



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

KONSTRUKCE JEDNOÚČELOVÉHO STROJE NA OPRACOVÁNÍ POLYURETANOVÝCH ODLITKŮ

DESIGN OF SINGLE-PURPOSE MACHINE FOR MACHINING POLYURETHANE CASTINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Sýkora

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D.

BRNO 2021

Zadaní diplomové práce

| | |
|-------------------|--|
| Ústav: | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky |
| Student: | Bc. Petr Sýkora |
| Studijní program: | Strojní inženýrství |
| Studijní obor: | Výrobní stroje, systémy a roboty |
| Vedoucí práce: | Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2020/21 |

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

Konstrukce jednoúčelového stroje na opracování polyuretanových odlitků

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh jednoúčelového stroje na opracování odlitků.

Cíle diplomové práce:

Rešerše a zhodnocení současného stavu.

Systémový rozbor řešené problematiky.

Konstrukční návrh.

Ekonomické zhodnocení řešení.

Analýza rizik.

Závěr a doporučení.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jirí. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh konstrukce jednoúčelového stroje pro opracování páčky volantů z PUR. Problémem současného stavu byla potřeba lidské síly k opracování velkého množství páček. Zautomatizovaný proces opracování problém eliminuje. Výsledkem práce je detailní 3D model jednoúčelového stroje vytvořený v programu Onshape, výkresová dokumentace několika dílů zařízení, ekonomické zhodnocení a analýza rizik stroje. Závěr práce obsahuje zhodnocení celého projektu.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is to design a single-purpose machine for machining steering wheel lever from PUR. The problem with the current state was the need of manpower for machine a large number of levers. The automated machining process eliminates the problem. The result of the work is a detailed 3D model of a single-purpose machine created in the Onshape program, drawing documentation of several parts of the equipment, economic evaluation and risk analysis of the machine. The conclusion of the thesis contains an evaluation of the whole project.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jednoúčelový stroj, PUR, páčka volantů, obrábění plastu

KEYWORDS

single-purpose machine, PUR, steering wheel lever, plastic machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SÝKORA, Petr. *Konstrukce jednoúčelového stroje na opracování polyuretanových odlitků* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129687>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Zdeněk Tůma.

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych rád touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Zdeňku Tůmovi, Ph.D., za jeho odborné rady. Dále bych chtěl poděkoval rodině, která mě po celou dobu studia podporovala. V neposlední řadě bych rád poděkoval pracovníkům konstrukčního oddělení firmy SKB Sýkora s.r.o., kteří mi poskytli dostatečné množství informací pro vytvoření této práce a věřím, že tato práce bude ku prospěchu firmy.

ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Tůmy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26.2.2021

.....

Sýkora Petr

OBSAH

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 19 |
| 2 | MOTIVACE | 21 |
| 3 | REŠERŠE A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU | 23 |
| 3.1 | Problematika výroby integrální polyuretanové pěny | 23 |
| 3.1.1 | Co je to iPUR..... | 23 |
| 3.1.2 | Postup výroby dílů z iPUR | 25 |
| 3.1.3 | Výrobní přesnost iPUR dílů | 27 |
| 3.2 | Obrábění iPUR..... | 27 |
| 3.2.1 | Ruční opracování iPUR | 27 |
| 3.2.2 | Strojní obrábění iPUR | 29 |
| 4 | SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY | 31 |
| 4.1 | Problémová situace | 31 |
| 4.2 | Formulace problému | 31 |
| 4.3 | Formulace cílů a řešení | 31 |
| 4.4 | Popis řešené soustavy | 31 |
| 4.5 | Systém podstatných veličin [5]..... | 31 |
| 4.5.1 | S0 – Veličiny popisující prvky okolí entity | 32 |
| 4.5.2 | S1 – Struktura, geometrie a topologie entity | 32 |
| 4.5.3 | S2 – Podstatné vazby a interakce entity s okolím | 32 |
| 4.5.4 | S3 – Aktivace entity s okolím..... | 32 |
| 4.5.5 | S4 – Ovlivňování entity s okolím | 32 |
| 4.5.6 | S5 – Oborové vlastnosti prvků struktury entity | 32 |
| 4.5.7 | S6 – Veličiny popisující procesy a stavy entity | 32 |
| 4.5.8 | S7 – Veličiny popisující projevy entity | 32 |
| 4.5.9 | S8 – Důsledky projevů | 32 |
| 4.6 | Kritéria rozhodování a stanovení jejich vah [41,42]..... | 33 |
| 5 | KONSTRUKČNÍ NÁVRH | 35 |
| 5.1 | Vstupní parametry..... | 35 |
| 5.2 | Návrh variant vstupního zásobníku | 36 |
| 5.2.1 | Varianta 1 | 36 |
| 5.2.2 | Varianta 2 | 37 |
| 5.2.3 | Varianta 3 | 38 |
| 5.3 | Výběr varianty vstupního zásobníku | 39 |
| 5.3.1 | Posuzovaná kritéria analýzy | 39 |
| 5.3.2 | Stanovení vah zvolených kritérií | 40 |
| 5.3.3 | Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku..... | 41 |
| 5.4 | Návrh variant způsobu obrábění | 42 |
| 5.4.1 | Varianta 1 | 42 |
| 5.4.2 | Varianta 2 | 43 |
| 5.4.3 | Varianta 3 | 44 |
| 5.4.4 | Výběr varianty | 45 |
| 5.4.5 | Posuzovaná kritéria analýzy | 45 |
| 5.4.6 | Stanovení vah zvolených kritérií | 46 |
| 5.4.7 | Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku..... | 47 |
| 5.5 | Návrh variant manipulátoru | 48 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.5.1 | Varianta 1 | 48 |
| 5.5.2 | Varianta 2 | 50 |
| 5.5.3 | Varianta 3 | 51 |
| 5.5.4 | Výběr varianty | 52 |
| 5.5.5 | Posuzovaná kritéria analýzy | 52 |
| 5.5.6 | Stanovení vah zvolených kritérií | 53 |
| 5.5.7 | Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku | 54 |
| 5.6 | Základní popis funkce stroje | 55 |
| 5.7 | Zásobník páček a podavač | 58 |
| 5.7.1 | Vstupní zásobník páček | 58 |
| 5.7.2 | Podavač páček | 59 |
| 5.8 | Revolverová hlava | 62 |
| 5.8.1 | Konstrukce revolverové hlavy | 62 |
| 5.8.2 | Kontrolní výpočty motoru revolverové hlavy [37,31] | 63 |
| 5.9 | Provedení tangenciální nožové hlavy | 64 |
| 5.9.1 | Kontrolní výpočty obráběcí hlavy a DC motoru | 66 |
| 5.10 | Řešení zásobníku hotových výrobků | 68 |
| 5.11 | Řešení rámu stroje | 69 |
| 5.12 | Řešení krytů stroje | 70 |
| 5.13 | Pneumatická soustava stroje | 72 |
| 5.13.1 | Zapojení pneumatického okruhu | 72 |
| 5.13.2 | Výpočet spotřeby vzduchu stroje: | 72 |
| 5.14 | Popis řízení stroje | 73 |
| 5.14.1 | Popis zapojení zařízení | 73 |
| 5.14.2 | Manuální režim | 74 |
| 5.14.3 | Automatický režim | 74 |
| 5.14.4 | Základní úkony obsluhy a servisu s ohledem na funkčnost stroje | 76 |
| 6 | EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ | 78 |
| 7 | ANALÝZA RIZIK | 79 |
| 7.1 | Popis analýzy rizik | 79 |
| 7.2 | Postup analýzy rizik | 79 |
| 7.3 | Identifikace relevantních nebezpečí | 81 |
| 7.4 | Analýza významných nebezpečí | 81 |
| 7.5 | Přehled závažných identifikovaných nebezpečí | 82 |
| 7.6 | Hodnotící formuláře pro snížení rizika | 82 |
| 8 | DOPORUČENÍ PRO PRAXI | 83 |
| 8.1 | Výroba stroje | 83 |
| 8.2 | Montáž stroje | 83 |
| 8.3 | Testování a nastavení stroje | 83 |
| 8.4 | Servis a provozní úkony | 84 |
| 9 | 3D MODEL JEDNOÚČELOVÉHO STROJE | 85 |
| 10 | ZHODNOCENÍ A DISKUZE | 87 |
| 11 | ZÁVĚR | 89 |
| 12 | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 90 |
| 13 | SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK | 93 |
| 13.1 | Seznam použitých zkratk | 93 |
| 13.2 | Seznam použitých symbolů | 93 |

| | | |
|-----------|----------------------------|-----------|
| 13.3 | Seznam tabulek | 94 |
| 13.4 | Seznam obrázků..... | 94 |
| 14 | SEZNAM PŘÍLOH | 97 |

1 ÚVOD

Trendem v průmyslu dnešní doby je nahrazování lidské pracovní síly automatizovanými pracovišti. Tyto pracoviště napomáhají k zefektivnění jednotlivých fází výrobního procesu úsporou mzdových nákladů a zvýšením kapacity výroby. Jednou z možností automatizace výroby je vytvoření jednoúčelového stroje, který je od začátku konstruován jen na jeden výrobek, popř. na několik velice podobných výrobků. Jejich výhodou je cenová výhodnost při velkosériové výrobě, spolehlivost a nenáročnost. Nevýhodou je použitelnost jen pro jeden výrobek, tj. obvykle nemožnost přenastavit stroj na zcela jiný výrobek a operaci.

Tyto principy platí i v oblasti výroby integrálního polyuretanu. Jedná se o nepříliš známou oblast produkce z materiálu, jež patří do kategorie reaktoplastů. Ty vznikají chemickou reakcí dvou či více komponent v obvykle tekutém stavu. Díky tomu lze odlévat různorodé tvary výrobků, jež by jinou metodou byli často nevyrobitelné. To ovšem přináší specifické problémy spojené s často složitou odvzdušňovací a vtokovou soustavou. Dalším specifikem je rozměrová nestálost způsobená chemickými pochody v materiálu. V praxi tak rozměry odlitku téže formy se mohou lišit i v řádech milimetrů. Díky tomu často nelze postupovat jako při obrábění kovů, kdy stroj pracuje s neměnným kódem řídicího programu, ale je třeba aby obrábění zohledňovalo různost odlitku. Obdobně požadované rezné úhly nástrojů se mění dle tvrdosti materiálu.

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem jednoúčelového stroje pro obrábění páčky volantů vysokozdvížného vozíku vyráběné z integrální polyuretanové pěny. Stroj by měl být schopen v automatickém režimu obrobít odlitek odříznutím blány v dělicí rovině formy a nálitků z odvzdušňovacích otvorů.

Teoretická část práce je zaměřena na princip výroby integrálního polyuretanu, problémy s tím spojené a na řešerši v oblasti jednoúčelových strojů. Praktická část pak řeší návrh systému výběru řešení, samotný návrh řešení dle nejvhodnějších vlastností a konkrétní konstrukční řešení. Závěrečná část práce obsahuje ekonomické zhodnocení a analýzu rizik stroje a úplným závěrem doporučení pro praxi.

2 MOTIVACE

Už od útlého věku mě zajímala technika. Jako předškoláka mě bavily stavebnice letadel a dalších strojů. K tomu se později přidala záliba ve stavbě strojů ze stavebnice Merkur. Díky tomu mi bylo studium na střední průmyslové škole strojního zaměření nejen možností k zajištění kvalifikované práce ale také k naplnění mých koníčků a zálib. To samozřejmě pokračovalo nastoupením na strojní fakultu Vysokého učení technického v Brně. Studium výrobních strojů na našem ústavu jsem se tak mohl zabývat stále tím samým jako kluk, jen ve větším měřítku. K tomu se samozřejmě přidala i práce v rodinném podniku a s tím spojené výzvy. Specifikem výroby integrálního polyuretanu je komplexnost nutných znalostí. Konstruktor tak musí mít znalosti nejen z oblasti strojírenství ale také silnoproudé i slaboproudé elektroniky, řízení kvality, solidní znalosti chemie a také ekonomiky a lidských zdrojů. To je koneckonců problémem dnešní doby, kdy náročnost techniky je stále vyšší, zatímco dostatek kvalifikované pracovní síly je neustále nižší. K tomu se přidružuje neustálý tlak na vyšší mzdy bez ohledu na katastrofální následky, jež toto sebevražedně krátkozraké chování má. Varováním nám můžou být kdysi silně průmyslové země západní Evropy, kde průmysl v mnoha oborech téměř vymizel. Práce dělníka je zde natolik drahá, že zdejší podniky přesunuly výrobu do oblastí východní Asie anebo zkrachovali. Třetí cestou je využití průmyslových robotů a automatů obecně. Jeden dělník za pomoci poloautomatických strojů či kolaborativních robotů tak může mít mnohonásobně vyšší výkonnost a tím i vzrůstá konkurenceschopnost podniku. Další výhodou nasazení automatizace je, že lze zdraví škodlivé či fyzicky náročné procesy přenechat strojům. To vše je motivací i v případě této diplomové práce. Možnost nahradit monotónní dělnickou práci a finančně zefektivnit celkový proces. Kromě toho bude možné předejít úrazům a zdravotním následkům, jež vždy při sériové činnosti nastávají.

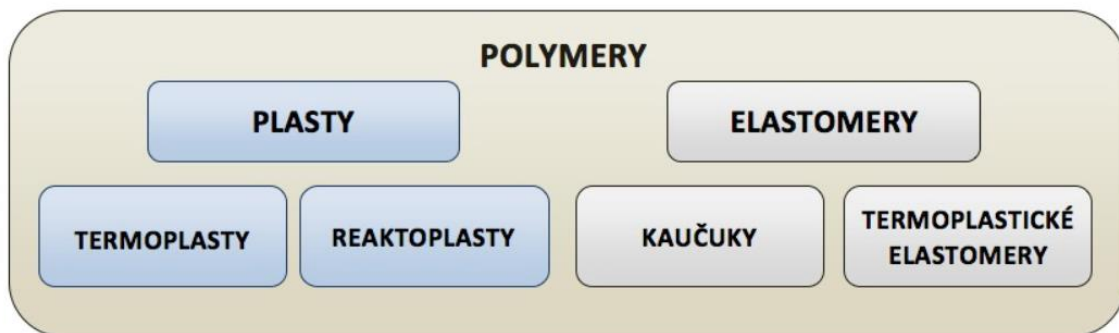
3 REŠERŠE A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

V posledních desetiletích jsme byli svědky prudkého vzrůstu objemu výroby plastů. Z původně tepelně a chemicky nestálých materiálů o nízké pevnosti se za posledních sto let vyvinula kategorie materiálů jež svými vlastnostmi mohou konkurovat i klasickým konstrukčním materiálům, tj. oceli, litině a hliníkovým slitinám. V kombinaci s vysokopevnostními vlákny mohou dokonce tyto materiály svojí měrnou pevností dalece předčit. Nespornou výhodou plastů je jejich relativně snadná výroba, jelikož po odlití výrobku do formy jej není nutné významněji obrábět. Nevýhodou oproti kovům je mnohem menší výrobní přesnost jakož i nestálost tvaru.

V první části této kapitoly si vysvětlíme problematiku výroby integrální polyuretanové pěny, vlastnosti tohoto materiálu a výrobní přesnost výrobků z něj. Druhá část se bude zabývat opracováním výrobků z integrální polyuretanové pěny a možnostmi její automatizace.

3.1 Problematika výroby integrální polyuretanové pěny

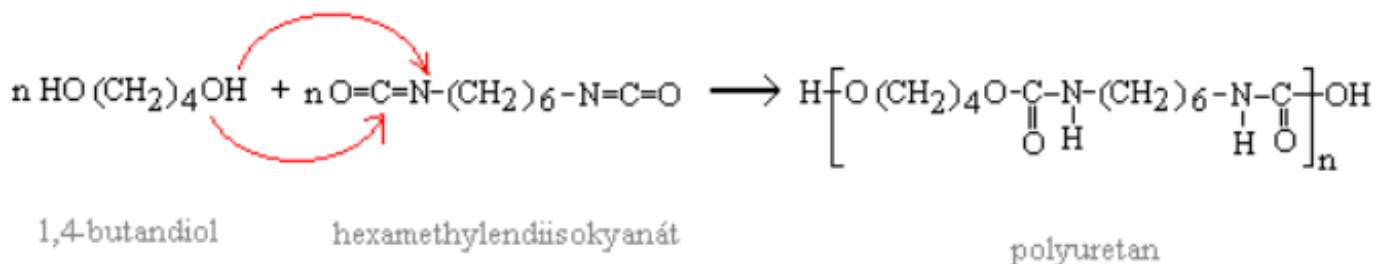
Cílem této podkapitoly bude přiblížení výroby polyuretanu, její rozdělení a stručný popis. Polyuretan patří do skupiny polymerů, jež se nazývají reaktoplasty. Ty lze velice zjednodušeně popsat jako skupinu plastů vyráběných smícháním dvou hlavních komponent a následnou exotermní reakcí. Pro snadnější pochopení je na obr. 1 ukázáno rozdělení polymerů na plasty a elastomery a jejich následné dělení. [2]



Obr. 1) Rozdělení polymerů [1]

3.1.1 Co je to iPUR

V roce 1937 objevil Němec Otto Bayer možnost reakce izokyanátové skupiny se skupinou hydroxylovou. Tu uskutečnil se dvěma výchozími reaktanty: 1,4-butandiolem a 1,6-diizokyanátohexanem. Výsledná sloučenina byla nazývána Perlon U a byla první synteticky připravený polyuretan (PU). [3] Chemický vzorec této reakce je uveden na obr. 2. Od té doby bylo vyvinuto mnoho variant tohoto materiálu. Této různorodosti bylo dosaženo zejména použitím dalších složek směsi, jež mají vliv na hustotu, chemickou a teplotní stálost, barvu a mechanické vlastnosti. Díky tomu se mohl polyuretan stát dominantním materiálem v oblasti dílů v interiéru automobilů s potenciálem konkurovat kompozitům používaným jako vysokopevnostní materiály v oblasti letectví i výroby automobilů.[39]



Obr. 2) Chemický vzorec výroby polyuretanu [17]

Výroba jakéhokoliv PU spočívá v reakci izokyanátu a polyolu za působení katalyzátoru urychlující reakční dobu reakce vzniku PU, jakož i dalších složek pro úpravu pěny (nadouvadla, barvy, retardéry hoření, antioxidanty atd.).

Nejvíce používanými diisokyanáty dnešní doby jsou 4,4'-methylendifenyl diisokyanát (MDI) a toluendiisokyanát (TDI). TDI je oproti MDI tepelně stabilnější, MDI je odolnější vůči hydrolýze. TDI je vysoce toxický jed [1], ačkoliv i MDI je toxický a při styku s pokožkou způsobí její poleptání. Methylendifenyl diisokyanát je nejvyvráběnějším izokyanátem současnosti a je používán převážně pro výrobu tvrdých a polotvrdých pěn. V praxi je používána homogenizovaná směs izokyanátů potřebných vlastností připravená výrobcem. [6]



Obr. 3) Polyol a isokyanát [18]

Druhou složkou reakce jsou polyoly, tj. alkoholy obsahující několik hydroxylových skupin. [4] Nejčastěji jsou to polyethery a polyestery, kdy polyethery při výrobě polyurethanů zauímají větší procento. [1] V praxi se jedná o homogenizovanou směs polyolů mléčno-žluté barvy. Vlivem chemické stálosti jsou do něj výrobcem přimíchávány všechny ostatní látky reakce. Nejčastěji jsou to nadouvadla, katalyzátory, pigmentové pasty, látky zpomalující hoření a stabilizátory pění. [38]

Dle struktury výsledného materiálu dělíme polyuretan na tzv. měkké pěny, jež mají otevřenou buněčnou strukturu a používají se převážně ve stavebnictví a tvrdé pěny s uzavřenou buněčnou strukturou. Subvariantou jsou integrální pěny, jež mají 1-2 mm tlustou uzavřenou vrstvu s vysokou odolností vůči mechanickým vlivům, jádro však zachovává měkkou až polotvrdou strukturu.[2]



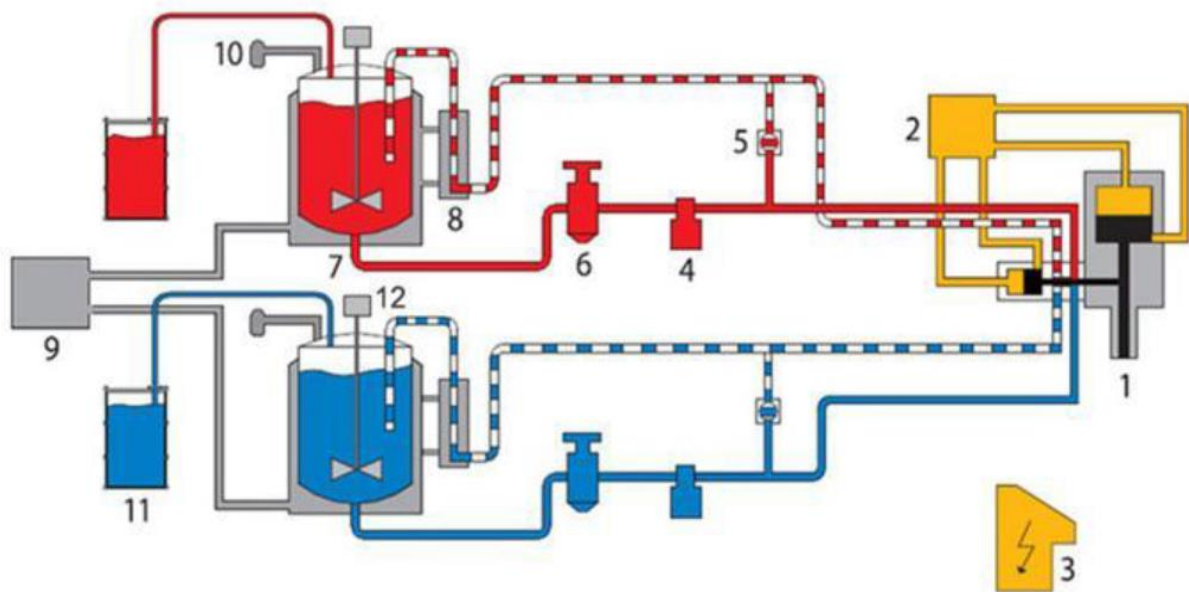
Obr. 4) Ukázka struktury integrální pěny [19]

Dnes patří polyuretany mezi široce rozšířený typ polymeru, jež nachází uplatnění především ve stavebnictví, nábytkářském průmyslu a automotive.

3.1.2 Postup výroby dílů z iPUR

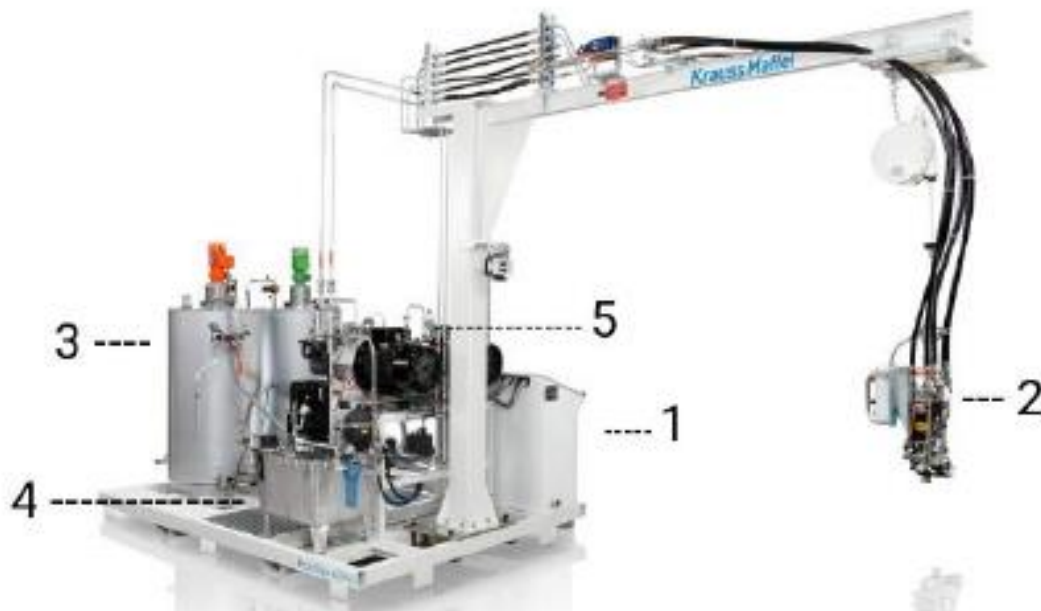
Výrobky z integrální polyuretanové pěny se vyrábí pomocí vypěňovacího stroje a následně gravitačně odlévají do otevřené či uzavřené formy. Základní princip výroby spočívá v smíšení obou hlavních komponent ve směšovací hlavě vypěňovacího stroje. [7]

Schéma vypěňovacího stroje je ukázáno na obr. 5. Po naplnění z kontejneru (11) je v zásobnících materiálu (7) uchováván polyol a izokyanát pod přetlakem vzduchu (10) cca 150-200 kPa. Zásobníky jsou zpravidla dvouplášťové a obsahují míchací zařízení (12). Materiál je temperační kapalinou (9) udržován (8) na požadované teplotě. Z nádrží proudí materiál přes čisticí filtry (6) do čerpadel (4). Po průchodu čerpadly je stlačen na požadovaný tlak regulovaný škrtícím ventilem (5) a dopraven do směšovací hlavy (1). S výjimkou režimu lití jsou obě komponenty od sebe důsledně odděleny a vráceny zpětným kanálem zpět do zásobníků. Tím je zajištěna dokonalá homogenizace materiálů. Všechny prvky směšovací hlavy jsou ovládané hydraulicky (2) pomocí elektricky ovládaných ventilů, řízení zajišťuje PLC (3). [9]



Obr. 5) Schéma vysokotlakého směšovacího stroje [7]

Ve směšovací hlavě stroje, jež je zobrazena také na obr.6 se obě komponenty smísí pod tlakem cca 10-20 MPa a gravitačně odtékají do vtokové soustavy formy. Výsledné vlastnosti polyuretanové pěny pak závisí zejména na poměru obou komponent, jejich teplotě a chemických vlastnostech. Problémem je zejména komplikovaná opakovatelnost procesu, jelikož i nepatrné změny v teplotě, homogenitě či chemickém složení způsobují jinou roztažnost materiálu a jeho mechanické vlastnosti. V praxi tak rozdíl rozměrů odlitků z téže formy může činit i několik milimetrů.[10]



Obr. 6) Vysokotlaký směšovací stroj Krauss-Maffei [8]

Popis obrázku: 1. řídicí systém s PLC, 2. vysokotlaká směšovací hlava, 3. tlakové zásobníky materiálu, 4. hydraulický agregát, 5. vysokotlaká dopravní čerpadla

Po odlití dojde k vypěnění materiálu ve formě a vyplnění veškerého prostoru formy. Následně dochází k zesítnění materiálu a jeho postupnému tvrdnutí. Zároveň se vytváří tuhá slupka typická pro integrální polyuretan. Čas stárnutí ve formě se pohybuje v rozmezí 3-15 minut dle typu nadouvadla, velikosti výrobku, a požadované tvrdosti. Delší čas zpravidla silně přispívá k snížení zmetkovitosti a je žádoucí. Celkové stárnutí materiálu je ale delší a trvá až 3 dny, kdy cca první dvě hodiny dochází k největším změnám v tvrdosti a rozměru. V prvních dvou hodinách po vyjmutí z formy je změna tvrdosti výrobků obvykle 20-30 ShA a změna rozměru až 0,5% délky. [8,10]

Po dostatečném zesítnění materiálu a dosažení požadované tvrdosti je výrobek vyjmut z formy. S ním je vyjmuta i celá vtoková a odvodušňovací soustava, jež tvoří kompaktní celek. Po vyjmutí je pracovníkem opracování neprodleně odstřižena většina odvodušňovací a vtokové soustavy. Dále je výrobek napíchán speciálními jehlami, jež způsobí uvolnění plynů v materiálu a zabrání vzniku bublin pod povrchem. Poté je výrobek vložen do bedny a zbytek vtokové soustavy je následně opracován. Detailní postup následného opracování je popsán v podkapitole 3.2 (viz níže). [8]

3.1.3 Výrobní přesnost iPUR dílů

Výrobky z integrálních polyuretanů jsou závislé na struktuře materiálu dané typem materiálu, povrchovou tvrdostí a požadovanými vlastnostmi na povrchovou odolnost. Všechny tyto parametry mají protichůdné vlastnosti a celkově je to velmi špatně nastavitelný materiál ve vztahu k rozměrové stálosti. Základní použitelné tolerance pro tento materiál jsou uvedeny v mezinárodní normě DIN 16901. Pro materiál použitý v tomto případě páčky je výsledná tolerance průměru páčky pro rozměr od 53-70mm v toleranci $\pm 0,38\text{mm}$. Toto je téměř 1,5% odchylka od rozměru. Vzhledem k této nutné toleranci je nutné, aby konstrukce stroje toto brala v úvahu. [6]

3.2 Obrábění iPUR

V této podkapitole budou projednány současné metody obrábění dílů z iPUR. Ty můžeme v zásadě rozdělit na ruční a strojní. Jako ruční lze označit i ty metody, jež využívají různá polohovací ramena usnadňující práci a zvyšující výkonnost.

3.2.1 Ruční opracování iPUR

Ruční opracování představuje obvykle většinu pooperačních úkonů na dílech z iPUR a jedná se o primární způsob opracování. Jediným rozdílem jsou některé výrobky v automobilovém průmyslu, jež se vzhledem k velkosériové výrobě opracovávají strojově. Důvodem je finanční a technologická náročnost strojního obrábění, což v kombinaci s růzností vyráběných dílů představuje enormní zátěž při přípravě výroby. Opracování dílů z iPUR spočívá v odstranění vtokové a odvodušňovací soustavy, blány v dělicí rovině, nálitcích na funkčních částech kovové vložky (závity, kolíky atd.) a ostatních částí daných technologií. Druhotně pak pracovník zároveň opraví díry v odlitku pomocí speciální páječky. Ukázka opracování volantů je na obr. 6. Jedná se o fotografii z bývalé továrny firmy TRW v Praze-Horních Počernicích. Zde vyráběné volanty byli primárně určeny do automobily koncernu VW. Celková výkonnost jednoho pracovníka opracování se pohybuje okolo 350-500 volantů osobního automobilu za směnu. [2]



Obr. 7) Ukázka opracování volantů ve firmě TRW-Horní Počernice [12]

Základním nástrojem pro opracování výrobků z iPUR je průmyslový skalpel s výměnnými čepeli, jež je zobrazen na obr. 9. Pracovník pomocí skalpelu odřízne zbytky vtokové soustavy a případně začistí smirkovým papírem. Přitom je nutné, aby nedocházelo k zaříznutí do materiálu a aby opracovaná plocha byla na omak kompaktní. Cena výměnné čepel je cca 7 Kč a je třeba ji vyměnit cca každé dvě hodiny. [40]



Obr. 8) Páčky volantů se zbytky vtokové soustavy

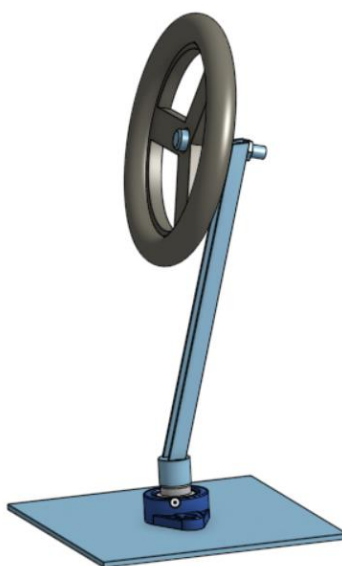
Z hlediska kvality zpracování je podstatné rozlišení, zda se jedná o část na pohledové či nepohledové straně. Vtoková i odvzdušňovací soustava je zpravidla oddělována bez větších nároků na estetiku, zatímco pohledová část musí tvořit na pohled i dotek kompaktní celek, tudíž nároky na kvalitu opracování jsou velice vysoké.

Po oříznutí všech zbytků vtokové soustavy pracovník opticky zkontroluje díl a vloží na stojan či do bedny. Drobné optické vady lze opravit použitím pigmentových past potřebné barvy, při vadách materiálu do velikosti 10 mm nacházejících se na nepohledové straně výrobku lze k opravě použít speciální páječku.[40]



Obr. 9) Držák skalpelu [13]

Při ruční opracování se rovněž používají polohovací přípravky usnadňující práci a zvyšující výkonost. Zpravidla se jedná o trny umístěné na šikmém rameni a umožňující natočení ve dvou až třech osách dle potřeby. Tyto přípravky jsou zpravidla upevněné ke stolu pracovníka. Ukázku takového přípravku vidíme na obr. 10.



Obr. 10) Model polohovacího přípravku pro opracování volantů

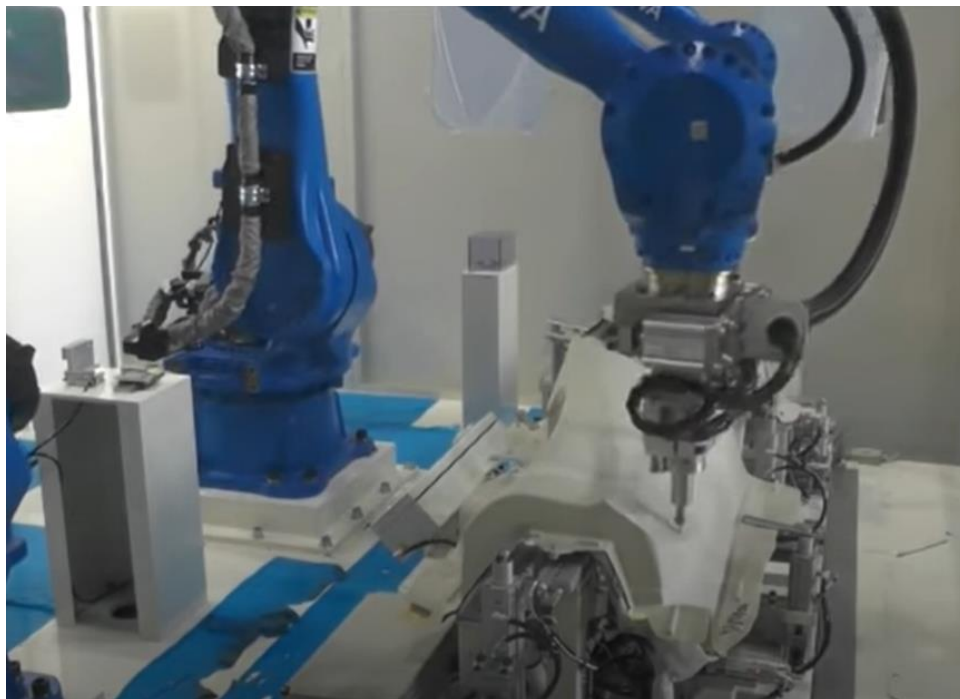
3.2.2 Strojní obrábění iPUR

Novinkou v opracování dílů z iPUR je použití řezacích hlav napojených jako efektor antropomorfního robota, popř. umístěného na tříosém manipulátoru. Většina těchto hlav pracuje na principu ultrazvukového obrábění. Většina aplikací tohoto typu obrábění je při řezání nekonečných pásů polyuretanu určeného pro výrobu matrací a nábytkářský průmysl a také v některých oblastech výroby automobilů. [15]

Ukázka ultrazvukové řezací hlavy je na obr.11 a 12. Jedná se o řezací hlavu firmy Yaskawa Motoman, která je přednostně určena pro roboty Motoman třídy GP. Jsou to šestiosé průmyslové roboty se zatížením od 4 do 600 Kg. Řezací hlava je doplněna otočným břitem, čímž dojde k navýšení o jednu řízenou osu. Příkon hlavy je 300 W a rychlost obrábění je do 50 mm za sekundu. Řezací hlava umožňuje obrábět většinu plastů včetně pěn, termoplastů, uhlíkových a skelných kompozitů či netkaných textilií. .[15]



Obr. 11) Ultrazvuková řezací hlava umístěná na robotu Yaskawa Motoman[14]



Obr. 12) Ukázka obrábění komponent osobního automobilu [16]

4 SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Při konstrukci strojů se setkáváme s problémy, které je nutné v průběhu konstrukce vyřešit. K zvolení správného postupu je vhodné zvolit sofistikovanou metodu, pomocí níž snadno rozpoznáme vhodnou variantu řešení. Systémový přístup je právě takovým nástrojem, který umožní dosáhnout požadované cíle a výsledky. Systémový rozbor bude řešen dle použité literatury [5].

