to tak, že rám (profil jeklu) by byl přivařen k desce, která je pak přišroubovaná k příslušnému komponentu. Při šroubování lze desku podepřít různými podložkami a vyrovnat tak nepřesnosti vzniklé svařováním rámu. Dále je na obrázku vidět připevnění válců zajišťujících zapadávání šroubů do hadic, nebo těles se šikmými plochami, o které se šrouby do hadic shazují.



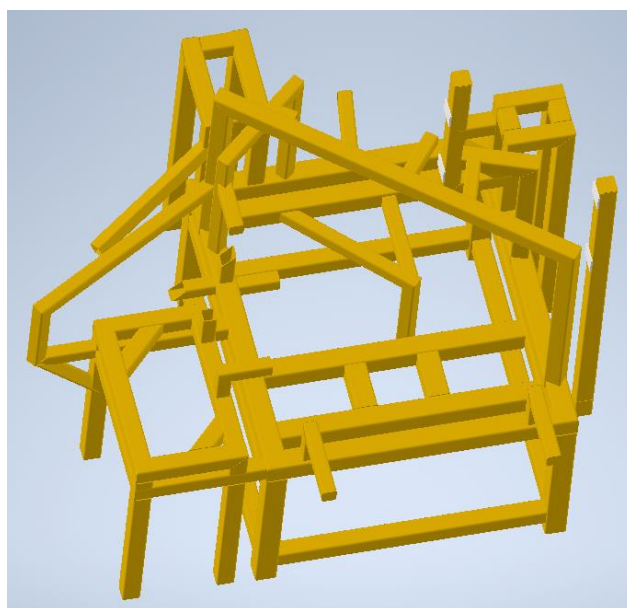
Obrázek 132 - Připevnění dílů sloužících k orientaci šroubů k rámu

Na obr. č. 133 je uveden pohled ze spodu stolu, kde je připevněna stacionární část karuselu, motor, nebo např. i válec vysouvající svorku při vyhazování.



Obrázek 133 - Upevnění motoru a pneumatického válce

Byly zde uvedeny pouze některé příklady připevnění komponent k rámu, jelikož to není základní cíl této práce. Na obr. č. 134 je rám pro zorientování se zobrazen samostatně. Je patrné, že je poměrně složitý a určitě by bylo možné ho zjednodušit, což už ale není součástí této diplomové práce.

