



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

**NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO STROJE PRO
VRTÁNÍ A OBRÁŽENÍ PLASTOVÉHO VÝLISKU
A NÁSLEDNÉ LISOVÁNÍ VNITŘNÍHO
MECHANISMU**

DESIGN OF A SINGLE PURPOSE MACHINE FOR DRILLING AND SLOTTING OF A
PLASTIC MOLDING AND FOR FOLLOWING STAMPING OF A INTERNAL MECHANISM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Tulis

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Jiří Tulis**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**
Akademický rok: 2016/17

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:

Návrh jednoúčelového stroje pro vrtání a obrážení plastového výlisku a následné lisování vnitřního mechanismu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je návrh jednoúčelového stroje pro vrtání, obrážení plastového výlisku a následné zalisování vnitřní mechaniky, který má zvýšit efektivitu výroby daného produktu zadavatelské firmy. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností Wera Werk s. r. o., Bystřice nad Pernštejnem.

Cíle diplomové práce:

1. Seznamte se stávajícími technologiemi výroby produktu a popište ji.
2. Seznamte se s výrobními náklady na kus při stávající technologii a analyzujte je.
3. Navrhněte parametry (potřebné síly, krouticí momenty, výkony). důležitých pracovních jednotek (vrtací, obrážecí, začišťovací a lisovací).
4. Navrhněte alespoň dva koncepty provedení stroje.
5. Metodou multikriteriálního hodnocení proveďte výběr vhodné varianty z hlediska technického.
6. Proveďte zhodnocení obou navržených variant s ohledem na provozní potřeby (takt stroje v lince) a cenové náklady na jeho pořízení.
7. Vypracujte projektovou a výkresovou dokumentaci vybrané varianty.
8. Proveďte analýzu rizik vyplývajících z obsluhy a provozu nového jednoúčelového stroje.

Seznam literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

ZELENKA, Antonín, Luděk VOLF a Antonie POSKOČILOVÁ. Projektování výrobních systémů: návody na cvičení. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04394-3.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 3. 11. 2016



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

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

ABSTRAKT

Cílem práce je navrhnout koncept jednoúčelového stroje pro vrtání a obrážení plastového výlisku a následné zalisování vnitřní mechaniky. Nejprve je popsána stávající technologie výroby produktu, podle níž jsou nadefinovány parametry základních jednotek stroje. Poté jsou popsány dva koncepty možného provedení zařízení, jejichž vhodnost je poté zhodnocena multikriteriální metodou.

ABSTRACT

The aim is to design a single purpose machine for drilling and slotting plastic molding and then pressing the internal mechanics. First is described the current product technology, according to which the defined parameters of the basic units of the machine. Then described two possible design concepts devices whose suitability is then evaluated multi-criteria method.

KLÍČOVÁ SLOVA

Návrh jednoúčelového stroje, vrtání a obrážení plastového výlisku, zalisování mechaniky

KEYWORDS

Design of a single purpose machine, drilling and slotting of a plastic molding, stamping of a internal mechanism

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TULIS, J. *Návrh jednoúčelového stroje pro vrtání a obrážení plastového výlisku a následné lisování vnitřního mechanismu*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 113 s., Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček. Dr.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval svojí manželce a dětem za jejich trpělivost a podporu při mém studiu. Stejně díky patří i vedení společnosti Wera Werk, s.r.o. a mým kolegům z firmy. V neposlední řadě bych velmi rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Radku Knoflíčkovi, za cenné rady, připomínky a náměty při psaní této práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. 4. 2017

.....

Bc. Jiří Tulis

OBSAH

1	ÚVOD	17
2	MOTIVACE.....	19
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	21
3.1	Polohovací jednotky.....	21
3.1.1	Kruhový otočný stůl.....	21
3.1.2	Mezikruhový otočný stůl	22
3.1.3	Přímočarý polohovací stůl.....	22
3.1.4	Polohovací a zpevňovací jednotky	23
3.1.5	Krokový dopravník	24
3.1.6	Speciální polohovací systémy	24
3.2	Vrtací jednotky	25
3.2.1	Vrtací jednotky Sugino	25
3.2.2	Vrtací jednotky Suhner	26
3.3	Pneumatické pohony	27
4	POPIS VÝROBKU.....	29
4.1	Jednotlivé díly výrobku.....	29
4.1.1	Držadlo – plastový výlisek z polypropylenu.....	29
4.1.2	Podsestava vnitřní mechaniky	30
4.2	Jednotlivé kroky stávající výroby produktu	30
4.2.1	Vstřikování dílu „držadlo“ na vstřikolisu	30
4.2.2	Vstřikování dílů „vnitřní objímka se šestihranem“ a „odjišťovací kroužek“ na vstřikolisu.....	31
4.2.3	Vrtání vnitřního otvoru pro mechaniku u dílu „držadlo“.....	31
4.2.4	Začištění otřepu na čele výrobku od vrtání	32
4.2.5	Obrázení čtyř drážek v otvoru dílu „Držadlo“ pro protikus.....	32
4.2.6	Začištění dna (odstranění „zakroucených špon“) po obrázení čtyř drážek.....	33
4.2.7	Zalisování připravené podsestavy „Vnitřní mechanika“ do dílu „Držadlo“...	34
4.2.8	Kontrola držení šestihranným kalibrem.....	35
4.3	Roční množství výrobku, objem lidské práce	36
5	STANOVENÍ DŮLEŽITÝCH PARAMETRŮ PRO NÁVRH STROJE.....	39
5.1	Zjištění parametrů pro vrtací jednotku.....	39
5.1.1	Krouticí moment.....	39
5.1.2	Posuvová (axiální) síla při vrtání (praktická zkouška)	43
5.1.3	Otáčky při vrtání	44
5.1.4	Výkon vrtací jednotky.....	44
5.2	Zjištění parametrů pro lis pro obrázení čtyř drážek.....	44
5.2.1	Vzorce pro teoretický výpočet síly pro obrázení.....	44
5.2.2	Praktická zkouška pro zjištění síly pro obrázení čtyř drážek	45
5.3	Zjištění parametrů pro odstranění nepřípustných zbytků z obrázení v dutině (začištění dna od tzv. „zakroucených špon“)	46
5.3.1	Krouticí moment potřebný pro začištění dna	46
5.3.2	Měření posuvové (axiální) síly potřebné pro začištění dna	47
5.3.3	Otáčky potřebné pro začištění dna.....	47
5.3.4	Výkon vrtací jednotky potřebný pro začištění dna.....	47
5.4	Zjištění parametrů pro zalisování mechaniky	47

5.5	Zjištění parametrů pro kontrolu funkce kalibrem	48
6	KONCEPT Č. 1 – PLNĚ AUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ S OTOČNÝM STOLEM	51
6.1	Koncepce základací stanice	54
6.2	Koncepce vrtací stanice	57
6.2.1	Vrtací jednotka BEM 12 fa. Suhner	57
6.2.2	Vrtací jednotka Sugino Selfeeder REVO SRV5-6-1307	59
6.2.3	Zvolená vrtací jednotka, popis činnosti	60
6.3	Koncept obrážecí stanice	61
6.4	Stanice pro začišťování 4 otřepů po obrážení	63
6.4.1	Vrtací jednotka Suhner BEM 6	63
6.5	Vyfukovací stanice	64
6.6	Lisovací stanice	65
6.6.1	Podávací stanice	65
6.6.2	Lisovací stanice (kombinovaná s manipulačním zařízením)	67
6.7	Kontrolní stanice	70
6.8	Odebírací stanice	71
6.8.1	Koncept odebírací jednotky s kyvným pohonem 0/90/180°, který odkládá na dva separátní skluzy	71
6.9	Otočný stůl	72
6.10	Upínací přípravky	75
6.11	Odstraňování plastových třísek ze stroje	78
6.12	Rám a kabina stroje	78
6.12.1	Rám stroje	78
6.12.2	Kabina stroje	78
7	KONCEPT Č. 2 – POLOAUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ S OTOČNÝM STOLEM A OBSLUHOU	81
7.1	Zakládací a odebírací stanice (v jednom celku s ruční obsluhou)	82
7.2	Upínací přípravky (ovládané ručně obsluhou)	83
7.3	Kabina stroje a rám stroje	84
7.3.1	Kabina stroje	84
7.3.2	Rám stroje	84
8	POROVNÁNÍ OBOU KONCEPTŮ	85
8.1	Hodnocení z hlediska taktu stroje	85
8.1.1	Takt konceptu č. 1	85
8.1.2	Takt konceptu č. 2	86
8.2	Hodnocení z hlediska návratnosti investice	86
8.2.1	Návratnost investice do konceptu č. 1	87
8.2.2	Návratnost investice do konceptu č. 2	87
8.3	Hodnocení obou konceptů pomocí multikriteriální analýzy	88
8.3.1	Hodnotící formulář konceptů 1 a 2 dle multikriteriální analýzy	89
9	ANALÝZA RIZIK VYPLÝVAJÍCÍ Z PROVOZU ZAŘÍZENÍ	91
9.1	Strategický management rizika	91
9.1.1	Tabulka významu rizik	91
9.1.2	Hranice velikosti rizik pro hodnocení jejich závažnosti.	92
9.2	Požadavky na bezpečnost strojních zařízení	93
9.2.1	Postup posouzení rizik a jejich snížení	93
9.3	Analýza rizik konceptu č. 1	94

9.3.1	Blokové schéma stroje	95
9.3.2	Analýza rizik pro životní etapu „používání – provoz“	95
9.3.3	Vybraná 3 nebezpečí a přijatá opatření	97
10	ZÁVĚR.....	101
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	103
12	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	105
12.1	Seznam tabulek.....	105
12.2	Seznam obrázků.....	106
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	111

1 ÚVOD

Tématem této práce je základní návrh jednoúčelového strojního zařízení, které by mělo sloužit pro výrobu produktu nazývaného dle původní výkresové dokumentace Handhalter, tedy v překladu, ruční držák. Zařízení by mělo nahradit několik pracovních činností, které jsou prováděny většinou na ručních pracovištích (příp. na strojích s lidskou obsluhou), přičemž většina těchto činností je poměrně náročná z hlediska požadavku na ergonomii. Zařízení by mělo odstranit namáhavé činnosti při obsluze strojů a přípravků používaných při výrobě stávající technologií. Zařízení by zároveň mělo snížit náklady na výrobu na kus. Další zlepšení, které by navrhované zařízení mělo přinést je, že výrobek bude vyroben na jedno upnutí (čili všemi dílčími technologickými kroky projde v jednom upínacím přípravku). Očekává se, že toto zdokonalení přinese zlepšení výsledné obvodové házivosti kompletního produktu. Při současné technologii je výrobek upnut při každé operaci v jiném upínacím přípravku (kdy každý přípravek může být lehce vyosen), což vnáší postupně větší a větší výrobní nepřesnost do celkové obvodové házivosti produktu, která je poměrně důležitým parametrem přesnosti výroby a tudíž i kontrolním aspektem.