4.1 Problémová situace

Trendem moderní doby je zefektivnění procesu výroby pomocí minimalizace podílu lidské práce ve výrobním procesu. Tím se dosáhne nižších nákladů na výrobu a zvýšení její rentability. Efektivním řešením je mechanizace jednoduchých operací ve výrobě. To je i případ našeho stroje, kterým zmechanizujeme proces opracování polyuretanové páčky. V této diplomové práci bude nutné nejprve navrhnout tři varianty stroje pro opracování páčky i s mechanismem k přípravné manipulaci s páčkou. Tyto varianty podrobíme vícekritériální analýze, zhodnotíme jejich přednosti a vybereme nejvhodnější variantu opracování a způsobu manipulace s páčkou v průběhu celého procesu. Po výběru nejvhodnějších variant bude zpracována výsledná konstrukční varianta. Nakonec provedeme ekonomické zhodnocení našeho řešení

4.2 Formulace problému

Návrh jednoúčelového stroje k obrábění přetoků polyuretanové páčky volantů.

4.3 Formulace cílů a řešení

Cíle diplomové práce jsou:

- návrh konstrukčních variant a výběr optimální varianty
- výkres sestavy, kusovník a min. 5 výkresů vyráběných dílů
- potřebné technické výpočty
- ekonomické zhodnocení řešení
- analýza rizik
- závěr a zhodnocení

4.4 Popis řešené soustavy

Stroj se skládá z rámu, na němž je upevněn předzásobník neopracovaných napíchaných páček. Z něj je mechanismus pro polohování páčky umístěn do prostoru obrobení, dojde k roztočení páčky a přísuvu nožů, které odříznou vtokovou blánu v dělicí rovině a blánu pro odvodu vzduchu ve spodní části páčky. Páčka je pak přesunuta do zásobníku z hotovými výrobky. Veškeré přísuvy nožů, zajišťovacích čepů, a pohyb mechanismu pro polohování páčky zajišťují pneumatické válce v kombinaci s lineárním valivým vedením. Roztočení páčky je řešeno elektromotorem. Řízení jednotlivých pístů zajišťuje PLC.

4.5 Systém podstatných veličin [5]

Pro správné řešení úkolů je důležité, aby systém podstatných veličin zahrnoval všechno, jež je podstatné z hlediska jejich vyřešení. Každá entita je ovlivněna svým okolím, a i sama má vliv

na své okolí. Charakteristiky jednotlivých entit vytvářejí podmnožiny S0 až S8, jež jsou popsány níže. Pro správné rozhodnutí je důležité se věnovat všem podmnožinám, jinak by hrozila možnost nesprávných výsledků. [5]

4.5.1 S0 - Veličiny popisující prvky okolí entity

Entita je obklopena pracovním prostředím výroby. Mezi proměnlivé veličiny patří teplota, prašnost a vlhkost okolního vzduchu. Dále přichází entita do kontaktu s vibracemi způsobenými okolní činností. Zachází s ní vyškolený personál.

4.5.2 S1 – Struktura, geometrie a topologie entity

Entita je trojrozměrný objekt, který je zkonstruován co do velikosti a tvaru na základě zadaných parametrů. Rozměrové a tvarové veličiny, které objekt popisují, jsou zvoleny tak, aby umožňovali očekávanou funkci entity.

4.5.3 S2 – Podstatné vazby a interakce entity s okolím

Entita je umístěna na podlaze pracoviště v blízkosti stolu pracovníka. Při vkládání odlitků do zásobníku dochází ke kontaktu s proškolenou obsluhou. Rovněž dochází ke kontaktu při spouštění stroje pomocí ovládání. Entita je v kontaktu s obráběnými díly. Pro správnou funkci entity je nutné přivést stlačený vzduch a elektrickou energii.

4.5.4 S3 - Aktivace entity s okolím

Entita je aktivována pomocí řídicí jednotky. Ta je závislá na elektrické energii a umožňuje rozpohybovat komponenty entity dle jejich funkcí. Řídicí jednotku je naprogramována osobou k tomu způsobilou.

4.5.5 S4 – Ovlivňování entity s okolím

Na entitu působí tíhová síla, při jejich rozpohybování jejich částí také setrvačné síly. Dále na pohybující se části entity působí třecí síly a síly od obráběcího procesu.

4.5.6 S5 – Oborové vlastnosti prvků struktury entity

Entita je vyrobena převážně z materiálů, jež mají své vlastnosti jako např. mez pevnosti, mez kluzu, modul pružnosti v tahu, modul pružnosti ve smyku, hustota. Jednotlivé díly pak mají určitou hmotnost, moment setrvačnosti.

4.5.7 S6 – Veličiny popisující procesy a stavy entity

Působením sil a momentů vznikají napětí v prvcích entity. Dále veličiny charakterizují jednotlivé procesy nutné k správné funkci entity.

4.5.8 S7 – Veličiny popisující projevy entity

Zde se jedná o projevy vyhodnocené rychlostí a deformačními stavy ve všech částech entity.

4.5.9 S8 – Důsledky projevů

Důsledek projevů entity může být vyrobení požadované dávky či naopak její poškození a prodloužení dodací lhůty. V oblasti pevnosti může dojít k porušení a poškození entity.

4.6 Kritéria rozhodování a stanovení jejich vah [41,42]

Zvolení vhodné metody srovnávání kritérií nám umožní jasné a snadné hodnocení jednotlivých konstrukčních variant. Jako vhodná metoda byla zvolena Saatyho metoda párového srovnání kritérií. Vypracování tohoto výpočtu bylo provedeno dle literatury dle literatury [5, 41,42].

Princip Saatyho metody spočívá v použití čtvercové matice S (1), která slouží ke porovnání významnosti jednotlivých kritérií vůči sobě a jejich zápisu do matice. Posuzujeme kritéria zapsaná v řádcích matice s kritérii ve sloupcích. Bodové ohodnocení v matici S je dáno deskriptorem, jemuž je přiřazen konkrétní počet bodů. Popis jednotlivých deskriptorů a jejich bodové ohodnocení je ukázán v (Tab 1).

Tab 1) Deskriptor porovnání významnosti [42]

| Počet bodů | Deskriptor |
|------------|--|
| 1 | Kritéria jsou stejně významná |
| 3 | První kritérium je slabě významnější než druhé kritérium. |
| 5 | První kritérium je dosti významnější než druhé kritérium. |
| 7 | První kritérium je prokazatelně významnější než druhé kritérium. |
| 9 | První kritérium je absolutně významnější než druhé kritérium. |

Hodnoty ze stupnice srovnání se zapisují do Saatyho matice S , kterou znázorňuje rovnice (1).

$$S = \begin{bmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ s_{n1} & s_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Kde: n - Počet posuzovaných kritérií [-]

s_{ij} - Rozložení řádků a sloupců v matici [-]

Na diagonále matice jsou pouze jedničky, což vyplývá z porovnávání dvou stejných kritérií. S je čtvercová matice obsahující $n \times n$ prvků:

$$s_{ii} = 1 \quad (2)$$

Dále pro rozložení řádků a sloupců v matici platí:

$$s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}} \quad (3)$$

Kde: s_{ij} – Rozložení řádků a sloupců v matici [-].

Pro výpočet vah jednotlivých posuzovaných kritérií se využívá vzorce:

$$G_i = \sqrt[n]{s_{11} + s_{12} + \dots + s_{nn}} = \left(\prod_{j=1}^n s_{ij} \right)^{1/n} \quad (4)$$

Kde: n – Počet posuzovaných kritérií [-]

s_{11} – Hodnota v prvním řádku a v prvním sloupci matice [-]

s_{12} – Hodnota v prvním řádku a ve druhém sloupci matice [-]

s_{nn} – Hodnota v n -tém řádku a v n -tém sloupci matice [-]

s_{ij} – Rozložení řádků a sloupců v matici [-]

Tab 2) Deskriptor pro bodovací metodu [41]

| Počet bodů | Deskriptor |
|------------|--------------------------------------|
| 1 | Nevyhovuje (minimální hodnota). |
| 2 | Vyhovuje málo. |
| 3 | Vyhovuje dobře |
| 4 | Vyhovuje velmi dobře |
| 5 | Vyhovuje výborně (maximální hodnota) |

Řádkové geometrické průměry jsou znormovány a dostáváme normované váhy. Normování probíhá dle vzorce:

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (5)$$

Kde: G_i - Geometrický průměr [-]

v_i - Normovaná váha daného kritéria [-]

Pro výběr konkrétního řešení byla použita bodovací metoda. Pro adekvátnost bodování je potřeba použít vhodnou stupnici bodování kritérií. Použitá stupnice bodování je zobrazena v tabulce (Tab 2) i s deskriptorem popisujícím vhodnost řešení dle konkrétního kritéria. Čím lepší řešení z hlediska daného kritéria, tím vyšší počet bodů.

Bodové ohodnocení jednotlivých variant se vynásobí normovanou váhou jednotlivých kritérií a následně dostaneme konečné hodnocení. To počítáme dle vzorce:

$$v_{hi} = v_i \cdot b_{hi} \quad (6)$$

Kde: v_i - Normovaná váha daného kritéria [-]

b_{hi} - Bodové hodnocení daného kritéria

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

V této kapitole je proveden návrh konstrukce stroje. Nejprve budou zadány výchozí parametry stroje, následně u hlavních konstrukčních částí bude navrženo několik variant, z nichž bude vybrána nejvhodnější. Dále bude popsáno řešení méně důležitých částí konstrukce a řízení stroje. Nakonec budou provedeny potřebné výpočty.

5.1 Vstupní parametry

Zadání diplomové práce nemluví o konkrétních parametrech stroje. Po dohodě s pracovníky konstrukčního oddělení SKB bylo rozhodnuto, že stroj by měl být umístěn do relativní blízkosti pracovníka provádějící první část opracování. Z důvodu nedostatku místa v jeho okolí by tedy stroj neměl mít zástavbové rozměry větší než cca 1 m². Rovněž minimalizace hluku bude výhodou. Výrobní takt bude odpovídat taktu výroby, tj. 8 kusů za cca 12 minut. Vstupní zásobník pak musí umožnit vložení všech 8 kusů odlitých v jedné formě. Vzhledem k hořlavému prostředí budou všechny posuvy, pokud možno, řešeny pneumaticky nebo nízkým napětím. Dalším vstupním parametrem jsou konkrétní rozměry páčky. Nejdůležitější je vnější tvar a vnitřní rozměry ABS pouzdra. Nastavení dorazů nožů bude mechanické a bude provedeno až na fyzickém stroji. Vzhledem k tomu, že firma SKB má vlastní svařovnu, je vhodné, aby rám stroje byl proveden z ocelových svařenců. Bude se jednat o svařence z ocelových profilů z materiálu S 235, část bude z vypálených plechů téhož materiálu.

Předlohou pro náš stroj může být současný stav obrábění, kdy současné době jsou páčky obráběny na jednoduchém přípravku umístěném na desce sloupové vrtačky. Páčka je dělníkem vyjmuta z přepravky, vložena na trn a posunutím nástavce ve sklíčidle vrtačky je páčka roztočena. Poté dělník přisune tangenciální nožovou hlavu, jež odřízne blánu v dělicí rovině a odvzdušňovací blánu. Páčka je pak vyjmuta z trnu, vizuálně zkontrolována a vložena do přepravky s opracovanými kusy. Takt výroby je cca 20 sekund na kus. Obrábění je prováděno vždy nárazově pracovníkem montáže, v sérii 250-1000 kusů dle potřeby. Výhodou je jednoduchost a velká rychlost, nevýhodou pak nutnost lidských kapacit.



Obr. 13) Páčka před opracováním a po opracování

Pro snadnější orientaci byli nejpodstatnější parametry stroje shrnuty v tabulce 3. Ty budeme považovat jako výchozí.

Tab 3) Vstupní parametry

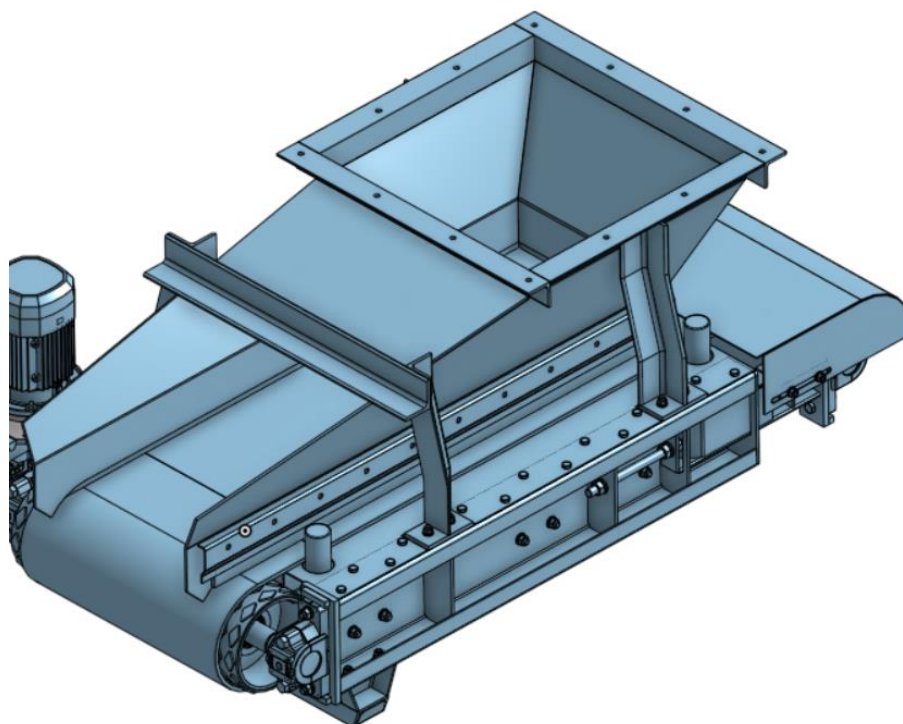
| | |
|----------------------------------|-------------------|
| Vnější rozměry | 1,8 m x 1 m x 1 m |
| Minimální výrobní takt | 1,5 min/ks |
| Minimální kapacita předzásobníku | 8 ks |
| Vnitřní rozměry pouzdra páčky | Φ12-50 mm |
| Vnější max. průměr páčky | 50 mm |

5.2 Návrh variant vstupního zásobníku

V této podkapitole provedeme návrh třech variant vstupního zásobníku stroje. Jeho účelem je uskladnění a přípravné polohování obrobků. Vzorem nám může být klasický vibrační zásobník. Ten po naplnění dělníkem natočí jednotlivé kusy požadovaným směrem pomocí systému mechanických zarážek. V našem případě bude zásobník naplněn dělníkem provádějící napichování a prvotní opracování po bezprostředním vyjmutí z formy. Zásobník bude polohován tak, aby mohl být manipulátorem vložen do prostoru obrábění.

5.2.1 Varianta 1

První variantou je použití malého pásového dopravníku s plechovým zásobníkem, jež pomocí soustavy plechových zarážek otočí páčky do požadovaného tvaru. Hrubý návrh této varianty je zobrazen na obr. 14 i s násypkou, avšak bez systému zarážek k polohování páček.



Obr. 14) Návrh varianty 1 vstupního zásobníku

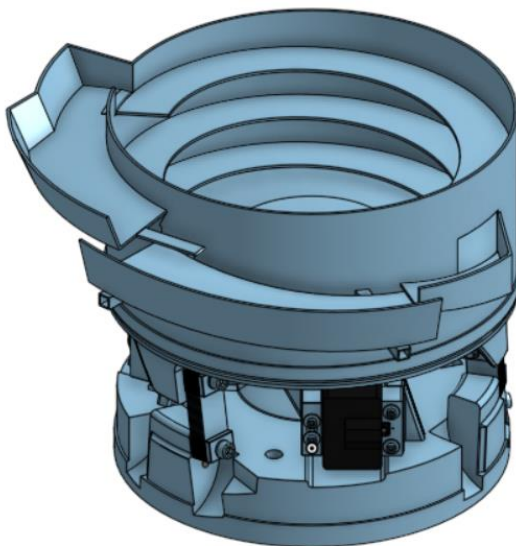
Na ocelovém rámu jsou upevněny dva válce nesoucí gumový pás. Jeden z válců je pak poháněn elektromotorem. K rámu bude přišroubována plechová násypka sloužící jako předzásobník. Na bocích pásu bude zužující se ocelová lišta, jež otočí páčky do řady. Na výstupu bude lišta opatřena výstupky, na nichž se páčka vlivem gravitace otočí spodní stranou dolů. Pak bude posunuta ven a vypadne do polokruhového skluzu. Tím bude zajištěno, že páčky budou odcházet v řadě a se 100% jistotou budou polohovány spodní částí vpřed.

Výhodou tohoto řešení je, že se jedná o relativně levné řešení, jež je možné vytvořit svépomocí. Dále je ho možné zadat externí firmě, což zrychlí výrobu i vývoj stroje. V poslední řadě, a obzvláště v porovnání s variantou 2 se jedná o bezhlučný prvek, který může být umístěn v blízkosti pracovníků. Mezi nevýhody pak patří vyšší cena oproti variantě 3 a zvláště pak rozměrová náročnost. Cena tohoto zásobníku by se pohybovala okolo 25 tisíc při výrobě svépomocí, nepočítáme-li cenu montáže a vývoje.

5.2.2 Varianta 2

Druhou variantou, zobrazenou na obr. 15 je použití vibračního kruhového zásobníku. Toto řešení je osvědčené a spolehlivé. Dělník by do zásobníku nasypal neopracované páčky a stroj by pomocí systému zářezek polohoval páčky do požadované polohy.

Výhodou tohoto řešení je především jeho spolehlivost. Jedná se o standardní a osvědčené řešení. Relativní výhodou je možnost nákupu od externí specializované firmy, což zjednodušuje náročnost vývoje. Tento fakt je ale zároveň nevýhodou, jelikož cena nakupovaných vibračních zásobníků je často vysoká. Samotný zásobník by tak stál více než ostatní části jednoúčelového stroje dohromady. Další nevýhodou vibračních zásobníků je jejich vysoká hlučnost. Provoz jednoúčelového stroje by tak byl pro obsluhu postrádající ochranu sluchu velice nepříjemný. Stejně tak je použití vibračního dopravníku náročné na zástavbový prostor.



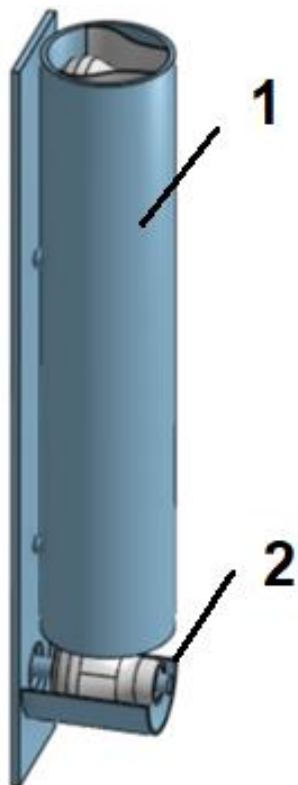
Obr. 15) Návrh varianty 2 vstupního zásobníku

5.2.3 Varianta 3

Další variantou je možnost jednoduchého a levného trubkového zásobníku s napojeným skluzem vybaveným oddělovačem.

Dle konzultace se zadavatelem bude jednoúčelový stroj umístěn v blízkosti pracovníka provádějící napichování, oddělení jednotlivých výrobků v případě vícekomorových forem a jejich hrubé opracování. Jde především o oříznutí vtokové soustavy a vybraných odvzdušňovacích otvorů. Tento pracovník má dostatek času, aby všech osm kusů z jedné formy po napíchání vložil do zásobníků. Odpadá tak nutnost zajištění správného polohování páčky zásobníkem. V porovnáním s výše uvedenými variantami se jedná o jednodušší řešení, avšak naprosto dostačující, funkční, levné a tiché.

Návrh tohoto zásobníku vidíme na obr. 16. Dělník vloží páčky do ocelové trubky (1) vybavené vnitřní vložkou. Ta zajistí vkládání páček správným směrem. Trubka zásobníku je upevněna na svařovaném rámu, stejně jako následný skluz. Ten je vyroben z ohýbaného plechu o tloušťce 1 mm. Blízko něho budou uloženy dva pneumatické písty umožňující správné dávkování dle požadovaného taktu. Řešení skluzu bude odpovídat výsledkům vícekritériální analýzy z kapitol 5.3 a 5.4. Skluz totiž musí být nastaven v úhlu vhodném k dalším operacím stroje.



Obr. 16) Návrh varianty 3 vstupního zásobníku

Výhodou tohoto řešení je, že se jedná o levné a funkční řešení, jež je možné snadno vyrobit svépomocí z vypálených plechů ohnutých na ohraňovacích lisech. Také se jedná, a to obzvláště v porovnáním s variantou 2, o bezhlučný prvek, který může být umístěn v blízkosti pracovníků. Skutečná výška zásobníku musí umožňovat snadné vkládání páček obsluhou. Nevýhodou tohoto řešení je, že se můžou vyskytnout problémy s jeho odladěním v provozu k zajištění 100% spolehlivosti.

5.3 Výběr varianty vstupního zásobníku

Výběr vhodné varianty bude proveden dle vícekritériální analýzy popsané v kap. 4.6. Tato analýza je také provedena v příloze (*Příloha IX – Vícekritériální analýza-výběr zásobníku*).

5.3.1 Posuzovaná kritéria analýzy

V tab. 4 je jsou uvedeny kritéria, jež jsou při výběru zásobníku klíčové.

Tab 4) Tabulka posuzovaných kritérií

| Číslo kritéria | Název kritéria | Tendence změny |
|----------------|-----------------------|----------------|
| 1 | Náklady na pořízení | Klesající |
| 2 | Velikost | Klesající |
| 3 | Spolehlivost funkce | Rostoucí |
| 4 | Konstrukční složitost | Klesající |
| 5 | Bezúdržbovost | Rostoucí |
| 6 | Hlučnost | Rostoucí |

Náklady na pořízení jsou náklady zahrnující veškeré náklady, včetně nákladů na vývoj, výrobu a montáž v případě vlastní konstrukce. V případě nakupovaných prvku se jedná především o cenu prvku a náklady na instalaci. Toto kritérium patří k nejdůležitějším, vzhledem k očekávané rychlé návratnosti stroje.

Velikost je myšlen zástavbový prostor zásobníku, především pak co do šířky a hloubky. Toto kritérium je rovněž významné, jelikož je nutné konstruovaný jednoúčelový stroj umístit do již stísněného prostoru úseku opracování.

Spolehlivost funkce je myšlena spolehlivost zásobníku a pokud možno 100% plnění funkce. Je nutné, aby zásobník nebyl náchylný na zaseknutí vlivem nečistot a uvolněných částí vtokové soustavy.

Konstrukční složitost je kritérium popisující množství dílů, jejich výrobní náročnost a náročnost sestavení. V to je započítána náročnost programování a odladění elektroniky včetně sensorů. Konstrukce musí být dostatečně tuhá k zamezení vzniku vibrací.

Bezúdržbovost je vlastnost popisující minimum servisního času a spolehlivost provozu. Rovněž je tím myšlena absence vysokoškolsky vzdělaného servisního technika. Do tohoto kritéria je rovněž začleněna snadná a rychlá obsluha při výměně řezných nástrojů a obzvláště přístupnost obráběcí hlavy servisním technikem.

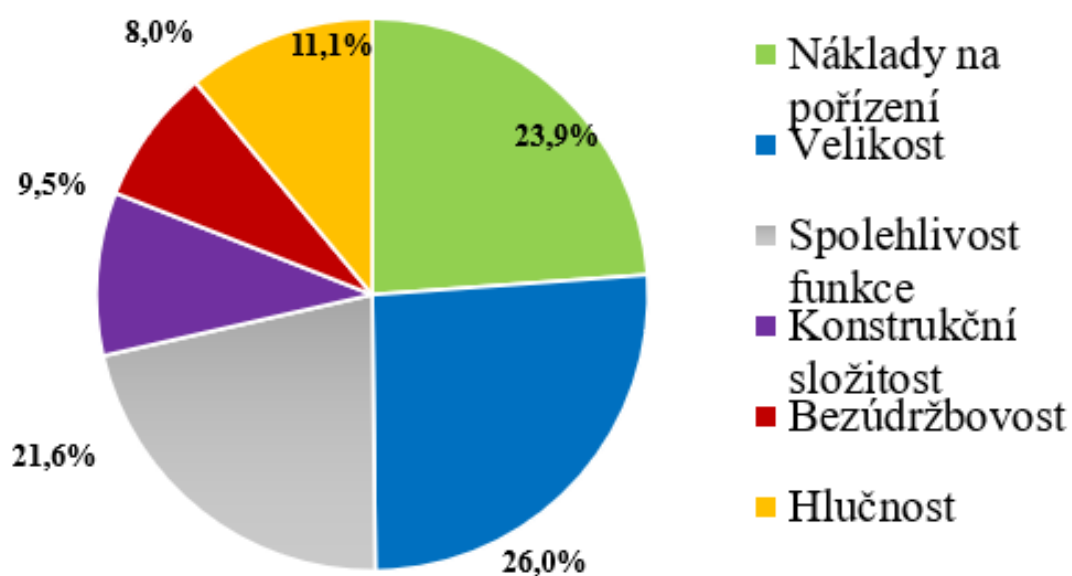
Hlučnost je kritérium zohledňující vliv množství hluku a jeho frekvenci vydávaným strojem. Stroj pracuje v bezprostřední blízkosti několika pracovníků a jeho hlučnost může mít negativní vliv na zdraví a psychický stav pracovníků. Zvýšená hlučnost rovněž snižuje schopnost koncentrace a zvyšuje únavu a stres pracovníků

5.3.2 Stanovení vah zvolených kritérií

Dle výpočtu ukázaném v kap 4.6 byli stanoveny váhy jednotlivých kritérií. Ty jsou ukázány v tab. 5 a také v grafu na obr.17

Tab 5) Tabulka vah jednotlivých kritérií

| Vlastnost | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Geometrický průměr | Váha |
|-----------|-----|-----|-----|-----|---|-----|--------------------|------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1,73 | 0,24 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 3 | 1,89 | 0,26 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1,57 | 0,22 |
| 4 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 3 | 1 | 0,69 | 0,10 |
| 5 | 1/3 | 5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1/3 | 0,58 | 0,08 |
| 6 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0,80 | 0,11 |
| Celkem | | | | | | | 7,26 | 1,00 |



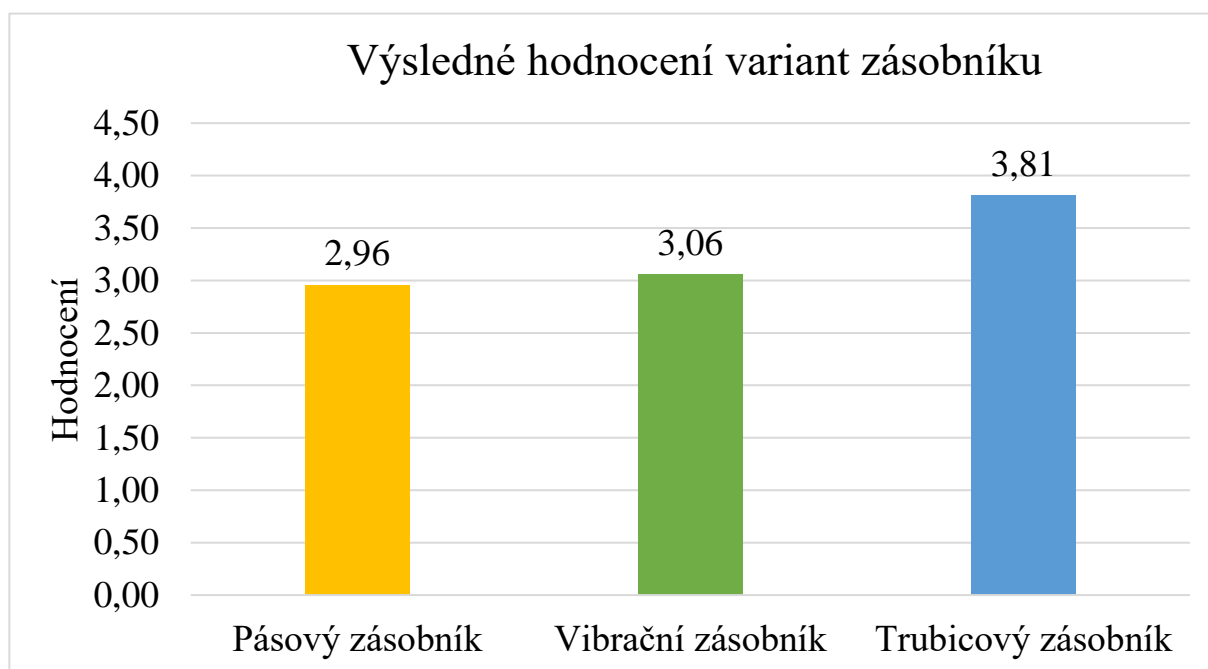
Obr. 17) Diagram vah hodnocených kritérií

5.3.3 Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku

Pomocí metody popsané v kap. 4.6 byl proveden nejlepšího řešení. Výsledky bodování jsou zobrazeny v tab.6 a v grafu na obr 18.

Tab 6) Výběr nejlepšího řešení vstupního zásobníku

| Varianta | | Pásový zásobník | | Vibrační zásobník | | Trubicový zásobník | |
|-------------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Kritérium | Váha kritéria | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení |
| Náklady na pořízení | 0,24 | 3 | 0,72 | 2 | 0,48 | 4 | 0,95 |
| Velikost | 0,26 | 2 | 0,52 | 4 | 1,04 | 4 | 1,04 |
| Spolehlivost funkce | 0,22 | 4 | 0,87 | 5 | 1,08 | 4 | 0,87 |
| Konstrukční složitost | 0,10 | 3 | 0,29 | 2 | 0,19 | 4 | 0,38 |
| Bezúdržbovost | 0,08 | 3 | 0,24 | 2 | 0,16 | 3 | 0,24 |
| Hlučnost | 0,11 | 3 | 0,33 | 1 | 0,11 | 3 | 0,33 |
| Výsledek celkem: | | 2,96 | | 3,06 | | 3,81 | |



Obr. 18) Výsledné hodnocení variant zásobníků

Jak je vidět z tabulky, jako nejvhodnější byla vyhodnocena varianta trubkového zásobníku, proto bude zvolena tato varianta. Hlavními výhodami této varianty je především nižší pořizovací cena a konstrukční jednoduchost.

5.4 Návrh variant způsobu obrábění

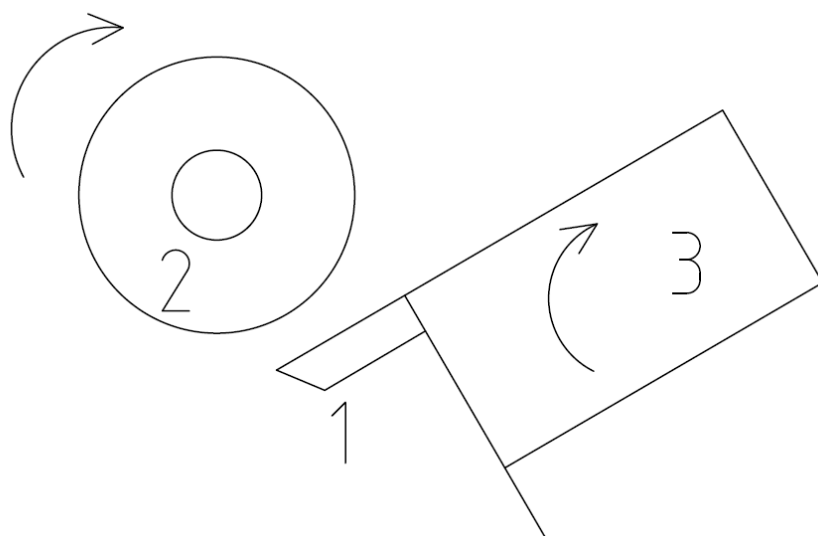
V této a následující podkapitole bude představen návrh tří variant způsobu, jakým budou páčky obrobena. Tento problém obsahuje dva menší – jakým způsobem bude obrobena páčka jako taková a jakým způsobem s ní bude předtím a potom manipulováno. První otázka je zpracována v této podkapitole, následující v podkapitole 5.5.

5.4.1 Varianta 1

Co se týče obrábění páčky, i zde budou představeny tři různé varianty řešení. První je použití obdobného způsobu, jakým je dnes páčka obráběna na speciálním přípravku. Jedná se roztočení páčky podél osy rotace a obrobění postupným najetím tangenciálního nože.

Hrubý návrh této varianty je zobrazen na obr. 19. V případě této varianty dojde k roztočení páčky (2) podél její osy pomalým najetím rotujícího trnu, jenž zároveň ABS vložku páčky dorazí na středící kolík. Tím bude páčka výškově ustavena se 100% jistotou. Fyzicky to bude provedeno upevněním plastového či kovového trnu na hřídel DC motoru o výkonu cca 200 W. Motor bude upevněn na lineárním valivém vedení, jež bude ovládáno pneumatickým pístem. Po najetí trnu do otvoru páčky bude páčka roztočena a poté obrobena přijetím tangenciálního nože ovládaného pneumatickým pístem či krokovým motorem. Tangenciální nůž je vyroben z držáku břitů, jež bude možné dle možnosti polohovat naklápěním ve dvou osách. Samotný tangenciální nůž se skládá z nožové hlavy, která je upevněna na otočném rameni uloženém v ložisku. Díky tomu vykonává hlava rotační pohyb. Bod dotyku s páčkou při maximálním otočení bude několik mm za okrajem páčky. To je nutné kvůli regulaci hloubky obrobění páčky. V praxi tak tangenciální hlava nebude nikdy vyklopená do maxima.