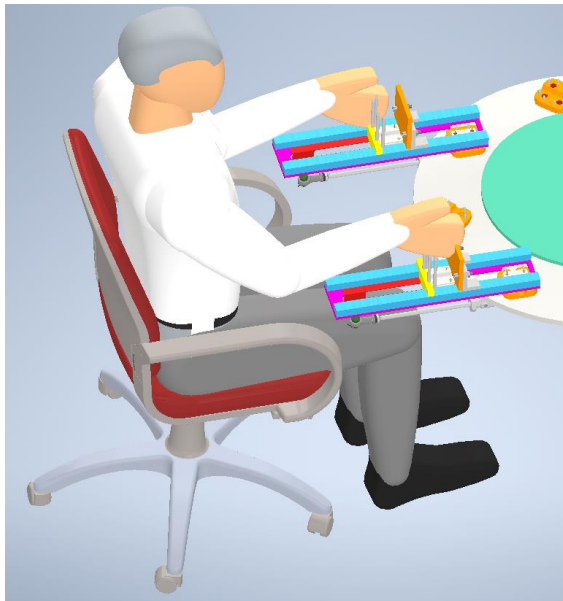


Obrázek 134 - Samotná rámová konstrukce

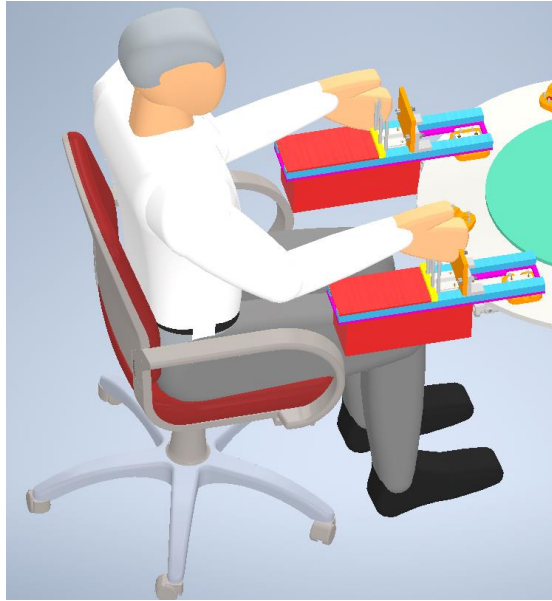
Bezpečnostní opatření

Velmi důležitým hlediskem je bezpečnost obsluhy této montážní linky, která obsahuje poměrně mnoho pohybujících se prvků, a tak představuje určité riziko úrazu obsluhy. Z tohoto důvodu jsou nejrizikovější stanoviště 2 a 4 (zakládání polotovarů), protože obsluha sedí právě přímo mezi nimi. Jak již bylo zmíněno, k úrazu by mohlo dojít v případě, kdy zásobník polotovarů by byl prázdný a obsluha by chtěla založit první polotovar. V okamžiku zakládání by mohlo při zasouvání pístu dojít ke skřípnutí ruky obsluhy. Tento problém by bylo vhodné zabezpečit např. použitím optického čidla, které by povolilo pohyb pístu válce pouze, pokud tam je nějaký polotovar.

Další riziko úrazu představuje možný kontakt pohyblivého konce pístnice s obsluhou. Při vysouvání pístu by mohlo dojít opět k poranění obsluhy buď koncem pístnice, nebo tělesem, které je k ní připojené, jak lze vidět na obr. č. 135. Z toho důvodu jsou tyto rizikové oblasti zakryty viz obr. č. 136.



Obrázek 135 - Nezakrytované rizikové oblasti



Obrázek 136 - Zakrytované rizikové oblasti

Samozřejmě by mělo být i zabráněno kontaktu mezi obsluhou a otáčejícím karuselem, čehož může být dosaženo např. ochranným plotem, který by byl těsně za místem, kam jsou zakládány desky viz obr. č. 137, kde je tento plot schematicky zobrazen. V plotu by byly otvory, kterými by procházela obě tyto stanoviště, a tak by bylo téměř nemožné, aby došlo k úrazu obsluhy karuselem. Při realizaci linky lze např. ještě obsluhu od karuselu odsunout dál a s ní i místo zakládání desek, takže by se toto stanoviště prodloužilo (použil by se válec s větším zdvihem), a tak by vzniklo více místa pro ochranný plot.



Obrázek 137 - Ochranný plot

Další nebezpečí úrazu může vznikat při dosypávání matic a šroubů do vibračních zásobníků obsluhou. V těchto místech však téměř nejsou žádné nebezpečné pohybující se prvky a případnému pádu obsluhy na karusel brání rámová konstrukce, takže zde by žádná bezpečnostní opatření nemusela být nutná. Nicméně oplotit celou linku je dodatečně kdykoliv možné.

4.5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Pro finální návrh poloautomatické linky byly vybrány vždy nejlepší varianty jednotlivých stanovišť. V tomto ohledu byla rozhodující funkčnost a spolehlivost linky a pořizovací cena byla až druhotným faktorem, protože linka je konstrukčně složitá a zároveň schopna generovat poměrně velkou úsporu. Z těchto důvodů nehraje rozdíl v ceně jednotlivých variant zásadní roli, a proto bude ekonomické zhodnocení orientačně provedeno pouze pro finální variantu.

Automatická linka montáže bude sice v provozu 250 dní ročně, ale pracovnice bude v práci pouze 210 dní, a proto zbylých 40 dní bude muset linku obsluhovat jiná pracovnice, takže k automatické lince je potřeba 1,19 pracovnice. Výsledná úspora lidských zdrojů je tedy $3 - 1,19 = 1,81$ pracovníků, což po přenásobení ročními náklady na zaměstnance (527 736 Kč) určí výslednou roční úsporu 955 202 Kč.

Dále lze velmi orientačně určit potenciální úsporu automatické linky za dobu její životnosti, která je odhadem osm let (i odpisová doba životnosti). Náklady na opravy a výměny jednotlivých částí hlavně pneumatických utahováků mohou být cca 100 000 Kč/rok. Celkovou úsporu automatické linky lze velmi nahrubo odhadnout: $(955\,200 \text{ Kč/rok} - 100\,000 \text{ Kč/rok}) * 8 \text{ roků} - \text{pořizovací cena linky} = 6\,841\,600 \text{ Kč} - \text{pořizovací cena linky}$.