Účelem této závěrečné práce by mělo být navržnutí alespoň dvou variant základního konceptu zařízení – včetně základního 3D modelu alespoň jedné z variant a základní výrobní a projektové dokumentace – a jejich srovnání (především z pohledu taktu stroje a i z pohledu ceny zařízení). Diplomová práce je zpracovávána ve spolupráci s firmou Wera Werk, s.r.o.

Práce je rozdělena do 13 základních kapitol, přičemž v kapitole 4 je představen výrobek a jeho jednotlivé části a dále pak jsou i detailně představeny stávající technologické operace, z kterých sestává pracovní postup výroby produktu. Další kapitola pak pojednává o stanovení důležitých parametrů pro základní návrh stroje, mezi něž patří: krouticí moment na vřetenu vrtačky při používaných otáčkách a posuvu, dále pak potřebná síla posuvu při vyvrtávání, síla potřebná na obražení 4 drážek a v neposlední řadě síla potřebná pro lisování vnitřní mechaniky. Všechny zmiňované parametry byly určeny praktickou zkouškou za pomoci snímače krouticího momentu a za pomoci siloměru.

Následující kapitola se již zabývá prvním konceptem navrhovaného zařízení – plně automatickým zařízením s otočným stolem. Zařízení je schopno pracovat v automatickém režimu díky automatizovanému zakládání polotovarů do upínacích přípravků.

Kapitola sedmá se zabývá druhým konceptem možného provedení zařízení. Jedná se o zařízení poloautomatické, kde obsluha vyjímá hotové výrobky a také zakládá polotovary ručně do přípravků umístěných na otočném stole. Odpadá tedy poměrně náročná automatizace podávání a manipulování zpracovávaných dílů.

Obě řešení jsou následně hodnocena v další kapitole – jak z hlediska taktu zařízení, tak z hlediska ceny, dále také je provedeno hodnocení multikriteriální, pomocí něž je poté vybrána a zadavatelské firmě doporučena výhodnější varianta.

V další kapitole je poté provedena analýza rizik vyplývající z provozu konceptu č. 1, tj., plně automatického zařízení, přičemž pro 3 vybraná rizika je uveden i formulář odhadu rizika.

2 MOTIVACE

Motivací pro tuto diplomovou práci je především snaha zadavatelské firmy o co nejmenší fyzickou zátěž pro své pracovníky. Zadavatelská firma je totiž největším zaměstnavatelem v regionu a vždy se snaží co možná nejvíce optimalizovat svá pracoviště, aby byly ergonomická, aby pracovníci nebyli příliš přetěžováni náročnými činnostmi.

S ohledem na tento trend byla v minulosti vytipována různá pracoviště, kde byla provedena kontrolní fyziologická měření od externí firmy zabývající se hygienou práce, přičemž bylo zjištěno, že některé činnosti prováděné na předmětném výrobku (např. ruční začišťování dna polotovaru „držadlo“) jsou fyziologicky velmi náročné a přinášejí určité riziko nemoci z povolání. Proto se začalo nejprve uvažovat o částečné automatizaci výroby tohoto artiklu (automatizace několika fyziologicky nejnáročnějších kroků postupu), poté o komplexním automatizování celé výroby tohoto artiklu.

Kromě odstranění fyziologicky náročných činností by mělo být dosaženo i snížení výrobního času na kus a též i celkových nákladů na výrobu jednoho kusu.

Též se očekává zlepšení celkové obvodové házivosti kompletního produktu vůči zasunutému nástavci s funkčním profilem (tzv. čepeli např. s profilem PH, Torx), která je poměrně sledovaným kontrolním aspektem tohoto produktu.

Automatizování výroby tohoto artiklu zároveň zvýší kapacitu ručního pracoviště, poněvadž na něm je vyráběno více různých artiklů.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V práci je řešen speciální jednoúčelový stroj (dále též i jako zkratka JÚS), který bude sestávat jednak ze standardizovaných komponent nabízených na trhu, a dále z komponent, které budou vyrobeny tzv. „na míru“.

Na stroji bude prováděno několik rozličných pracovních kroků v několika stanicích, přičemž je třeba zajistit transport výrobku mezi těmito stanicemi a jeho správné ustavení do polohy (tzv. „zapohovávání“) pod pracovní stanici.

K tomu slouží polohovací jednotky. Na trhu se nachází jisté množství typů od různých výrobců. Stručný přehled bude uveden v bodu 3.1.

Na stroji bude dále prováděna operace vrtání – na trhu je mnoho výrobců, zabývajících se automatizačními jednotkami pro vrtání, vyvrtávání, závitování. Některé z firem budou dále stručně prezentovány v bodu 3.2.

Dalšími významnými prvky užitými na nově vyvíjeném stroji jsou pneumatiky (ať už lineární, nebo kyvné). V oblasti pneumatiky je leaderem na trhu především firma FESTO – dále bude popsáno v bodu 3.3.

3.1 Polohovací jednotky

Mezi polohovací jednotky stroje patří:

- kruhový otočný stůl
- mezikruhový otočný stůl, obvodový otočný buben s obvodovým uložením, středový otočný buben se středovým uložením
- přímočarý polohovací stůl
- polohovací a zpevňovací jednotka a krokový dopravník
- Polohovací systém kombinující přímočarý pohyb a kruhový pohyb

[10], [11]

Pro všechny jednotky této skupiny platí následující technické požadavky:

- statická a dynamická tuhost odpovídající požadavkům obrábění
- minimální vedlejší čas pracovního cyklu jednotky
- přesnost upnutí obrobku v pracovní poloze odpovídající požadavkům obrábění
- dobrý a samočinný odchod třísek a chladicí kapaliny
- provozní spolehlivost a životnost
- snadná údržba.

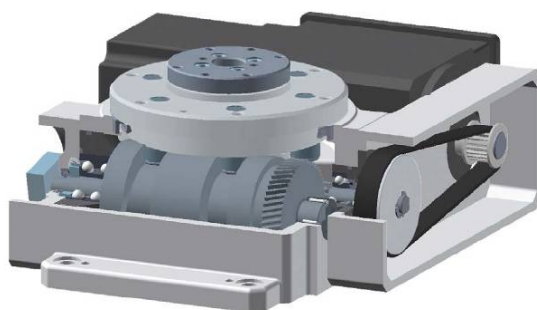
[10], [11]

3.1.1 Kruhový otočný stůl

Pro užité parametry a jednoduchost je nejčastěji používaným typem polohovací jednotky. Slouží k dopravě obráběných součástí po kruhové dráze kolem svislé osy otáčení mezi jednotlivými pracovními polohami a polohou pro založení a vyjmutí součásti [10], [11].



Obr. 1) Kruhový otočný stůl fa. Taktomat Německo [12]



Obr. 2) Kruhový otočný stůl fa. Weiss Německo [14]

Pro optimální konstrukci rozhodují tyto vlastnosti:

- přesnost polohování
- čas polohovacího cyklu
- dovolené zatížení hmotností upínačů a obrobků
- dovolené vnější zatížení
- počet dělení poloh stolu
- odvod třísek
- přívod tlakového oleje k upínačům.

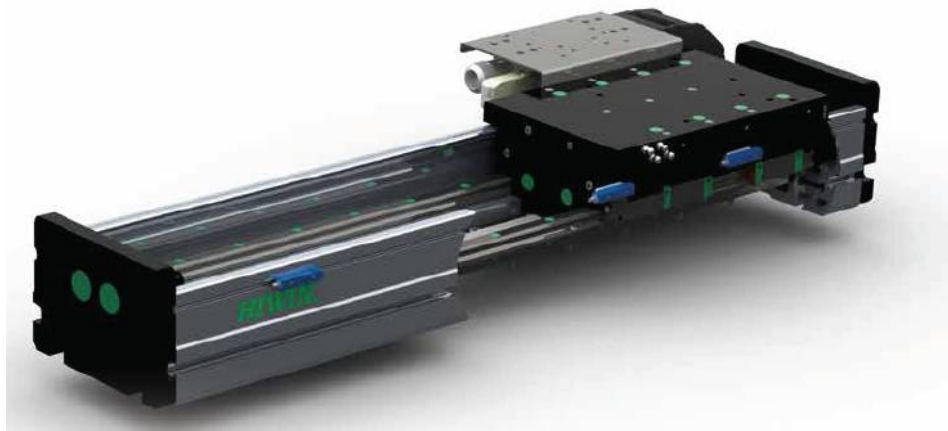
[10], [11]