Výhodou tohoto řešení je, že se jedná o v praxi osvědčenou metodu. Další výhodou je, že břit tangenciálních nožů lze zhotovit z vyřazených čepelí skalpelů používaných ve výrobě, díky čemuž je toto řešení i cenově výhodné. Rovněž je výhodou, že při vhodně nastaveném úhlu břitu dochází vlivem rezných sil k odpružení břitu tangenciálního nože, čímž není zapotřebí optických senzorů k zjištění skutečné velikosti páčky. Určitou nevýhodou je pak nutnost nastavení úhlu břitů seřizovačem či vyškolenou obsluhou. Konečně je nevýhodou tangenciálního nože ve srovnání s následující variantou, konstrukční komplikovanost řešení a menší tuhost při procesu obrábění.

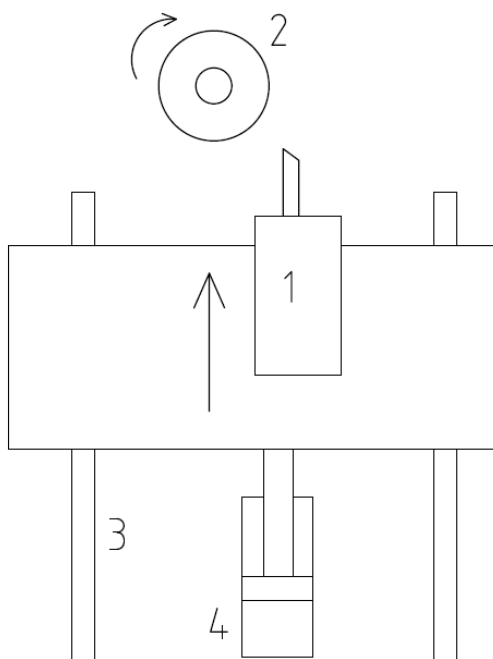


Obr. 19) Schéma návrhu obrábění páčky otočným nožem

5.4.2 Varianta 2

Druhým způsobem řešení tohoto problému je použití obdobného principu, tedy roztočení páčky rotujícím trnem a následné najetí nožové hlavy. Rozdílem je nahrazení tangenciálního směru najetí za lineární.

Také u toto způsobu, zjednodušeně zobrazeného ve schématu na obr.20, dojde najetím rotujícího trnu k roztočení páčky (2) podél její osy. I zde to bude provedeno upevněním trnu na hřídel DC motoru, upevněním motoru na lineární vedení a ovládním pneumatickým pístem. Rozdílem je vynechání ramene s nožovou hlavou a její nahrazení za dvojici kolejnič valivého vedení (3) s vozíky, na nichž bude upevněn plech s nožovou hlavou. Ovládní posuvu vpřed bude provedeno kompaktním pneumatickým pístem (4). Nastavení vzdálenosti bude umožněno nastavením pístnice válce či mechanickým dorazem ovládaným šroubem. Vzhledem k rozměrové náročnosti bude upevnění pístu muset být pod plechovou deskou, na nichž jsou přišroubovány kolejnič valivého vedení. Spojení pístnice a nožové hlavy pak bude provedeno podobně, jak je zobrazeno na ilustračním obrázku. Samotné obrobení páčky pak bude provedeno lineárním najetím nožové hlavy (1) k okraji rotující páčky, setrváním v poloze cca 1 sekundu a návratem do výchozí polohy.



Obr. 20) Schéma návrhu obrábění páčky lineárním posuvem nože

Výhodou tohoto řešení je konstrukční a výrobní jednoduchost, jelikož množství dílů by bylo typizovaných. Odpadla by tak práce s konstrukcí a výrobou ramene nožové hlavy a jeho uložení. I v této variantě je výhodou, že břit tangenciálních nožů lze zhotovit z vyřazených čepelí skalpelů. Stejně tak i zde dochází vlivem řezných sil k odpružení břitu nože, čímž není zapotřebí optických senzorů. To ovšem platí za předpokladu, že břity nože jsou nastaveny ve správném úhlu. Bohužel dle předchozích zkoušek provedených při stavbě současného přípravku bylo zjištěno, že lineární najetí do polohy obrábění nemá takovou schopnost k odpružení břitu nožové hlavy a tím dochází k snadnějšímu zařezání páčky a tím i vyšší zmetkovitosti. Teoreticky by pak tato varianta byla ve srovnání s předchozí více náchylná na

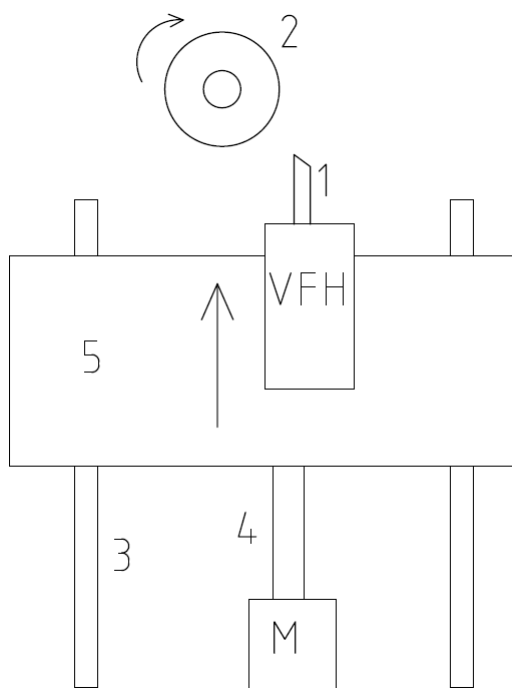
správné seřízení dorazu. Jistým řešením by bylo použití ultrazvukového snímače vzdálenosti. To by ale vyžadovalo komplikovanější programování PLC a bylo by to finančně náročnější.

5.4.3 Varianta 3

U tohoto řešení využijeme vysokofrekvenční obráběcí hlavy používané pro strojní obrábění polyuretanu i jiných materiálů (viz kap. 3.2.2). Tato varianta je ze všech nejsložitější a nejdražší, je ale také nejvíce bezúdržbová a nejpřesnější.

V této variantě, zjednodušeně zobrazená na schématu na obr. 21, bude páčka (2) nasazena na kolík a zajištěna otočným trnem. Na rozdíl od předchozích variant bude trn zajišťovat pouze otáčení páčky okolo své osy a bude poháněn krokovým motorem. Dále zde bude vysokofrekvenční obráběcí hlava (1) upevněná na lineárním vedení (3) a ovládaná kuličkovým šroubem (4). Vzhledem k rozměrovým potížím bude i zde nutné umístit šroub pod plechovou desku rámu, na němž budou upevněny kolejnice lineárního vedení.

Po zajištění trnu do otvoru páčky vsazené na kolík bude páčka pevně výškově ustavena doražením ABS vložky páčky na osazení kolíku. Poté bude spuštěna obráběcí hlava, která následně najede do polohy obrábění. Po najetí se začne trn, resp. páčka pomalu otáčet a po dvojnásobném otočení zajede obráběcí hlava do výchozí polohy a bude vypnuta. Tím bude páčka obrobena a může být z kolíku vyjmuta. Nastavení polohy obráběcí hlavy bude provedeno snímáním vzdálenosti pomocí přesných ultrazvukových snímačů. Vzhledem k tomu, že přesnost tohoto typu snímačů určené pro vzdálenosti do cca 200 mm se pohybuje okolo 0,1-0,2 mm, lze toto řešení považovat za naprosto dostačující. [11]



Obr. 21) Schéma obrábění ultrazvukovou hlavou

Výhodou tohoto řešení je jeho naprostá bezúdržbovost a vysoká přesnost. Přesnost obrobení lze odhadnout na několik desetin mm, což je dostačující. Díky použití snímačů vzdálenosti lze automaticky nastavit polohu obráběcí hlavy v závislosti na skutečném rozměru páčky. Další výhodou toho řešení je, že při vysokofrekvenčním řezání nedochází k zařezání do materiálu. Nevýhodou je ale vysoká cena a náročnost na vytvoření řídicího programu. PLC bude muset být schopno odečítat hodnotu snímače vzdálenosti a dle toho měnit polohu nastavení krokového motoru řídicího kuličkový šroub. Dále bude muset být vyřešena otázka špatných výstupů senzoru vzdálenosti vlivem nečistot v prostoru stroje či z jiných důvodů.



Obr. 22) Ultrazvuková obráběcí hlava na efektoru robotu [43]

5.4.4 Výběr varianty

Výběr vhodné varianty bude opět proveden dle vícekritériální analýzy popsané v kap. 4.6. Tato analýza je také provedena v příloze (*Příloha_X_Vícekritériální analýza-výběr způsobu obrábění*).

5.4.5 Posuzovaná kritéria analýzy

V tab. 7 je jsou uvedeny kritéria, jež jsou při výběru zásobníku klíčové.

Tab 7) Tabulka posuzovaných kritérií

| Číslo kritéria | Název kritéria | Tendence změny |
|----------------|-----------------------|----------------|
| 1 | Náklady na pořízení | Klesající |
| 2 | Velikost | Klesající |
| 3 | Spolehlivost funkce | Rostoucí |
| 4 | Konstrukční složitost | Klesající |
| 5 | Bezúdržbovost | Rostoucí |
| 6 | Hlučnost | Rostoucí |

Náklady na pořízení jsou náklady zahrnující veškeré náklady, včetně nákladů na vývoj, výrobu a montáž v případě vlastní konstrukce. V případě nakupovaných prvku se jedná především o cenu prvku a náklady na instalaci. Rovněž je zde zahrnuta cena programování. Toto kritérium patří k nejdůležitějším, vzhledem k očekávané rychlé návratnosti stroje. Toto kritérium je obzvláště znatelné v případě ultrazvukové obráběcí hlavy, a to jak v pořizovacích nákladech za obráběcí hlavu, tak v ceně programování.

Velikostí je myšlena velikost obráběcí jednotky jako celku i její rozdělení. V tomto případě není toto kritérium natolik významné, jelikož všechny varianty jsou kompaktních rozměrů a na celkové velikosti stroje mají malý vliv.

Spolehlivostí funkce je myšlena kvalita obrobení páčky a co největší opakovatelnost požadované kvality. Je nutné, aby mechanismus dokázal obrobit páčky bez zářezů a zároveň bez vynechávání kusů blány. Stejně tak musí reagovat na drobné změny v rozměrech páčky. Drobné odřeniny na velkém průměru páčky nejsou brány jako vada, oproti tomu vynechání kusů blány či zaříznutí jsou vysoce nežádoucí.

Konstrukční složitost je kritérium popisující množství dílů, jejich výrobní náročnost a náročnost sestavení. V to je započítána náročnost programování a odladění elektroniky včetně sensorů. Konstrukce musí být dostatečně tuhá k zamezení vzniku vibrací.

Bezúdržbovost je vlastnost popisující minimum servisního času a spolehlivost provozu. Rovněž je tím myšlena absence vysokoškolsky vzdělaného servisního technika. Do tohoto kritéria je rovněž začleněna snadná a rychlá obsluha při výměně rezných nástrojů a obzvláště přístupnost obráběcí hlavy servisním technikem.

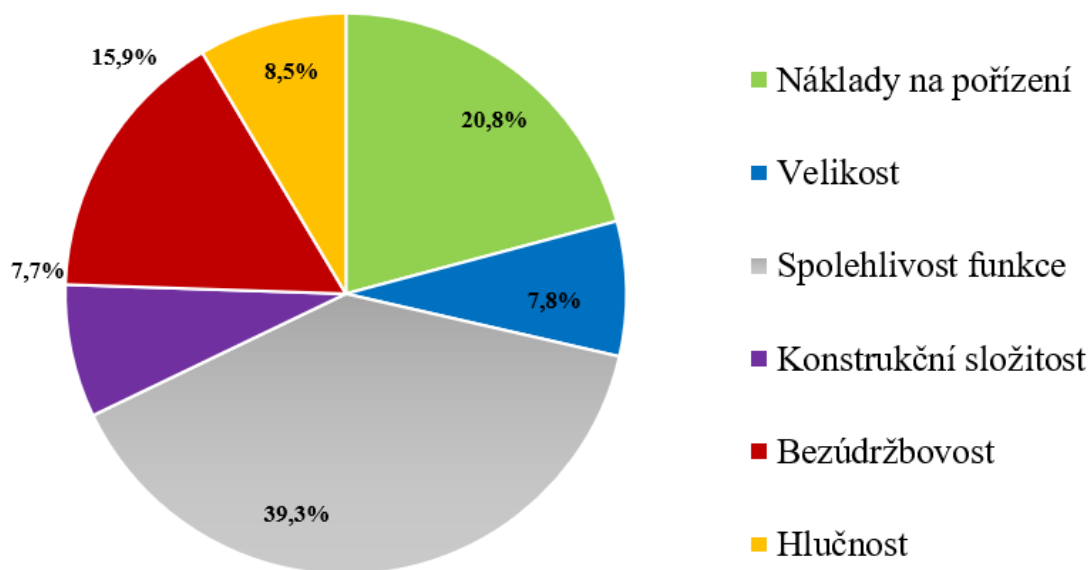
Hlučnost je kritérium zohledňující vliv množství hluku a jeho frekvenci vydávaným strojem. Stroj pracuje v bezprostřední blízkosti několika pracovníků a jeho hlučnost může mít negativní vliv na zdraví a psychický stav pracovníků. Zvýšená hlučnost rovněž snižuje schopnost koncentrace a zvyšuje únavu a stres pracovníků

5.4.6 Stanovení vah zvolených kritérií

Dle výpočtu ukázaném v kap 4.6 byli stanoveny váhy jednotlivých kritérií. Ty jsou ukázány v tab. 8 a také na obr.23.

Tab 8) Tabulka vah jednotlivých kritérií

| Vlastnost | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Geometrický průměr | Váha |
|---------------|-----|-----|-----|---|-----|---|--------------------|------|
| 1 | 1 | 5 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 1,57 | 0,21 |
| 2 | 1/5 | 1 | 1/5 | 1 | 1/3 | 3 | 0,58 | 0,08 |
| 3 | 3 | 5 | 1 | 3 | 3 | 5 | 2,96 | 0,39 |
| 4 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 0,58 | 0,08 |
| 5 | 1 | 3 | 1/3 | 3 | 1 | 1 | 1,20 | 0,16 |
| 6 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,64 | 0,09 |
| Celkem | | | | | | | 7,54 | 1,00 |



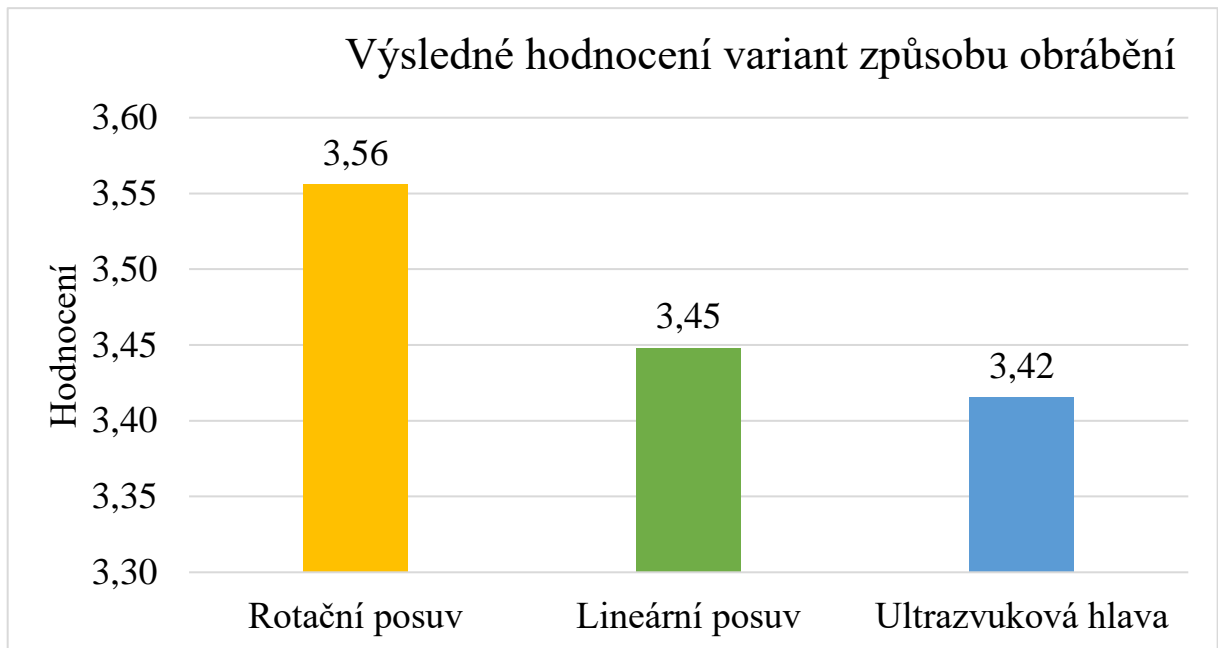
Obr. 23) Diagram vah hodnocených kritérií

5.4.7 Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku

Pomocí metody popsané v kap. 4.6 byl proveden výběr nejlepšího řešení. Výsledky bodování jsou zobrazeny v tab. 9 a v grafu na obr 24.

Tab 9) Výběr nejlepšího řešení vstupního zásobníku

| Varianta | Váha kritéria | Rotační posuv | | Lineární posuv | | Ultrazvuková hlava | |
|------------------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení |
| Náklady na pořízení | 0,21 | 3 | 0,62 | 4 | 0,83 | 2 | 0,42 |
| Velikost | 0,08 | 4 | 0,31 | 4 | 0,31 | 3 | 0,23 |
| Spolehlivost funkce | 0,39 | 4 | 1,57 | 3 | 1,18 | 5 | 1,96 |
| Konstrukční složitost | 0,08 | 3 | 0,23 | 4 | 0,31 | 2 | 0,15 |
| Bezúdržbovost | 0,16 | 3 | 0,48 | 3 | 0,48 | 3 | 0,48 |
| Hlučnost | 0,09 | 4 | 0,34 | 4 | 0,34 | 2 | 0,17 |
| Výsledek celkem | | 3,56 | | 3,45 | | 3,42 | |



Obr. 24) Výsledné hodnocení variant způsobu obrábění

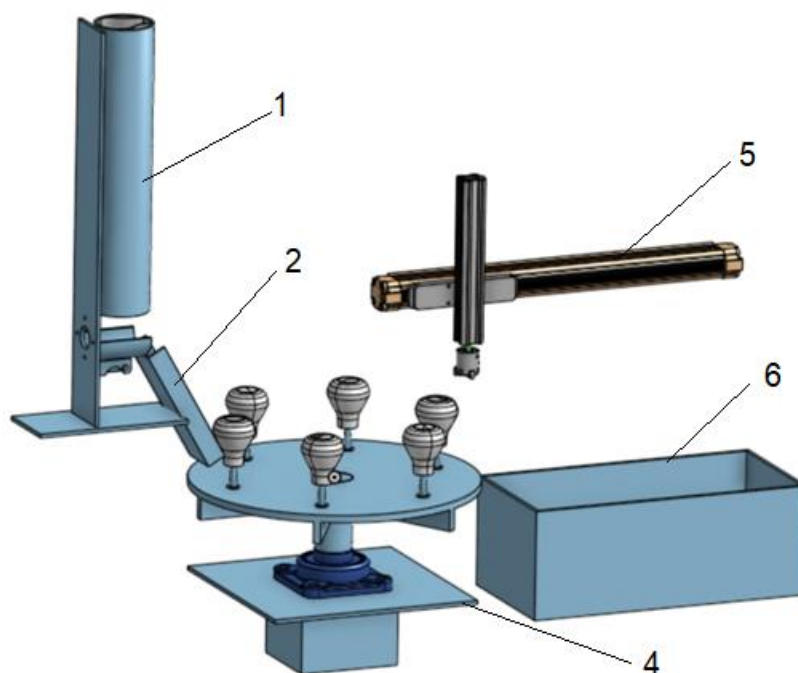
Jako nejvhodnější byla vyhodnocena varianta tangenciální obráběcí hlavy s rotačním posuvem. Jako těsně druhá skončila varianta s lineárním přísuvem tangenciální hlavy. Vzhledem k tomu, že první varianta je na rozdíl od druhé ověřená v praxi, bude zvolena varianta s rotačním posuvem. Hlavními výhodami této varianty je kromě výše zmíněné ověřenosti v praxi především dobrá pořizovací cena, spolehlivost a nízká hlučnost

5.5 Návrh variant manipulátoru

V této podkapitole bude nutné vyřešit otázku způsobu manipulace s páčkou po jejím výstupu ze vstupního zásobníku, při procesu obrábění a její vložení do zásobníku obroběných kusů. Tak jako výše navrheme tři různé způsoby, jak tuto otázku řešit.

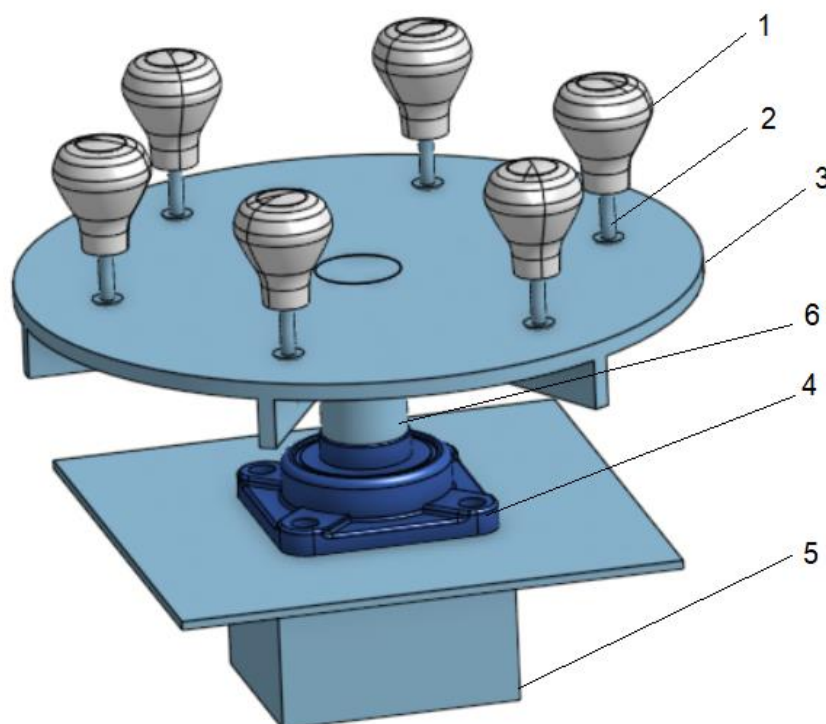
5.5.1 Varianta 1

Prvním způsobem, jak tuto otázku vyřešit je použití karuselového manipulátoru. Jedná se o osvědčené řešení, které je použito na několika výrobních strojích firmy SKB včetně těch, které jsou vlastní konstrukce. Toto řešení by tím způsobilo značné zjednodušení při konstrukci, jelikož řízení i mechanickou část lze pouze upravit díky již vyhotovené dokumentaci. V této variantě, jejíž předběžný návrh je zobrazen na obr. 25, je k manipulaci použit karuselový otočný stůl vyrobený z ocelového svařence upevněného na axiálním ložisku (4). Pro pohon je zvolen krokový motor s převodovkou pohánějící hřídel v ose rotace stolu. Po najetí do pozice bude vysunut pneumatickým pístem kuželový trn, jež zapadne do kuželové díly v karuselovém stolu. Díky tomu bude zajištěna tuhost stolu při obrábění i vždy přesnou polohu. Páčka po vypadnutí ze vstupního zásobníku (1) projde skluzem (2) a bude naražena na otočný kolík. Po otočení karuselového stolu bude páčka roztočena trnem a obrobena tangenciální nožovou hlavou metodou popsanou v podkapitole 5.3.1. Po obrobění se karuselový stůl znovu otočí, páčka bude vyjmuta dvuosým pneumatickým manipulátorem (5) a vložena do bedny hotových výrobků (6). Tato bedna bude obsluhou stroje v pravidelných intervalech vyměňována na novou.



Obr. 25) Hrubý návrh varianty 1

Detail předběžné podoby karuselu je zobrazen na obr 25. Páčky (1) jsou umístěné na kolících s osazením (2). Karuselový stůl (3) je svařenec z plechových výpalků a žeber. Samotný stůl je umístěn na hřídeli (6) uložené v axiálně-radiálním ložisku (4) a poháněné motorem s převodovkou (5).



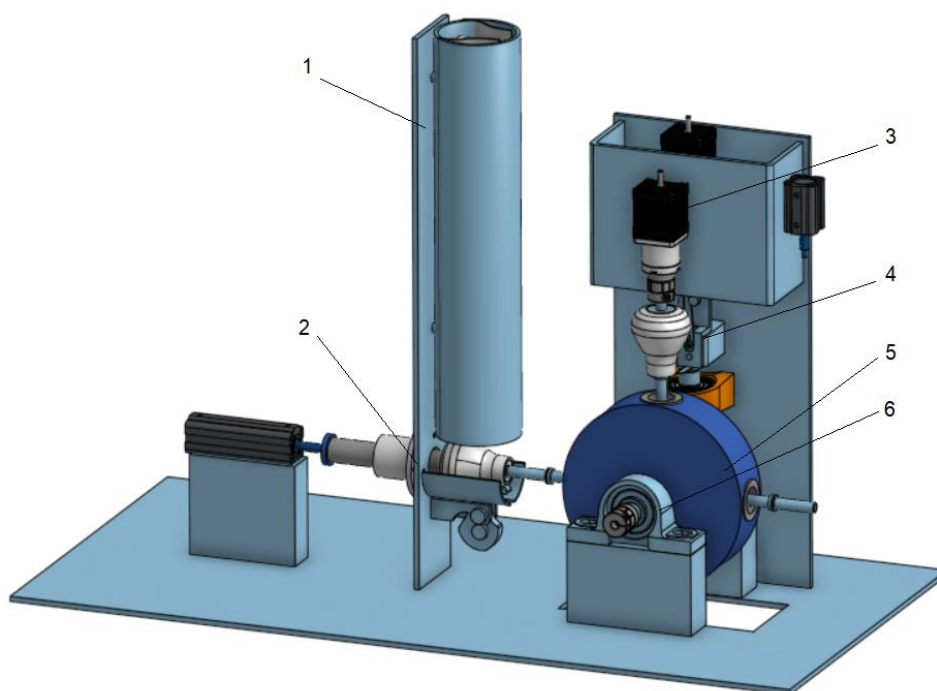
Obr. 26) Detail karuselového manipulátoru

Výhodou tohoto řešení je tuhost koncepce a shodnost konstrukčního řešení s jinými stroji firmy. To např. umožní usnadnění programování PLC stroje použitím již hotového kódu. Nevýhodou ale zůstává nevhodnost polohování páčky. Páčka bude muset být obtížně nastavena tak, aby zapadla na kolík karuselového stolu. Rovněž vyjmutí dvouosým pneumatickým manipulátorem bude finančně náročné kvůli použití dvou pneumatických válců a efektoru. Lze předpokládat, že toto řešení bude také náročné prostorově.

5.5.2 Varianta 2

V této variantě byla použita obdoba řešení z předcházející podkapitoly. Cílem bylo odstranit její nevýhody otočením uložení o 90°. Jedná se tedy o nahrazení karuselového stolu revolverem s vodorovnou osou.

Hrubý návrh kompletního řešení je zobrazen na obr. 27. Páčka uložená v předzásobníku (1) propadne do skluzu a je nasunuta pístem (2) na revolverovou hlavu (5) nasazenou na hřídeli uložené v ložiskových domcích (6). Po pootočení revolveru je páčka roztočena rotujícím trnem (3) a obrobena tangenciální hlavou (4). Po otočení revolveru o 180° vypadne páčka do bedny hotových výrobků umístěné pod strojem. Dle obrázku je patrné, že v budoucnu bude možné na stroj doplnit jednotku se senzory zaznamenávající kvalitu opracování, jelikož jedna ze čtyř pozic revolveru je nevyužita.

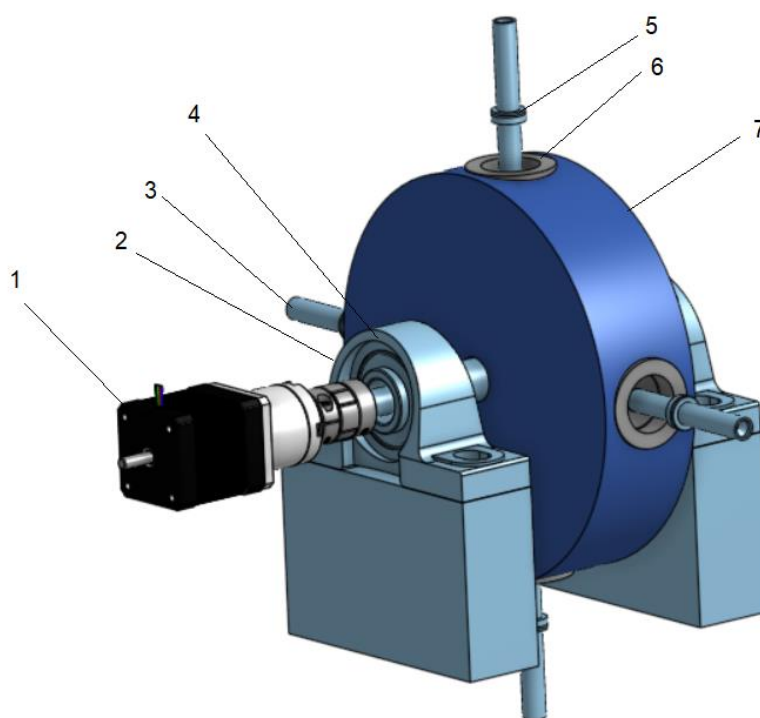


Obr. 27) Hrubý návrh kompletního řešení při použití revolverové hlavy

Detailní zobrazení předběžného návrhu revolverové hlavy je zobrazen na obr. 28. Těleso hlavy je vyrobeno ze soustruženého ocelového bloku (7). V něm jsou nalisovány čtyři ocelová pouzdra (6) s vodícími kolíky páček (3) uloženými ve dvojici kuličkových ložisek pro zajištění dostatečné tuhosti.

Kolíky jsou opatřeny osazením pro správné nasazení páčky (5). Revolverová hlava je uložena na hřídeli umístěné v ložiskových domcích a spojena s hřídelí krokového motoru (1) spojkou (2).

Výhodou tohoto řešení je jeho vhodnější uložení v ložiskových domcích oproti axiálnímu ložisku z předchozí varianty. Další výhodou je vypuštění manipulátoru pro vysunutí páčky z kolíku po jejím obrobení. Otočení revolveru po dokončení obrobení páčka samovolně vypadne z kolíku do zásobníku hotových výrobků. Nevýhodou jsou relativně velké setrvačné hmoty revolveru. Ty lze snížit použitím hliníkové slitiny na těleso revolveru a malou rychlostí otáčení revolveru. Vzhledem z předpokládanému taktu cca 1 minutu/kus je pomalé otáčení bezproblémové.



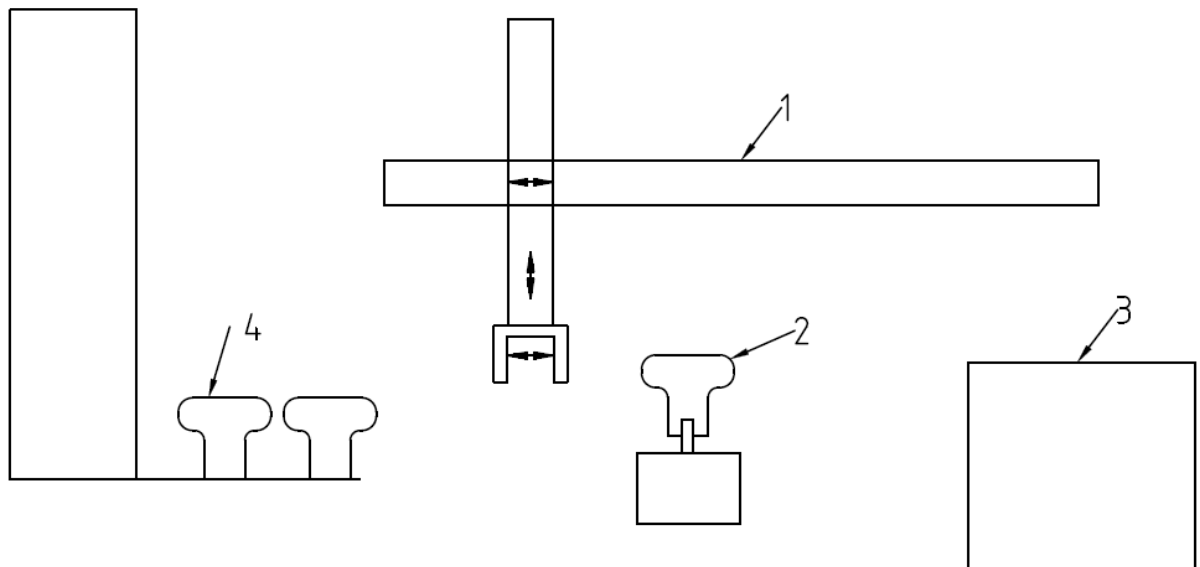
Obr. 28) Detailní pohled na revolverovou hlavu

5.5.3 Varianta 3

V této variantě, jejíž zjednodušené schéma se nachází na obr. 29, je použit dvouosý kartézský manipulátor (1) k přesunu páček mezi jednotlivými pozicemi. Páčka bude efektem manipulátoru uchycena za vnitřní část a vložena z konce vstupního zásobníku (4) na kolík (2). Ten bude upevněn v ložiscích a umožní tak snadnou rotaci páčky. Po obrobení způsobem vybraným v kap. 5.4.7, bude páčka přemístěna dvouosým manipulátorem do bedny hotových výrobků. (3)

Výhodou tohoto řešení je relativně snadná aplikace při použití dvou elektrických lineárních pohonů. Díky tomu by bylo možné přesně polohovat páčky ze zásobníku na trn a dále do bedny hotových výrobků.

Nevýhodou by byla vysoká cena takového řešení. Další nevýhodou je nutnost přesného polohování páček na výstupu vstupního zásobníku, což není příliš vhodné.



Obr. 29) Schéma návrhu varianty s fixní pozicí páčky

5.5.4 Výběr varianty

Výběr vhodné varianty bude i zde proveden dle vícekritériální analýzy popsané v kap. 4.6. Tato analýza je také provedena v příloze (*Příloha_XI- Vícekritériální analýza-výběr manipulace*)

5.5.5 Posuzovaná kritéria analýzy

V tab. 10 je jsou uvedeny kritéria, jež jsou při výběru zásobníku klíčové.

Tab 10) Tabulka posuzovaných kritérií

| Číslo kritéria | Název kritéria | Tendence změny |
|----------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | Náklady na pořízení | Klesající |
| 2 | Velikost zástavbového prostoru | Klesající |
| 3 | Vliv na ostatní manipulace | Rostoucí |
| 4 | Konstrukční složitost | Klesající |

Náklady na pořízení jsou náklady zahrnující veškeré náklady, včetně nákladů na vývoj, výrobu a montáž v případě vlastní konstrukce. V případě nakupovaných prvku se jedná především o cenu prvku a náklady na instalaci. Toto kritérium patří k nejdůležitějším, vzhledem k očekávané rychlé návratnosti stroje.