Dále lze ekonomické hledisko popsat pomocí důležitého ukazatele – návratnosti investice, která se určí jako podíl počáteční investice a celkové roční úspory. Počáteční investice se odhaduje na 3 miliony Kč, z čehož vyplývá, že:

$$\text{doba návratnosti} = \frac{\text{poč. inv.}}{\text{cel. roční úspora}} = \frac{3\,000\,000 \text{ Kč}}{855\,200 \text{ Kč/rok}} = 3,17 \text{ roků}$$

Samozřejmě všechny předchozí úvahy a propočty jsou pouze orientační a chybí v nich mnoho faktorů. Část nevýrobního času bude způsobena potřebami pracovnice

(WC, odpočinek) a další část technickými přestávkami (seřízení, dosypání matek a šroubů, výměny beden, palet, opravy linky), proto jsme ve výpočtech uvažovali přibližnou dobu chodu stroje sedm hodin v jedné směně. Dalším problémem by byla zmetkovitost, jelikož desky, šrouby a matice jsou zároveň zinkovány, a ne vždy ideálně, takže určitě i tento faktor bude montáž zpomalovat a prodražovat.

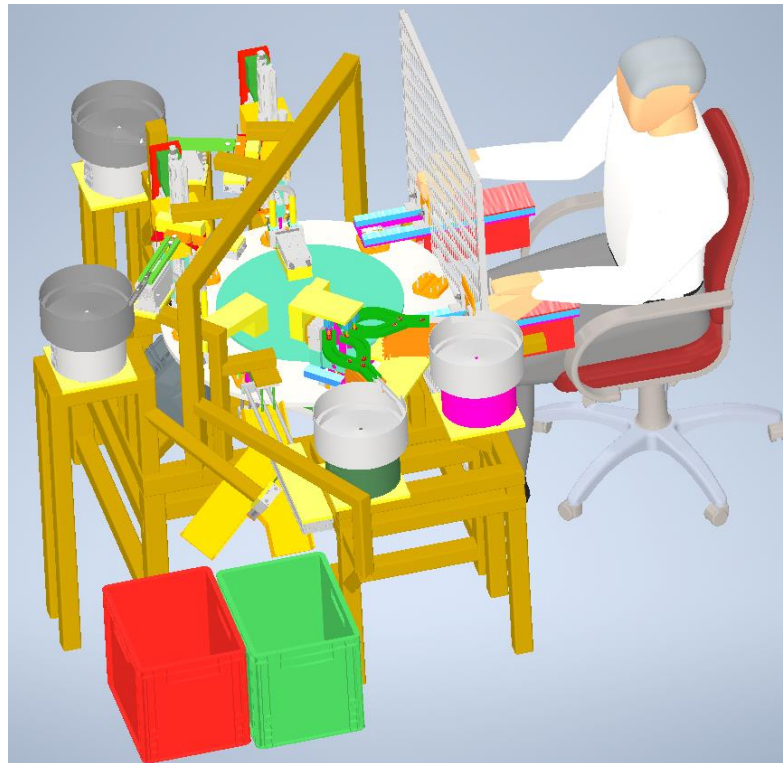
5. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout poloautomatickou montážní linku pro dané typy svorek. Nejprve byl podle vyrobených množství svorek za rok určen požadovaný takt linky, který činí přibližně šest sekund. Dále bylo provedeno ekonomické zhodnocení, které orientačně ukázalo rentabilitu této linky.

Následná návrhová konstrukce linky začala určením jejího typu. Nejlepším řešením se ukázal být otočný stůl – karusel, na kterém budou umístěna jednotlivá stanoviště a většina úkonů bude provedena vždy při zastavení karuselu. Tato varianta se zdála být konstrukčně nejjednodušší a zároveň nejlevnější. Poté byly vymyšleny a zároveň průběžně prodiskutovány varianty jednotlivých stanovišť, jako je zakládání matic, zakládání spodního polotovaru (desky), zakládání horního polotovaru (desky), přísun a zašroubování šroubů, a nakonec vyjmutí hotového výrobku (svorky).

Pro zakládání matic byla pro hlavní návrh zvolena třetí varianta, jelikož se ukázala být v praxi nejlépe realizovatelná a spolehlivá. Stanoviště se zakládáním spodní i horní desky bylo navrženo a poté v druhé variantě mírně vylepšeno, aby bylo dosaženo lepších pracovních podmínek pro obsluhu. Stanoviště zajišťující přísun a šroubování šroubů bylo zkonstruováno pouze v jedné variantě, ale po pečlivém uvážení dalších variant. Poslední stanoviště, vyjímání výrobků (svorek) by mělo být také plně funkční.

Nakonec byl k této lince zkonstruován i rám, který spojuje všechny díly. Tento rám je však pouze orientační a umožňuje lepší představu o celkovém designu linky, ale v praxi bude určitě upraven. Také byly přidány ochranné prvky, které zabraňují kontaktu obsluhy s pohyblivými částmi, jako je např. karusel, nebo pístnice pneumatických válců. Konečné finální řešení je zobrazeno na obr. č. 138.