3.1.2 Mezikruhový otočný stůl

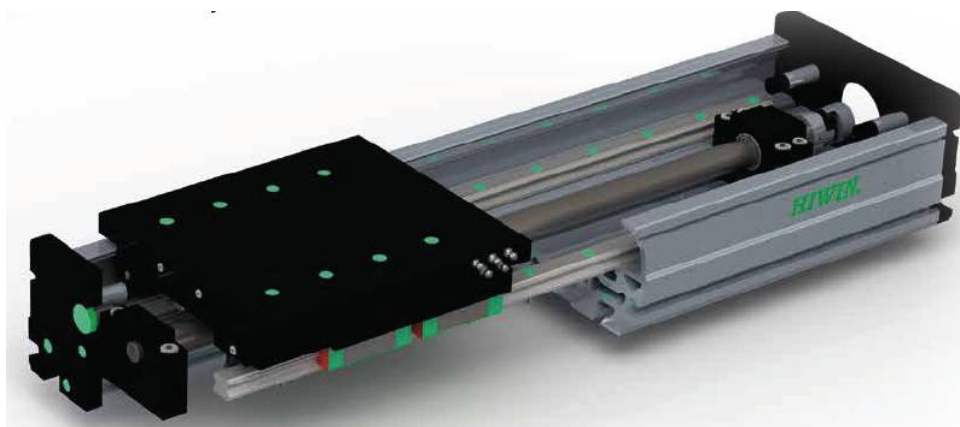
Umožňuje obrábění součástí ve dvou na sebe kolmých směrech, ve více pracovních polohách. Otočnou část tvoří mezikruhovú deska, uložená radiálně na centrálním sloupu v ose stolu. Nevýhodou je obtížný přístup pro seřizování a opravy, proto je nahrazován většími velikostmi kruhových otočných stolů. [10], [11]

3.1.3 Přímočarý polohovací stůl

Slouží ke stavbě strojů s přímočarým vratným pohybem obráběné součásti mezi jednotlivými pracovními polohami. Po ukončení obrábění se stůl zpravidla přesune do nakládací a vykládací polohy. Vedle dopravy a polohování obrobku může plnit i funkce pracovního posuvu (pro frézovací operace) nebo přísuvu pracovní jednotky. [10], [11]



Obr. 3) Polohovací systém s lineárním motorem - Hiwin [13]



Obr. 4) Lineární polohovací jednotka s kuličkovým šroubem fa. Hiwin [13]

Je třeba vždy uvažovat:

- přesnost polohování (tolerance $X \pm 0,01$ mm)
 - možnost zpevnění v pracovní poloze
 - odolnost proti vlivu třísek a chladicí kapaliny.
- [10], [11]

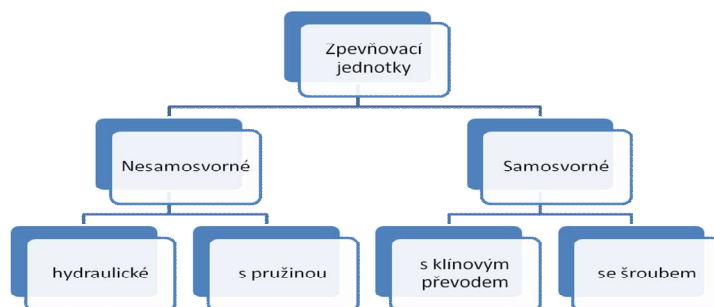
3.1.4 Polohovací a zpevňovací jednotky

Jsou určeny k přesnému ustavení a tuhému upnutí nosné desky (palety) v pracovní poloze.

[10], [11]

Vhodná koncepce musí splňovat:

- přesnost polohování
 - tuhost zpevnění ustavení (nosná deska musí být upnuta dostatečnou silou)
 - čas pracovního cyklu musí být co nejkratší
 - odolnost proti vlivu třísek a chladicí kapaliny.
- [10], [11]



Obr. 5) Zpevňovací jednotky – rozdělení [10]

3.1.5 Krokový dopravník

Slouží pro přímočarou dopravu nosných desek obrobků mezi jednotlivými polohami pracovními i výměnnými. [10], [11]

Hlavní požadavky:

- minimální čas pro dopravu
- přesnost dopravy
- dobrý odvod třísek.

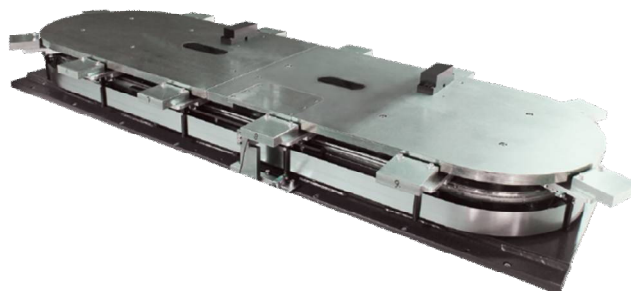
[10], [11]



Obr. 6) Krokový polohovací systém fa. Taktomat [12]

3.1.6 Speciální polohovací systémy

Např. od firmy Taktomat – polohovací systém kombinující přímočarý pohyb a kruhový pohyb, viz obr. níže



Obr. 7) Speciální polohovací systém fa. Taktomat [12]

3.2 Vrtací jednotky

Jsou samostatné jednotky určené k vrtání, vyvrtávání a řezání závitů. Pohon vřetene je většinou realizován asynchronním motorem, příp. i stlačeným vzduchem.

Pohon výsuvu pinoly může být proveden pneumaticky (velmi časté), hydraulicky, mechanickým převodem, příp. pomocí servomotoru (pro přesné operace). [15], [16]

3.2.1 Vrtací jednotky Sugino

Tato japonská firma zastoupená v ČR firmou Sugino Machine Limited - Praha nabízí několik typů vrtacích jednotek:

- Servo vrtací jednotky – označení výrobní řady jako Selfeeder Varimec a Mechatric – výsuv pinoly prováděn servomotorem a pohon vřeten DC bezkartáčovým motorem.



Obr. 8) Servo vrtací jednotka Selfeeder Varimec [15]

- Elektro – pneumatické vrtací jednotky – označené jako Selfeeder Revo – asynchronní motor pohání vřeteno, výsuv pinoly pomocí pneumatiky. Jednoduché a velmi používané řešení vrtacích jednotek.



Obr. 9) Vrtací jednotka Selfeeder Revo [15]

- Kompletně pneumatický pohon jednotky - Selfeeder Pneumatic – pohon včetně i výsuv jsou realizovány stlačeným vzduchem.



Obr. 10) Vrtací jednotky Selfeeder Pneumatic [15]

3.2.2 Vrtací jednotky Suhner

Švýcarská firma Suhner, jež se na svých webových stránkách představuje jako „Expert na automatizaci“, nabízí kromě jiného i vrtací jednotky v několika řadách:

- Monomaster – jsou vrtací jednotky s výsuvnou pinolou



Obr. 11) Vrtací jednotky Monomaster [16]

- Powermaster – jsou vrtací jednotky s pevným vřetenem a posuvnými saněmi



Obr. 12) Saně, na které se umístí vrtací jednotka [16]

- Multimaster – vrtací jednotky s pohonem ohebným hřídelem



Obr. 13) Vrtací jednotky s pohonem ohebným hřídelem [16]

- A další...

3.3 Pneumatické pohony

Hojně používané prvky při konstrukci JÚS jsou i různé pneumatické pohony, využití at' už jako lisovací prvky, anebo jako polohovací prvky. Leaderem v oblasti těchto pneu-komponent je především firma FESTO

Firma FESTO nabízí kompletní portfolio pneumatických komponent, pro tuto diplomovou práci budou nejdůležitější především lineární pneumatory a otočné (kyvné) jednotky.

Lineární pneumatory nabízené firmou FESTO:

- Tzv. válce dle norem – odpovídají několika normám pro výroby
- Kruhové válce – jsou válce kruhové, nebo téměř kruhového tvaru
- Kompaktní válce s krátkým zdvihem a ploché válce – krátký zdvih a optimalizovaná montážní délka – nejpoužívanějšími jsou pneumatory ADVUL a ADVU
- Válce z ušlechtilé oceli
- A další...

[6]



Obr. 14) Pneumotory ADVUL – s vodící tyčí a posuvnou deskou a ADVULQ se čtyřhrannou pístnicí [6]

Kyvné pohony nabízené firmou FESTO:

- Kyvné pohony s kyvným hřídelem
- Kyvné jednotky s pohonem ozubeným pastorkem / hřebenem
- Kyvně-přímočaré jednotky

[17]



Obr. 15) Kyvné jednotky FESTO – základní typy [17]