Velikostí zástavbového prostoru je myšlena velikost celého mechanismu zajišťující manipulaci, především pak co do šířky a hloubky. Do toho je započítána velikost pomocných částí jako motory, pneumatické válce, popř. robotické rameno atd. Toto kritérium je rovněž významné, jelikož je nutné konstruovaný jednoúčelový stroj umístit do již stísněného prostoru úseku opracování.

Konstrukční složitost je kritérium popisující množství dílů, jejich výrobní náročnost a náročnost sestavení. Použití elektronických snímačů pak musí být opodstatněné. Je nutné volit takové typy, jež umožňují snadné propojení s PLC i programování. Vzhledem k výrobnímu

zázemí jsou preferovány svařence z plechových výpalků, popř. plechy tvářené na ohraňovacím lisu před hliníkovými profily.

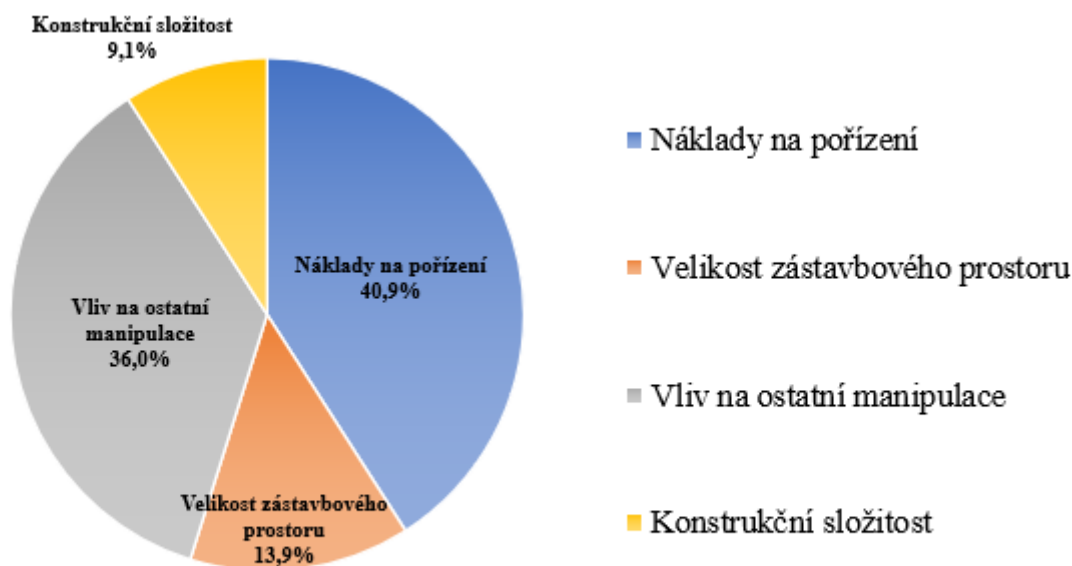
Vliv na ostatní manipulace je kritérium popisující vliv samotného manipulátoru na další operace. Jedná se především o vhodné polohování páčky na začátku a na konci obrábění, zajištění jistoty správného polohování atd. Je žádoucí, aby zvolený způsob vyžadoval nejmenší množství nutné manipulace s páčkou, popř. využití gravitace při polohování páček atd.

5.5.6 Stanovení vah zvolených kritérií

Dle výpočtu ukázaném v kap 4.6 byli stanoveny váhy jednotlivých kritérií. Ty jsou ukázány v tab. 11 a také na obr.30

Tab 11) Tabulka vah jednotlivých kritérií

| Vlastnost | 1 | 2 | 3 | 4 | Geometrický průměr | Váha |
|-----------|-----|-----|-----|---|--------------------|------|
| 1 | 1 | 5 | 1 | 3 | 1,97 | 0,41 |
| 2 | 1/5 | 1 | 1/3 | 3 | 0,67 | 0,14 |
| 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1,73 | 0,36 |
| 4 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 0,44 | 0,09 |
| Celkem | | | | | 4,81 | 1,00 |



Obr. 30) Diagram vah hodnocených kritérií

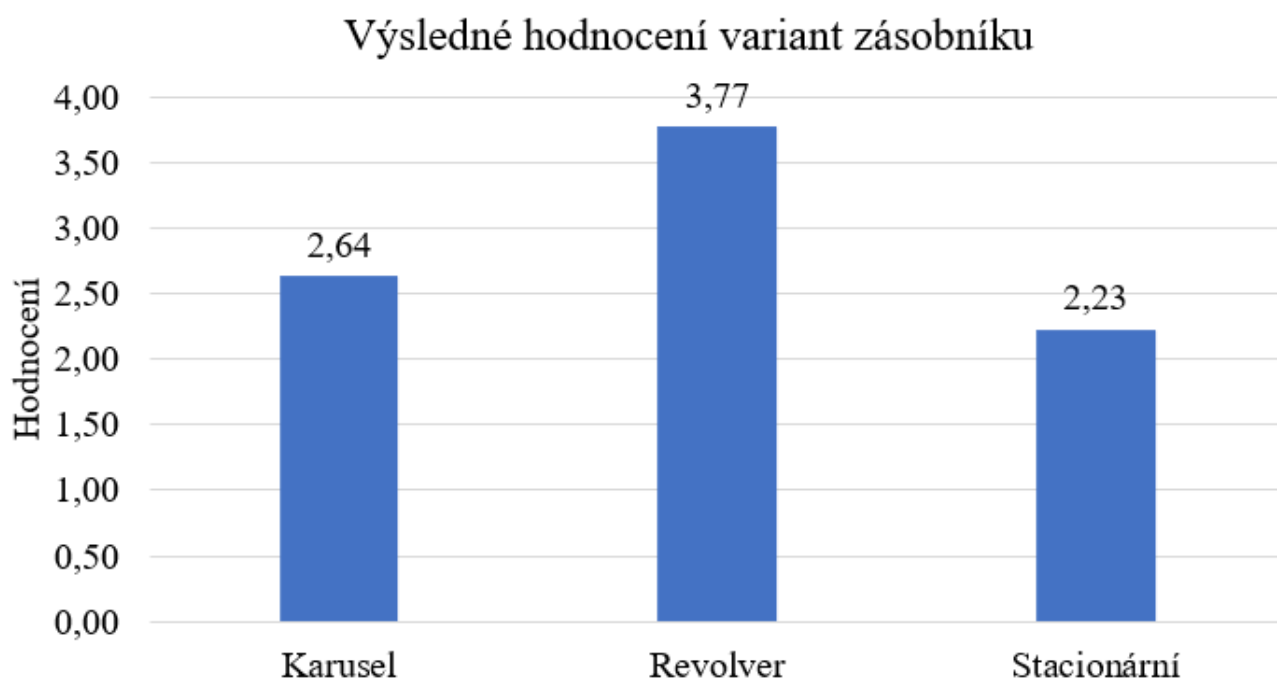
5.5.7 Výběr konkrétní varianty vstupního zásobníku

Pomocí metody popsané v kap. 4.6 byl proveden nejlepšího řešení. Výsledky bodování jsou zobrazeny v tab.12 a v grafu na obr 31.

Tab 12) Výběr nejlepšího řešení vstupního zásobníku

| Varianta | | Karusel | | Revolver | | Fixní pozice | |
|--------------------------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Kritérium | Váha kritéria | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení | Bodové hodnocení | Výsledné hodnocení |
| Náklady na pořízení | 0,41 | 3 | 1,23 | 4 | 1,64 | 2 | 0,82 |
| Velikost zástavbového prostoru | 0,14 | 3 | 0,42 | 3 | 0,42 | 3 | 0,42 |
| Vliv na ostatní manipulace | 0,36 | 2 | 0,72 | 4 | 1,44 | 2 | 0,72 |
| Konstrukční složitost | 0,09 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 | 3 | 0,27 |
| Výsledek celkem | | 2,64 | | 3,77 | | 2,23 | |

Jak je vidět z tabulky, jako nejvhodnější byla vyhodnocena varianta trubkového zásobníku, proto bude zvolena tato varianta. Hlavními výhodami této varianty je především nižší pořizovací cena a fakt, že k provozu není vůbec nutné používat napájení o napětí 220 V či více.



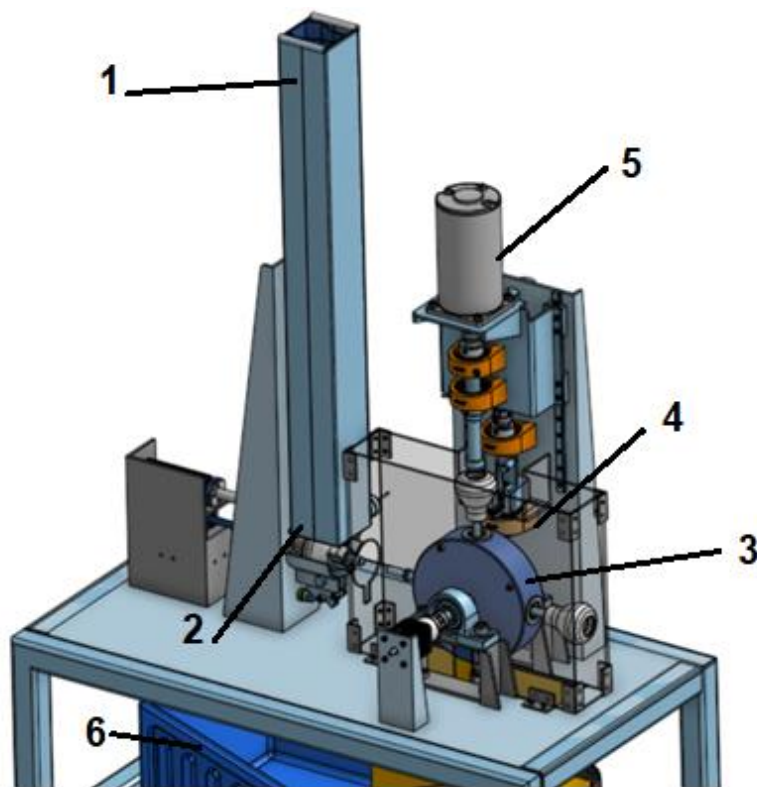
Obr. 31) Výsledné hodnocení variant zásobníků

5.6 Základní popis funkce stroje

V této a následujících podkapitolách budou probrány dílčí části stroje, jejich funkce, popis jejich konstrukce a návaznost na ostatní části. Pro snadnější pochopení funkce stroje se bude tato podkapitola zabývat stručným popisem celého cyklu obrábění. Pracovní postup stroje je znázorněn na vývojovém diagramu na obr. 33-34, základ stroje pak na obr.32.

Po vyjmutí svazku páček z formy jsou páčky pracovníkem odděleny na jednotlivé kusy a je z nich odštířena většina vtokové část. Zůstává pouze tenká blána v dělicí rovině formy a odvzdušňovací náliček na spodní části. Poté jsou páčky napíchnuty jehlami k odstranění zbytkových plynů v plastu a vloženy do hodní části vstupního zásobníku (1), jehož funkce je popsána v kap. 5.7. Po průchodu zásobníkem je páčka uvolněna do spodní části zásobníku uvolněním vidlice (2) ovládané pneumatickým pístem. Odtud bude naražena na revolverovou hlavu (3). Propadnutí do spodní části je signalizováno fotoelektrickým senzorem.

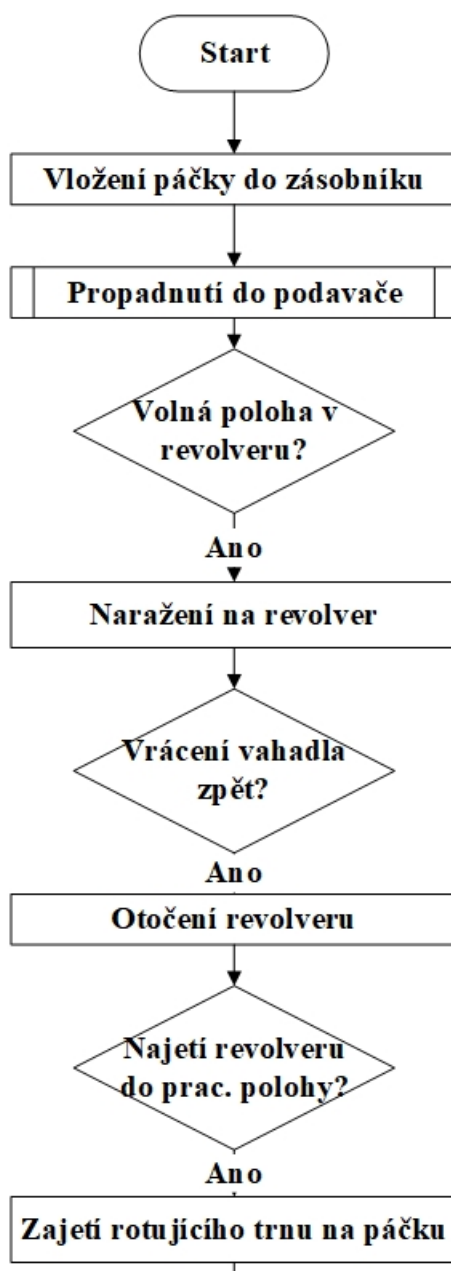
Po propadnutí do spodní části zásobníku je páčka polohována pomocí odklápěcího vahadla, jež zajistí ustavení páčky ve vodorovné poloze. Pak je vysunut narážecí trn a je zasunuta nejprve užší část do menšího otvoru páčky. Po naražení konce užší části na kolík revolveru dojde k vysunutí válce na narážecím trnu, jež vtlačí páčku na kolík revolveru uložený v ložiskách. Tento válec je opatřen pružinou a při zpětném pohybu pneumatického pístu se vrátí do původní polohy. Zasunutí páčky na kolík revolveru je detekováno indukčním čidlem snímajícím odklopení vahadla. Tento mechanismus je popsán v kap. 5.7.2



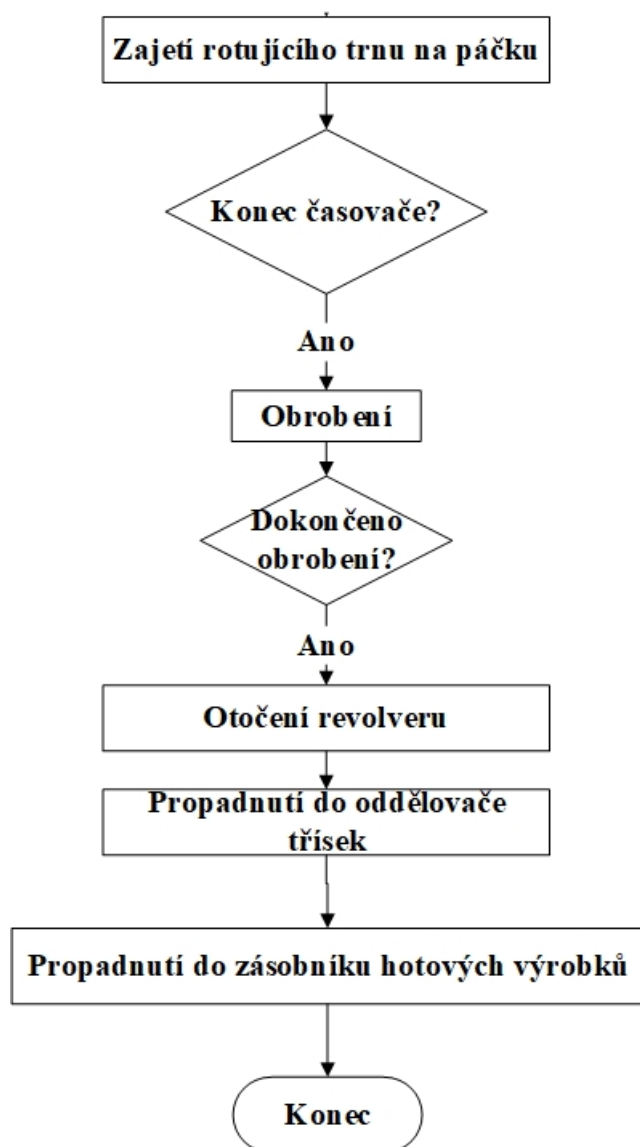
Obr. 32) Vnitřní část stroje

Poté je revolver pootočen o 90° a najetím rotujícího trnu do středu je páčka roztočena a zároveň dojde k přesnému ustavení páčky jejím naražením na osazení kolíku revolveru. Po roztočení páčky je pootočena obráběcí hlava (4) krokovým motorem dle úhlu nastaveného v PLC. Po cca 1 sekundě se obráběcí hlava vrátí do výchozí polohy.

Následně vyjede rotující trn s jeho motorem (5) nahoru a revolverová hlava je pootočena o dalších 90°. Po otočení o dalších 90° páčka samovolně vypadne otvorem v základní desce stroje na mříž zásobníku. Otvory mříže propadnou obrobene třísky a obrobená páčka se samovolně skutálí do bedny s hotovými páčkami (6). Tato bedna na průběžně vyprazdňována dle potřeby cca 1krát za směnu.



Obr. 33) Vývojový diagram pracovního postupu – první část



Obr. 34) Vývojový diagram pracovního postupu – druhá část

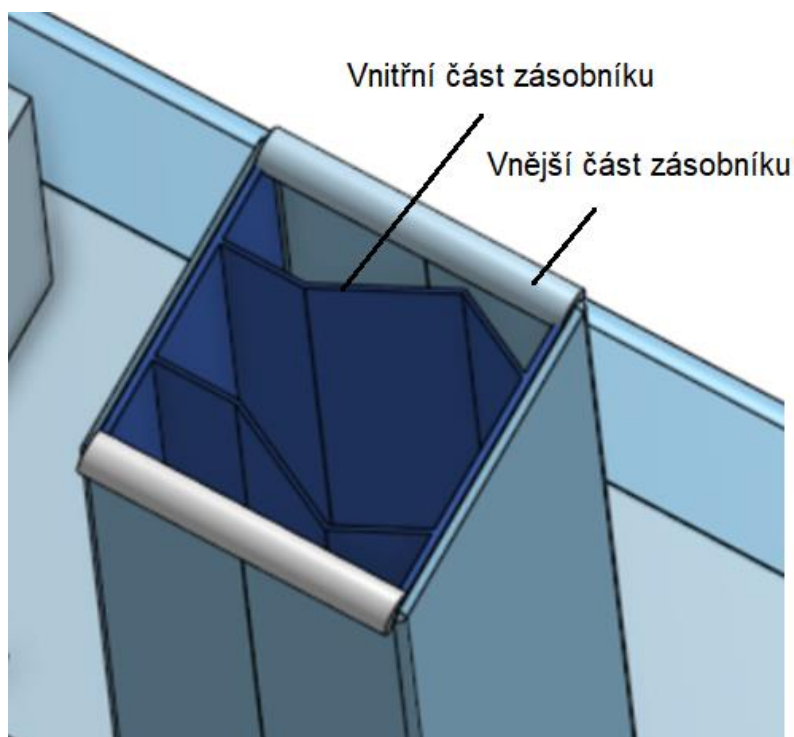
5.7 Zásobník páček a podavač

V této podkapitole bude probrána konstrukce vstupního zásobníku a podavače nacházející se na spodním konci zásobníku. Úkolem mechanismu podavače je správné ustavení páčky do žádané polohy, naražení na kolík revolverové hlavy a nezbytná signalizace pro zajištění kontroly správnosti funkce.

5.7.1 Vstupní zásobník páček

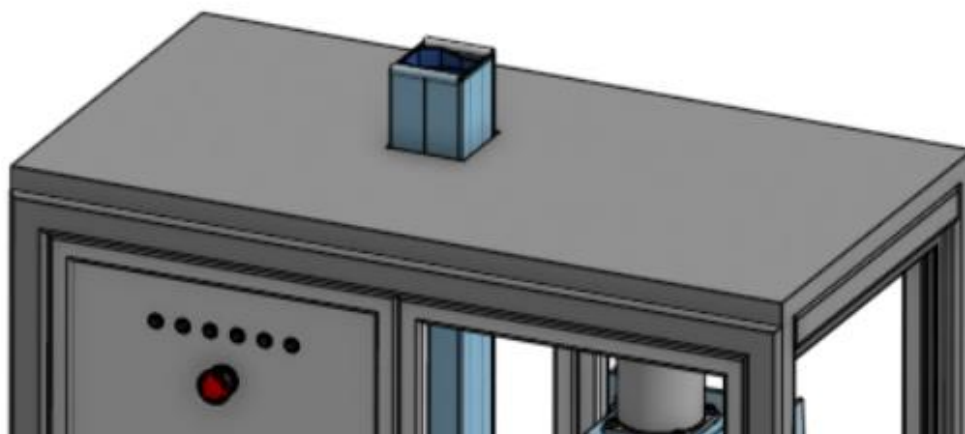
Vstupní zásobník páček je vstupní částí celého procesu opracování. Po vyjmutí z formy, rozdělení svazku páček na jednotlivé kusy, napíchání a odstřížení vtokové soustavy jsou páčky pracovníkem opracování vloženy do zásobníku. Ten je vyroben z vnějšího plechového svařence a vnitřní plechové vložky. Ta umožní správné polohování páčky a zabrání vložení páčky naopak. Horní část tohoto zásobníku je zobrazena na obr.35.

Kapacita zásobníku je 12 páček, což je plně dostačující. Vzhledem k použití šestikomorové formy nebude zásobník obsahovat více než 6 kusů. Po průchodem zásobníkem propadne páčka na oddělovač. Jedná se o vidlici ovládanou pneumatickým pístem s kuželovitým náběhem hrotů. Popis oddělovače je popsán v kap. 5.7.2.



Obr. 35) Vstupní část zásobníku

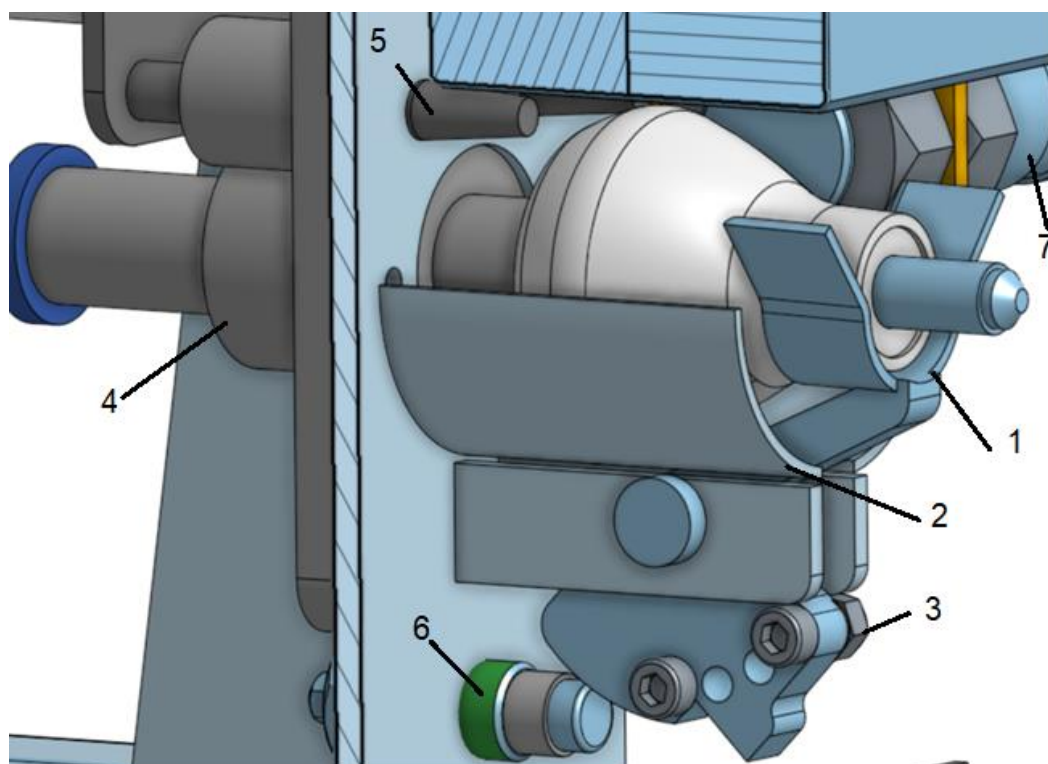
Další zobrazení zásobníku na stroji je na obr. 36. Horní část zásobníku se nachází ve výšce 150 cm, což umožní pohodlné vložení páček trvale stojím pracovníkem opracování. Výhodou této výšky je zabránění úrazu tím, že nelze vložit ruku dovnitř zásobníku. Umístění vstupu zásobníku nad rám stroje také umožní zakrytí celého stroje a jeho kontrolu senzory, což přispěje k bezpečnosti provozu.



Obr. 36) Vstup zásobníku na stroji

5.7.2 Podavač páček

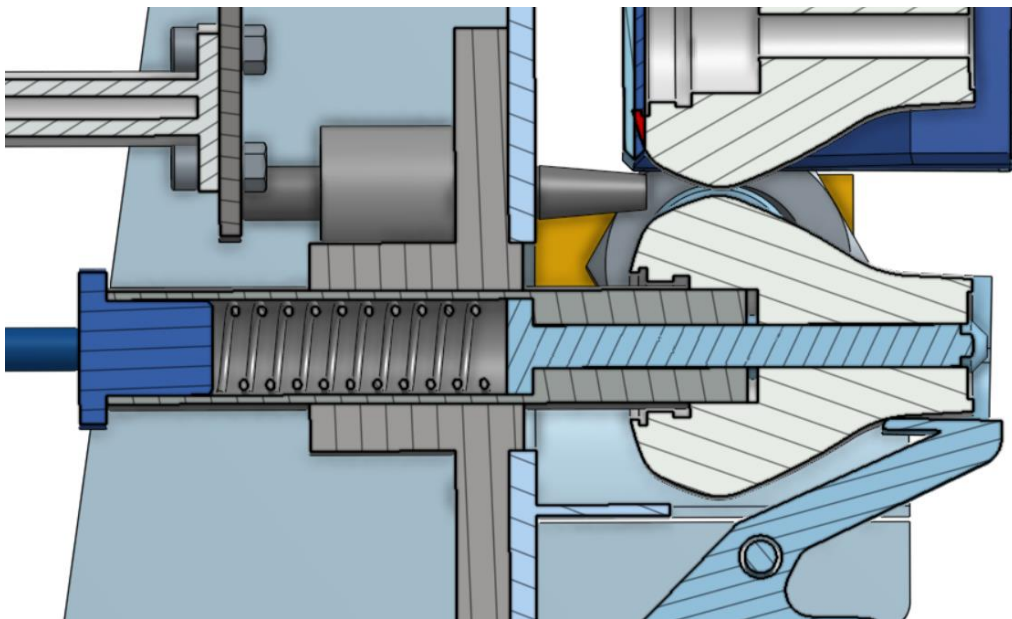
Po průchodu zásobníkem propadne páčka do mechanismu podavače, který je zobrazen na obr.37. Páčka je položena do válcového korýtko (2) a spodní část páčky zapadne do V profilu vahadla (1). Signalizace přítomnosti páčky v korýtku je zajištěna optickým difuzním senzorem (7). Poté je vysunuta vidlice přidržovače (5), která kuželovým koncem nadzvedne páčky v zásobníku. To plně uvolní páčku v korýtku přidržovače a umožní správné polohování páčky ve všech směrech. Přítlačná síla vahadla (1) je bude nastavena servisním technikem pomocí šroubových závaží. Matice šroubů (3) zároveň slouží k nastavení dorazu v obou koncových polohách vahadla. Vysunutí páčky z podavače na trn revolveru je signalizováno sepnutím indukčního čidla (6) o výstupek vahadla.



Obr. 37) Mechanismus podavače

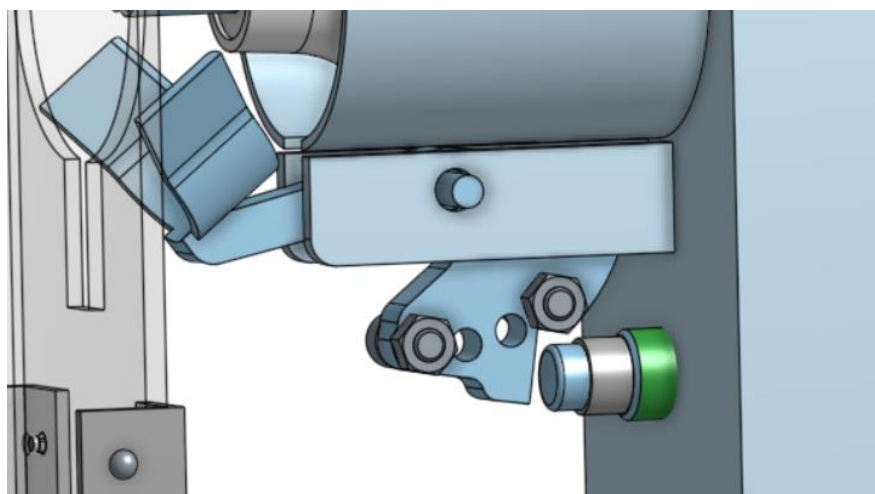
Jakmile je servoventil přepnut signálem z PLC, dojde k vysunutí spodního pneumatického válce podavače. Ten ovládá trn (4) v jehož středu je narážecí kolík. Kolík je odpružen od vnitřního osazení trnu pomocí šroubové pružiny. Po nasunutí kolíku do díry páčky je nasunut trn do horního otvoru v páčce a začne ji vytlačovat směrem vpřed. „V“ profil vahadla zajistí, že při zasouvání kolíku do díry páčky nedojde k jejímu vzpříčení a samovolnému posunutí vpřed. Tomu napomáhá dostatečná kuželovitost hrotu kolíku.

Následným vysouváním trnu vpřed dojde k vyklopení vahadla a nasunutí páčky na trn revolverové hlavy. To je umožněno odpružením kolíku podavače. Kolík podavače se zarazí o kolík revolverové hlavy a zapadne kuželovým koncem do kuželového otvoru na kolíku revolveru. Následně se vysouvá jen trn podavače s páčkou. Tento proces je zobrazen na obr. 38.



Obr. 38) Řez mechanismem podavače

Indikaci nasunutí páčky z podavače na revolverovou hlavu zajišťuje indukční čidlo. Při nasouvání páčky se vahadlo odklopí a jeho osazení sepne kontakt čidla. Tato funkce je zobrazena na obr. 39



Obr. 39) Detail vahadla podavače se senzorem vyklopení

Jako indukční čidlo bylo zvoleno čidlo českého výrobce Kotlín KS95 C08-U45-PNP-L, jehož parametry jsou uvedeny v tab. 13. [23]

Tab 13) Parametry zvoleného optoelektrického snímače [23]

| | |
|------------------|---------------------------|
| Označení: | Kotlín KS95 C08-U45-PNP-L |
| Typ: | Indukční senzor |
| Dosah: | 0-1,5 mm |
| Výstupní signál: | PNP spínací kontakt |
| Výstup: | Vestavný kabel |
| Rozměry: | M8 x 45 mm |
| Napájecí napětí: | 10...30 V |

Indikace přítomnosti páčky v korýtku podavače je snímána optoelektrickým difúzním senzorem Farnell OsiSence XUB4APANM12. Ten je zobrazen na obr. 40, parametry snímače jsou pak na v tab.14.



Obr. 40) Farnell OsiSence [20]

Tab 14) Parametry zvoleného optoelektrického snímače [20]

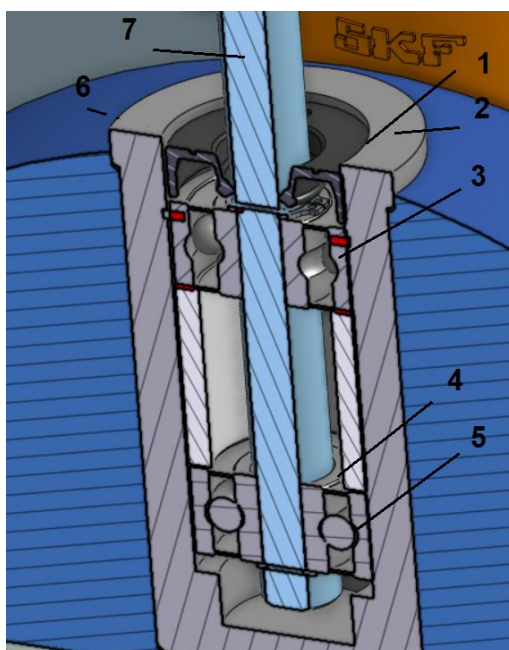
| | |
|------------------|-------------------------------|
| Označení: | Farnell OsiSence XUB4APANM12 |
| Typ: | Optoelektrický difúzní senzor |
| Dosah: | 0-0,15 m |
| Výstupní signál: | PNP spínací kontakt |
| Konektor: | M12, 4-pin, samec konektor |
| Rozměry: | M18 x 60 mm |
| Napájecí napětí: | 12...24 V |

5.8 Revolverová hlava

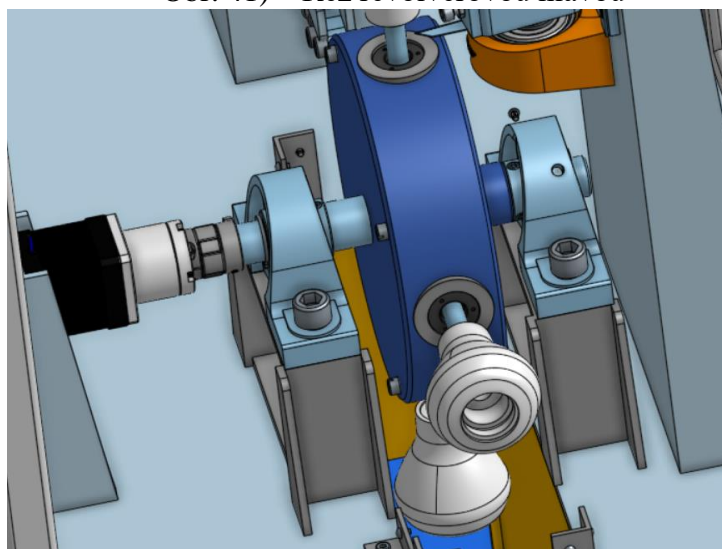
Další částí jednoúčelového stroje je revolverová hlava, jejíž způsob provedení byl vybrán na základě vícekritériální analýzy v kap. 5.5.7. V této části zprávy bude probrána detailněji konstrukce hlavy, způsob jejího polohování a budou provedeny potřebné kontrolní výpočty.

5.8.1 Konstrukce revolverové hlavy

Účelem mechanismu revolverové hlavy je natočení páčky o 90° z výstupu vstupního zásobníku do prostoru obrábění. Toho je dosaženo otočením revolverové hlavy s nasazenou páčkou na trnu o 90°. Hlavní těleso revolveru, jehož řez je zobrazen na obr.41, je vyrobeno z hliníku a jeho výrobní výkres se nachází v příloze (REVOLVEROVÁ HLAVA). V tělese revolveru (6) jsou nalisovány 4 ocelová pouzdra (2), v nichž se nachází dvě ložiska (3,5) zajištěná pojistným kroužkem a distanční trubkou. V ložiscích je trn, který je rovněž upevněn pojistnými kroužky (4). Pouzdro je utěsněno Guférem (1).