Obrázek 138 - Finální poloautomatická montážní linka

Je předpoklad, že celá linka bude v blízké době zrealizována, i když pravděpodobně budou během realizace provedeny drobné změny. Následně, dle praktických zkušeností, je možnost zkonstruovat ve firmě Tremis další podobné linky na montáž jiných výrobků.

6. Bibliografie

[1]	PETRŮ, Jana a Robert ČEP. <i>Týmová cvičení z předmětu montážní práce a automatizace montážních prací</i> [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2022-07-17]. Dostupné z: https://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2707-0.pdf . Studijní materiály pro studijní obor Strojírenské technologie. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava.
[2]	ZEZULOVÁ, Jarmila. <i>Montáž: Studijní materiály</i> [online]. In: . Jarmila Bártová [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://adoc.pub/no-title12aee8f6d8b8d18b4deee0f1ee2379d128647.html
[3]	SOVA, František. <i>Technologie obrábění a montáže</i> . 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-708-2823-4.
[4]	MÁDL, Jan. <i>Terminologie obrábění a montáže</i> . Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, ÚTRŮV, 2004. ISBN 80-704-4616-1.
[5]	<i>Zásady montážních prací, pracovní pomůcky</i> [online]. [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/03/318-zasady-montaznich-praci-montazni.html
[6]	<i>Členění montážního procesu</i> [online]. [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/03/3183-cleneni-montazniho-procesu.html
[7]	BRYCHTA, Josef a Robert ČEP. <i>Nové směry v progresivním obrábění</i> [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf . Učební texty. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
[8]	<i>Externí montáž</i> [online]. [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/03/31812-externi-montaz.html
[9]	<i>Interní montáž</i> [online]. [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/03/31811-interni-montaz.html
[10]	<i>Automatizace montáže</i> [online]. [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/03/3188-automatizace-montaze.html

[11]	<i>Assembly automation</i> [online]. Siemens [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/assembly-automation/24848
[12]	JELICA, Darijan. <i>Tools and machines for automatic assembly</i> . Gothenburg, Sweden, 2015. Bakalářská. Chalmers University of technology. Vedoucí práce Asa Berglund.
[13]	BOOTHROYD, Geoffrey. <i>Assembly Automation and Product Design</i> [online]. Second Edition. Wakefield (Rhode Island): Taylor & Francis Group, LLC, 2005 [cit. 2022-07-24]. ISBN 1-57444-643-6. Dostupné z: http://www.iqytechnicalcollege.com/BAE%20682-Assembly%20Automation%20&%20Product%20Design.pdf
[14]	<i>Vibrační zásobníky</i> [online]. Chotěboř: Roboterm [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/vibracni-zasobniky
[15]	<i>Kruhové vibrační zásobníky</i> [online]. Příbram: Rox [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://www.rox.cz/vyrobky0210-kruhove_vibracni_zasobniky.php
[16]	<i>Vibratory Bowl Feeders</i> [online]. Aachen (Germany): RNA [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/Vibratory-Bowl-Feeders.pdf
[17]	<i>How Vibratory Bowl Feeders Work & What They're Used For</i> [online]. Maine (USA): EAM, 2020 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.eaminc.com/blog/how-vibratory-bowl-feeders-work/
[18]	<i>Násypky: Válcové - typ NV</i> [online]. Damníkovi: Vondra a Vondra [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/44-nasypky/261-valcove-typ-nv
[19]	<i>Násypky: Kuželové - typ NK</i> [online]. Damníkovi: Vondra a Vondra [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/44-nasypky/259-kuzelove-typ-nk
[20]	<i>How do electromagnetic vibratory feeder works</i> [online]. Sesto San Giovanni (Italy): MP Elettronica, 2021 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.mpelettronica.com/how-do-electromagnetic-vibratory-feeder-works/