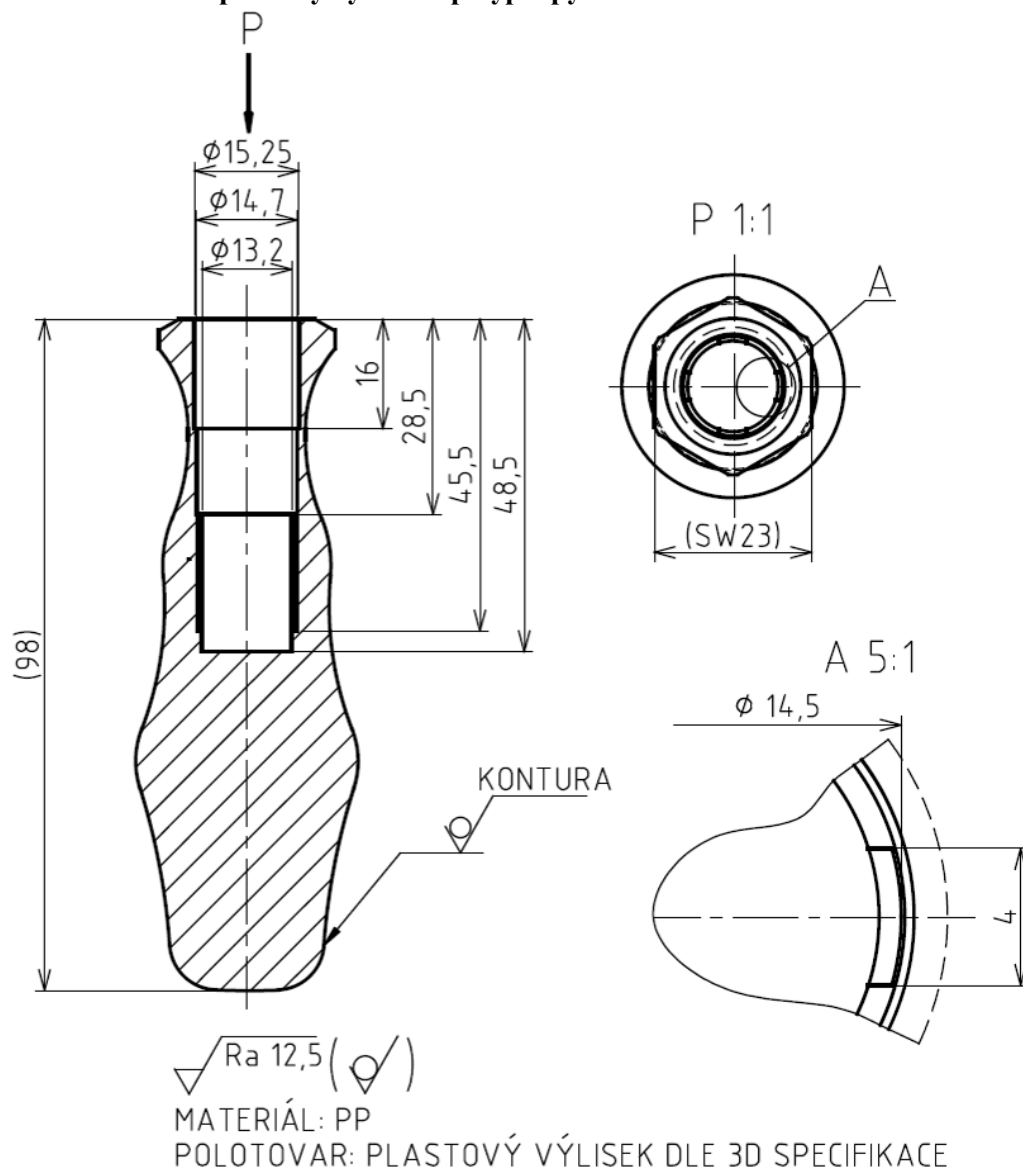
4 POPIS VÝROBKU

V této kapitole bude popsán produkt a také stávající technologie výroby produktu. Jak již bylo řečeno v úvodu, v současné době se produkt vyrábí postupně na několika pracovištích, kde je doménou lidská činnost. Většina těchto činností je poměrně neergonomická, pro pracovníky náročná kvůli zátěži horních končetin.

4.1 Jednotlivé díly výrobku

Výrobek je složen ze dvou základních dílů:

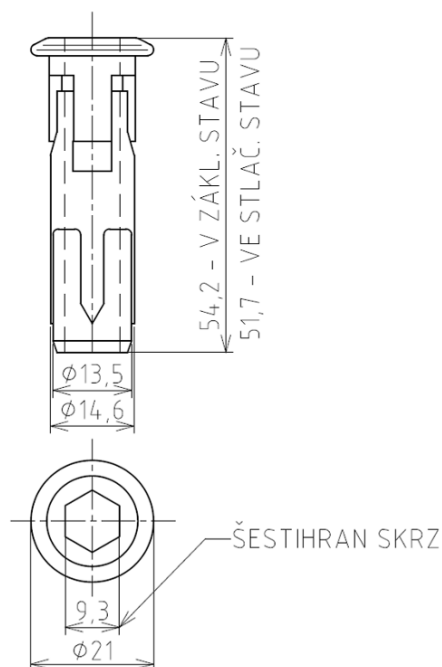
4.1.1 Držadlo – plastový výlisek z polypropylenu



Obr. 16) Držadlo – náčrt s důležitými rozměry [autor DP]

4.1.2 Podsestava vnitřní mechaniky

Je složená z vnitřní objímky se šestihranem a odjišťovacího kroužku – obojí taktéž plastový výlisek – z tvrdšího materiálu POM



Obr. 17) Vnitřní mechanika – náčrt s důležitými rozměry [autor DP]

4.2 Jednotlivé kroky stávající výroby produktu

Stávající postup výroby výrobku je složena z jednotlivých technologických operací, které se provádí na různých pracovištích.

Postup se skládá z těchto kroků:

4.2.1 Vstřikování dílu „držadlo“ na vstřikolisu

Díl „držadlo“ si zadavatelská firma vyrábí sama na vlastních vstřikolisech z materiálu polypropylen. Z technologických důvodů je možno tento díl nastříknout pouze na vstřikovací trn do určitého průměru – používá se trn s $\varnothing 7,6$ mm. Proto je třeba díl držadlo v dalším kroku „převrtat“ na potřebný průměr.



Obr. 18) Foto dílu držadlo po nastříknutí a stažení z trnu [foto autor DP]

4.2.2 Vstřikování dílů „vnitřní objímka se šestihranem“ a „odjišťovací kroužek“ na vstříkolisu

Díly „vnitřní objímka se šestihranem“ a „odjišťovací kroužek“ jsou zadavatelskou firmou nakupovány u externího německého dodavatele. Díly jsou dodávány ve finálním provedení, smějí být použity teprve po namátkové kontrole rozměrů na příjmu zboží zadavatelské firmy. Poté jsou tyto dva díly společně smontovány (jednoduchá ruční práce) do podsestavy „vnitřní mechanika“ a takto jsou skladovány, tzn. připraveny k montáži.

Tyto první dva kroky zůstanou ve stávajícím stavu, navrhované zařízení bude nahrazovat následující kroky technologického postupu.

4.2.3 Vrtání vnitřního otvoru pro mechaniku u dílu „držadlo“

Jak již bylo zmíněno v kroku I., není možno z technologických důvodů nastříknout otvor pro mechaniku v potřebných rozměrech. Proto se provádí převrtání přesným vícestupňovým vrtákem.

Převrtávání je prováděno na univerzální sloupové vrtačce s automatickým posuvem, která byla výrobcem speciálně upravena pro potřeby zadavatelské firmy, kdy maximální hodnota posuvu f byla zvýšena z původních $400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ na $1000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Tato vrtačka je využívána i pro vrtání jiných plastových výrobků.



Upínací přípravek

Obr. 19) Sloupová vrtačka UNIMAX 3AV pro operaci vrtání [foto autor DP]

Při vrtání je používáno automatického posuvu kvůli dosažení lepší drsnosti povrchu vnitřního otvoru – drsnost povrchu má vliv při pozdější operaci lisování, kdy velká drsnost povrchu může vést ke vzniku vad na povrchu dílu (bílé šlíry) kvůli slabé stěně v nejužším místě držadla

Počet otáček je při vrtání tohoto artiklu nastaven na 750 min^{-1} . Potřebný počet otáček a potřebná velikost posuvu byly definovány experimentálně na začátku výroby tohoto artiklu

jako nejlepší parametry s ohledem na zahřívání vrtáku, odvod třísek, drsnost povrchu otvoru atd. Z těchto parametrů by tedy měly i vycházet základní koncepty zařízení.

U tohoto kroku bude dále třeba zjistit potřebný minimální krouticí moment na vřetenu stroje a zároveň i potřebnou posuvovou (axiální) sílu.



Obr. 20) Foto dílu držadlo po vyvrtání [foto autor DP]

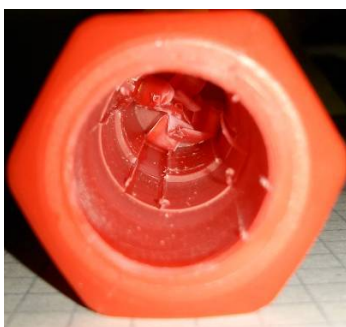
4.2.4 Začištění otřepu na čele výrobku od vrtání

Po převrtání dojde k „vytažení“ otřepu na čele výrobku, který musí být odhrocen. To se provádí ručně za pomoci ostrého nože, příp. tzv. „šábru“. Tato operace bude v obou, později popisovaných, konceptech nahrazena dalším stupněm na vícestupňovém vrtacím nástroji – tento stupeň bude sloužit ke srážení přechodové hrany čelo/vrtání $1 \times 45^\circ$ (tudíž na čele výrobku nebude vznikat otřep).

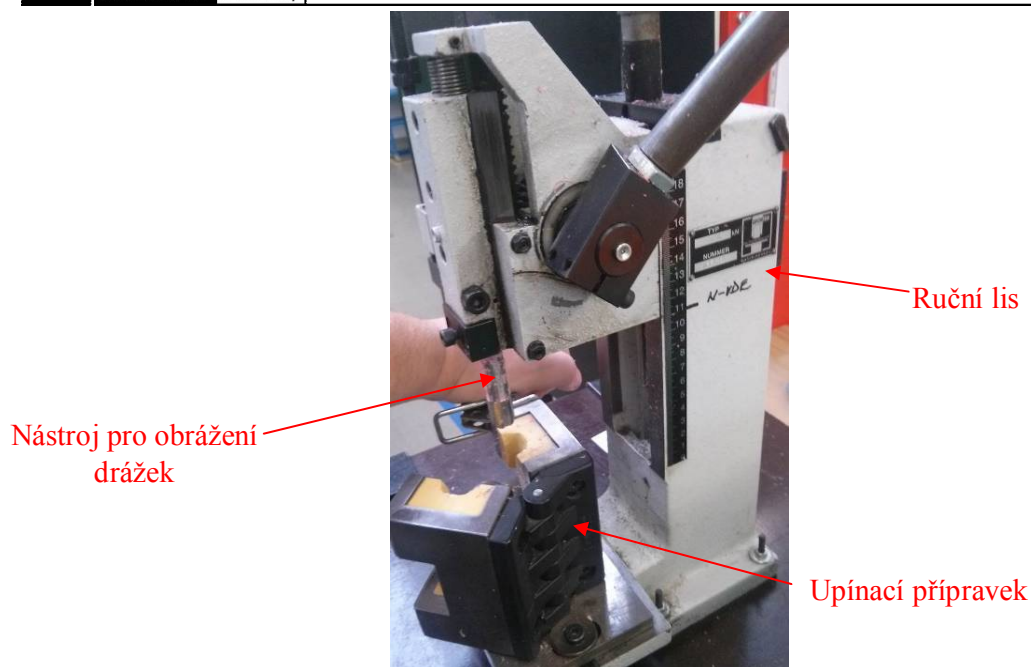
4.2.5 Obrážení čtyř drážek v otvoru dílu „Držadlo“ pro protikus

Jelikož finální výrobek musí přenést určitý minimální krouticí moment definovaný interní normou, je třeba, aby spojení „držadlo“ a „vnitřní mechanika“ bylo dostatečně pevné. Při použití pouhého lisování s přesahem by spoj nedosahoval potřebných hodnot, proto je přenos potřebného krouticího momentu mezi dílem „držadlo“ a „vnitřní mechanika“ realizován kombinací tvarového spoje, tzn. na dílu „vnitřní mechanika“ jsou čtyři výstupky, které zapadají do čtyř drážek v díle „držadlo“, a zároveň i částečně přesahem, který mezi díly vzniká.