Obr. 41) Řez revolverovou hlavou



Obr. 42) Uložení revolverové hlavy

Revolverová hlava je uložena na hřídeli s perem. Hřídel revolveru je uložena v ložiskových domcích UCP 204. Hřídel je proti axiálnímu posunutí zajištěna pojistnými kroužky a rozpěrnou trubicí mezi revolverem a ložiskem. Toto řešení je nutné z důvodu zajištění správné polohy trnu revolveru vůči trnu podavače. Proti pootočení je hřídel zajištěna perem.

Najetí do pozice je signalizováno indukčním čidlem Kotlín KS95 C08-U45 shodným s čidlem pro sensoriku vahadla podavače. Při pootočení o 90° tak čidlo sepne o šroub v tělese revolverové hlavy. Otáčení revolveru, zobrazeného na obr. 41 zajišťuje krokový motor OMC 17HS15-1684S vybavený enkodérem a planetovou převodovkou s převodem 1:20. Důvodem tohoto výběru byl fakt, že tento motor včetně řízení byl firmou SKB již dříve zakoupen a dosud nevyužit. Z toho důvodu bude proveden v následující kapitole pouze kontrolní výpočet motoru. Motor je uchycen v plechovém svařenci, stejně jako oba ložiskové domky.

5.8.2 Kontrolní výpočty motoru revolverové hlavy [37,31]

Jako motor byl zvolen krokový motor OMC 17HS15 s planetovou převodovkou. Parametry motoru s aplikací převodovky jsou zobrazeny v tabulce 15.

Tab 15) Parametry motoru OMC 17 s převodovkou [31]

| Typ | OMC 17HS51-1684S-HG20 |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Krouticí moment při nulových otáčkách | 7,02 Nm |
| Jmenovitý příkon | 5 W |
| Maximální dovolený moment | 15 Nm |
| Účinnost motoru | 90 % |

- Budeme-li požadovat, aby se revolver roztočil na jmenovitou rychlost otáčení za 0,5 sekundy, je **potřebný moment motoru**:

$$M = \frac{2\pi \cdot J_{red} \cdot n \cdot k}{t \cdot \mu} = \frac{2\pi \cdot 0,042 \cdot 0,1 \cdot 2}{0,5 \cdot 0,7} = 0,15 \text{ Nm} \quad (7)$$

Kde:

M ... požadovaný moment motoru [Nm]

J_{red} ... redukovaný moment setrvačnosti na výstupním hřídeli převodovky [kgm²]

n ... jmenovitá rychlost otáčení revolveru [s⁻¹]

k ... koeficient bezpečnosti [-]

t ... doba rozběhu [s]

μ ... účinnost mechanismu [-]

- **Potřebný výkon motoru:**

$$P = M \cdot 2\pi \cdot n = 1,21 \cdot 2\pi \cdot 0,05 = 0,1 \text{ W} \quad (8)$$

Kde:

P... minimální výkon použitého motoru [W]

M ... požadovaný moment motoru [Nm]

n ... jmenovitá rychlost [s⁻¹]

- Výkon zakoupeného motoru je:

$$P = P_{př} \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 = 5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 3,15 \text{ W}$$

(9)

Kde:

P ... výkon motoru [W]

$P_{př}$... příkon motoru [W]

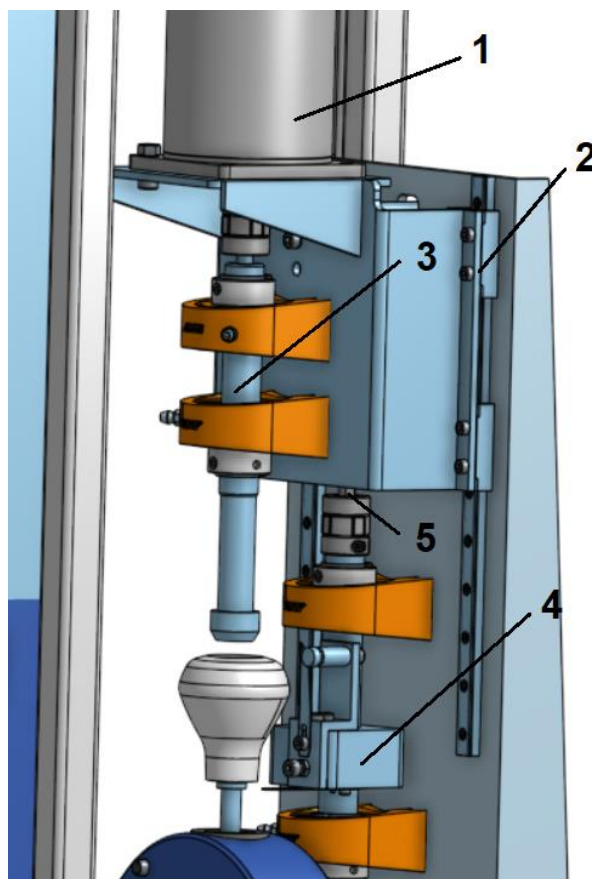
μ_1 ... účinnost motoru [-]

μ_2 ... účinnost převodu [-]

Z uvedených výpočtů vyplývá, že motor OMC Nemá 17HS51 svým výkonem i momentem plně vyhovuje a bude v praxi použit. Vyhovující parametry jsou možné zejména díky relativně malé hmotnosti revolveru, a také velice nízké rychlosti otáčení.

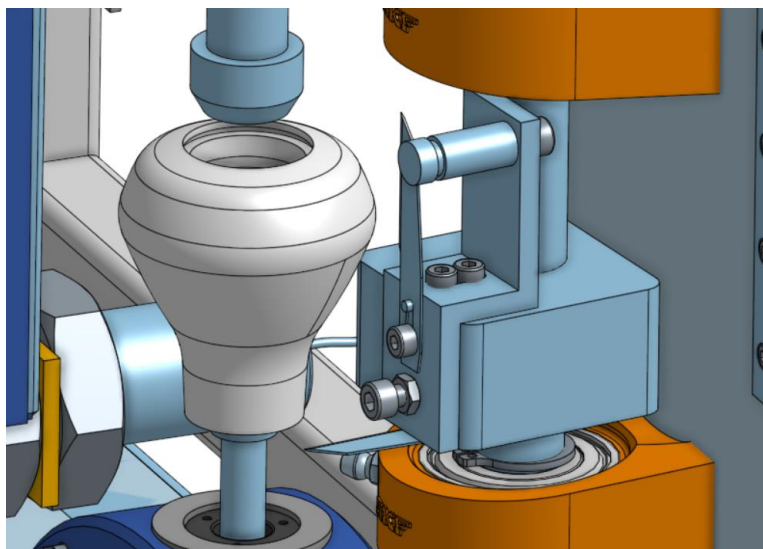
5.9 Provedení tangenciální nožové hlavy

Po otočení revolveru stroj začne páčku obrábět. To je možné díky roztočení páčky DC motorem a postupným najížděním obráběcí hlavy. Tento princip je zobrazen na obr 43.



Obr. 43) Mechanismus nožové hlavy a rotační hřídel

Po njetí do pozice revolveru dojde k jeho zastavení motorem. Poté sjede DC motor (1) uložený na plechové konstrukci uložené ve valivém lineárním vedení (2) dolů a rotující hřídel (3) napojenou přes spojku na motor roztočí páčku.



Obr. 44) Detail nožové hlavy

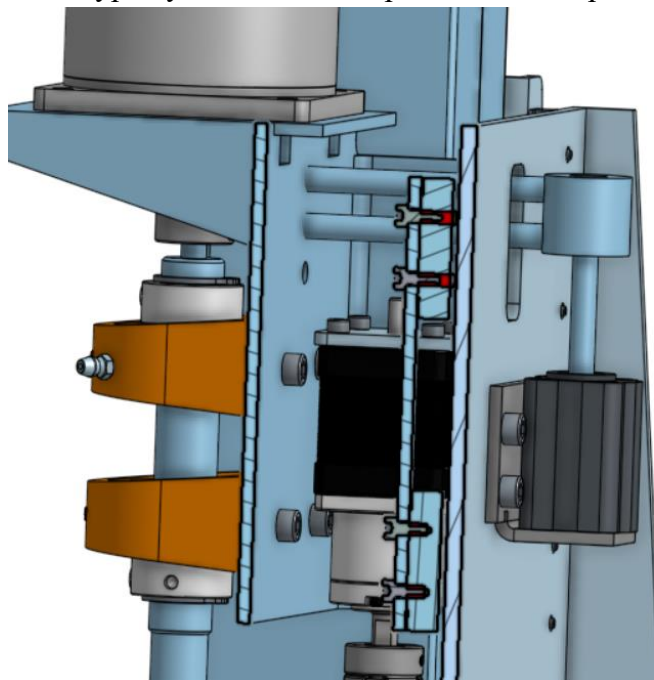
Díky mírnému tlaku konce hřídele na vnitřní otvor páčky také dojde k přesnému polohování páčky na doraz osazení trnu revolveru, čímž je zajištěna přesná výška páčky. Po roztočení páčky se otočí obráběcí nožová hlava (4) s upevněnými výměnnými noži a dojde k odříznutí spodního nálitku na páčce a tenké blány z dělicí roviny formy páčky. Po obrobení se nožová hlava vrátí do původní polohy. Otočení nožové hlavy zajišťuje krokový motor a spojka (5). Detail nožové hlavy je zobrazen na obr. 44.

Vzhledem k rozdílnému průměru páčky při jednotlivých směnách a k elipsovitosti tvaru není možné stanovit konkrétní rozměr obrábění. Z toho důvodu má svislý břit takový rozměr, aby při maximálním natočení nožové hlavy odebíral vždy několik mm materiálu páčky, a proto nožová hlava nebude nikdy otočena do maxima. Stroj bude obsahovat ruční regulaci natočení nožové hlavy nastavením dorazu břitu. Servisní technik na začátku směny zkontroluje a dle potřeby nastaví polohu břitu tak, aby břit odebral jen blánu na vnějším povrchu a nezajel do materiálu páčky. Pro eliminaci odchylek nesouososti je břit vyroben z tenkého skalpelu, jenž při malé změně rozměru odpruží od páčky. Tento princip je využíván na současném přípravku a jedná se o osvědčený princip, díky kterému nedojde k zaříznutí či odření páčky.

Tab 16) Parametry DC motoru BHT [25]

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Typ | BTH K9DP200N2 |
| Kroutící moment při nulových otáčkách | 6,1 Nm |
| Jmenovitý výkon | 200 W |
| Kroutící moment při 3000 ot/min | 1 Nm |
| Napájecí napětí | 24 V DC |

Zdvih DC motoru je zajištěn pneumatickým válcem firmy Stránský a Petržík typu 12501 s průměrem pístu 20 mm. Pístnice motoru je napojena na táhlo, které je přišroubované k nosnému plechu DC motoru. Toto řešení je zobrazeno na obr.45. Natočení obráběcí hlavy zajišťuje stejný typ krokového motoru jako je použit pro otáčení revolveru. Důvodem je výhodnější servis a programování PLC díky jednomu typu motoru. Jako DC motor byl použit PMDC motor BTH K9DP200N2 s napájecím napětím 24 V [25]. Jeho základní parametry jsou uvedeny v tab.16. Důvodem jeho volby bylo použití tohoto motoru v minulosti a zkušenosti s jeho řízením. Kontrolní výpočty obou motorů a pneumatického pístu budou



Obr. 45) Ovládání posuvu DC motoru pneumatickým válcem

provedeny v následující kapitole. Hřídele rotačního trnu a obráběcí hlavy jsou uloženy v ložiskových domcích SKF SYF 504 s vnitřním průměrem 20 mm. [33] Jako lineární vedení posuvu motoru bylo použito vedení MGN12H s délkou kolejnic 300 mm. [35] Důvodem volby byl fakt, že tyto kolejnice byly firmou SKB již dříve zakoupeny a nevyužity.

5.9.1 Kontrolní výpočty obráběcí hlavy a DC motoru

V této kapitole bude proveden kontrolní výpočet PMDC motoru rotačního trnu a krokového motoru obráběcí hlavy. Cílem těchto výpočtů je zkontrolovat, zda je možné použít stejný typ krokového motoru jako u revolveru a zkontrolovat, zda vybraný motor DC motor vyhovuje. Rovněž bude provedena kontrola pneumatického válce pro zdvih DC motoru [37,31,25]

- **Potřebný moment krokového motoru je**

$$M_k = \frac{r \cdot F \cdot k}{\mu} = \frac{42,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 2}{0,7} = 2,42 \text{ Nm}$$

(10)

Kde:

r... rameno momentu mezi osou hřídele hlavy a povrchem páčky [m]

M_k... potřebný kroutící moment krokového motoru [Nm]

F... řezná síla [N]

k ... koeficient bezpečnosti [-]

μ ... odhadnutá účinnost mechanismu [-]

- **Potřebný výkon krokového motoru je pak**

$$P = M_k \cdot 2\pi \cdot n = 2,42 \cdot 2\pi \cdot 0,1 = 1,52 \text{ W} \quad (11)$$

Kde:

P... potřebný výkon motoru [W]

M_k ... kroutící moment od zatížení obráběním [Nm]

n ... rychlost otáčení obráběcí hlavy [ot.min⁻¹]

- **Faktický výkon motoru je**

$$P = P_{př} \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 = 5 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 2,25 \text{ W} \quad (12)$$

Kde:

P... výkon motoru [W]

$P_{př}$... příkon motoru [W]

μ_1 ... účinnost motoru [-]

μ_2 ... účinnost převodu a mechanismu hlavy [-]

Z uvedených výpočtů vyplývá, že motor OMC Nemá 17HS51 svým výkonem i momentem vyhovuje, a proto bude použit. Vzhledem k zapojení jen po krátkých časových úsecích nepředpokládám problémy s přetěžováním motoru.

- **Potřebný moment DC motor je**

$$M_k = \frac{r \cdot F \cdot k}{\mu} = \frac{28 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 2}{0,7} = 1,6 \text{ Nm} \quad (13)$$

Kde:

r... rameno momentu mezi osou hřídele rot. trnu a povrchem páčky [m]

M_k ... potřebný kroutící moment krokového motoru [Nm]

F... řezná síla [N]

k ... koeficient bezpečnosti [-]

μ ... odhadnutá účinnost mechanismu [-]

- **Potřebný výkon DC motoru při otáčkách 600 min⁻¹ je**

$$P = M_k \cdot 2\pi \cdot n = 1,6 \cdot 2\pi \cdot 10 = 100,5 \text{ W} \quad (14)$$

Kde:

P... potřebný výkon DC motoru [W]

M_k ... kroutící moment od zatížení obráběním [Nm]

n ... rychlost otáčení rotačního trnu [ot.min⁻¹]

I tento motor vyhovuje. V případě přetížení automaticky klesnou otáčky, což způsobí zvýšení kroutícího momentu. I zde se nepředpokládá přetížení motoru z důvodu zatěžování v krátkých časových úsecích.

- **Bezpečnost funkčnosti válce při tlaku 6 bar**

$$k = \frac{F_p}{m \cdot g} = \frac{170}{9,5 \cdot 9,81} = 1,82$$

(15)

Kde:

k ... koeficient bezpečnosti [-]

F_p ... tabulková hodnota síla pístnice při tlaku 6 bar [N]

m... hmotnost DC motoru a celým posuvným mechanismem [kg]

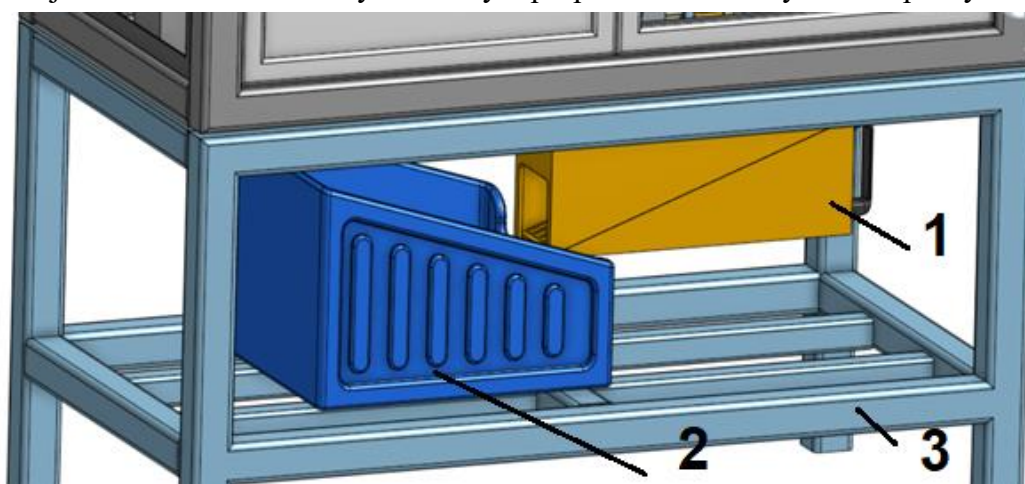
g ... tíhové zrychlení [ms^{-2}]

Hodnota bezpečnost proti přetížení pneumtického válce rovněž vyhovuje.

5.10 Řešení zásobníku hotových výrobků

Po obrobení páčky revolverová hlava znovu pootočí o 90° dále. Tato pozice na revolveru je nevyužita a v budoucnu může být doplněna optickým senzorem kontrolujícím kvalitu opracování. Tento senzor nyní není nutný, jelikož jsou páčky montovány na kolík volantu ručně. Dělník montáže pak je v případě nalezení vadně opracované páčky vyřadí a předá na opravu.

Při následujícím pootočení páčka vypadne vlastní vahou z trnu revolveru do oddělovače třísek a odtud se skutálí do připravené bedny hotových výrobků. Oddělovač třísek, zobrazený na obr. 46 je rošt s dostatečně velkými otvory k propadnutí obrobeneých částí páčky.

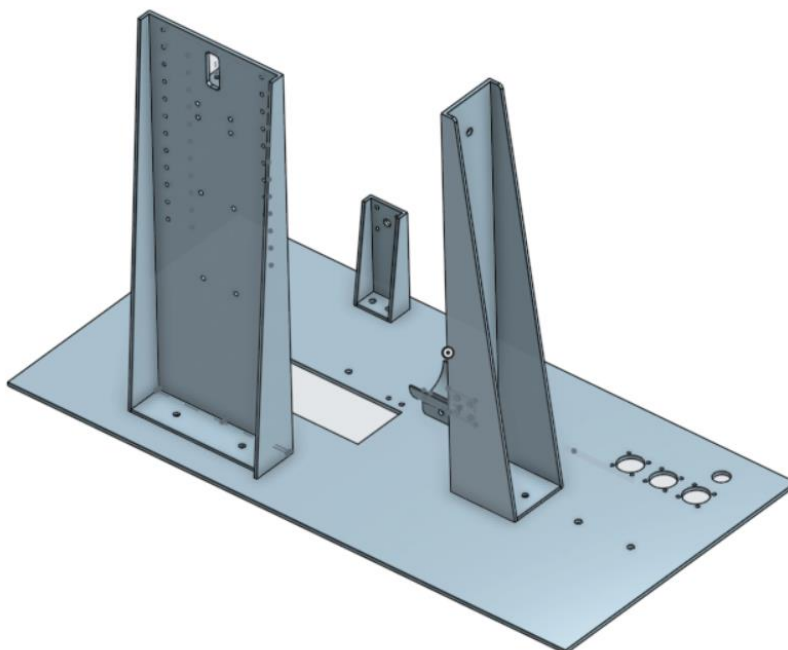


Obr. 46) Oddělovač třísek a zásobník hotových výrobků

Třísky propadnou roštem do zásobníku (2), nikoliv však páčka, čímž dojde k oddělení páčky od třísek. Zásobník třísek (1) je výměnný a je opatřen madly pro snazší výměnu. Jeho vyjmutí je možné odklopením zarážek připevněných na horní díl zásobníku. Třísky budou vysypávány dle potřeby pracovníkem obsluhy stroje. Čisté páčky budou uloženy v plastové bedně, jež bude vyměňována 5-8x za směnu.

5.11 Řešení rámu stroje

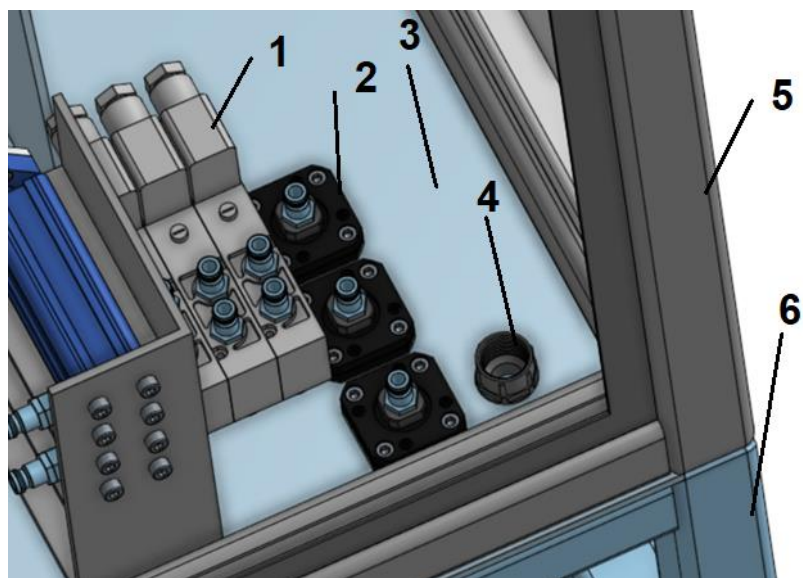
Rám stroje je vyroben ze svařenců vyráběných ve vlastní svařovně. Byly použity ocelové čtvercové profily 30x30 mm a na hlavní části rámu profily 40x40 mm. Celkový rám stroje se skládá ze spodního části, zobrazené na obr. 45 (3). Na ní jsou připevněny stavitelné nohy s gumovou patkou K ní je přivařena horní část rámu spolu se základovou deskou, zobrazenou na obr. 47.



Obr. 47) Základová deska rámu stroje

Na ní jsou přišroubovány svařence nesoucí vstupní zásobník, obráběcí hlavu, revolver a motor revolveru. V základní desce jsou vyrobeny otvory pro zapojení vstupu elektrické energie a tlakového vzduchu z centrálního zdroje. Spojovací díly zapojení jsou zobrazeny na obr.47. Součástí rámu stroje jsou odklápěcí dveře pro výměnu břitů nožové hlavy. Ty jsou vybaveny madly a mechanickým zámekem. Otevření dveří je snímáno indukčním čidlem a způsobí automatické zastavení stroje.

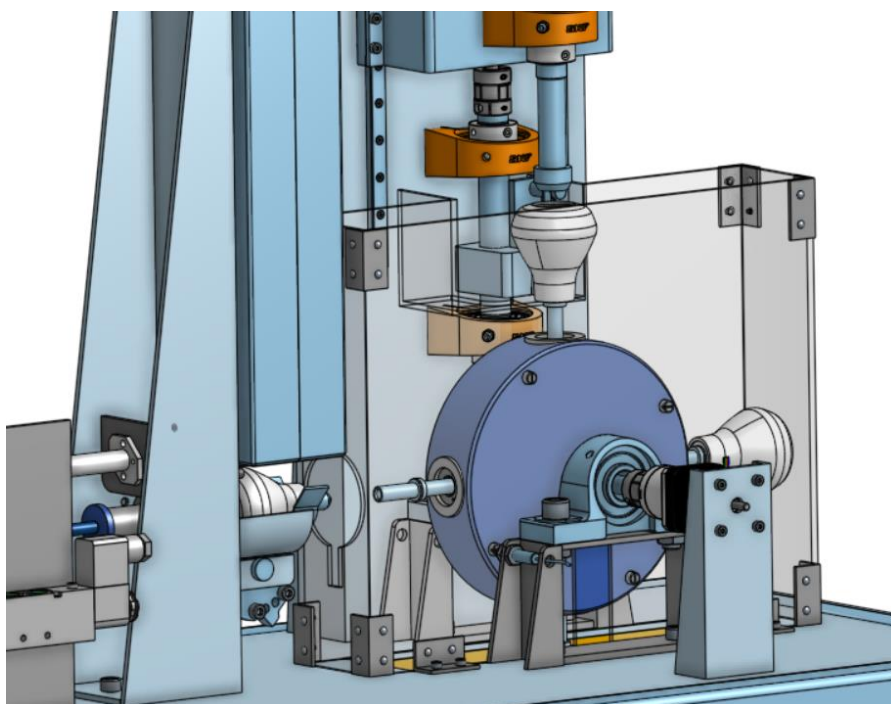
Dále jsou v základní desce vyrobeny otvory, zobrazené na obr. 48 pro zapojení vstupu elektrické energie (4) a tlakového vzduchu (2) z centrálního zdroje. Přípojky jsou upevněny na základové desce rámu (3). Tlakový vzduch je veden do servoventilů (1) ovládajících pneumatické písty. Pozice 5 obrázku 48 představuje horní část rámu a pozice 6 spodní část rámu



Obr. 48) Připojení tlakového vzduchu a elektřiny do stroje

5.12 Řešení krytů stroje

Zajištění bezpečnosti a ochrany je zajištěno vhodným krytováním. Samotné krytování obsahuje dvě části, a to krytování obráběcího prostoru stroje a vnější část stroje.



Obr. 49) Kryt obráběcí části stroje

Pro zamezení znečištění pracovního prostoru třískami z obrábění je prostor revolveru a obráběcí hlavy oddělen přepážkou z polymetakrylátových čirých desek tloušťky 3 mm. Toto řešení je zobrazeno na obr. 49 Ty jsou navzájem spojeny plastovými patkami a šrouby v rozích krytů. To zamezí odpadávání třísek do prostoru stroje a jejich hromadění. Třísky pak budou padat otvorem v základní desce do zásobníku třísek.

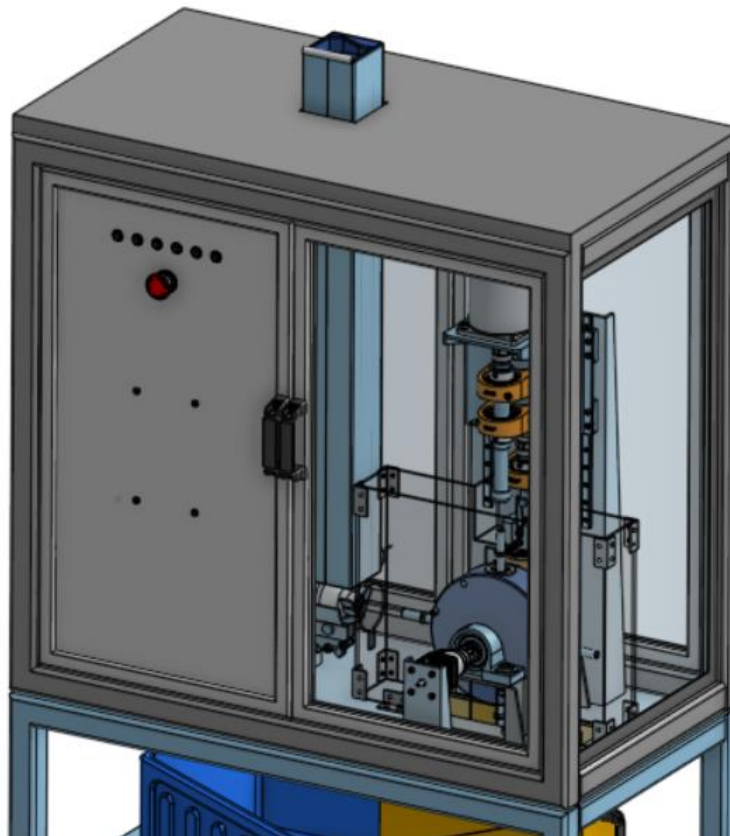
Tab 17) Parametry bezpečnostního senzoru dveří [44]

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Typ | iGET SECURITY P8 |
| Popis | Magnetický bezpečnostní senzor dveří |
| Spínací vzdálenost | Při oddálení více jak 2 cm |



Obr. 50) Bezpečnostní senzor dveří iGET [44]

Vnější krytování je zobrazeno na obr.51 Jedná se o výplň dveří v prostoru revolveru a horní části rámu. Tato výplň je vyrobena z polymetakrylátové desky tloušťky 3 mm, stejně jako krytování v bočních částech a zadní části horního dílu rámu. Levé přední dveře stroje jsou vyplněny plechem, na němž je upevněn rozvaděč se zdrojem DC napětí, PLC, a řízením krokových motorů a DC motoru.



Obr. 51) Krytování stroje

Horní část stroje je zakrytována ocelovou plechovou deskou přivařenou k rámu stroje. Přední i zadní pár dveří je vybaven plastovými rukojeťmi a plechovými oky pro mechanický zámek. Pro zvýšení zabezpečení jsou oba páry dveří vybaveny bezpečnostními senzory iGET, znázorněnými na obr. 50. Parametry tohoto senzoru jsou uvedeny v tabulce 17. Součástí řídicího programu stroje bude bezpečnostní funkce, způsobující automatické zastavení stroje při otevření dveří.

5.13 Pneumatická soustava stroje

5.13.1 Zapojení pneumatického okruhu

Hlavní činností pneumatického okruhu je ovládání zarážky zásobníku, ovládání podavače a ovládání pojezdu s rotačním trnem. Všechny ventily jsou ovládány prostřednictvím elektromagnetických ventilů se signálem z PLC. Tlak, koncové polohy a rychlosti jednotlivých pístů budou nastaveny v průběhu kalibrace a testování stroje pomocí škrťících ventilů a dorazů jednotlivých pístů. Jednotlivé parametry nebude možné za chodu stroje měnit. Schéma pneumatického okruhu je přiloženo příloze (*Příloha_VI – Schéma zapojení pneumatického okruhu*). Propojení jednotlivých prvků je provedeno pružnou plastovou hadicí o průměru 10 mm a pomocí pneumatických rychlospojek. Vzhledem k důležitosti stability tlaku bude nutné provádět pravidelnou kontrolu provozního tlaku na regulátoru tlaku a pravidelné odkalování odlučovače vody umístěného v tělese regulátoru tlaku. V tab. 18 je uveden seznam použitých dílů pneumatického okruhu kromě hadic. Všechny položky jsou vyrobeny firmou Stránský a Petržík.

Tab 18) Pneumatické prvky stroje [24]

| Položka | Typ | Počet kusů |
|---|------------------|------------|
| Regulátor tlaku umístěný vně stroje | PMACP300–8A—BSP | 1 |
| Pneumatické elektromagnetické ventily | PMVSC2204E1D24 | 3 |
| Pneumatický píst dvojitý s krátkým zdvihem | 1250101002000020 | 1 |
| Pneumatický píst dvojitý s lineárním vedením typ | 1251701000200040 | 1 |
| Pneumatický píst dvojitý s krátkým zdvihem | 1250100002000080 | 1 |
| Škrťící ventil | P139C-010-000 | 3 |
| Tlumič hluku | NSE10S | 3 |

5.13.2 Výpočet spotřeby vzduchu stroje:

V této podkapitole bude proveden výpočet spotřeby vzduchu strojem. Jeho spotřeba se pak promítne do nákladů na provoz stroje. [36]

- **Válce typu 12501**

$$Q_1 = (Z_1 + Z_2) \cdot (q_n + q_z) \cdot p \cdot 0,1 \cdot 60 = (20 + 40) \cdot (0,0123 + 0,0104) \cdot 0,1 \\ = 16,344 \text{ l/h}$$

(16)

Kde:

$Z_1 \dots$ zdvih pístu SP 1250101002000020 [mm]

Z_2 ... zdvih pístu SP 1250101002000040 [mm]

q_n ... spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při vysouvání pístní tyče [l]

q_z ... spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při zasouvání pístní tyče [l]

p ... počet dvojzdvihů (vysunutí a zasunutí) za minutu [min^{-1}]

Q_1 ... spotřeba vzduchu válců typu 12501 za hodinu provozu stroje [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]

- **Válec typ 12517**

$$Q_1 = (Z_3) \cdot (q_n + q_z) \cdot p \cdot 0,1 \cdot 60 = 80 \cdot (0,0126 + 0,0104) \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 60 = 22,08 \text{ l/h}$$

(17)

Kde:

Z_2 ... zdvih pístu SP 1251701000200040 [mm]

q_n ... spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při vysouvání pístní tyče [l]

q_z ... spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při zasouvání pístní tyče [l]

p ... počet dvojzdvihů (vysunutí a zasunutí) za minutu [min^{-1}]

Q_2 ... spotřeba vzduchu válce typu 12517 za hodinu provozu stroje [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]

- **Celková spotřeba vzduchu**

$$Q = Q_1 + Q_2 = 16,344 + 22,08 = 38,424 \text{ l/h}$$

(18)

Kde:

Q_1 ... spotřeba vzduchu válců typu 12501 za hodinu provozu stroje [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]

Q_3 ... spotřeba vzduchu válce typu 12517 za hodinu provozu stroje [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]

Q ... celková spotřeba vzduchu za hodinu provozu stroje [$\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$]

5.14 Popis řízení stroje

5.14.1 Popis zapojení zařízení

Jedním z hlavních částí stroje na opracování páček je řízení všech ovládacích prvků. Nejdůležitějším prvkem je PLC, jež řídí a synchronizuje všechny procesy stroje. To je v širším kontextu součástí 24 V soustavy. Tato soustava se skládá ze spínaného zdroje, měnicí přívod AC 230 V na DC 24 V. Toto napětí bude jediným napětím použitým pro všechny elektrické prvky stroje, čímž bude ulehčena údržba a sníženo riziko úrazu elektrickým proudem. Povinné revize budou stanoveny jen pro přívod do stroje. Přesné zapojení elektrické soustavy stroje je zobrazeno v příloze (*Příloha_VII – Schéma elektrického zapojení*).

Hlavní ovládací prvky jsou prosvětlená tlačítka na předním panelu. Jejich funkcí bude manuální ovládání jednotlivých prvků a automatického provozu. Signalizace režimů bude provedena kombinací světelných výstupů v jednotlivých ovládacích tlačítkách. Jako hlavní bezpečnostní prvek bude bezpečnostní tlačítko s aretačí polohy nacházející se uprostřed předního

panelu. Stiskem tohoto tlačítka dojde k zastavení chodu stroje. Okamžité zastavení stroje bude možné provést také otevření některých dveří stroje.

Ovládání stroje bude řízeno programem v PLC, a to se dvěma hlavními režimy, „Manual“ a „Automat“. Po zapnutí stroje bude nutné vždy zvolit jeden z těchto režimů, jinak stroj nezareaguje na žádný povel. Tím bude zabráněno náhodnému spuštění stroje při neopatrné manipulaci. Oba pracovní režimy budou aktivní po dobu 30 minut, pak bude nutné znovu zvolit jeden z pracovních režimů. Vstupy a výstupy pro PLC jsou uvedeny v příloze (*Příloha_VIII – Schéma zapojení PLC*).