[21]	<i>Learn about the Feeding System</i> [online]. Arandon-Passins (France): Tech Feeders, 2021 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://techfeeder.eu/techfeeder-learning/
[22]	<i>Vibratory Feeders</i> [online]. IQS Directory [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.vibratory-feeders.com/
[23]	<i>Vibratory feeders: How they work & Why they're efficient</i> [online]. Chicago (USA): General Kinematics [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.generalkinematics.com/blog/vibratory-feeders-how-they-work-why-theyre-efficient/
[24]	<i>Linear Feeders</i> [online]. Aachen (Germany): RNA [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2021/07/RNA-Catalog-Linear-Feeders-3.pdf
[25]	<i>Linear Feeders</i> [online]. Aachen (Germany): RNA [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/linear-feeders/
[26]	<i>Vibrační pohony: Přímocará - typ C</i> [online]. Damníkovi: Vondra a Vondra [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/28-vibracni-pohony/224-primocare-typ-c
[27]	<i>Vibrační technika</i> [online]. Liberec: Exactec [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.exactec.com/index.php/vibracni-technika
[28]	TSUCHIYA, Masa. <i>What are the main types of Linear Actuators?</i> [online]. In: . Nippon Bearing [cit. 2022-07-24].
[29]	<i>What are different types of actuators</i> [online]. Woodinville (USA): Creative motion control, 2020 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.creativemotioncontrol.com/types-of-actuators/
[30]	<i>An Overview of Linear Actuators (Mechatronics)</i> [online]. Illinois (USA): PBC Linear [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.pbclinear.com/Blog/2017/January/An-Overview-of-Linear-Actuators
[31]	<i>Linear Actuators Information</i> [online]. Engineering 360 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.globalspec.com/learnmore/motion_controls/linear_actuators/linear_actuators

[32]	LEWOTSKY, Kristin. <i>Choosing the Right Linear Actuator</i> [online]. In: . Ann Arbor (USA): Association for advancing automation [cit. 2022-07-24].
[33]	COLLINS, Danielle. <i>What are the main types of linear actuators?</i> [online]. In: . Linear motion tips [cit. 2022-07-24].
[34]	<i>Katalog pneumatických prvků</i> [online]. Bílá Třemešná: Stránský a Petržík, 2005 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.stranskyapetrzik.cz/objekty/katalog_stransky_a_petrzik_10_4_05_0801.pdf
[35]	<i>Přímočaré pohony DGC</i> [online]. Praha: Festo [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/cz/cs/p/primocare-pohony-id_DGC/?tab=HIGHLIGHTS
[36]	<i>Jak správně vybrat pneumatický válec</i> [online]. Žebrák: Kompresory vzduchotechnika [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/user/documents/upload/poradna/jak-vybrat-valec/jak-spravne-vybrat-pneumaticky-valec-clanek.pdf
[37]	<i>The 4 Types of Linear Actuators</i> [online]. Trowbridge (England): Del-Tron Precision [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://deltron.com/Linear-Actuators.html
[38]	<i>5 Types of Linear Actuators</i> [online]. Sterling (USA): Artimus robotics, 2021 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.artimusrobotics.com/post/5-types-of-linear-actuators?lang=en
[39]	COLEMAN, Jimmy. <i>Types of Linear Actuators</i> [online]. In: . Radford (USA): Kollmorgen [cit. 2022-07-24].
[40]	<i>Technical Blog: Types of Linear Actuators</i> [online]. Slinfold (England): Heason, 2019 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.heason.com/news-media/technical-blog-archive/types-of-linear-actuators
[41]	COLLINS, Danielle. <i>What are differential roller screws and how do they differ from planetary designs?</i> [online]. In: . Linear motion tips [cit. 2022-07-24].
[42]	<i>Porovnání pneumatických, hydraulických a elektrických lineárních pohonů</i> [online]. Brno: E-konstruktor, 2015 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://e-konstruktor.cz/novinka/porovnani-pneumatickych-hydraulickych-a-elektrickych-linearnich-pohonu

[43]	GANNON, Mary. <i>The business end of hydraulics: the cylinder</i> [online]. In: . Mobile hydraulic tips [cit. 2022-07-24].
[44]	<i>Co je piezoelektrický aktuátor?</i> [online]. Netinbag [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.netinbag.com/cs/manufacturing/what-is-a-piezoelectric-actuator.html
[45]	<i>Pneumatické komponenty válce a příslušenství</i> [online]. Bosch group, 2016 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://docplayer.cz/16913637-Uvod-pneumaticke-valce-jednocinne-pneumaticke-valce.html
[46]	<i>Air cylinders</i> [online]. 2016 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://slideplayer.com/slide/10666443/
[47]	<i>Vícepolohové válce</i> [online]. Praha: Festo [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.festo.com/media/pim/421/D15000100152421.PDF
[48]	<i>Pneumatics : Tutorial 3</i> [online]. Kerala (India): RIG NIT Calicut [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://www.rignitc.com/pneumatics-tutorial-3-archive/
[49]	<i>Pneumatický válec s vedením DFM-50-25-P-A-KF Festo</i> [online]. Varšava: RS Components [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://cz.rs-online.com/web/p/pneumaticke-valce-s-vedenim/1366540
[50]	<i>Automatic screw fastening robot</i> [online]. Billingstad (Norway): Kitron, 2020 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://kitron.com/blog/automatic-screw-fastening-robot
[51]	<i>Basic knowledge regarding automatic screw fastening machines and system</i> [online]. China: Techleader [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.automatedfl.com/archives/1164
[52]	<i>The four levels of fastener automation</i> [online]. New York: Engineering 360, 2021 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://insights.globalspec.com/article/16094/the-four-levels-of-fastener-automation
[53]	<i>Screwdriver Function Module for the automatic Screw-Assembly</i> [online]. Amberg (Germany): Deprag [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.deprag.com/fileadmin/bilder_content/emedi/broschueren_pics/emedi_Automation/D3310/D3310en.pdf
[54]	<i>Weber Schraubautomaten Technika, která spojuje</i> [online]. Wolfratshausen (Německo): Weber [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.weber-