Právě proto je potřeba v díle „Držadlo“ provést vyříznutí čtyř drážek. To se provádí speciálním tvarovým nástrojem s vyměnitelným břitem, který je upnut na ručním lisu. Na jeden zdvih se poté provede vyříznutí všech čtyř drážek.



Obr. 21) Foto dílu držadlo po obrážení čtyř drážek – patrné otřepy z lisování („tzv. zakroucené špony“) na dně vrtání [foto autor DP]



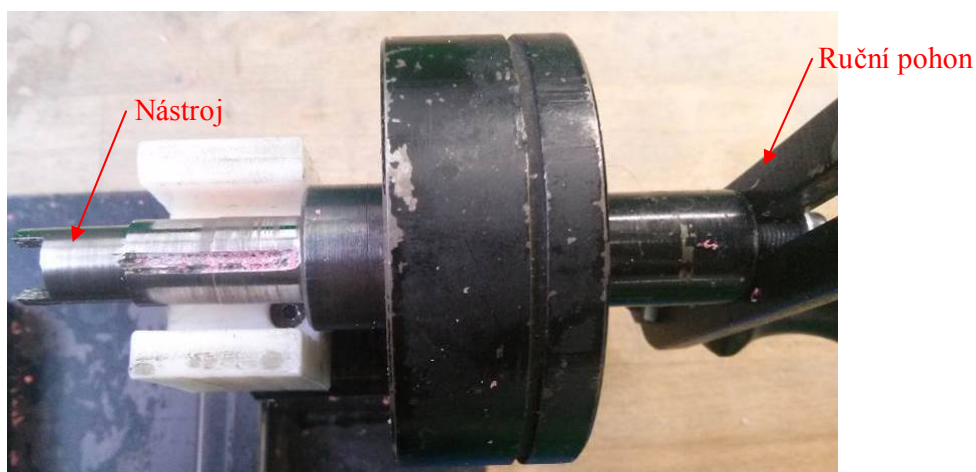
Obr. 22) Ve výrobě využitý, standardně dostupný ruční lis s ozubeným převodem pro obrážení čtyř drážek [foto autor DP]

U této operace bude třeba zjistit lisovací sílu pro obrážení čtyř drážek

4.2.6 Začištění dna (odstranění „zakroucených špon“) po obrážení čtyř drážek

Po obrážení drážek vzniknou na dně otvoru čtyři „zakroucené špony“, které je třeba oddělit ze dna otvoru dílu „držadlo“.

To se provádí pomocí ručně poháněného přípravku se speciálně vyrobeným nástrojem, který má na čele dva břity, které za pomoci rotačního pohybu odříznou v předchozím kroku vzniklé „zakroucené špony“. Nástroj je zároveň i vybaven dvěma ostřími na svém obvodu, která slouží k odstranění příp. otřepů na přechodech jednotlivých stupňů vrtání.



Obr. 23) Přípravek pro odstranění „zakroucených špon“ [foto autor DP]

Jelikož je tento přípravek ručně poháněný klikou a díl „Držadlo“ je při pracovní činnosti třeba druhou rukou tlačit proti nástroji, je zřejmé, že se jedná o poměrně ergonomicky a fyziologicky náročnou aplikaci s velkou zátěží zápěstí pracovníků.

V tomto kroku se ještě provede „vyklepání“ špon z otvoru „Držadla“ – otočí se otvorem směrem dolů a klepnutím o stůl se provede „vyklepnutí“ zbylých špon.



Obr. 24) Foto dílu držadlo po začištění dna otvoru [foto autor DP]

4.2.7 Zalisování připravené podsestavy „Vnitřní mechanika“ do dílu „Držadlo“

Je třeba správně „napozicovat“ čtyři výstupky na podsestavě „Vnitřní mechanika“ vůči čtyřem drážkám v díle „Držadlo“, „přednasunout“ takto díl „Vnitřní mechanika“ do dílu „Držadlo“, založit do přípravku a poté provést zalisování. To se provádí na jednoduchém pneumatickém lisu.



Zakládací přípravek

Obr. 25) Pneumatický lis pro zalisování dílu „Vnitřní mechanika“ do dílu „Držadlo“ [foto autor DP]



Obr. 26) Foto hotového výrobku po nalisování dílu mechanika [foto autor DP]

Na tomto lisu je používán pneumatický válec firmy Univer s označením RS4000630065

End-caps	die-cast aluminium
Barrel	anodized aluminium
Piston	aluminium
Guide slide	acetalic resin
Piston rod	chromium-plated steel, stainless steel upon request
Piston seal	nitrile rubber
Guide bush for piston rod	acetalic resin
Shock absorber seals	nitrile rubber
Cushionings	pneumatic adjustable (UNIVER original standard supplied)
Magnet	standard supplied
Other versions available	tandem, two-position tandem, opposed tandem, with common piston rod (upon request)

CODIFICATION KEY

R	S	2	0	0	0	3	2	0	0	2	5	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

1 Series	2 Type	3 Version
----------	--------	-----------

RS = Ø 32÷100 mm - STRONG
Compact cylinders

1 = Stainless steel female piston rod
2 = Chromium-plated steel female piston rod
3 = Stainless steel male piston rod
4 = Chromium-plated steel male piston rod

For type 1 - 2

00 = D.A. Standard version
01 = D.A. Through piston rod
10 = D.A. Non-rotating guided piston rod (Ø32÷63)
11 = D.A. Non-rotating guided through piston rod (Ø32÷63)
20 = D.A. Long piston (Ø32÷63)
60 = S.A. Retracted piston rod
70 = S.A. Extended piston rod

For type 3 - 4

00 = D.A. Standard version
01 = D.A. Through piston rod
20 = D.A. Long piston (Ø32÷63)
60 = S.A. Retracted piston rod
70 = S.A. Extended piston rod

D.A. = Double acting
S.A. = Single acting

4 Bore (mm)	5 Stroke (mm)	6 Option
-------------	---------------	----------

032 = Ø32
040 = Ø40
050 = Ø50
063 = Ø63
080 = Ø80
100 = Ø100

Single acting
0005 - 0010 - 0015 - 0020 - 0025
Double acting
0005 - 0010 - 0015 - 0020 - 0025
0030 - 0040 - 0050 - 0060 - 0080
Max standard stroke
0080 (Ø32÷100)

Version with extended piston (upon request)
0800 (Ø32-40) 1000 (Ø50÷100)
Max stroke with non-rotating guided piston rod (upon request)
0400 (Ø32-40) 0800 (Ø63)
0500 (Ø50) 1000 (Ø80-100)

H = Hollow piston rod only for through piston rod versions without flange
G = Preset for locking unit only for D.A. cylinders with chromium-plated steel piston rod
C = With flange for versions:
100-101-120-160-170
200-201-220-260-270

1
Cylinders

Cylinders 1

Obr. 27) Kódování pneu válců UNIVER [1]

Dle katalogu firmy Univer se jedná o válec s chromovanou ocelovou pístní tyčí, standardního provedení, s průměrem 63mm a zdvihem 65mm. Tlačná síla při provozním tlaku 6 bar bude tedy vycházet ze základního vztahu:

$$(1) \quad p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Dosadíme-li za $p = 6 \text{ bar} = 600\,000 \text{ Pa}$ a za d průměr válce, tj. $d = 63 \text{ mm} = 0,063 \text{ m}$

$$(2) \quad F = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 600\,000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 1870,9 \text{ N} \approx 1,9 \text{ kN}$$

4.2.8 Kontrola držení šestihranným kalibrem

Jako poslední operace se provede kontrola šestihranným kalibrem, který je zasunut do vnitřní mechaniky, kterou je zaaretován, a poté zatažen silou 35N, přičemž nesmí dojít k vysunutí kalibru. Prakticky se kontrola provádí tak, že na začátku každé výrobní zakázky se provede odběr několika ks, které jsou vyzkoušeny v přesném přípravku se siloměrem, a poté v průběhu zakázky je kontrolováno 100% pracovníci – kalibrem a zatažením „přiměřenou“ silou.

4.3 Roční množství výrobku, objem lidské práce

Poměrně důležitá informace před započítáním prací na konceptu je i to, kolik kusů za rok je aktuálně vyráběno a za jakou cenu. Díky této informaci a taktéž díky informaci o čase potřebném na výrobu jednoho kusu, je poté možno vyčíslit roční hodinové náklady na lidskou práci, přičemž vynásobením průměrnou hodinovou sazbou střediska v Kč zadavatelské firmy je možno tyto náklady vyčíslit i finančně.

Lze tedy říci, že náklady na lidskou práci na roční množství výrobku lze zjednodušeně určit výpočtem dle vztahu:

$$(3) \quad NLP = N_{kusů} \cdot T_{kus} \cdot HS_{prac.} \quad [Kč]$$

Přičemž:

NLP = náklady na lidskou práci za rok [Kč/rok]

$N_{kusů}$ = počet ks za rok [ks/rok]

T_{kus} = čas na výrobu jednoho kusu [hod/ks]

$HS_{prac.}$ = hodinová sazba pracoviště [Kč/hod]

Po výpočtu tohoto údaje je poté možno orientačně zjistit návratnost investice v letech:

$$(4) \quad NI = \frac{N_{STROJ}}{ÚLP} [rok], \quad ÚLP = NLP - NLP_2 \quad [Kč / rok]$$

Kde:

NI = návratnost investice [roky]

N_{STROJ} = náklady na kompletní stroj [Kč]

$ÚLP$ = úspora lidské práce [Kč]

NLP_2 = náklady na lidskou práci při využití plánovaného zařízení [Kč/rok]

Pozn.: z výše uvedeného je patrné, že ve výpočtu je zanedbána roční spotřeba energií řešeného stroje.