Ovládání stroje je navrženo tak aby obsluha byla co nejjednodušší a použitelná pro pracovníky opracování jen s krátkým zaškolením. V budoucnu bude možné doplnit program pro PLC o záznam opracování přes přídatný Ethernet port připojený k PLC nebo doplnit stroj o závěsný panelový počítač a skrze komunikaci přes RS232 ovládat všechny parametry stroje a PLC.

5.14.2 Manuální režim

Tento režim umožní použít každou operaci stroje samostatně, tj. ovládání podávacího pístu, otočení revolveru o 90° nebo konečný režim opracování páčky skládající se z posuvu pojezdu obráběcí hlavy do pracovní polohy a otočení obráběcí hlavy do pozice opracování. Pomocí těchto manuálních režimů bude možné stroj testovat, provést recalibraci i opracovat samostatnou páčku. Ovládání tohoto režimu se bude provádět stiskem tlačítka T6 označeným jako „Manual“. Tím bude stroj uveden do provozu manuálního režimu, žárovka tlačítka T6 se rozsvítí a pomocí prvních tří tlačítek označených T1, T2, T3 lze stroj samostatně ovládat.

Tlačítko T1 ovládá režim „Podavače“. Tlačítko T2 ovládá režim karuselu, který otáčí páčkou zasunutou na trn revolveru a otočení o 90 stupňů do pracovní polohy. Tlačítko T3 pak ovládá režim samotného opracování páčky. Jakékoliv z těchto tlačítek bude možné stisknout opakovaně bez vazby na další jiný režim. Při stisku tlačítka T4 „Start“ v aktivním režimu „Manual“ bude provedena jedna sekvence obrábění páčky v celém cyklu, pak se stroj zastaví. Tím bude možné samostatně provést opracování jedné páčky v součinnosti všech režimů. Při stisku kteréhokoliv tlačítka T1-T3 se tlačítko vždy rozsvítí po dobu stisku. Ukončení režimu bude možné pouze přepnutím do režimu automat.

5.14.3 Automatický režim

Tento režim se bude zapínat stiskem tlačítka T5 označeného jako „Automat“. Po stisku bude tlačítko T5 svítit a tlačítka T1-T3 budou neaktivní. Samotné zahájení chodu stroje bude aktivováno stisknutím tlačítka T4 „Start“, čímž bude zahájen automatický režim. Opětovným stiskem tlačítka T4 „Start“ bude možné chod stroje přerušit. Tento režim bude zcela autonomní režim, kdy stroj opracovává páčky umístěné do zásobníku, do doby než bude zásobník prázdný. Jakmile bude zásobník prázdný, stroj počká na doplnění zásobníku, a to nejméně do ukončení režimu Automat po uplynutí 30 minut. Pak je nutné režim „Automat“ znovu aktivovat. Rychlost opracování páčky bude nastavena programem a nebude možné ji bez úpravy programu v PLC měnit.

Z cenových důvodů byl vypuštěn řídicí počítač, v kterém by bylo možné tento režim upravovat. Výrobní takt páček bude konstantní a bude nastaven v průběhu kalibrace a testování. Samotný automatický režim bude provádět postupně kroky, kdy páčku umístěnou v komoře a detekovanou čidlem komory přesune na trn revolveru. Čidlo komory dá signál pro vysunutí

pístu přidržovače, a to těsně před spuštěním režimu přesunu na trn karuselu. Tím dojde k uvolnění páčky v komoře od páčky ležící na jejím povrchu nad páčkou umístěnou v zásobníku.

Po zasunutí páčky na trn karuselu bude překlopeno vahadlo, které stabilizuje páčku v komoře zásobníku a aktivuje čidlo, jež dá signál, že je páčka přesunuta. Po znovuvrácení vahadla do klidové polohy dojde k rozepnutí kontaktu čidla a spustí se otočení revolveru o 90° do pracovní polohy. Pak bude aktivováno čidlo revolveru a spuštěn režim opracování, který přesune pojezd s obráběcí hlavou a v nastaveném časovém zpoždění roztočí trn spolu s páčkou rotací hřídele na pracovní otáčky. Pracovní otáčky budou nastaveny regulátorem otáček motoru na základě testů.

Následně bude spuštěn režim otočení hlavy, ve kterém se obráběcí hlava natočí do pracovní polohy a otáčející páčka bude obrobena. Po uplynutí nastavené časové konstanty bude obráběcí hlava odklopena zpět do klidové polohy a zastavena hřídel. Následně bude zvednut pojezd a páčka bude zcela uvolněna, čímž bude režim obrábění ukončen a dojde k zahájení přesunu páčky z komory zásobníku na trn karuselu. Po otočení další páčky do pracovní polohy opracovaná páčka samovolně spadne do oddělovače třísek, kde se oddělí opracované otřepy a čistá páčka se skutálí do připraveného boxu. Cyklus se bude stále opakovat a jeho zastavení bude možné jen bezpečnostním tlačítkem, přepnutím do režimu „Manual“ nebo po uplynutí času při nedoplnění komory zásobníku.

Tab 19) Použité prvky pro řízení a chod stroje.

| Prvek | Typ/označení |
|------------------------|--|
| PLC: | FX2N Mitsubishi 32M [26] |
| Zdroj: | Spínaný zdroj SDR-480-24 MEAN WELL [27] |
| Ovládací tlačítka: | ZB5AW333 SCHNEIDER ELECTRIC [28] |
| Regulátor otáček PMDC: | PWM DC 20-50V 2kW – typ 1550861767 [29] |
| Řízení krok motoru: | Nema 17, DM 332T 1,0-3,2A 18-30VDC [30] |
| Krok. motor | Nema 17 HS15 16845 HG20 [31] |
| PMDC Motor: | BTH K9DP200N2 [25] |
| Bezpečnostní tlačítko: | Schneider Electric Harmony XB5 ZB5AS844 [32] |

Tab 20) Signalizace ovládání (tlačítko trvale svítí):

| Tlačítko | Úkon | Režim |
|----------|---------------------------------|--------------------------------|
| T1 | trvale stisknuté tlačítko | aktivní režim podavače |
| T2 | trvale stisknuté tlačítko | aktivní režim otočení karuselu |
| T3 | trvale stisknuté tlačítko | aktivní režim rotátoru |
| T4 | jedenkrát stisknuté tlačítko | aktivní režim start |
| T5 | jedenkrát stisknuté tlačítko T5 | aktivní režim automat |
| T6 | jedenkrát stisknuté tlačítko T1 | aktivní režim manual |

Tab 21) Signalizace režimů (tlačítko bliká rovnoměrně a krátce (interval 1 s))

| Tlačítko | Režim |
|----------|--|
| T5 | režim automat je přerušen z důvodu jakékoliv chyby |
| T6 | režim automat je přerušen z důvodu jakékoliv chyby |

Tab 22) Signalizace chyby (tlačítko bliká s intervalem 3 s svítí / 1 s nesvítí)

| Tlačítko | Režim |
|----------|--|
| T1 | režim podavače je aktivní |
| T2 | režim karuselu je aktivní |
| T3 | režim rotátoru je aktivní |
| T4 | stroj stojí a čeká na doplnění zásobníku |

V těchto režimech jsou detekovány tyto chyby:

- není provedeno doplnění komory podavače
- páčka nebyla přesunuta na trn z komory podavače
- je plná dopadová komora nebo je karusel zablokován

5.14.4 Základní úkony obsluhy a servisu s ohledem na funkčnost stroje

Doplnění zásobníku

Pracovník opracování zakládá každou páčku jednotlivě do zásobníku shora. Pro zasunutí do zásobníku bude nutné provést operace předopracování, tj. očištění vnitřní dutiny páčky od přetoků. Pokud by nebyla dutina páčky očištěna, může dojít k zastavení stroje.

Výměna nástroje

Nástroj na opracování značky Solingen se vyměňuje na držáku hlavy jak v horizontální, tak vertikální pozici. Po otevření stroje lze pomocí klíče povolit dva šrouby držáku nožů a držák spolu s opotřebovanými noži vyjmout z hlavy mimo stroj. Po vyjmutí lze pomocí klíče vyměnit oba nože za nové a opět utáhnout v pevné pozici na držáku hlavy. Poloha nožů je pevně dána a nelze ji měnit. Nastavení nožů se provádí v režimu kalibrace, a to za pomoci celého držáku nože.

Výměna odpadové komory.

V závislosti na počtu opracovaných páček je nutné čištění odpadové komory. To se bude provádět vždy na konci směny, čímž bude zajištěna prázdná komora na další směnu. Vzhledem k taktu opracování přibližně 500-1000 ks/směna je tento interval dostačující. Jelikož má

přepravní box na hotové páčky kapacitu maximálně 200ks je nutné, aby obsluha stroje tento box pravidelně, tj. nejméně 5x za směnu vyměnila za prázdný. Pokud se tak nestane, páčky mohou zablokovat odpadovou komoru a stroj se zastaví.

Kalibrace nožů

Držák nožů obsahuje regulační šroub, jehož nastavením lze měnit polohu nožů ve vztahu k povrchu páčky. Regulační šroub se nastaví při testování stroje. Pokud by v průběhu chodu stroje nastala situace špatného opracování páčky, bude nutné provést toto nastavení znovu.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

Při konstrukci nového strojního zařízení je jednou z nejdůležitějších částí také celková cena. V tabulce 23 jsou uvedeny jednotlivé části konstrukce seřazené dle funkce a výroby. Ke každé položce je vždy přiřazena cena. V příloze (*Příloha_I – Ekonomické zhodnocení*) je poté proveden detailnější rozbor. U cen jednotlivých dílů je popsán jejich počet, jednotková cena a celková cena za položku.

Ceny uvedené v příloze (*Příloha_I – Ekonomické zhodnocení*) jsou, pokud možno oficiální ceny včetně dopravy. Nebylo-li možné tuto cenu dohledat, byla cena odhadnuta na základě obdobných dílů vyráběných konkurenčními firmami. Ceny vyráběných dílů byly odhadnuty dle množství materiálu, způsobu výroby apod. Drobné díly byly pro zjednodušení zahrnuty pod jednu položku. Jedná se o např. spojovací materiál, pojistné kroužky apod. Ceny hadic a dalších drobných částí pneumatického systému byli připočteny ke konkrétním pneumatickým válcům. V položce montáž je započítáno sestavené všech dílů. Cena programování PLC kódu a náklady na odladění stroje nebyly do této kalkulace započítány.

Tab 23) Ekonomické zhodnocení

| Položka | Cena [Kč] |
|------------------------|---------------|
| Rám stroje | 12860 |
| Ostatní vyráběné díly | 43664 |
| Pneumatika | 18100 |
| Motory a řízení motorů | 7850 |
| PLC | 31945 |
| Nakupované díly | 9163,4 |
| Montáž | 10000 |
| Celkem za stroj | 133582 |

Celkové náklady na stroj dle výše popsané metodiky činí 133 582 Kč.

7 ANALÝZA RIZIK

7.1 Popis analýzy rizik.

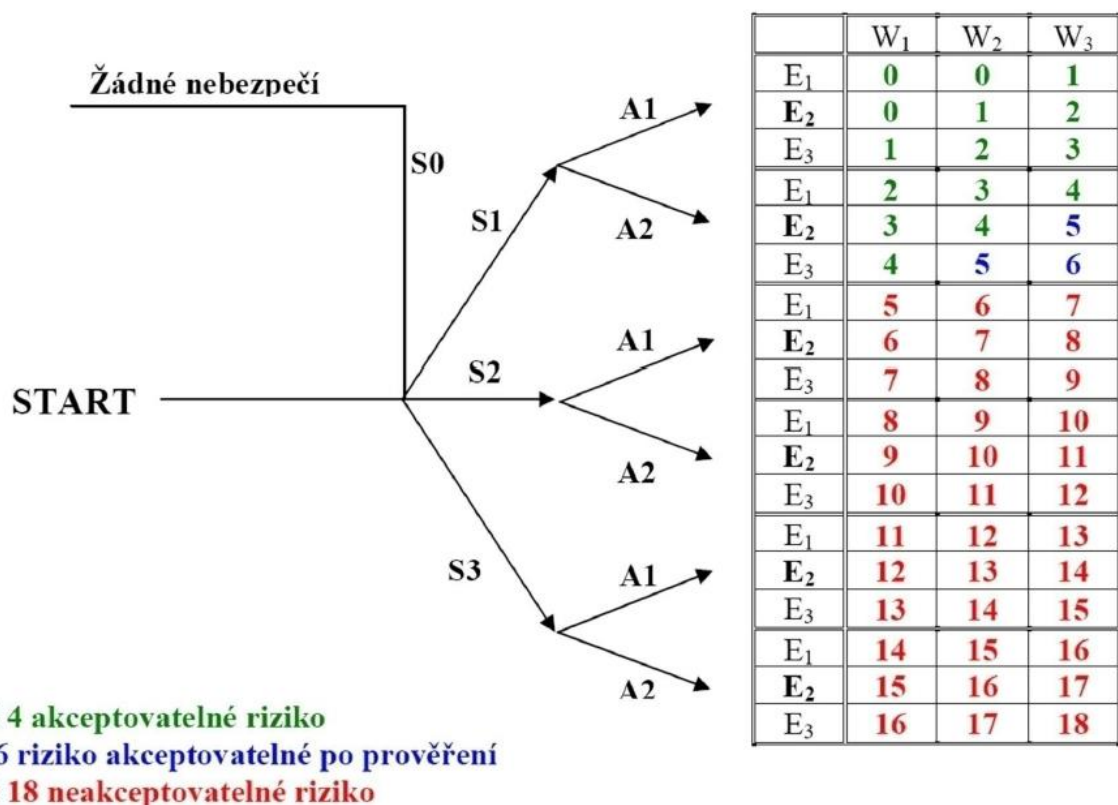
Součástí návrhu konstrukce stroje na opracování páčky volantu z iPUR je i analýza rizik.

Cílem analýzy rizik je zjištění rizika navržené konstrukce a snížení potenciálního rizika u vysoce rizikových prvků nebo činností. Výsledkem z této analýzy je možnost posouzení jednotlivých zabezpečujících nebo ochranných prvků v navržené konstrukci.

Po aplikaci této analýzy se výsledek projeví ve snížení potenciálního rizika úrazu nebo poškození stroje. tato analýza je vypracována v souladu s normou ČSN EN ISO 12100. [21,22]

7.2 Postup analýzy rizik

Nejprve je nutné udělat analýzu jednotlivých komponentů stroje. Výsledkem je provedení blokového diagramu všech hlavních komponent a jejich vzájemných vazeb. V druhém kroku je provedena identifikace jednotlivých rizik jednotlivých částí stroje. V dalším kroku je provedena analýza významných nebezpečí u každé činnosti a následně jsou vypracovány jednotlivé formuláře pro odhad rizika. Odhad rizika a jeho vyhodnocení se provádí podle následujícího grafu. [21,22]



Obr. 52) Tabulka pro odhad velikosti rizika [22]

Popis grafu je následující [22]:

S – Závažnost možné škody na zdraví

-S0 – žádné zranění

-S1 – lehké zranění

-S2 – těžké zranění

-S3 – smrt

A – Četnost a doba ohrožení

-A1 – zřídka nebo občas

-A2 – často až stále

E – Možnost vyvarovat se nebezpečí

-E1 – Možné

-E2 – Možné za určitých podmínek

-E3 – Nemožné nebo sotva možné

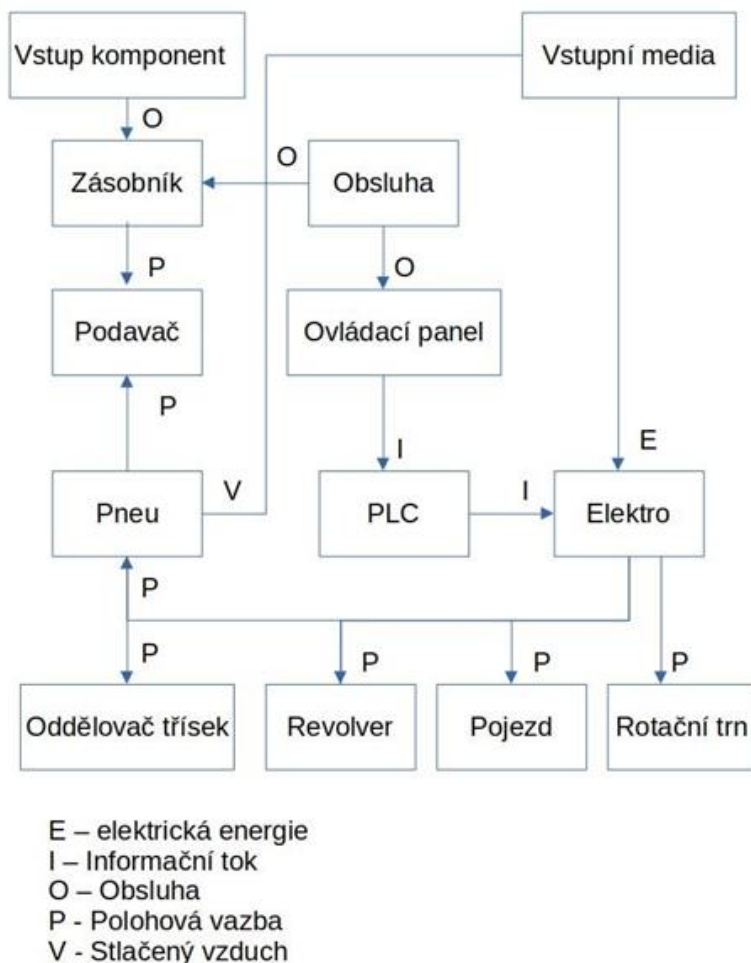
W – pravděpodobnost výskytu nebezpečné události

-W1 – malá pravděpodobnost

-W2 – střední pravděpodobnost

-W3 – vysoká pravděpodobnost

Velikost rizika se pohybuje v intervalu od 0 do 18. Základní skupina S0, kde nehrozí žádné nebezpečí se nehodnotí. Druhá skupina S1 s rozsahem bodů 0–4 jsou akceptovatelná rizika kde nehrozí téměř žádné nebo lehké zranění. Třetí skupina S2 s rozsahem bodů 5–12 jsou akceptovatelná rizika s možným vážným zraněním. Čtvrtá skupina S3 s rozsahem bodů 11-18 jsou již neakceptovatelná rizika s následkem smrti.



Obr. 53) Základní blokový diagram jednoúčelového stroje

7.3 Identifikace relevantních nebezpečí

V této části jsou uvedeny všechny komponenty stroje na opracování páčky včetně komponentů se strojem souvisejícím. Seznam komponentů je vytvořen na základě blokového diagramu obr. 53. U každého komponentu je uvedena poloha komponentu a je vytvořen seznam jednotlivých nebezpečí které z povahy komponentů nebo jeho činnosti může nastat. Tato identifikace je uvedena v příloze (*Příloha_II – Identifikace relevantních nebezpečí*). [21,22]

7.4 Analýza významných nebezpečí

V této části je provedena analýza relevantních nebezpečí v souvislosti jednotlivými fázemi životního cyklu stroje. Je uvažováno v celém rozsahu existence stroje, a to jak počáteční nákup komponentů, výroba dílů, jejich vzájemná montáž až po životní cykly stroje jako testování, provoz, servis a nebo ukončení provozu stroje. Základním vodítkem při vypracování této analýzy byla norma ČSN EN ISO 12100. Tato analýza je uvedena v příloze (*Příloha_III- Analýza významných nebezpečí*). [21,22]

7.5 Přehled závažných identifikovaných nebezpečí

Pro každou kategorii nebezpečí je vypracována hodnotící tabulka založená na parametrech vyplývajících z tabulky pro odhad velikosti rizika. Výsledné bodové ohodnocení je vodíkem pro řešení významných nebezpečí. Při překročení bodového ukazatele v hodnotě 10 je pro každé takové nebezpečí vypracován postup, jenž stanoví snížení tohoto vysokého rizika. Ostatní identifikovaná nebezpečí s nižším stupněm bodového ohodnocení se neposuzují, protože je předpoklad, že nebudou mít vážný vliv na jednotlivé fáze cyklu stroje. Provedení této analýzy bylo vypracováno na základě normy ČSN EN ISO 12100. Tento přehled je uveden v příloze (*Příloha_IV-Přehled závažných identifikovaných nebezpečí*). [21,22]

7.6 Hodnotící formuláře pro snížení rizika

Z výstupu závažných identifikovaných nebezpečí vyplývá, že některá nebezpečí přesahuje stanovené hodnoty a je nutné je pomocí dalších rozšiřujících prvků nebo procesů upravit tak aby výsledné hodnocení rizika v tomto případě bylo sníženo na únosnou mez, to je pod 10 bodů při hodnocení závažného identifikovaného nebezpečí. Jednotlivé kroky se provádí iteračně a po každé úpravě se proces vyhodnotí. Postupuje se stejným způsobem, a to tak dlouho, dokud výsledný proces nemá snížené riziko na únosnou mez.

Z tabulky závažných identifikovaných nebezpečí vyplývá že jde o tyto nebezpečí.

1. 1.2-1 Nebezpečí pořezáním.
2. 8.1-2 Nebezpečí nepohodlí způsobené znečištěním prostředí.
3. 10.2 Nebezpečí kombinace lidské chyby (například při výměně nástroje nebo provádění servisních úkonů)

Výsledek je uveden v příloze (*Příloha_V-Formulář pro snížení rizik*).

8 DOPORUČENÍ PRO PRAXI

8.1 Výroba stroje

Konstrukce stroje je navržena tak, aby použité technologie odpovídaly možnostem firmy SKB. Komponenty se skládají z dílů vypálených z ocelových plechů a následně ohnutých na ohraňovacích lisech, soustružených dílů, svařenců z plechů nebo svařeného ocelového rámu.

Výroba těchto dílů nevyžaduje žádné zvláštní požadavky oproti standardu firmy.

8.2 Montáž stroje

Montáž dílů je navržena převážně se svařenců. Prvky bude nutné sestavovat v tomto pořadí celků – spodní rám, ocelová základní deska, jednotlivé sloupy (nosiče dílů) a nakonec instalace revolverové hlavy, pojezdů, podavače, zásobníků, poté horní rám, ochranné prvky, čidla, pneumatické prvky a jako poslední elektrické komponenty. Toto pořadí zajistí bezproblémové sestavení jednotlivých prvků bez komplikací při montáži.

8.3 Testování a nastavení stroje

Pro vlastní testování doporučuji provést tyto testy postupně a v tomto pořadí:

Test zásobníku – páčky musí padat volně do základní komory. Pokud by se zadržovali, bude nutné sloup uvolnit

Test přídržovače – založené páčky v zásobníku musí přídržovač nadzvednout o nejméně 2 mm. Toho se docílí nastavení dorazů pístu s lineárním vedením.

Test podavače – Páčka založená do komory musí být bez problémů přesunuta na trn karuselu a vahadlo se musí bez problému odklopit a sepnout čidlo vahadla. Poloha vahadla lze nastavit dodatečným závažím v podobě šroubů na dolní části vahadla.

Test revolveru – Revolver se musí po založení páčky otočit přesně o 90° a zastavit na další pozici po sepnutí čidla revolveru. Drobné korekce lze provést korekcí programu v PLC, případně zasunutím nebo vysunutím šroubovacích kontaktů čidla revolveru. Po nastavení lze kontakty zafixovat tavným lepidlem.

Test pojezdu a rotačního trnu – Dorazy pístu pneumatického válce nastavíme tak, aby rotační trn dosedl na čelo páčky a aby se při roztočení trnu páčka snadno roztočila bez zjevné deformace páčky. Následně nastavíme otáčky rotačního trnu regulátorem otáček umístěným v rozvodné skříni. Otáčky by se měli pohybovat v rozmezí 400-600 ot/min. Přesné nastavení bude nejlepší testovat spolu s opracováním páčky po založení nožů do držáku. Pro manipulaci s noži bude nutné mít nasazený ochranné rukavice, které zabrání pořezání při manipulaci s noži.

Test nastavení řezací hlavy – Po provedeném úspěšném testu pojezdu a rotačního trnu se provede opracování páčky. Při nedokonalém výsledku opracování bude nutné nastavit přesnou polohu nožů pomocí dorazu v držáku a případně změnit pohybové rychlosti nájezdu.

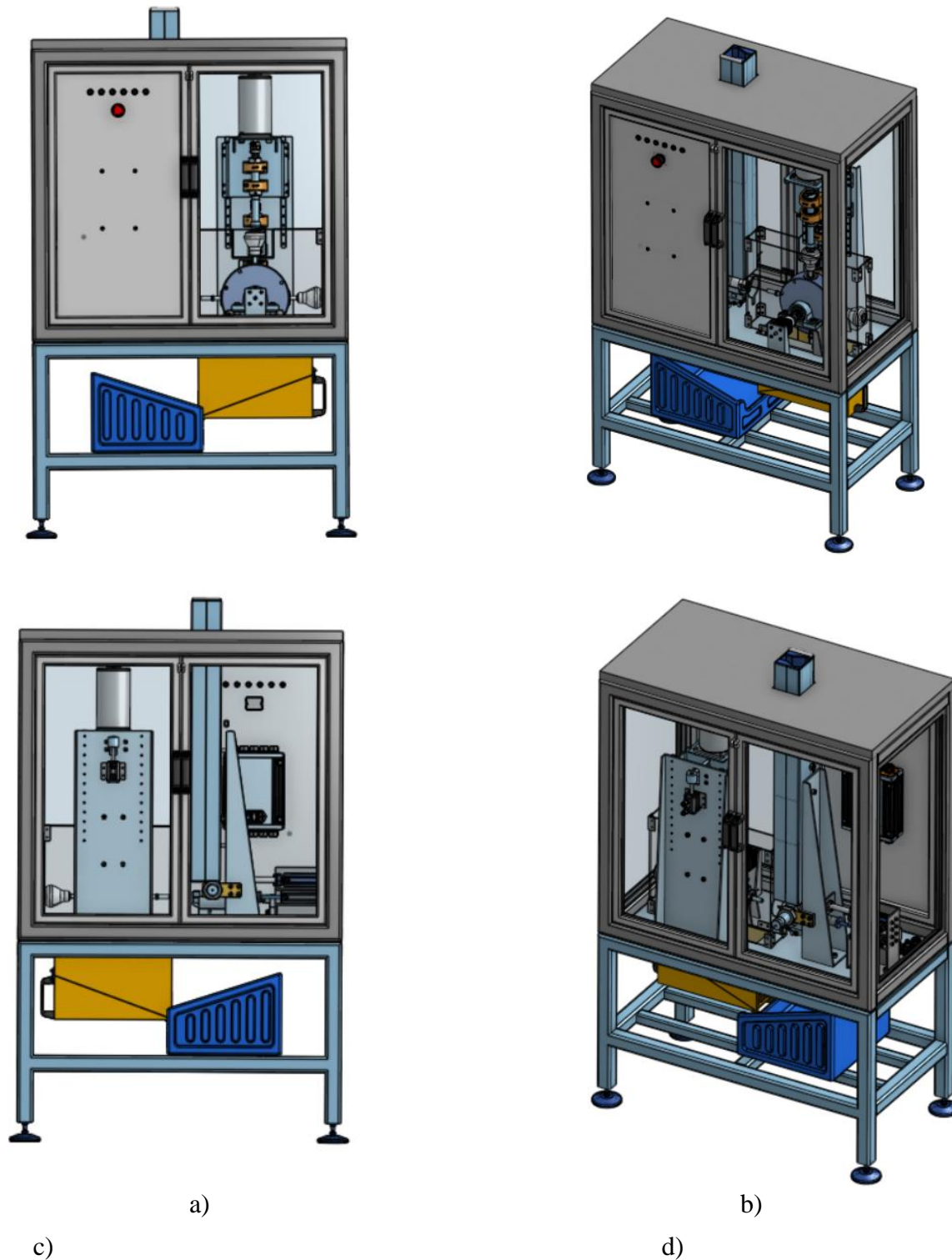
Tyto kroky zajistí bezproblémový chod stroje na opracování páčky.

8.4 Servis a provozní úkony

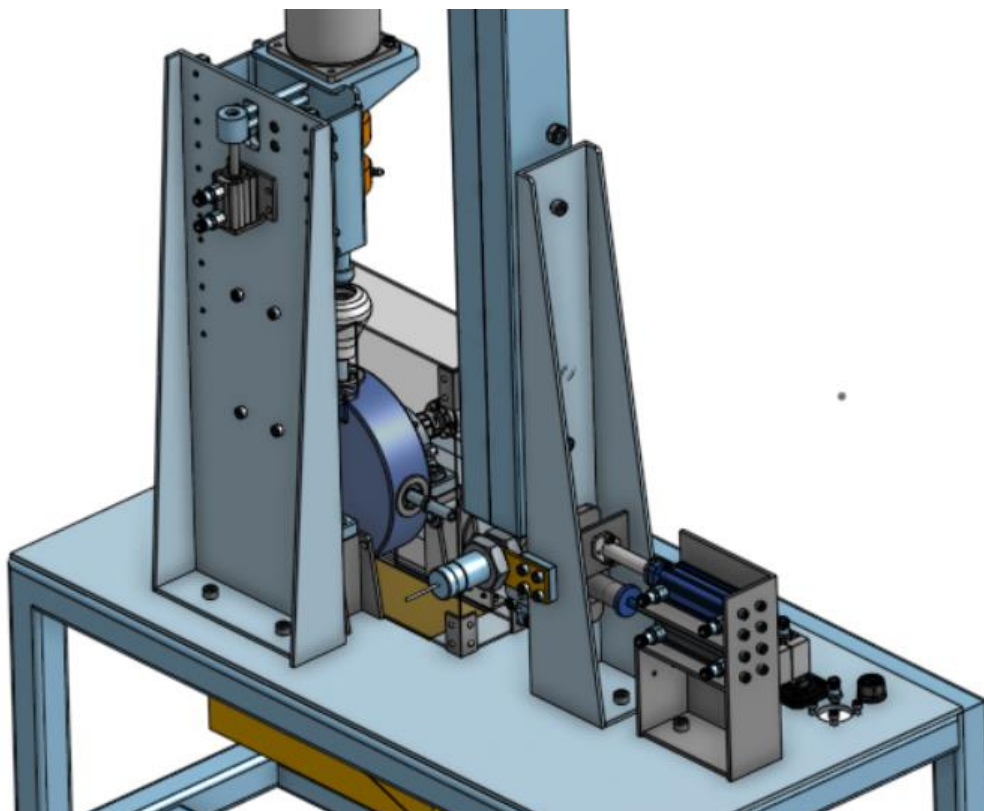
Pro samotný provoz stroje, případně pro servis doporučuji pravidelné jednosměrné čištění zásobníku třísek a nejméně jednoměsíční výměnu nožů. Pro stroj jsou doporučeny výhradně použité nože z operací ručního opracování. Důrazně nedoporučuji používat nové nože z důvodů možnosti poškození povrchu páčky při opracování jejím zaříznutím.

9 3D MODEL JEDNOÚČELOVÉHO STROJE

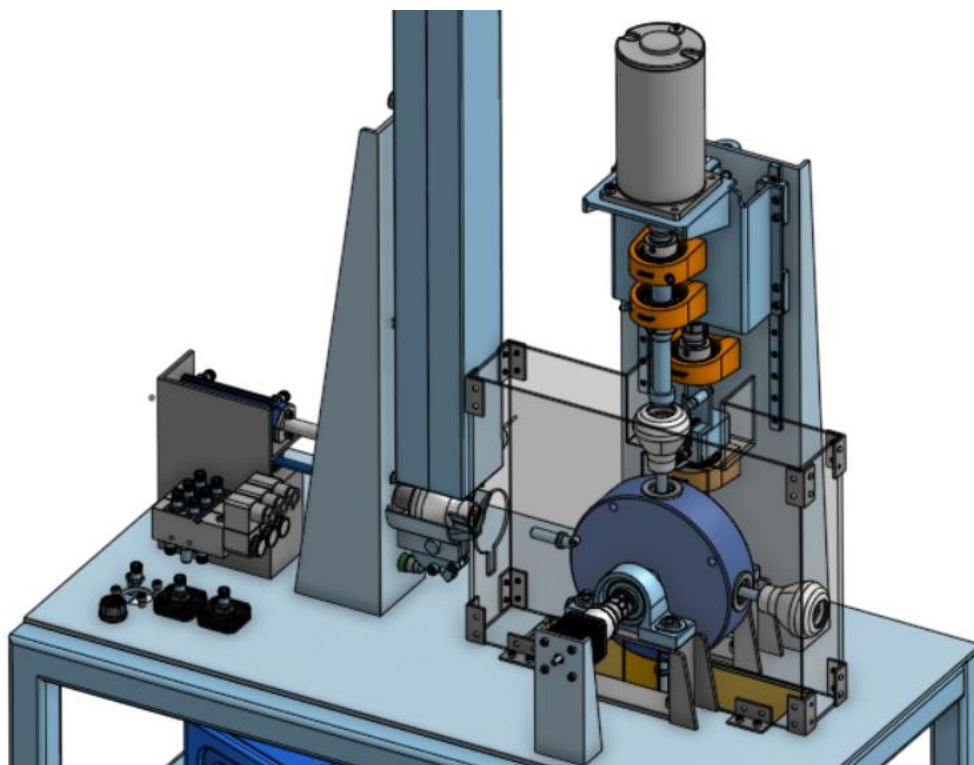
Na obr.46 - obr.48 je 3D model jednoúčelového stroje na opracování polyuretanových odlitků. Tento model byl vytvořen v programu Onshape a nachází se v elektronické příloze. (*3D_model_stroje (formát .step)*). Vnější rozměry stroje jsou 1427x850x460 mm.



Obr. 54) 3D model stroje a) pohled zepředu b) iso pohled zepředu c) pohled zezadu d) iso pohled zezadu



Obr. 55) Detail zadní části stroje bez rámu a krytování



Obr. 56) Detail přední části stroje bez rámu a krytování

10 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Výsledkem diplomové práce je konstrukční návrh zařízení na opracování páček volantů.

Tento stroj by měl umožnit efektivnější, rychlejší a spolehlivější opracování páček volantů oproti současnému stavu, kdy se páčky opracovávají ručně nebo pomocí jednoduchého přípravku. Použitím automatického zařízení na opracování se odstraní lidský faktor, který způsobuje výslednou nekvalitu a nestálost procesu.

Zpracování práce přineslo mnoho nových poznatků, zvláště se projevila vyšší komplikovanost stroje, než byla předpokládána. Konstrukce stroje byla zvolena tak, aby byla jednoduše vyrobitelná a co nejvíce spolehlivá, vzhledem k předpokladu, že tento stroj bude nasazen ve dvousměnném provozu po dobu mnoha roků. Komponenty pro tento stroj byly použity převážně od tuzemských firem s předpokladem bezproblémového servisu a záruk.

Dá se předpokládat, že v průběhu výroby, montáže či používání bude nutná nějaká konstrukční změna nebo úprava programu PLC. Vzhledem k tomu, že stroj je navržen jako jednoduchá sestava dílčích komponent, bude úprava pravděpodobně snadná. Stejný předpoklad platí pro nutné servisní úkony.