	online.com/wp-content/uploads/sites/2/WEBER_LB_Produkty_2018_CS-1.pdf
[55]	<i>Ruční šroubováky</i> [online]. Wolfratshausen (Německo): Weber [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.weber-online.com/cs/rucni-sroubovaky/hsp-hsd-hsv/
[56]	<i>Screwdriving and Fastening Technology with Automatic Feeding</i> [online]. Königsdorf (Germany): STÖGER AUTOMATION [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.stoeger.com/en/downloads.html
[57]	<i>Swivel Arm</i> [online]. Wolfratshausen (Německo): Weber [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.weber-online.com/en/swivel-arm/
[58]	<i>Metody utahování, používané při technice šroubování</i> [online]. Amberg (Germany): Deprag, 2019 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.deprag.com/cs/presse201905a.html
[59]	<i>Multifunction Electric Screwdriver</i> [online]. Tokyo (Japan): NITTO KOHKI [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.nitto-kohki.eu/images/stories/products/tools/electric_tools/electric_screwdrivers/DK318_Multifunction.pdf
[60]	<i>Chapter 1 What Is A Linear Guide?</i> [online]. NSK Precision Machinery & Parts e-Project Team [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.bearing.co.il/Linear_Guides_Tutorial.pdf
[61]	KAMARÁD, Josef a Zdeněk SLÁDEK. <i>Základy přesné mechaniky I</i> . Praha, 1987. Skripta. České vysoké učení technické v Praze, Strojní fakulta.
[62]	<i>Praktický pohled – Lineární nebo kluzné vedení</i> [online]. In: . Brno: TDZ Turn [cit. 2022-07-24].
[63]	KOPELIOVICH, Dmitri. <i>Lubrication Regimes</i> [online]. In: . SubsTech [cit. 2022-07-24].
[64]	DUBRICA, Mihai. <i>Mixed Lubrication</i> [online]. In: . Encyclopedia of Tribology [cit. 2022-07-24].
[65]	JANÍČKOVÁ, Petra. <i>Moderní konstrukční řešení CNC strojů</i> [online]. In: . Uherské Hradiště [cit. 2022-07-24].
[66]	<i>How can hydrostatic guideways take your machining to the next level?</i> [online]. Hampshire (England): Kingsbury [cit. 2022-07-24]. Dostupné z:

	https://kingsburyuk.com/how-can-hydrostatic-guideways-take-your-machining-to-the-next-level/
[67]	<i>Hydrostatic linear guiding for standard design spaces</i> [online]. Machine Design, 2010 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/linear-motion/article/21831756/hydrostatic-linear-guiding-for-standard-design-spaces
[68]	<i>Machine tool feed drives</i> [online]. ResearchGate, 2011 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Hydrostatic-V-flat-and-wrap-around-guides-by-Hydrostatic-1_fig3_251551614
[69]	COLLINS, Danielle. <i>Breaking down linear bearing construction</i> [online]. In: . Linear motion tips [cit. 2022-07-24].
[70]	<i>Advantages over rolling-element bearings</i> [online]. Goepingen (Germany): Hyprostatik [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://hyprostatik.de/en/technology/advantages-over-rolling-element-bearings/

7. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Zadané svorky určené k poloautomatické montáži	69
--	----