Jako první údaj tedy je třeba zjistit roční množství kusů, které se zjistí poměrně snadno z informačního systému zadavatelské firmy, přičemž je třeba brát v potaz to, že výrobek se vyrábí v různých zákaznických provedeních, která jsou založena pod různými kódy.

Zákaznické provedení	Kód výrobku	Počet ks/rok
1	10000399000	120833
2	10160884000	0
3	10160885000	0
4	10232900000	7854
5	10320333000	0
6	10320334000	0
Počet kusů za rok, tzn. $N_{kusů}$		128687

Tab 1) Roční množství vyráběných kusů

Další potřebný údaj je čas na výrobu jednoho kusu. Zde se opět vychází z podkladů zadavatelské firmy, tentokrát z jejich úkolových norem.

Norma č.	Operace	čas na kus [min/ks]
1	vyvrtání	0,420618
2	lisování drážku	0,1472
3	začištění / odhrocení	0,1825
4	lisovat mechaniku do držadla	0,108
5	kontrola funkce kalibrem	0,08
6	paušál na přípravu materiálu (vztaženo na 1ks)	0,01
celkem čas na 1ks, tzn. T_{kus}		0,948318

Tab 2) Výrobní čas na jeden kus

Vzhledem k vnitropodnikové ekonomice není v této práci vhodné uvádět náklady na hodinu práce daného pracoviště zadavatelské firmy - nebudou konkrétně jmenovány. Autorem práce byla pro názornost výpočtu zvolena fiktivní hodnota 190,- Kč/hod bez DPH.

Fiktivní hodinová sazba	190,- Kč/hod
--------------------------------	---------------------

Po dosazení:

$$NLP = N_{kusů} \cdot T_{kus} \cdot HS_{prac.} = 128687 \cdot \frac{0,948318}{60} \cdot 190 = 386448,-Kč / rok$$

Po vypracování konceptů a zjištění nákladů na příp. výrobu stroje můžeme odhadnout návratnost investice NI.

5 STANOVENÍ DŮLEŽITÝCH PARAMETRŮ PRO NÁVRH STROJE

Pro jednotlivé výrobní kroky je třeba zjistit potřebné parametry, tzn. potřebné síly, momenty, atd. Tyto parametry budou zjištěny empiricky; k tomuto účelu budou používány siloměry a měřidla kroučícího momentu zadavatelské firmy. Tam, kde je to možné, jsou pro názornost uvedeny i teoretické vzorce - bohužel, pro materiál polypropylen se nepodařilo zjistit materiálovou konstantu „měrný řezný odpor p “, takže konkrétní hodnoty nelze spočítat - proto byl logicky volen přístup empirický.

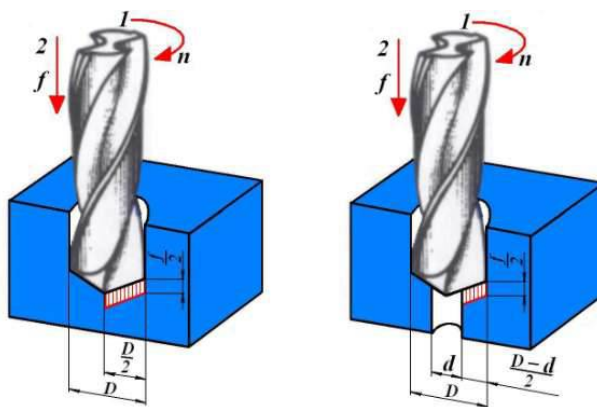
5.1 Zjištění parametrů pro vrtací jednotku

Pro správný návrh vrtací jednotky je třeba znát následující základní parametry - kroučící moment, posuvová síla, posuvová rychlost, otáčky. Díky znalosti těchto parametrů může být správně zvolena vrtací jednotka, která bude použita na uvažovaném stroji.

5.1.1 Kroučící moment

Vzorce pro teoretický výpočet kroučícího momentu při vrtání [2]

Vrtáním se rozumí obrábění díry do plného materiálu, zatímco vyvrtáváním se díry předvrtané, předlité nebo předkované zvětšují na požadovaný průměr. Vrtat lze válcové, kuželové a tvarové díry. [2]



Legenda: 1 - řezný pohyb; 2 - axiální posuv

Obr. 28) Vrtání a vyvrtávání [2]

Průřez třísky A

$$(5) \quad A = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{f}{2} \quad [\text{mm}^2]$$

D vrtaný průměr [mm]

d předzpracovaný průměr [mm]

f posuv [mm/ot]

[2]

Řezná síla F

Výsledná řezná síla F působící na vrták má 3 složky:

F_x ... axiální – posuvovou

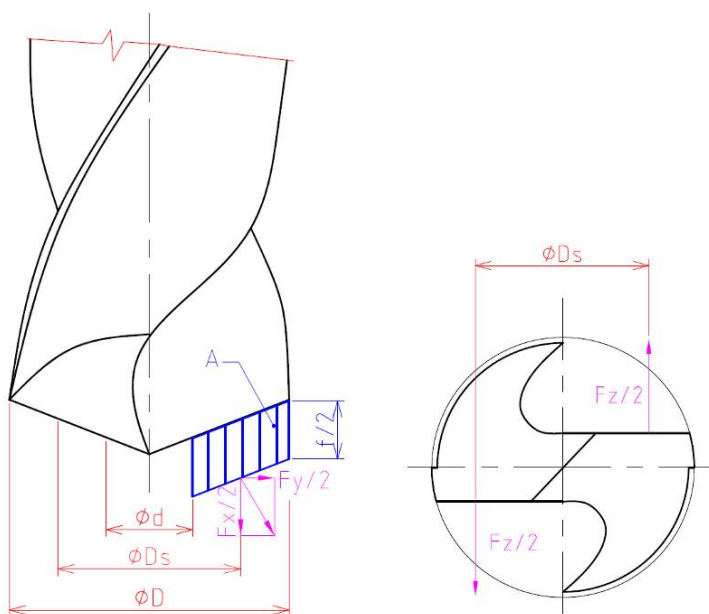
F_y ... radiální

Pro návrh je však nejdůležitější:

F_z ... složka tangenciální (tečná) k dráze hlavního pohybu – vytváří ji krouticí moment stroje

$$\frac{F_z}{2} = A \cdot p \quad [N]$$
$$(6) \quad \frac{F_z}{2} = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{f}{2} \cdot p \Rightarrow F_z = \frac{(D-d) \cdot f}{2} \cdot p \quad [N]$$

p... měrný (specifický) řezný odpor [$N \cdot mm^{-2}$], resp. [MPa] [2]



Obr. 29) Rozklad sil na břitu vrtáku [autor DP]

Krouticí moment stroje

$$(7) \quad M_K = \frac{F_z}{2} \cdot D_s \quad [N \cdot mm],$$
$$popř. \quad M_K = \frac{F_z}{2000} \cdot D_s \quad [N \cdot m]$$

Příčemž

D_s ... střední průměr, na kterém působí silová dvojice [mm]

$$(8) \quad D_s = \frac{D+d}{4} \quad [mm]$$

Výkon užitečný

$$(9) \quad P_{už} = M_K \cdot \omega = M_K \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad [W]$$

Přičemž

n ... otáčky vřetene [min^{-1}], před dosazením nutno převést na [s^{-1}]

Potřebný výkon motoru

$$(10) \quad P = \frac{P_{už}}{\eta} [W]$$

Kde

η ... účinnost stroje [-]

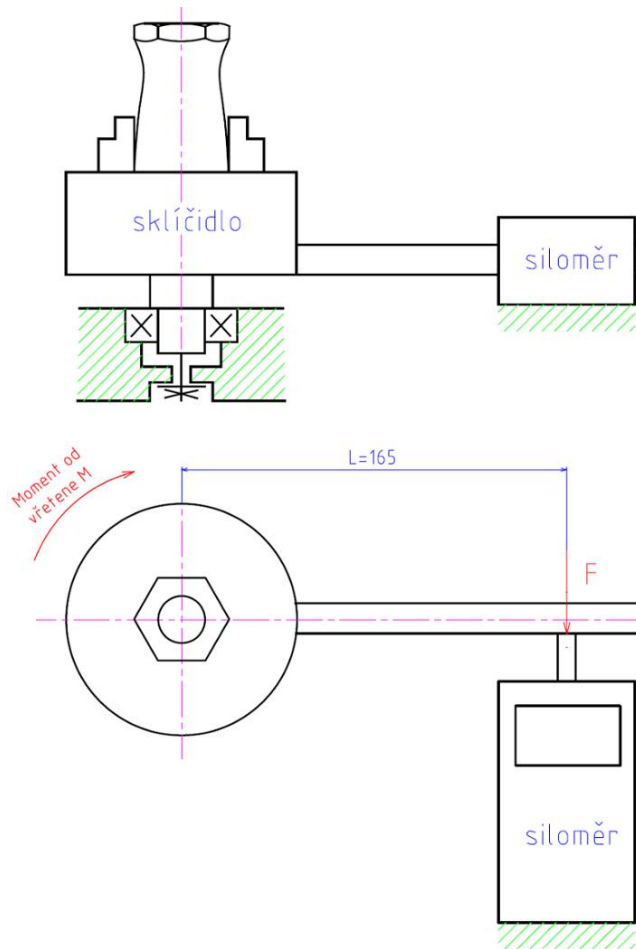
[2]