Námětem k rozšíření nebo možné budoucí úpravě je doplnění stroje o panelový počítač s integrovaným softwarem, který umožní detailní záznam každé operace, případně plánování servisních prací či indikaci přesné závady. Toto však nebylo předmětem této diplomové práce a je to jen návrh pro budoucí vývoj konstrukce stroje.

11 ZÁVĚR

Účelem této diplomové práce bylo vytvořit konstrukční návrh jednoúčelového stroje pro obrábění polyuretanových odlitků. Konkrétně se jednalo o určitý typ páčky volantů vysokozdvížného vozíku.

V první části byla provedena stručná rešerše výroby polyuretanu a provedeno shrnutí poznání v oblasti jeho obrobění. Tyto informace napomohly při konstrukčním řešení a volbě jednotlivých variant. Pro zvolení optimální varianty konstrukce byl zpracován systémový rozbor. Varianty byly vybrány na základě vícekritériální analýzy. Pro vyhodnocení vybraných parametrů byla použita Saatyho metoda párového porovnávání a bodovací metoda pro výběr konkrétní varianty. Celkově byly řešeny tři klíčové uzly stroje, a to vstupní zásobník, mechanismus polohování páčky a způsob obrábění páčky.

Poté byl proveden konstrukční návrh dílčích částí stroje a ty byly podrobně popsány. Byl proveden návrh zásobníku, mechanismu podavače, revolverové hlavy sloužící k manipulaci s páčkou, rotačního posuvného trnu a obráběcí hlavy. Rovněž bylo popsáno řešení rámu stroje, krytů, pneumatického a elektrického okruhu a řízení stroje pomocí PLC. Součástí textu jsou i potřebné výpočty pro kontrolu použitých motorů a pneumatických válců. Rovněž byl proveden výpočet spotřeby stlačeného vzduchu strojem.

V práci byla provedena analýza rizik stroje, na jejímž základě bylo provedeno zvýšení ochrany stroje před nečistotami a úprava bezpečnostních pokynů pro obsluhu.

V práci je také provedeno ekonomické zhodnocení. Do celkové ceny byly promítnuty ceny jednotlivých dílů, materiálu, cena výroby a montáže stroje. Dále je uvedeno doporučení pro praxi, které se týká výroby, montáže, testování a servisu stroje.

Součástí práce také je 3D model a výkresová dokumentace.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] O POLYURETANECH. *Media-mix.cz* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.media-mix.cz/o-nas/o-polyuretanech>
- [3] CHADIMA, D. Vliv katalyzátorů na reakci vzniku polyuretanu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2014. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. František Kučera, Ph.D.
- [4] Isokyanát. Wikipedie [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Isokyan%C3%A1t>
- [5] JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. I. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN ISBN978-80-247-4127-7.
- [6] Mleziva, Josef. *Polymery-výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. Přepř. Vyd. Praha: Sobotáles. 2000, 537 s. ISBN 80-859-2072-7.]
- [7] SÝKORA, Petr. *Konstrukce řízené trysky vysokotlaké vstřikovací hlavy* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117417>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Daniel Koutný.
- [8] KraussMaffei: EcoStar [online]. Krauss-Maffei-Strasse 2 80997 Munich: KraussMaffei, 2019 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.kraussmaffei.com/rpm-en/ecostar.html>
- [9] *Technical documentation Rim Star 16/16: BA 61-1600-00-04 Dry tanks*. 11.05.1992. . Krauss Maffei , Kunststofftechnik GmbH, Krauss-Maffei-Strasse 2, 1992.
- [10] *Technical documentation Rim Star 16/16: BA 61-1600-00-04 Variable pumps A2V*. 11.05.1992. . Krauss Maffei , Kunststofftechnik GmbH, Krauss-Maffei-Strasse 2, 1992.
- [11] Ultrazvukové snímače UC4. In: SICK [online]. [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://www.sick.com/cz/cs/snimace-mereni-vzdalenosti/ultrazvukove-snimace/uc4/uc4-13341s01/p/p373346?ff_data=JmZmX2lkPXAzNzNmZmNDYmZmZfbWFzdGVySWQ9cDM3MzM0NiZmZl90aXRsZT1VQzQtMTMzNDFTMDEmZmZfcXVlcnk9JmZmX3Bvcz0xJmZmX29yaWdQb3M9NyZmZl9wYWdlPTEmZmZfcGFuZmZl9vcmlnUGFnZVNpemU9OCZmZl9zaW1pPTk3LjA=
- [12] Fabrika TRW Volant Horní Počernice přesune výrobu do Rumunska. In: *IDnes.cz* [online]. Praha, 2013 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/podniky/foto/FIH4e6f7e_TRW_VOLANT.jpg
- [13] SKALPEL-DRŽÁK, H1018 BEZ KRYTKY. Techni-shop [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.techni-eshop.cz/skalpel-drzak-2/>
- [14] EcoTrim: Sustainable Robotic Cutting Solutions [online]. 2020 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://www.motoman.com/getmedia/8c02fb31-1ed3-4594-a7a8-9439c21bab84/ds_EcoTrim.pdf.aspx
- [15] GP-Series. Yaskawa [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.motoman.com/en-us/products/robots/industrial-robots/assembly-handling/gp-series>
- [16] Ultrasonic Trimming. Yaskawa America [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=QvPZhCkR3SU>

- [17] Chemická podstata PUR pěny. Zpracování PUR pěn [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://tvi-pur.cz/zpracovani-polyuretanovych-pur-pen-nastrikem-a-litim/>
- [18] Polymer Polyol Isocyanate Mdi Closed Cell Rigid Foam: Polymer Water Treatment Chemicals. JTL [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://phenolic-antioxidants.sell.everychina.com/p-109313195-polymer-polyol-isocyanate-mdi-closed-cell-rigid-foam-insulation-polyurethane-202-966-0.html>
- [19] INTEGRÁLNÍ PĚNA: S UZAVŘENOU POVRCHOVOU STRUKTUROU. Mediamix.cz [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.media-mix.cz/produkty/polyuretan-pur-dle-typu/integralni>
- [20] Farnell XUB4APANM12: Product data sheet. <Http://www.farnell.com/datasheets/1868139.pdf> [online]. [cit. 2021-5-14].
- [21] ČSN EN ISO 12100: 2011. Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [22] BLECHA Petr. Metodický přístup ke snižování rizika u strojních zařízení. Prezentováno na: [Přednášky předmětu Management rizik u výrobních strojů; 2018; Brno.]
- [23] Induční čidlo Kotlín: KS95 C08-U-45-PNP-L. <Https://www.kotlin.cz/indukcni-snimace/indukcni-snimace/ks95-c08-u-45-pnp-l> [online]. [cit. 2021-5-16].
- [24] Eshop: Stránský a Petržík: Pneumatické prvky. <Https://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/uvod/menu/> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [25] Motory BTH: K9DP200N2. Https://bthsensor.com/motor_dc_24v_pinion/k9dp200n2/ [online]. [cit. 2021-5-18].
- [26] PLC procesor řada FX2N, výstup: Relé 32 vstupů/výstupů Lišta DIN Mitsubishi. <Https://cz.rs-online.com/web/p/plc-programovatelné-logické-kontrolery/3208982/> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [27] SDR-480-24 Mean Well Zdroj na DIN 480W 24V. <Https://www.czech-meanwell.cz/meanwell/SDR-480-24-Mean-Well-Zdroj-na-DIN-480W-24V-d2533.htm> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [28] Zelená ovl. hlavice stiskací prosvět. - lícující Ø22 s návratem pro integ. LED. <Https://www.se.com/cz/cs/product/ZB5AW333> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [29] PWM regulátor otáček DC 10-50V 2kW. <Https://dratek.cz/arduino/7190-pwm-regulator-otacek-dc-10-50v-2kw.html?hp=&addToFavorit=> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [30] Digital Stepper Drive: 1.0-3.2A 18-30VDC for Nema 17, 23 Stepper Motor. <Https://www.omc-stepperonline.com/digital-stepper-drive-1-0-3-2a-18-30vdc-for-nema-17-23-stepper-motor.html> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [31] OMC Nema 17 Stepper Motor: L=39mm Gear Ratio 20:1 High Precision Planetary Gearbox. <Https://www.omc-stepperonline.com/nema-17-stepper-motor-l39mm-gear-raio-201-high-precision-planetary-gearbox-17hs15-1684s-hg20.html> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [32] Schneider Electric: Hlava tlačítkového spínače Aktivace spouště IP66, IP67, IP69, IP69K. [Https://cz.rs-online.com/web/p/nouzova-tlacitka/4262808/?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A-_-google-_-CSS_CZ_CZ_Sp%C3%ADna%C4%8De_Whoop-_- \(CZ:Whoop!\)+Nouzov%C3%A1+tl%C4%8D%C3%ADtka-_-4262808&matchtype=&pla-302523196720&gclid=CjwKCAjwy42FBhB2EiwAJY0yQuJGZsjyVb2y71YMWqYFES2JEPC5kgpn3fEpI3ZcW9g8WIw3SaTMsx0C9jMQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds](Https://cz.rs-online.com/web/p/nouzova-tlacitka/4262808/?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A-_-google-_-CSS_CZ_CZ_Sp%C3%ADna%C4%8De_Whoop-_- (CZ:Whoop!)+Nouzov%C3%A1+tl%C4%8D%C3%ADtka-_-4262808&matchtype=&pla-302523196720&gclid=CjwKCAjwy42FBhB2EiwAJY0yQuJGZsjyVb2y71YMWqYFES2JEPC5kgpn3fEpI3ZcW9g8WIw3SaTMsx0C9jMQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds) [online]. [cit. 2021-5-18].

- [33] SKF: Ložiskový komplet SYF 504. <https://cz.rs-online.com/web/p/loziskova-telesa-loziskove-bloky-a-prislusenstvi/2132068/> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [34] Ložiskový komplet UCP 204 FGJ FGJ. <https://www.korbel-loziska.cz/sortiment/ucp2-58/ucp-204-fgj/p6490.html> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [35] Kolejnice lineárního vedení 300mm s vozíkem MGN12H. <https://www.laskarduino.cz/kolejnice-linearniho-vedeni-300mm-s-vozikem-mgn12h/> [online]. [cit. 2021-5-18].
- [36] SMC: Software pro výpočet spotřeby vzduchu. <https://mssc.smcworld.com/accs/index.php/accs/app> [online]. [cit. 2021-5-19].
- [37] ING. KŘÍŽ, Rudolf. Stavba a provoz strojů I: Části strojů. SNTL, 1977, s. 48-50
- [38] Polyol. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyol>
- [39] Polyurethane. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>
- [40] Technical documentation Rim Star 16/16: BA 61-1600-00-08 Instructions for care and maintenance. 11.05.1992. . Krauss Maffei , Kunststofftechnik GmbH, Krauss-Maffei-Strasse 2, 1992.
- [41] BOROVCOVÁ, Martina. Metody vícekritériálního hodnocení variant a jejich využití při výběru produktu finanční instituce [online]. VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, katedra financí, 2010 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: https://www.ekf.vsb.cz/export/sites/ekf/rmfr/.content/galerie-dokumentu/2014/plnezneni-prispevku/Borovcova.Martina_1.pdf
- [42] OLIVKOVÁ, Ivana. Aplikace metod vícekritériálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy [online]. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf
- [43] Ultrasonic Cutting of Honeycomb: CRENO 5-axis cutting machine. <https://www.creno-industry.com/ultrasonic/> [online]. [cit. 2021-5-19].
- [44] IGET SECURITY P8: magnetický drátový detektor dveře/okna. <http://www.iget.eu/cs/p8-security-magneticky-dratovy-detektor-dvere-okna#manu%C3%A1ly> [online]. [cit. 2021-5-19].

13 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

13.1 Seznam použitých zkratk

| | | |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| PLC | Programmable logic controller | Programovatelný logický automat |
| ISO | isocyanate | isokyanát |
| POLY | polyol | polyol |
| 3D | Three dimensional | Trojrozměrný |
| TDI | toluendiizocyanate t | oluendiizokyanát |
| MDI | 4,4'-methylendifenyl diisocyanate | 4,4'-methylendifenyl diisokyanát |
| PMDC | perm. magnet direct current motor | stejnoseměrný motor s perm. magnety |

13.2 Seznam použitých symbolů

| | | |
|-----------|----------------------|--|
| M | [Nm] | moment motoru |
| J_{red} | [kgm ²] | redukovaný moment setrvačnosti |
| n | [s ⁻¹] | jmenovitá rychlost otáčení |
| k | [-] | koeficient bezpečnosti |
| t | [s] | doba rozběhu |
| μ | [-] | účinnost mechanismu |
| P | [W] | minimální výkon použitého motoru] |
| $P_{př}$ | [W] | příkon motoru |
| F | [N] | řezná síla |
| Z | [mm] | zdvih pístu |
| q_n | [l] | spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při vysouvání pístní tyče |
| q_z | [l] | spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při zasouvání pístní tyče |
| p | [min ⁻¹] | počet dvojzdvihů (vysunutí a zasunutí) za minutu |
| Q | [l.h ⁻¹] | spotřeba vzduchu válců typu 12501 za hodinu provozu stroje |
| F_p | [N] | tabulková hodnota síla pístnice při tlaku 6 bar |
| m | [kg] | hmotnost |
| g | [ms ⁻²] | tíhové zrychlení |
| r | [m] | rameno momentu řezné síly |

13.3 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| TAB 1) DESKRIPTOR POROVNÁNÍ VÝZNAMNOSTI [42] | 33 |
| TAB 2) DESKRIPTOR PRO BODOVACÍ METODU [41]..... | 34 |
| TAB 3) VSTUPNÍ PARAMETRY..... | 36 |
| TAB 4) TABULKA POSUZOVANÝCH KRITÉRIÍ..... | 39 |
| TAB 5) TABULKA VAH JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ | 40 |
| TAB 6) VÝBĚR NEJLEPŠÍHO ŘEŠENÍ VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU | 41 |
| TAB 7) TABULKA POSUZOVANÝCH KRITÉRIÍ..... | 45 |
| TAB 8) TABULKA VAH JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ | 46 |
| TAB 9) VÝBĚR NEJLEPŠÍHO ŘEŠENÍ VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU | 47 |
| TAB 10) TABULKA POSUZOVANÝCH KRITÉRIÍ..... | 52 |
| TAB 11) TABULKA VAH JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ | 53 |
| TAB 12) VÝBĚR NEJLEPŠÍHO ŘEŠENÍ VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU | 54 |
| TAB 13) PARAMETRY ZVOLENÉHO OPTOELEKTRICKÉHO SNÍMAČE [23] 61 | |
| TAB 14) PARAMETRY ZVOLENÉHO OPTOELEKTRICKÉHO SNÍMAČE [20] 61 | |
| TAB 15) PARAMETRY MOTORU OMC 17 S PŘEVODOVKOU [31] | 63 |
| TAB 16) PARAMETRY DC MOTORU BHT [25]..... | 65 |
| TAB 17) PARAMETRY BEZPEČNOSTNÍHO SENZORU DVEŘÍ [44]..... | 71 |
| TAB 18) PNEUMATICKÉ PRVKY STROJE [24] | 72 |
| TAB 19) POUŽITÉ PRVKY PRO ŘÍZENÍ A CHOD STROJE..... | 75 |
| TAB 20) SIGNALIZACE OVLÁDÁNÍ (TLAČÍTKO TRVALE SVÍTÍ): | 75 |
| TAB 21) SIGNALIZACE REŽIMŮ (TLAČÍTKO BLIKÁ ROVNOMĚRNĚ A KRÁTCE (INTERVAL 1 S))..... | 76 |
| TAB 22) SIGNALIZACE CHYBY (TLAČÍTKO BLIKÁ S INTERVALEM 3 S SVITÍ / 1 S NESVÍTÍ))..... | 76 |
| TAB 23) EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ..... | 78 |

13.4 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| OBR. 1) ROZDĚLENÍ POLYMERŮ [1] | 23 |
| OBR. 2) CHEMICKÝ VZOREC VÝROBY POLYURETANU [17] | 24 |
| OBR. 3) POLYOL A ISOKYANÁT [18]..... | 24 |
| OBR. 4) UKÁZKA STRUKTURY INTEGRÁLNÍ PĚNY [19] | 25 |
| OBR. 5) SCHÉMA VYSOKOTLAKÉHO SMĚŠOVACÍHO STROJE [7] | 26 |
| OBR. 6) VYSOKOTLAKÝ SMĚŠOVACÍ STROJ KRAUSS-MAFFEI [8]..... | 26 |

| | |
|---|----|
| OBR. 7) UKÁZKA OPRACOVÁNÍ VOLANTŮ VE FIRMĚ TRW-HORNÍ POČERNICE [12] | 28 |
| OBR. 8) PÁČKY VOLANTŮ SE ZBYTKY VTOKOVÉ SOUSTAVY | 28 |
| OBR. 9) DRŽÁK SKALPELU [13]..... | 29 |
| OBR. 10) MODEL POLOHOVACÍHO PŘÍPRAVKU PRO OPRACOVÁNÍ VOLANTŮ | 29 |
| OBR. 11) ULTRAZVUKOVÁ ŘEZACÍ HLAVA UMÍSTĚNÁ NA ROBOTU YASKAWA MOTOMAN[14] | 30 |
| OBR. 12) UKÁZKA OBRÁBĚNÍ KOMPONENT OSOBNÍHO AUTOMOBILU [16] 30 | |
| OBR. 13) PÁČKA PŘED OPRACOVÁNÍM A PO OPRACOVÁNÍ | 35 |
| OBR. 14) NÁVRH VARIANTY 1 VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU..... | 36 |
| OBR. 15) NÁVRH VARIANTY 2 VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU..... | 37 |
| OBR. 16) NÁVRH VARIANTY 3 VSTUPNÍHO ZÁSOBNÍKU..... | 38 |
| OBR. 17) DIAGRAM VAH HODNOCENÝCH KRITÉRIÍ | 40 |
| OBR. 18) VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ VARIANT ZÁSOBNÍKŮ | 41 |
| OBR. 19) SCHÉMA NÁVRHU OBRÁBĚNÍ PÁČKY OTOČNÝM NOŽEM..... | 42 |
| OBR. 20) SCHÉMA NÁVRHU OBRÁBĚNÍ PÁČKY LINEÁRNÍM POSUVEM NOŽE 43 | |
| OBR. 21) SCHÉMA OBRÁBĚNÍ ULTRAZVUKOVOU HLAVOU..... | 44 |
| OBR. 22) ULTRAZVUKOVÁ OBRÁBĚCÍ HLAVA NA EFEKTORU ROBOTU [43] 45 | |
| OBR. 23) DIAGRAM VAH HODNOCENÝCH KRITÉRIÍ | 47 |
| OBR. 24) VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ VARIANT ZPŮSOBU OBRÁBĚNÍ..... | 48 |
| OBR. 25) HRUBÝ NÁVRH VARIANTY 1 | 49 |
| OBR. 26) DETAIL KARUSELOVÉHO MANIPULÁTORU..... | 49 |
| OBR. 27) HRUBÝ NÁVRH KOMPLETNÍHO ŘEŠENÍ PŘI POUŽITÍ REVOLVEROVÉ HLAVY | 50 |
| OBR. 28) DETAILNÍ POHLED NA REVOLVEROVOU HLAVU | 51 |
| OBR. 29) SCHÉMA NÁVRHU VARIANTY S FIXNÍ POZICÍ PÁČKY | 52 |
| OBR. 30) DIAGRAM VAH HODNOCENÝCH KRITÉRIÍ | 53 |
| OBR. 31) VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ VARIANT ZÁSOBNÍKŮ | 54 |
| OBR. 32) VNITŘNÍ ČÁST STROJE | 55 |
| OBR. 33) VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRACOVNÍHO POSTUPU – PRVNÍ ČÁST | 56 |
| OBR. 34) VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRACOVNÍHO POSTUPU – DRUHÁ ČÁST | 57 |
| OBR. 35) VSTUPNÍ ČÁST ZÁSOBNÍKU | 58 |
| OBR. 36) VSTUP ZÁSOBNÍKU NA STROJI | 59 |

| | |
|---|-----------|
| OBR. 37) MECHANISMUS PODAVAČE | 59 |
| OBR. 38) ŘEZ MECHANISMEM PODAVAČE..... | 60 |
| OBR. 39) DETAIL VAHADLA PODAVAČE SE SENZOREM VYKLOPENÍ | 60 |
| OBR. 40) FARNELL OSISENCE [20]..... | 61 |
| OBR. 41) ŘEZ REVOLVEROVOU HLAVOU | 62 |
| OBR. 42) ULOŽENÍ REVOLVEROVÉ HLAVY | 62 |
| OBR. 43) MECHANISMUS NOŽOVÉ HLAVY A ROTAČNÍ HŘÍDEL | 64 |
| OBR. 44) DETAIL NOŽOVÉ HLAVY..... | 65 |
| OBR. 45) OVLÁDÁNÍ POSUVU DC MOTORU PNEUMATICKÝM VÁLCEM..... | 66 |
| OBR. 46) ODDĚLOVAČ TRÍSEK A ZÁSOBNÍK HOTOVÝCH VÝROBKŮ | 68 |
| OBR. 47) ZÁKLADOVÁ DESKA RÁMU STROJE | 69 |
| OBR. 48) PŘIPOJENÍ TLAKOVÉHO VZDUCHU A ELEKTRINY DO STROJE..... | 70 |
| OBR. 49) KRYT OBRÁBĚCÍ ČÁSTI STROJE | 70 |
| OBR. 50) BEZPEČNOSTNÍ SENZOR DVEŘÍ IGET [44] | 71 |
| OBR. 51) KRYTOVÁNÍ STROJE | 71 |
| OBR. 52) TABULKA PRO ODHAD VELIKOSTI RIZIKA [22]..... | 79 |
| OBR. 53) ZÁKLADNÍ BLOKOVÝ DIAGRAM JEDNOÚČEDNOÚČELOVÉHO STROJE..... | 81 |
| OBR. 54) 3D MODEL STROJE A) POHLED ZEPŘEDU B) ISO POHLED ZEPŘEDU C) POHLED ZE ZADU D) ISO POHLED ZE ZADU | 85 |
| OBR. 55) DETAIL ZADNÍ ČÁSTI STROJE BEZ RÁMU A KRYTOVÁNÍ | 86 |
| OBR. 56) DETAIL PŘEDNÍ ČÁSTI STROJE BEZ RÁMU A KRYTOVÁNÍ..... | 86 |

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha_I – Ekonomické zhodnocení

Příloha_II – Identifikace relevantních nebezpečí

Příloha_III – Analýza významných nebezpečí

Příloha_IV – Přehled závažných identifikovaných nebezpečí

Příloha_V – Formulář pro snížení rizik

Příloha_VI – Schéma zapojení pneumatického okruhu

Příloha_VII – Schéma elektrického zapojení

Příloha_VIII – Schéma zapojení vstupů a výstupů PLC

Přílohy v elektronické podobě:

3D model stroje (formát .STEP)

Výkresová dokumentace (formát .pdf)-

| | |
|---------------------|-----------------|
| Revolver | Výkres součásti |
| Držák nožů hlavy | Výkres součásti |
| Těleso hlavy | Výkres součásti |
| Hřídel řezací hlavy | Výkres součásti |
| Pouzdro revolveru | Výkres součásti |
| Sestava 1/2 | Výkres sestavy |
| Sestava 2/2 | Výkres sestavy |
| Kusovník 1 | Seznam položek |
| Kusovník 2 | Seznam položek |
| Kusovník 3 | Seznam položek |
| Kusovník 4 | Seznam položek |

Výběr vhodných variant (formát .xlsx):

- Příloha_IX – Vícekriteriální analýza – Výběr zásobníku
- Příloha_X – Vícekriteriální analýza – Výběr způsobu obrábění
- Příloha_XI – Vícekriteriální analýza – Výběr manipulace

PŘÍLOHY

Příloha I – Ekonomické zhodnocení

| Položka | Výrobce/Označení | Počet [ks] | Cena za jednotku [Kč] | Cena [Kč] |
|------------------------------|---------------------------------|------------|-----------------------|--------------|
| Rám stroje | | | | |
| 1 | Nohy skříně | 1 | 2500 | 2500 |
| 2 | Dveře skříně PZ | 1 | 600 | 600 |
| 3 | Dveře skříně LP | 1 | 600 | 600 |
| 4 | Dveře skříně LZ | 1 | 600 | 600 |
| 5 | Dveře skříně PP | 1 | 600 | 600 |
| 6 | Rám skříně O40x40x43 | 1 | 3000 | 3000 |
| 7 | Rám zasklení P | 1 | 480 | 480 |
| 8 | Rám zasklení L | 1 | 480 | 480 |
| 9 | Stůl stroje | 1 | 3000 | 3000 |
| 10 | Plexi kryt | 1 | 1000 | 1000 |
| Celkem: | | | | 12860 |
| Ostatní vyráběné díly | | | | |
| 11 | Základní deska | 1 | 5000 | 5000 |
| 12 | Revolver | 1 | 20000 | 20000 |
| 13 | Rám skříně spodní | 1 | 3000 | 3000 |
| 14 | Vložka sloup vstup. zásobníku S | 1 | 500 | 500 |
| 15 | Vložka sloup vstup. zásobníku L | 1 | 500 | 500 |
| 16 | Vložka sloup vstup. zásobníku P | 1 | 500 | 500 |
| 17 | Plexi kryt | 1 | 2000 | 2000 |
| 18 | Držák čidla | 1 | 150 | 150 |
| 19 | Táhlo pojezdu | 1 | 500 | 500 |
| 20 | Trn podavače | 1 | 500 | 500 |
| 21 | Čep vahadla | 1 | 100 | 100 |
| 22 | Vahadlo | 1 | 150 | 150 |
| 23 | Tělo podavače | 1 | 100 | 100 |
| 24 | Čelo podavače | 1 | 80 | 80 |
| 25 | Držák motoru rotátoru | 1 | 150 | 150 |
| 26 | Pouzdro podavače | 1 | 240 | 240 |
| 27 | Čelo podavače | 1 | 80 | 80 |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------------|----|------|--------------|
| 28 | | Otočný trn revolveru | 4 | 140 | 560 |
| 29 | | Hlavní hřídel revolveru | 1 | 350 | 350 |
| 30 | | Hřídel rotačního trnu | 1 | 350 | 350 |
| 31 | | Řezací hlava | 1 | 800 | 800 |
| 32 | | Řezací nože | 2 | 7 | 14 |
| 33 | | Rozpěrná trubka | 1 | 30 | 30 |
| 34 | | Vedení posuvu | 2 | 800 | 1600 |
| 35 | | Stolek posuvu | 1 | 500 | 500 |
| 36 | | Pojezd posuvu | 4 | 200 | 800 |
| 37 | | Držák nožů hlavy | 1 | 500 | 500 |
| 38 | | Tělo podavače | 1 | 350 | 350 |
| 39 | | Pouzdro přidržovače | 2 | 350 | 700 |
| 40 | | Čelo podavače | 1 | 1000 | 1000 |
| 41 | | Přidržovač | 1 | 500 | 500 |
| 42 | | Držák pístu 20 | 1 | 150 | 150 |
| 43 | | Zátka podavače | 1 | 500 | 500 |
| 44 | | Opěrný váleček řezací hlavy | 1 | 50 | 50 |
| 45 | | Pouzdro revolveru | 4 | 280 | 1120 |
| 46 | | Podpěra revolveru | 2 | 120 | 240 |
| Celkem: | | | | | 43664 |
| Pneumatika | | | | | |
| 47 | | Pneu.válec podavače | 1 | 2000 | 2000 |
| 48 | | Pneu.válec vidlice | 1 | 2000 | 2000 |
| 49 | | Pneu. válec motoru MS-08 | 1 | 1500 | 1500 |
| 50 | | Šroubení | 20 | 55 | 1100 |
| 51 | | Hadice | 10 | 100 | 1000 |
| 52 | | Rozvaděč/PMVSC2204E1D24 | 3 | 3500 | 10500 |
| Celkem: | | | | | 18100 |
| Motory a řízení motorů | | | | | |
| 53 | | Motor PMDC 24 V K9DP200N2 | 1 | 2600 | 2600 |
| 54 | | Krokový motor NEMA 14 | 2 | 1500 | 3000 |
| 55 | | Driver krokových motorů | 2 | 500 | 1000 |
| 56 | | Řízení DC motoru | 1 | 1250 | 1250 |
| Celkem: | | | | | 7850 |
| PLC | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|--|--------------------------------|----|-------|-------------------|
| 57 | | Rozváděcí skříň | 1 | 21000 | 21000 |
| 58 | | Tlačítko | 6 | 200 | 1200 |
| 59 | | Safety tlačítko | 1 | 200 | 200 |
| 60 | | PLC Mitsubishi FX3U | 1 | 5000 | 5000 |
| 61 | | Čidlo vahadla-CNP-18F-10-G3_8 | 1 | 1535 | 1535 |
| 62 | | Čidlo revolveru-KS95 C08-U-45 | 1 | 910 | 910 |
| 63 | | Opt. čidlo Farnell XUB4APANM12 | 1 | 2100 | 2100 |
| Celkem: | | | | | 31945 |
| Nakupované díly | | | | | |
| 64 | | Ložisková pouzdra revolveru | 2 | 280 | 560 |
| 65 | | Ložisko pouzdra řezací hlavy | 2 | 280 | 560 |
| 66 | | Gufero rot. trnu | 1 | 1,4 | 1,4 |
| 67 | | Spojka | 3 | 140 | 420 |
| 68 | | Těsnění podavače | 1 | 60 | 60 |
| 69 | | Ložiskové skříně | 4 | 280 | 1120 |
| 70 | | Řezací nože | 1 | 7 | 7 |
| 71 | | Pero hřídele revolveru | 1 | 50 | 50 |
| 72 | | Pojistné kroužky | 16 | 10 | 160 |
| 73 | | Gufero pouzder revolveru 871 | 4 | 50 | 200 |
| 74 | | Madlo dveří | 5 | 300 | 1500 |
| 75 | | Oddělovač třísek | 1 | 350 | 350 |
| 76 | | Odpadová komora | 1 | 890 | 890 |
| 77 | | Bedna hotových výrobků | 1 | 300 | 300 |
| 78 | | Podpěra-nohy | 4 | 400 | 1600 |
| 79 | | Rohy plexi | 11 | 35 | 385 |
| 80 | | Spojovací materiál | 1 | 1000 | 1000 |
| Celkem: | | | | | 9163,4 |
| Montáž | | | | | |
| 81 | | Montáž dílů | 1 | 10000 | 10000 |
| Celkem: | | | | | 10000 |
| | | | | | |
| Celkem za stroj: | | | | | 133 582 Kč |

Příloha II – Identifikace relevantních nebezpečí

Identifikace relevantních nebezpečí

| Komponenta | Poloha v systému | Typ nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 |
|----------------------|--------------------------------|---|
| Přední panel a skříň | Pracovní prostor vně stroje | Ergonomická nebezpečí (8.1-1, 8.1-2) Kombinace nebezpečí (10,1,10.2) |
| PLC | Pracovní prostor uvnitř stroje | Elektrická nebezpečí (2,1-1,2.2-1) |
| Snímače a 24V rozvod | Pracovní prostor uvnitř stroje | Elektrická nebezpečí (2,1-1,2.2-1) |
| Pneumatika | Pracovní prostor uvnitř stroje | Nebezpečí hluku (4.1-1, 4.2-1, 4.3-1) (1.1-2, 1,3-1, 1.4-1, 1.5-1, 1.6-1, 1.6-2) |
| Zásobník | Pracovní prostor vně stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.2-1, 1,3-1,, 1.4-1) |
| Podavač | Pracovní prostor uvnitř stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.4-1, 1.5-1) |
| Oddělovač třísek | Pracovní prostor uvnitř stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.4-1, 1.6-1, 1.6-2, 8.1-2) Kombinace nebezpečí (10,1,10.2) |
| Revolver | Pracovní prostor uvnitř stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.4-1) |
| Rotační trn | Pracovní prostor uvnitř stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.2-1, 1.3-1, 1.5-1) Nebezpečí hluku (4.1-1, 4.2-1) |
| Elektrický rozvod | Pracovní prostor uvnitř stroje | Elektrická nebezpečí (2,1-1, 2.2-1, 2.3-1, 2.3-2) |
| Pojezd | Pracovní prostor uvnitř stroje | Mechanická nebezpečí (1.1-2, 1.2-1, 1.3-1, 1.5-1) |