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozdělení montážních činností [1]	12
Obrázek 2 - Schéma montážních prvků zařízení [1].....	13
Obrázek 3 - Schéma montáže [1].....	14
Obrázek 4 - Usnadnění montáže (upraveno pro účely DP) [1].....	16
Obrázek 5 - Nepohyblivá soustředěná montáž (upraveno pro účely DP) [7].....	17
Obrázek 6 - Nepohyblivá rozčleněná montáž (upraveno pro účely DP) [7]	18
Obrázek 7- Montáž s volným pohybem předmětů (upraveno pro účely DP) [7]	18
Obrázek 8 - Montáž s nuceným pohybem předmětů (upraveno pro účely DP) [7].....	19
Obrázek 9 - Závislost nákladů na toleranci výrobku [3]	20
Obrázek 10 - Příklad rozměrového řetězce [3]	21
Obrázek 11 - Příklady použití pohyblivých kompenzátorů [3]	23
Obrázek 12 - Schematický návrh montážní linky [3]	26
Obrázek 13 - Stupně automatizace a jejich parametry [12].....	28
Obrázek 14 - Typy montážních linek (upraveno pro účely DP) [13]	28
Obrázek 15 - Rotační indexační linka [13].....	29
Obrázek 16 - Lineární indexační linka [13].....	30
Obrázek 17 - Lineární linka s vertikálním pohybem přípravků [13]	31
Obrázek 18 - Lineární linka s horizontálním pohybem přípravků [13]	31
Obrázek 19 - Typy kruhových zásobníků [16]	33
Obrázek 20 - Válcový zásobník [18]	34
Obrázek 21 - Kónický zásobník [19].....	34
Obrázek 22 - Vibrační zásobník [13].....	34
Obrázek 23 - Princip orientace šroubů ve vibračním zásobníku [13].....	35
Obrázek 24 - Problém se zasekáváním tenkých dílů [13]	36
Obrázek 25 - Princip orientace podložek ve vibračním zásobníku [13].....	37
Obrázek 26 - Princip orientace komolých kuželů ve vibračním zásobníku [13].....	37
Obrázek 27 - Lineární vibrační pohon [26]	38
Obrázek 28 - Celkové zařízení sloužící k orientaci a dopravování dílů [27]	39
Obrázek 29 - Pístnicový typ pohonu [34].....	40
Obrázek 30 - Bezpístnicový typ pohonu [35].....	40
Obrázek 31 - Řez bezpístnicovým typem pohonu [36]	40
Obrázek 32 - Vodící šroub [32]	41

Obrázek 33 - Kuličkový šroub [32]	42
Obrázek 34 - Planetový válečkový šroub [41].....	43
Obrázek 35 - Řemenový pohon [31].....	43
Obrázek 36 - Hydraulický pohon [43]	44
Obrázek 37 - Pístnicový válec [45].....	48
Obrázek 38 - Membránový válec [45]	48
Obrázek 39 – Dvojčinné válce s tlumením v krajních polohách [46]	49
Obrázek 40 - Vícepolohový válec [45].....	50
Obrázek 41 - Příklad principu vícepolohového válce [47]	50
Obrázek 42 - Řez vícepolohovým válcem [48]	50
Obrázek 43 - Tandemový válec (upraveno pro účely DP) [45].....	51
Obrázek 44 - Detekce polohy pístu pomocí magnetického snímače [36]	51
Obrázek 45 - Válec s vedením [49]	52
Obrázek 46 - Poloautomatický šroubovací systém [55]	53
Obrázek 47 - Použití vakuové techniky k přidržení šroubu [54]	54
Obrázek 48 - Automatické podávání šroubů [57].....	55
Obrázek 49 - Profily hadic pro dopravované díly [54].....	55
Obrázek 50 – Šroubovací stanoviště [54]	56
Obrázek 51 - Hodnota otáček v závislosti na fázi šroubování [59]	59
Obrázek 52 - Typy tření u kluzného hydrodynamického vedení [64]	61
Obrázek 53 - Závislost součinitele tření na typu tření [63]	62
Obrázek 54 - Schéma hydrostatického vedení [65]	63
Obrázek 55 - Příklad konstrukce hydrostatického vedení [68].....	63
Obrázek 56 - Závislost deformace valivých elementů na zatížení [60].....	64
Obrázek 57 - Deformace valivých elementů [60].....	64
Obrázek 58 - Profily drah valivých elementů [60]	65
Obrázek 59 – Nerovnoměrné namáhání valivých prvků [60].....	66
Obrázek 60 - Velikost třecí síly [70]	68
Obrázek 61 - Schéma montáže svorky	70
Obrázek 62 - Svorka SR 2b	70
Obrázek 63 - Svorka SR 2b (2).....	70
Obrázek 64 - Výkres desky SR 2bd.....	71
Obrázek 65 - Svorka SR 3b	71
Obrázek 66 - Svorka SR 3b (2).....	71