Praktická zkouška pro určení krouticího momentu při vrtání

Jelikož má zadavatelská firma k dispozici velké množství zařízení pro měření síly a krouticího momentu, byla provedena praktická zkouška, při níž bylo vrtané držadlo upnuto do volně otočného sklíčidla s pákou, která byla opřena o digitální siloměr Induk GmbH (viz také <http://www.induk.de/>) a obrázek 31 níže, přičemž z naměřených hodnot síly byl poté vypočten moment dle vztahu

$$(11) \quad M = F \cdot L [Nm],$$

přičemž L je v tomto případě dané délkou páky od osy otáčení $L = 165\text{mm} = 0,165\text{m}$



Obr. 30) Schematický náčrt měření síly [autor DP]

Naměřená hodnota síly F [N]	Rameno [m]	Spočtený moment [Nm]
28,1	0,165	4,64
28,2	0,165	4,65
27,2	0,165	4,49
28,3	0,165	4,67
28,7	0,165	4,74
28,6	0,165	4,72
27,9	0,165	4,60
27,3	0,165	4,50
26,7	0,165	4,41
28	0,165	4,62
26,7	min	4,41
28,7	max	4,74
27,9	průměr	4,61

Tab 3) Výpočet momentu z naměřených hodnot síly při vrtání



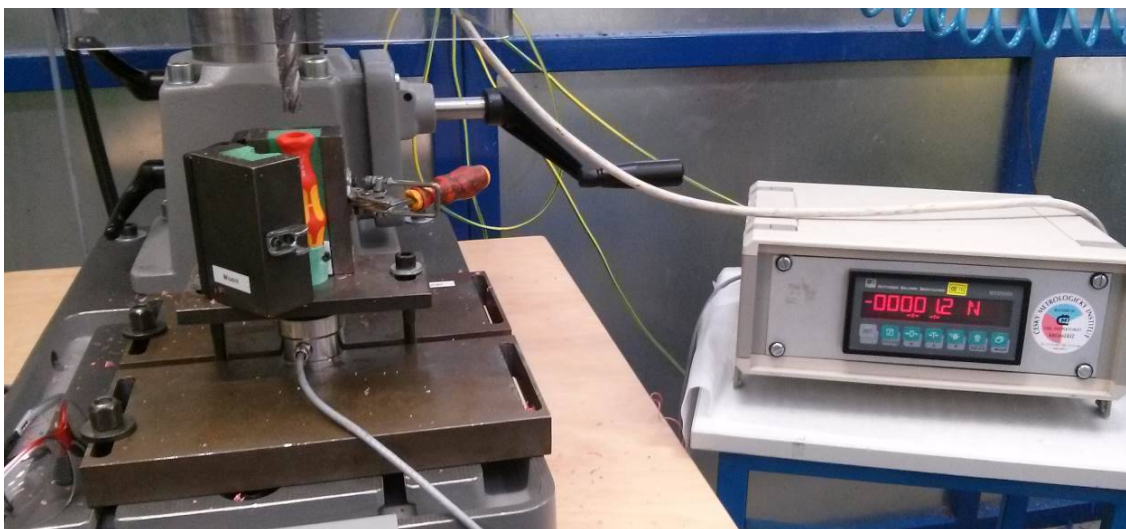
Obr. 31) Měření síly pro určení momentu [foto autor DP]

5.1.2 Posuvová (axiální) síla při vrtání (praktická zkouška)

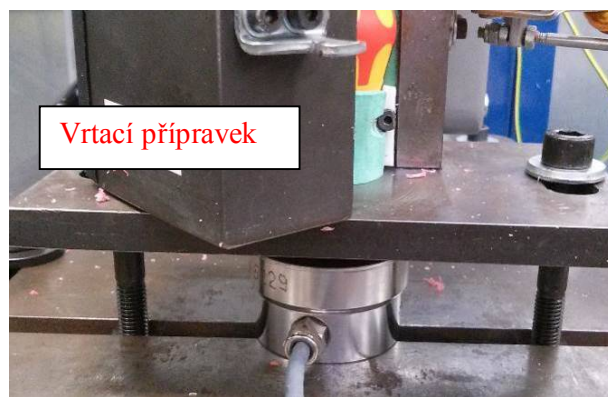
Za účelem zjištění posuvové síly byla provedena praktická zkouška přímo na stroji. Při nastavených standardních parametrech vrtání bylo vrtáno do dílu „Držadlo“, které bylo upnuto ve vrtacím přípravku. Vrtací přípravek byl položen na tenzometrickém snímači síly značky HBM (viz také <https://www.hbm.com/en/5501/sensors/>), který byl propojen s vyhodnocovací jednotkou téhož výrobce. Přípravek byl upnut ke stolu vrtačky. Síla předpětí od upínacích šroubů vrtacího přípravku byla poté vynulována a tím bylo možno měřit maximální sílu při zajetí vrtáku při vrtání držadla. Jak lze předpokládat, nejvyšší síla vzniká při dosažení maximální hloubky vrtání.

Vzorek č.	Axiální posuvová síla - naměřené hodnoty [N]
1	41,7
2	45
3	45,7
4	42,9
5	44,7
6	42,3
7	43,9
8	48,6
9	46,9
10	51
min	41,7
max	51
ø	45,27

Tab 4) Naměřené hodnoty axiální posuvové síly



Obr. 32) Měření axiální posuvové síly [foto autor DP]



Obr. 33) Měření axiální posuvové síly – detail umístění senzoru [foto autor DP]

5.1.3 Otáčky při vrtání

Zadavatelskou firmou bylo v minulosti prováděno mnoho zkoušek za účelem nalezení optimálních otáček pro vrtání tohoto artiklu. Jako neoptimálnější hodnota se jeví 750 otáček za minutu.

5.1.4 Výkon vrtací jednotky

Jelikož již je známa hodnota krouticího momentu a také požadované otáčky, může být určen i minimální požadovaný výkon vrtací jednotky dle rovnic 9 a 10 uvedených v bodu 5.1.1.

$$P_{už} = M_K \cdot \omega = M_K \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 4,74 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{750}{60} = 372,4W$$

$$P = \frac{P_{už}}{\eta} = \frac{372,4}{0,752} = 495W \cong 0,5kW \text{ přičemž účinnost } \eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n = 0,8 \cdot 0,95 = 0,752$$

Pozn.: je uvažováno, že největší ztráta na vrtací jednotce je na asynchronním motoru – a sice 20%, a poté na řemenovém převodu – 5%, ostatní ztráty budou zanedbány.

Z výše uvedeného vyplývá, že výkon vrtací jednotky by měl být minimálně **0,5kW**

5.2 Zjištění parametrů pro lis pro obrázení čtyř drážek

Tzn. lisovací síla potřebná pro vyříznutí čtyř drážek v jednom zdvíhu.

5.2.1 Vzorce pro teoretický výpočet síly pro obrázení

Obrázení je obrábění rovinných ploch jednobřítým nástrojem, jednoduchý stroj i nástroj, snadné ostření. [3]

Řezná síla

$$(12) \quad F_z = S \cdot p \quad [N]$$

Kde p je měrný (specifický) řezný odpor [N.mm⁻²], resp. [MPa]

S je průřez třísky

$$(13) \quad S = h \cdot f_D \quad [mm^2]$$

h... hloubka řezu [mm]

f_D... posuv [mm]

[3]

5.2.2 Praktická zkouška pro zjištění síly pro obrázení čtyř drážek

Při této zkoušce byl opět použit tenzometrický snímač síly propojený s vyhodnocovací jednotkou, přičemž na senzor byl opět položen upínací přípravek (jehož hmotnost byla eliminována vynulováním vyhodnocovací jednotky před každým měřením) a poté byla měřena maximální síla dosažená během zdvihu. Jak lze logicky předpokládat, nejvyšší síla je vždy při dosažení dolní úvrati.

Vzorek č.	Síla pro obrázení čtyř drážek - naměřené hodnoty [N]
1	1391,7
2	1461,7
3	1529,8
4	1520,5
5	1581,8
6	1532,4
7	1406,7
8	1533,7
9	1581
10	1652
min	1391,7
max	1652
Ø	1519,1

Tab 5) Naměřené hodnoty síly pro obrázení 4 drážek na ručním lisu



Obr. 34) Praktická zkouška – měření obrážecí síly pro obrobení čtyř drážek [foto autor DP]

5.3 Zjištění parametrů pro odstranění nepřípustných zbytků z obrážení v dutině (začištění dna od tzv. „zakroucených špon“)

Tzn. zjištění krouticího momentu, posuvové (axiální) síly.

5.3.1 Krouticí moment potřebný pro začištění dna

Krouticí moment pro pohon nástroje pro začištění dna (odstranění „zakroucených špon“) byl zjištěn praktickou zkouškou pomocí ručního momentového klíče BMS. Byla odečtena maximální naměřená hodnota zjištěná při jednom cyklu.

Ruční momentový klíč byl s nástrojem „propojen“ pomocí přechodky s nástavcem (tzv. bitem) přes šestihran inbusového šroubu, kterým je utažena ruční klička přípravku.



Obr. 35) Měření krouticího momentu pro začištění dna momentovým klíčem [foto autor DP]

Vzorek č.	Krouticí moment při začišťování dna [Nm]
1	1,1
2	1,16
3	1,53
4	1,46
5	1,6
6	1,36
min	1,1
max	1,6
ø	1,37

Tab 6) Krouticí moment pro začištění dna

5.3.2 Měření posuvové (axiální) síly potřebné pro začištění dna

Určení posuvové síly opět probíhalo praktickou zkouškou – při pracovním cyklu byl díl držadlo přitlačován na nástroj přes siloměr, přičemž byla vždy odečtena nejvyšší dosažená síla.

Vzorek č.	Axiální síla při začišťování dna [N]
1	98,3
2	89,6
3	113,5
4	103,7
5	108,3
min	89,6
max	113,5
Ø	102,68

Tab 7) Posuvová (axiální) síla při začišťování dna



Obr. 36) Měření posuvové (axiální) síly při začišťování dna [foto autor DP]

5.3.3 Otáčky potřebné pro začištění dna

Otáčky při ručním otáčení nástrojem pomocí kličky byly orientačně změřeny – během 10 sekund bylo provedeno 20 otáček, tzn. frekvence otáčení je cca. 120 min^{-1} .