Příloha_III – Analýza významných nebezpečí

| Analýza významných nebezpečí | | | | |
|------------------------------|--|---|---|---|
| Pořadové číslo | Fáze životního cyklu | Typ nebezpečí (dle ČSN ISO 12100) | | Popis nebezpečné události |
| | | Stručný popis | ID číslo | |
| 1 | Doprava | | | |
| 1.1 | Nakládání, přeprava, vykládání komponent | stlačení, pořezání, naražení, zakopnutí a pád | 1.1-1 1.2-1 1.5-2 1.6-2 | Během nakládání, přepravy a vykládání jednotlivých částí zařízení může dojít ke stlačení, pořezání, naražení. Během nakládání a vykládání může dojít k zakopnutí a pádu pracovníka vlivem ztráty stability. |
| 1.2 | Balení a rozbalování jednotlivých dílů | stlačení, pořezání | 1.1-1 1.2-1 | Během balení a rozbalování jednotlivých částí zařízení může dojít ke stlačení, pořezání pracovníka |
| 2 | Montáž a instalace a sestavení. | | | |
| 2.1 | Montáž zařízení na pracovišti | stlačení, pořezání, naražení, zakopnutí a pád, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-1 1.2-1 1.5-2 1.6-1 1.6-2 8.2-1 10.1 | Během montáže zařízení na pracovišti může dojít ke stlačení (přivření prstů) jednotlivými částmi zařízení, k pořezání se o ostré hrany naražení, zakopnutí a pádu. Může také dojít k lidské chybě. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 2.2 | Připojování stroje k dodávce energie (elektrické energii a stlačenému vzduchu) | vystříknutí, požár, popálení, zasažení el. proudem, nepohodlí, lidské chyby kombinace nebezpečí | 1.7-1 2.1-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 4.1-1 8.2-1 10.1 10.2 | Během připojování jednotlivých pneumatických částí zařízení může dojít k vystříknutí stlačeného vzduchu, nepohodlí (vlivem pískajících pneumatických zařízení) a lidské chybě. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru, zasažení el. proudem. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 3 | Seřizování /programování | | | |
| 3.1 | Programování PLC | stlačení, naražení, zasažení el. proudem, požár, lidský chyba, kombinace | 1.1-2 1.5-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 8.2-3 | Během programování PLC může dojít ke stlačení a naražení obsluhy převážně o otevřené dveře stroje. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru. Dále může dojít k zasažení el proudem a lidské chybě. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |

| | | | | |
|-----|--|--|---|---|
| | | nebezpečí | | |
| 3.2 | Seřizování čidel , motorů a jejich funkcí | stlačení, naražení, zachycení, zasažení el. proudem, požár, lidský chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-2 1.4-1 1.5-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 8.2-3 10.2 | Během seřizování bezpečnostního senzoru síly a momentu, může dojít ke stlačení, zachycení a naražení obsluhy. Může dojít k lidské chybě a zasažení el. proudem. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat, takže například během seřizování dojde lidskou chybou ke špatnému nastavení hodnot, a dále i během samotného seřizování může následně dojít k naražení či stlačení obsluhy. |
| 3.3 | Funkční zkouška zařízení | stlačení, zachycení, naražení, zakopnutí a pád, vymrštění, zasažení el. proudem, požár, nepohodlí, hučení v uších, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-2 1.3-1 1.4-1 1.5-1 1.6-1 1.6-3 1.7-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 4.1-1 4.2-1 8.2-3 10.1 10.2 | Během provádění funkční zkoušky zařízení, může dojít k zakopnutí o kabeláž a pádu. Může také dojít ke stlačení, zachycení, vymrštění pneumatických hadic, vystříknutí stlačeného vzduchu, nepohodlí, hučení v uších a lidské chybě a zasažení el proudem. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat, takže například může dojít vlivem lidské chyby ke špatnému upnutí pneumatické hadice a obsluha může být během provádění zkoušek zasažena vymrštěnou pneumatickou hadicí. |
| 3.4 | Seřizování a ověřování funkčních parametrů zařízení (polohování, rychlost, velikost přítlaku podtlaku) | naražení, stlačení, zakopnutí a pád, vymrštění, nepohodlí, hučení v uších, stres, zasažení el. proudem, požár, hluk, stres nepohodlí, lidská chyba, | 1.1-2 1.3-1 1.5-1 1.6-1 1.7-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 4.1-1 4.2-1 4.3-1 8.1-2 8.1-1 | Během seřizování a ověřování funkčních parametrů může dojít k naražení, stlačení. Může také dojít k zakopnutí (o kabeláž) a pádu, vymrštění pneumatických hadic, vystříknutí stlačeného vzduchu, nepohodlí, hučení v uších, stresu, zasažení el. proudem, lidské chybě a požáru zapříčiněným chybou elektroinstalací. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |

| | | | | |
|-----|---|---|--|--|
| | | kombinace nebezpečí | 8.2-3 10.2 | |
| 4 | Provoz | | | |
| 4.1 | Provoz stroje (provádění pracovních kroků) | naražení, stlačení, vymrštění, zakopnutí a pád, požár, nepohodlí, lidská chyba, | 1.1-2 1.3-2 1.5-1 1.6-3 2.2-1 4.1-1 4.2-1 8.2-2 | Během provozu stroje může dojít k naražení, vymrštění stlačení, zakopnutí a pádu, požáru zapříčiněnému chybnou elektroinstalací. Může dojít k nepohodlí (vlivem unikajícího vzduchu pneumatického okruhu , lidské chybě. |
| 4.2 | Nastavení a seřizování parametrů stroje – změna cyklu, změna posuvů a časování ovládacích pístů | požár, vymrštění, nepohodlí, stres, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.3-2 2.2-1 4.1-1 4.2-1 4.3-1 8.1-1 8.2-3 | Během seřizování může dojít k vymrštění, stresu, požáru zapříčiněnému chybnou elektroinstalací. Může dojít k nepohodlí (vlivem unikajícího vzduchu pneumatického okruhu , lidské chybě. |
| 4.3 | Zakládání nového polotovaru do zásobníku | pořezání, zakopnutí a pád, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.2-1 8.2-2 10.1 | Během zakládání nového polotovaru do zásobníku může dojít k poranění pořezáním či ztrátě stability vlivem zakopnutí, pádu Jednotlivá rizika rizika se mohou zkombinovat. |
| 4.4 | Znovu spuštění zařízení po zastavení | naražení, stlačení, vymrštění, požár, nepohodlí, lidská chyba, | 1.1-2 1.4-1 1.5-1 2.2-1 4.1-1 4.2-1 8.2-2 | Během znovu spuštění zařízení po zastavení může dojít k naražení, stlačení, zakopnutí a pádu, požáru zapříčiněnému chybnou elektroinstalací. Může dojít k nepohodlí (vlivem unikajícího vzduchu pneumatického okruhu , lidské chybě. |
| 5 | Čištění a údržba | | | |
| 5.1 | Výměna opotřebovaných nožů řezací hlavy | stlačení, naražení, vymrštění, zakopnutí a pád, nepohodlí, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-1 1.3-1 1.5-1 1.6-1 8.1-1 8.1-2 8.2-1 10.1 | Během výměny opotřebovaných nožů může dojít ke stlačení, naražení, pořezání, nepohodlí (vlivem šroubování a při hledání správné konfigurace), zakopnutí a pádu a lidské chybě. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 5.2 | Vyprázdnění oddělovače třísek | stlačení, | 1.1-1 | Během vyprázdnění oddělovače třísek |

| | | | | |
|----------|--------------------------------------|--|---|---|
| | | naražení, vymrštění, zakopnutí a pád, nepohodlí, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.3-1 1.6-1 1.6-2 8.1-1 8.1-2 8.2-1 10.1 10.2 | části může dojít ke stlačení, naražení, zakopnutí a pádu. Může Také může dojít k lidské chybě při opětovném sestavení, nepohodlí Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 6 | Vyhledání a odstranění závady | Odstraňování závady | | |
| 6.1 | Vyhledávání závady | naražení, stlačení, pořezání, popálení, požár, zakopnutí a pád, vymrštění, vystříknutí, zasažení el. proudem, nepohodlí, stres hučení v uších lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-1 1.2-1 1.3-1 1.5-1 1.6-1 1.7-1 2.1-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 4.1-1 4.2-1 4.3-1 10.1 10.2 | Během vyhledávání závady může dojít k naražení, stlačení a pořezání obsluhy. Může také dojít k zakopnutí (o kabeláž) a pádu, vymrštění pneumatických hadic, vystříknutí stlačeného vzduchu, zasažení el. proudem, popálení, nepohodlí, hučení v uších, stresu a lidské chybě. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 6.2 | Opravování závady | naražení, stlačení, pořezání zakopnutí a pád, vymrštění, vystříknutí, lidská chyba, zasažení el. proudem, popálení, kombinace nebezpečí | 1.1-1 1.2-1 1.3-1 1.6-1 1.6-2 1.7-1 2.1-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2 8.1-1 8.2-1 10.1 10.2 | Během opravování vyhledané závady může dojít k naražení, stlačení a pořezání obsluhy. Může také dojít k zakopnutí (o kabeláž) a pádu, vymrštění pneumatických hadic, vystříknutí stlačeného vzduchu, zasažení el. proudem, popálení, nepohodlí, hučení v uších, stresu a lidské chybě. Při zapojování elektrických částí do el. sítě hrozí vznik požáru. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 7 | Vyřazení z provozu / demontáž | | | |
| 7.1 | Odpojení jednotlivých částí | zasažení el. | 2.1-1 | Během odpojování jednotlivých |

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| | zařízení od dodávky el. energie | proudem, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 2.3-1 2.3-2 10.1 | elektrických částí zařízení od zdroje el. energie může dojít k zasažení el. proudem a lidské chybě. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 7.2 | Odpojení jednotlivých pneumatických částí zařízení od dodávky stlačeného vzduchu | vymrštění, pořezání, vystříknutí lidská chyba, kombinace | 1.2-1 1.3-1 1.7-1 10.2 | Během odpojování jednotlivých pneumatických částí zařízení od dodávky stlačeného vzduchu může dojít k vymrštění pneumatické hadice, vystříknutí stlačeného vzduchu. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 7.3 | Demontáž jednotlivých částí zařízení | stlačení, pořezání, naražení, zakopnutí a pád, lidská chyba, kombinace nebezpečí | 1.1-1 1.2-1 1.6-1 1.6-2 8.1-1 8.2-1 10.1 | Během demontáže jednotlivých částí zařízení na pracovišti může dojít ke stlačení (přivření prstů) jednotlivými částmi zařízení, k pořezání se o ostré nože případně hrany výplně dveří. Může také dojít k lidské chybě. Jednotlivá rizika se mohou také zkombinovat. |
| 7.4 | Příprava pro skladování | stlačení, pořezání | 1.1-1 1.2-1 | Během balení jednotlivých částí zařízení může dojít k pořezání pracovníka nebo přimáčknutí paletou. |

Příloha IV – Přehled závažných identifikovaných nebezpečí

| Přehled identifikovaných závažných nebezpečí | | S | A | E | W | Σ |
|--|--|----|----|----|----|----|
| 1 | Mechanická nebezpečí | | | | | |
| 1.1 | Nebezpečí stlačení | | | | | |
| 1.1-1 | Nebezpečí stlačení při manipulaci s jednotlivými částmi zařízení | S1 | A1 | E2 | W2 | 1 |
| 1.1-2 | Nebezpečí stlačení při pohybu zařízení či jednotlivých částí zařízení | S1 | A1 | E2 | W2 | 1 |
| 1.2 | Nebezpečí pořezání | | | | | |
| 1.2-1 | Nebezpečí pořezání se o ostré hrany při manipulaci s jednotlivými částmi zařízení či vstupními polotovary | S2 | A2 | E3 | W2 | 11 |
| 1.3 | Nebezpečí vymrštění | | | | | |
| 1.3-1 | Nebezpečí vymrštění pneumatické hadice | S2 | A1 | E2 | W2 | 7 |
| 1.4 | Nebezpečí zachycení | | | | | |
| 1.4-1 | Nebezpečí zachycení jednotlivými částmi zařízení během jejich pohybu v pracovním prostoru | S1 | A1 | E2 | W2 | 1 |
| 1.5 | Nebezpečí naražení | | | | | |
| 1.5-1 | Nebezpečí naražení jednotlivých částí zařízení během jejich pohybu v pracovním prostoru | S1 | A1 | E2 | W2 | 1 |
| 1.6 | Nebezpečí zakopnutí a pád | | | | | |
| 1.6-1 | Nebezpečí zakopnutí o část zařízení na pracovišti dle instalace | S1 | A2 | E2 | W2 | 4 |
| 1.6-2 | Nebezpečí pádu v důsledku uklouznutí na drobné součásti | S2 | A1 | E1 | W1 | 5 |
| 1.7 | Nebezpečí vystříknutí | | | | | |
| 1.7-1 | Nebezpečí vystříknutí stlačeného vzduchu | S2 | A1 | E1 | W1 | 5 |
| 2 | Elektrická nebezpečí | | | | | |
| 2.1 | Nebezpečí popálení | | | | | |
| 2.1-1 | Nebezpečí popálení vadnými elektrickými součástkami | S1 | A1 | E2 | W2 | 1 |
| 2.2 | Nebezpečí požáru | | | | | |
| 2.2-1 | Nebezpečí vzniku požáru na pracovišti v rámci elektroinstalace | S2 | A2 | E2 | W1 | 9 |
| 2.3 | Nebezpečí zasažení elektrickým proudem | | | | | |
| 2.3-1 | Nebezpečí zasažení el. proudem při dotyku živých částí | S2 | A1 | E2 | W1 | 6 |
| 2.3-2 | Nebezpečí zasažení el. proudem při dotyku částí, které se staly živými při závadě | S2 | A1 | E2 | W1 | 6 |
| 4 | Nebezpečí hluku | | | | | |
| 4.1 | Nebezpečí nepohodlí | | | | | |
| 4.1-1 | Nebezpečí nepohodlí vlivem pískajících pneumatických zařízení | S1 | A2 | E1 | W1 | 2 |
| 4.2 | Nebezpečí hučení v uších | | | | | |
| 4.2-1 | Nebezpečí hučení v uších vlivem pískajících pneumatických zařízení | S1 | A2 | E1 | W1 | 2 |
| 4.3 | Nebezpečí stresu | | | | | |
| 4.3-1 | Nebezpečí stresu vlivem práce v hlučném prostředí | S1 | A2 | E3 | W2 | 5 |
| 8 | Ergonomická nebezpečí | | | | | |
| 8.1 | Nebezpečí nepohodlí | | | | | |
| 8.1-1 | Nebezpečí nepohodlí způsobené zdlouhavou a opakovanou činností během montáže/demontáže/seřizování části zařízení | S1 | A2 | E2 | W2 | 4 |
| 8.1-2 | Nebezpečí nepohodlí způsobené znečištěním prostředí | S2 | A2 | E3 | W3 | 12 |
| 8.2 | Nebezpečí lidské chyby | | | | | |
| 8.2-1 | Nebezpečí lidské chyby během montáže/demontáže zařízení nebo jeho částí | S1 | A2 | E2 | W2 | 4 |
| 8.2-2 | Nebezpečí lidské chyby při dlouhodobém vykonávání opakované činnosti | S1 | A2 | E2 | W2 | 4 |
| 10 | Kombinace nebezpečí | | | | | |
| 10.1 | Nebezpečí kombinace nepozornosti obsluhy a manipulace s jednotlivými částmi zařízení či vstupními polotovary / médii | S1 | A2 | E1 | W1 | 2 |
| 10.2 | Nebezpečí kombinace lidské chyby (např. nepozornost a neopatrnosti při výměně nástroje) | S2 | A2 | E3 | W3 | 12 |

Příloha_V – Formulář pro snížení rizik

| VUT FSI UVSSR | | Formulář pro odhad rizika | | Konstrukce jednoúčelového stroje | |
|----------------------------|--|--|-------------------------------|----------------------------------|----------------|
| | | | | Datum 12/03/2021 | |
| Číslo nebezpečí | Identifikační číslo | Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 | | | |
| 10.2 | 1 | 1. Kombinace nebezpečí | | | |
| životní etapa | servis, vyhledání a opravování závady | Nebezpečí kombinace lidské chyby Pracovní prostor uvnitř stroje | | | |
| Ohrožené osoby | Osoby provádějící instalaci, servis a údržbu stroje | | Vyprázdnění oddělovače třísek | | |
| Popis nebezpečí | Při výměně řezacích nožů jsou nože upnuty pomocí šroubů na řezací hlavu a je vzhledem k ochrannému krytu obtížná demontáž a montáž nových nožů včetně jejich znovu upnutí. | | | | |
| Počáteční riziko | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | | Velikost rizika 12 | |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A2 | | | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E3 | | | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W3 | | | |
| Krok 1 | Úprava konstrukce hlavy a upnutí řezacích nožů | | | | |
| Popis opatření | Konstrukční úprava řezací hlavy a to tak že je hlava rozdělena a řezací nože které jsou zdrojem nebezpečí jsou umístěny do samostatného vyjímatelného držáku. Tím je zajištěna snadná výměna ostrých nožů bez nutnosti manipulace s noži v omezeném obráběcím prostoru hlavy | | | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | | Velikost rizika 7 | |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | | | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E2 | | | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W2 | | | |
| Krok 1 | Doplnění servisního návodu | | | | |
| Popis opatření | Doplnění servisního návodu o nutnosti manipulace při výměně řezacích nožů za použití ochranných rukavic, které zamezí pořezání servisního pracovníka. | | | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S1 | | Velikost rizika 0 | |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | | | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E1 | | | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W1 | | | |
| Validace | Opatření jsou dostatečná | | Bc. Petr Sýkora | | 12/03/20 21 |

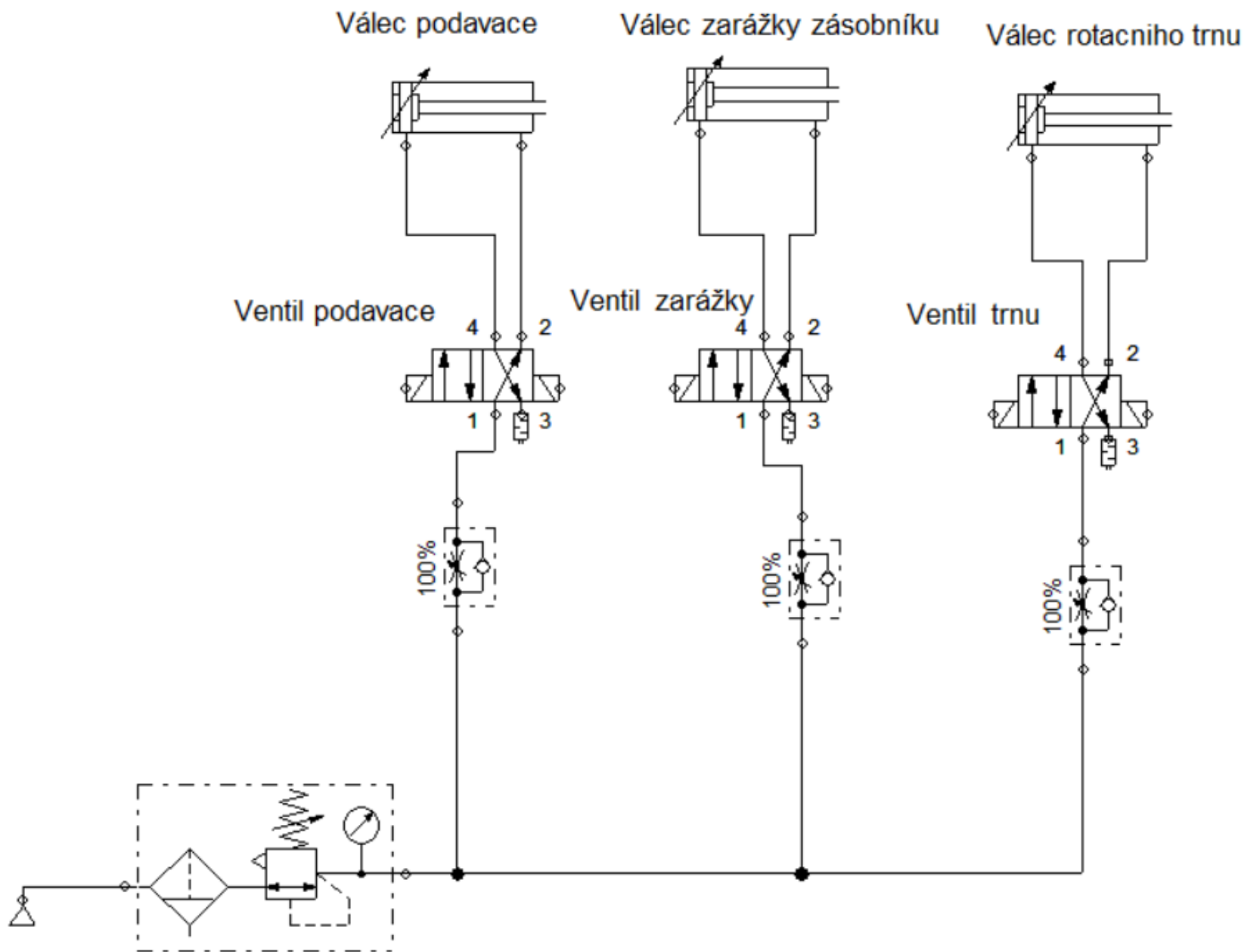
Datum 12/03/2021

| | | | |
|----------------------------|---|---|------------------------------|
| Číslo nebezpečí | Identifikační číslo | Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 | |
| 8.1-2 | 2 | 5. Čištění a údržba | |
| životní etapa | Seřizování, testování, provoz, servis, hledání a odstranění závady, vyřazení z provozu | Nebezpečí nepohodlí způsobené znečištěním prostředí Pracovní prostor uvnitř stroje | |
| Ohrožené osoby | Osoby provádějící instalaci, servis a údržbu stroje | Provozní stav stroje při servisu a nastavení | |
| Popis nebezpečí | Při výměně řezacích nožů je pracovní prostor a odpadová komora znečištěn ořezem. | | |
| Počáteční riziko | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | Velikost rizika 11 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A2 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E3 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W3 | |
| Krok 1 | Úprava konstrukce hlavy a upnutí řezacích nožů | | |
| Popis opatření | Vnitřní pracovní prostor je doplněn o ochranný plexi kryt, který zabrání znečištění celého vnitřního prostoru | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | Velikost rizika 7 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E2 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W2 | |
| Krok 1 | Doplnění servisního návodu | | |
| Popis opatření | Doplnění odpadové komory o popelník který zachytí padající ořez a oddělí od hotových páček. | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S1 | Velikost rizika 0 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E1 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W1 | |
| Validace | Opatření jsou dostatečná | Bc. Petr Sýkora | 12/03/20 21 |

Datum 12/03/2021

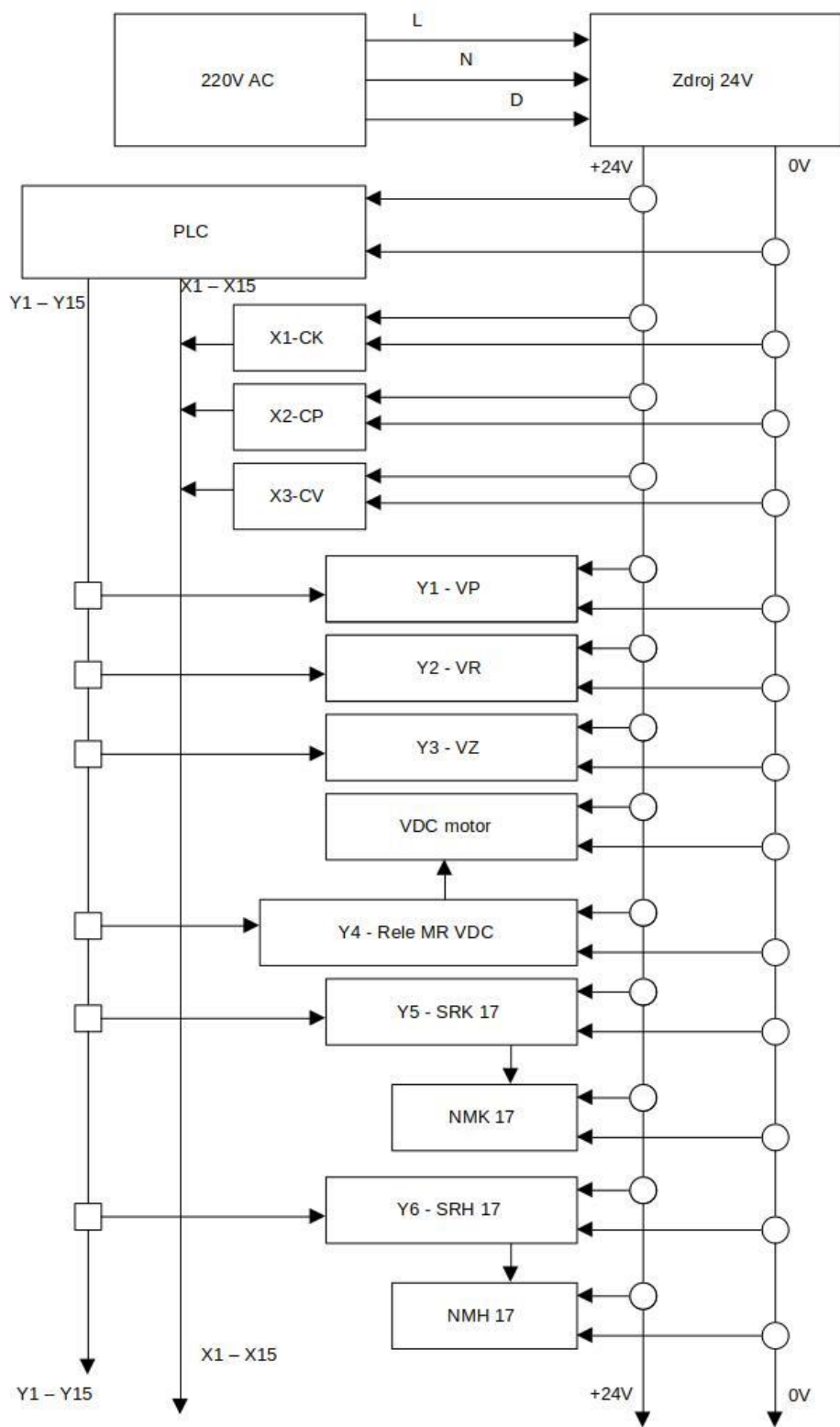
| | | | |
|----------------------------|--|--|------------------------------|
| Číslo nebezpečí | Identifikační číslo | Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 | |
| 1.2-1 | 1 | 1. Mechanické nebezpečí Nebezpečí pořezáním | |
| životní etapa | Doprava, rozbalování, montáž, seřizování, testování, provoz, servis, hledání a odstranění závady, vyřazení z provozu | Pracovní prostor uvnitř stroje | |
| Ohrožené osoby | Osoby provádějící instalaci, servis a údržbu stroje | Provozní stav stroje při servisu a nastavení | |
| Popis nebezpečí | Při výměně řezacích nožů jsou nože upnuty pomocí šroubů na řezací hlavu a je vzhledem k ochrannému krytu obtížná demontáž a montáž nových nožů včetně jejich znovu upnutí. | | |
| Počáteční riziko | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | Velikost rizika 11 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A2 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E3 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W2 | |
| Krok 1 | Úprava konstrukce hlavy a upnutí řezacích nožů | | |
| Popis opatření | Konstrukční úprava řezací hlavy a to tak že je hlava rozdělena a řezací nože které jsou zdrojem nebezpečí jsou umístěny do samostatného vyjímatelného držáku. Tím je zajištěna snadná výměna ostrých nožů bez nutnosti manipulace s noži v omezeném obráběcím prostoru hlavy | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S2 | Velikost rizika 7 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E2 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W2 | |
| Krok 1 | Doplnění servisního návodu | | |
| Popis opatření | Doplnění servisního návodu o nutnosti manipulace při výměně řezacích nožů za použití ochranných rukavic, které zamezí pořezání servisního pracovníka. | | |
| Snížené riziko po opatření | Závažnost a možné škody na zdraví | S1 | Velikost rizika 0 |
| | Četnost a doba trvání ohrožení | A1 | |
| | Možnost vyvarování se nebezpečí | E1 | |
| | Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události | W1 | |
| Validace | Opatření jsou dostatečná | Bc. Petr Sýkora | 12/03/2021 |

Příloha_VI – Schéma zapojení pneumatického okruhu

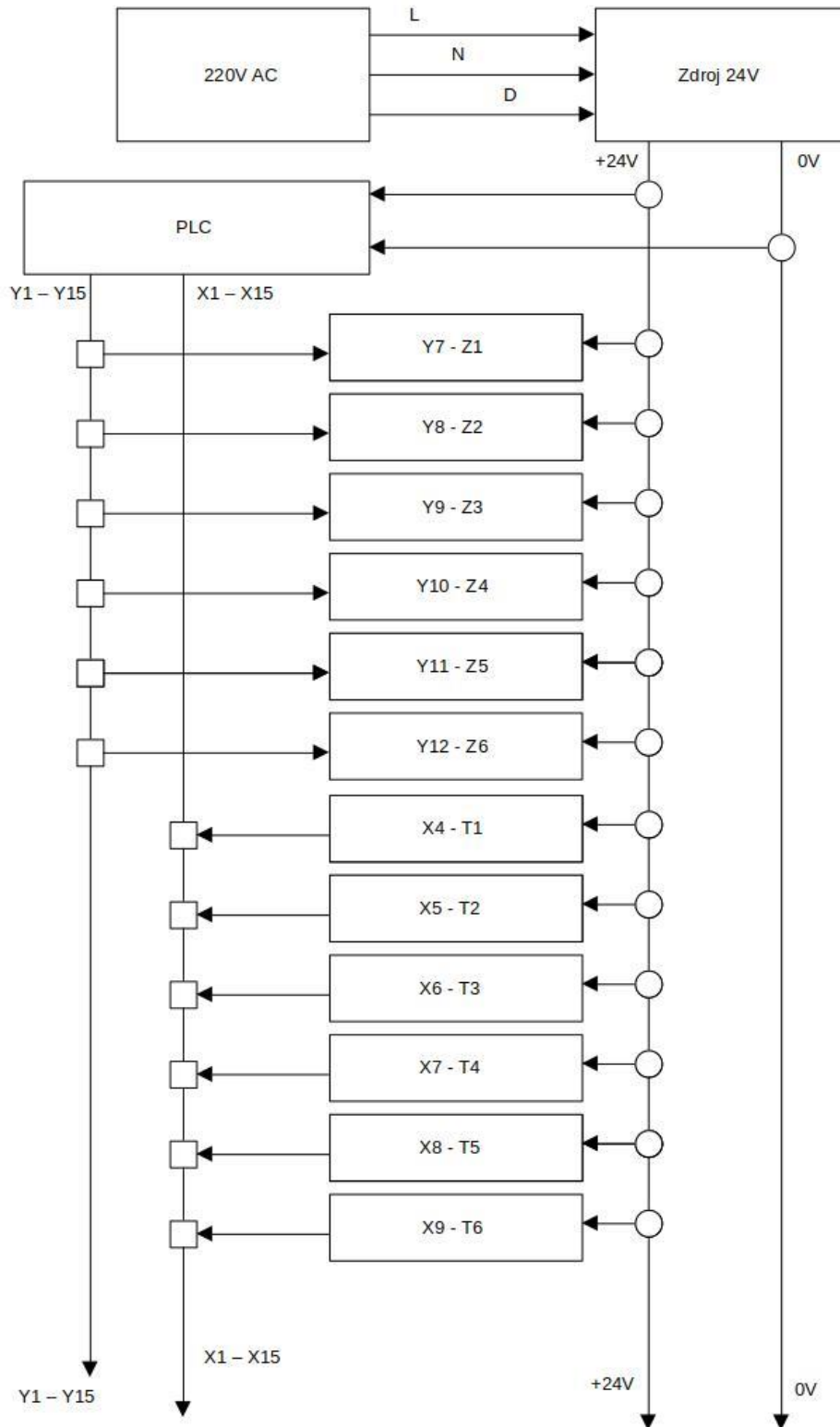


Příloha_VII – Schéma elektrického zapojení

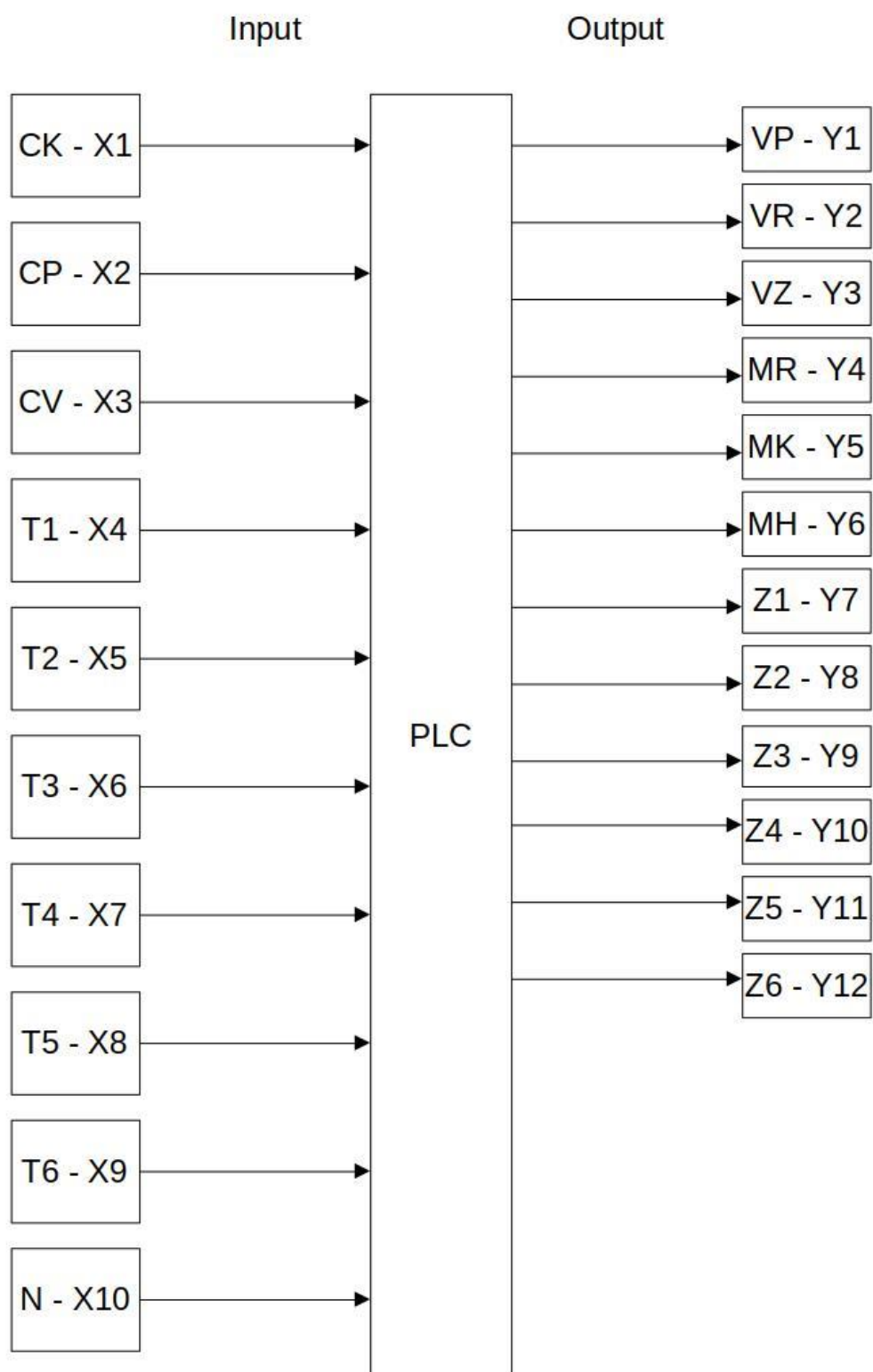
Schema elektrického zapojení strana 1



Schema elektrického zapojení strana 2



Příloha_VIII – Schéma zapojení vstupů a výstupů PLC



| Popis zkratek elektrického zapojení a PLC | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|------------------------|---------|
| pořadí | Typ | Název | Komponenta | Zkratka |
| 1 | Vstupy | Vstup I/O PLC | PLC | X1- X15 |
| 2 | Výstupy | Výstup I/O PLC | PLC | Y1- X15 |
| 3 | Indukční čidlo | Čidlo revolveru | Čidlo | CK |
| 4 | Optické čidlo | Čidlo podavače | Čidlo | CP |
| 5 | Indukční čidlo | Čidlo vahadla | Čidlo | CV |
| 6 | El. mag. Pneu ventil | Ventil podavače | Pneu ventil | VP |
| 7 | El. mag. Pneu ventil | Ventil rotátoru | Pneu ventil | VR |
| 8 | El. mag. Pneu ventil | Ventil zarážky | Pneu ventil | VZ |
| 9 | Regulátor | Regulátor motoru rotačního trnu | Regulátor otáček | MR VDC |
| 10 | Driver Nema 17 | Řízení krokového motoru revolveru | Digital stepper driver | SRK |
| 11 | Driver Nema 17 | Řízení krokového motoru hlavy | Digital stepper driver | SRH |
| 12 | Tlačítko panelu | Tlačítko / spínač | Tlačítko | T1-T6 |
| 13 | Žárovka panelu | Žárovka | Žárovka | Z1-Z6 |
| 14 | | Nezapojeno | PLC | N |
| 15 | Zdroj | Spínaný zdroj +24V | Zdroj 24V | +24V |
| 16 | Zdroj | Spínaný zdroj 0V | Zdroj 24V | 0V |
| 17 | Vstup | Vstup el. Energie | Vstup el. | 220V AC |