Obrázek 67 - Výkres desky SR 3bd.....	72
Obrázek 68 - Svorka SK	72
Obrázek 69 - Svorka SK (2)	72
Obrázek 70 - Svorka SR 2b N	73
Obrázek 71 - Výkres desky SR 2bd N.....	73
Obrázek 72 - Karusel s ustavujícími přípravky	76
Obrázek 73 - Karusel s motorem	76
Obrázek 74 - Ustavující přípravek.....	77
Obrázek 75 - Varianta uspořádání 1	77
Obrázek 76 - Varianta uspořádání 2	77
Obrázek 77 - Základní uspořádání stanovišť	78
Obrázek 78 - Zakládání matic - varianta A.....	79
Obrázek 79 - Princip zakládání matic - A.....	80
Obrázek 80 - Detail zakládání matic - A	81
Obrázek 81 - Detail zakládání matic – A (2)	81
Obrázek 82- Prototyp zakládání matic.....	82
Obrázek 83 - Prototyp zakládání matic (2).....	82
Obrázek 84 - Zakládání matic - varianta B.....	82
Obrázek 85 - Princip plnění obou drah maticemi - B	83
Obrázek 86 - Detail natáčení části lineárního dopravníku - B.....	83
Obrázek 87 - Princip zakládání matic - B.....	84
Obrázek 88 - Zakládání matic - varianta C.....	85
Obrázek 89 - Detail zakládání matic - C.....	85
Obrázek 90 - Půdorys zakládání matic - C	85
Obrázek 91 - Princip zakládání matic - C.....	87
Obrázek 92 - Přidržování matic v trubkách pomocí pneumatických válců.....	87
Obrázek 93 - Zakládání spodního polotovaru - varianta A	88
Obrázek 94 - Princip zakládání spodního polotovaru - A	89
Obrázek 95 - Využití drážek pro regulaci výšky - A.....	89
Obrázek 96 - Spojení pístitnice s vyhazovací deskou pomocí čepu se závlačkou - A	89
Obrázek 97 - Detail zakládání polotovaru - A.....	90
Obrázek 98 - Prototyp zakládání polotovarů	90
Obrázek 99 - Prototyp zakládání polotovarů (2)	90
Obrázek 100 - Zakládání spodní desky - varianta B.....	91

Obrázek 101 – Oddálení stohu desek od karuselu - B	91
Obrázek 102 - Přetočení válce - B	92
Obrázek 103 - Úprava dílu zakládající desku - B	92
Obrázek 104 - Spojení pomocí čepu se závlačkou a matice - B	93
Obrázek 105 - Detail zakládání desky - B	93
Obrázek 106 - Umístění stanovišť zakládající desky	94
Obrázek 107 - Místo pro obsluhu	94
Obrázek 108 - Celkový pohled na stanoviště 2 a 4.....	94
Obrázek 109 - Problematické zakládání desek	95
Obrázek 110 - Zakládání a utahování šroubů	96
Obrázek 111 - Detail zakládání a utahování šroubů	96
Obrázek 112 - Doprava a orientace šroubů	97
Obrázek 113 - Princip zapadávání šroubů do hadic	98
Obrázek 114 - Princip podávání šroubů pod šroubovací hlavu	99
Obrázek 115 - Detail držení šroubu	99
Obrázek 116 - Princip rozevření	99
Obrázek 117 - Odpružení tělesa (pozice 8)	100
Obrázek 118 - Princip šroubovací jednotky	101
Obrázek 1199 - Odpružení středících kolíků	102
Obrázek 120 - Rozmístění šroubovacích jednotek	103
Obrázek 121 - Pohled na stanoviště 5 a 7	103
Obrázek 122 - Vyjmutí svorky	104
Obrázek 123 - Nadzvednutí svorky	104
Obrázek 124 - Princip shození svorky na skluz.....	105
Obrázek 125 - Princip třídění svorek	106
Obrázek 126 – Půdorys celé linky	107
Obrázek 127 – Celková montážní linka.....	107
Obrázek 128 - Celková montážní linka (2).....	107
Obrázek 129 - Půdorysu linky s rámovou konstrukcí.....	108
Obrázek 130 - Středový stacionární stůl.....	108
Obrázek 131 - Připevnění pneumatických válců ke středovému stolu.....	109
Obrázek 132 - Připevnění dílů sloužících k orientaci šroubů k rámu.....	109
Obrázek 133 - Upevnění motoru a pneumatického válce.....	110
Obrázek 134 - Samotná rámová konstrukce	110

Obrázek 135 - Nezakrytované rizikové oblasti.....	111
Obrázek 136 - Zakrytované rizikové oblasti.....	112
Obrázek 137 - Ochranný plot.....	112
Obrázek 138 - Finální poloautomatická montážní linka.....	116