5.3.4 Výkon vrtací jednotky potřebný pro začištění dna

Díky znalosti krouticího momentu a přibližných otáček je možno spočítat i minimální potřebný výkon vrtací jednotky pro začištění dna:

$$P_{už} = M_K \cdot \omega = M_K \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 1,6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{120}{60} = 20,11 \text{ W}$$

$$P = \frac{P_{už}}{\eta} = \frac{20,11}{0,752} = 26,8 \text{ W} \cong 0,03 \text{ kW} \text{ přičemž účinnost } \eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n = 0,8 \cdot 0,95 = 0,752$$

Pozn.: je uvažováno, že největší ztráta na vrtací jednotce je na asynchronním motoru – a sice 20%, a poté na řemenovém převodu – 5%, ostatní ztráty budou zanedbány.

5.4 Zjištění parametrů pro zalisování mechaniky

Lisovací síla byla opět změřena při praktickém pokusu – pomocí siloměru Induk GmbH byla měřena síla na zalisování mechaniky.

Vzorek č.	Síla pro zalisování mechaniky [kN]
1	250,54
2	243,47
3	258,87
4	250,02
5	248,9
min	243,47
max	258,87
ø	250,36

Tab 8) Síla pro zalisování mechaniky



Obr. 37) Měření potřebné síly pro zalisování mechaniky [foto autor DP]

Pozn.: z tohoto zjištění vyplývá, že pneumotor průměru 63 mm s teoretickou lisovací silou 1,9 kN, používaný zadavatelskou firmou pro lisování, je poněkud předimenzovaný, nicméně pro výrobu vhodný.

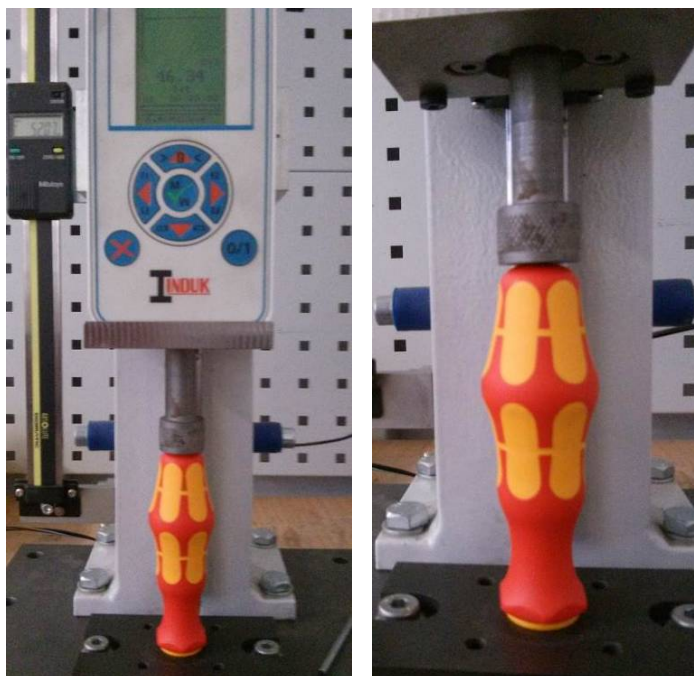
5.5 Zjištění parametrů pro kontrolu funkce kalibrem

Tzn. síla pro zmáčknutí odjišťovacího prstence pro pozdější uvolnění kalibru a minimální výtažná síla, při které nesmí být kalibr vysunut z mechaniky. Zároveň je třeba zjistit sílu potřebnou pro zasunutí kalibru.

- Síla pro zmáčknutí byla měřena opět siloměrem – prstenec byl stlačen do odjišťovací pozice a přitom byla změřena potřebná síla.

Vzorek č.	Síla na stisknutí odjišťovacího prstence [N]
1	55,2
2	63,5
3	67,6
4	42,9
5	45,7
min	42,9
max	67,6
ø	54,98

Tab 9) Síla na stisknutí odjišťovacího prstence



Obr. 38) Princip měření síly stlačení odjišťovacího prstence [foto autor DP]

- Definice minimální síly, při které nesmí dojít k vytržení kalibru zajištěné mechaniky, vychází z normy ČSN EN 60900 – *Práce pod napětím – ruční nářadí používané do AC 1000V a DC 1500V*, bod 5.8.4.2 *Mechanicky nezajištěné blokové systémy*:
 - Zde je definována tato síla jako 30N pro ovládací čtyřhran od 10,01mm do 13,5mm [9]
 - předmětný výrobek používá šestihranné spojení SW9, vycházíme z rozměru přes hrany, který je aretační a který činí 10,2 mm
 - Interní normou byla hodnota zvýšena na min. 35 N
- Zjištění minimální síly pro zasunutí kalibru – síla zjištěna opět siloměrem, přičemž největší dosažená síla během cyklu je při překonávání odporu jednosměrných aretačních

zobáčků (ve směru zasouvání umožňují průchod s odporem, po zaaretování do drážky kalibru již není možno bez stisku odjišťovacího prstence kalibr vytáhnout).

Vzorek č.	Síla na zasunutí kalibru do mechaniky - překonání odporu jednosměrných aretačních "zobáčků" [N]	Síla při dojetí do koncové polohy a zatlačení "pro jistotu" [N]
1	14,2	38
2	13,2	38,8
3	12,4	42,6
4	9,6	48
5	10,4	40
min	9,6	38
max	14,2	48
ø	11,96	41,48

Tab 10) Síla na zasunutí kalibru do mechaniky



Obr. 39) Měření síly potřebné k zasunutí kalibru do mechaniky [foto autor DP]

6 KONCEPT Č. 1 – PLNĚ AUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ S OTOČNÝM STOLEM

První koncept možného provedení zařízení vychází z použití otočného stolu, jako transportního prvku dílu „Držadlo“ mezi jednotlivými pracovními stanicemi plánovaného stroje.

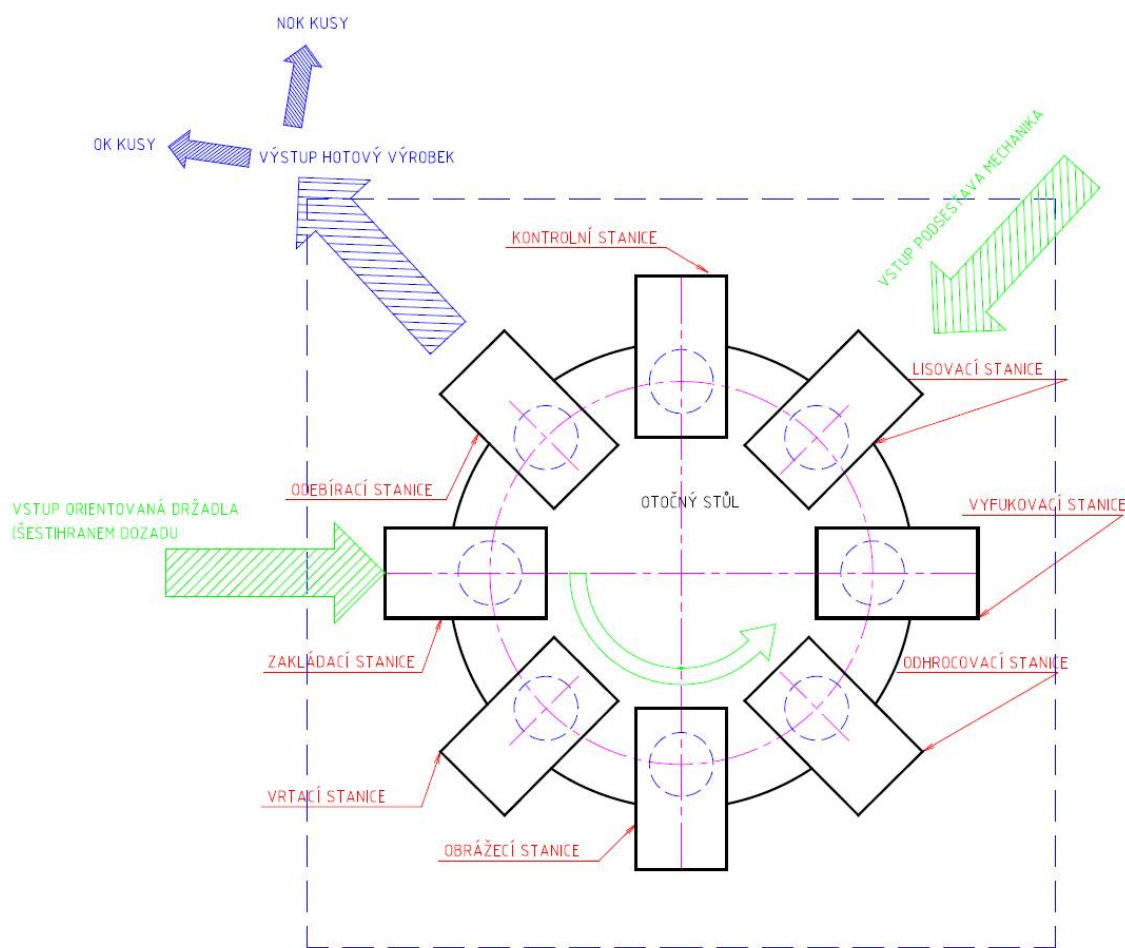
Na tomto stole budou umístěny upínací přípravky, které postupně procházejí jednotlivými stanicemi, přičemž celkem bude třeba osmi upínacích přípravků, které vychází z osmi technologických kroků:

1. Upínací přípravek = předávací stanice, tj. stanice, kde je polotovár dílu držadlo založen do tohoto upínacího přípravku. Držadla jsou postupně dodávána orientovaně (tzn. stranou se šestihranem směrem dopředu) z externího vibračního zásobníku buďto na transportním pásu, příp. skluzem k předávací jednotce, kde je pomocí otočného předávacího zařízení držadlo uloženo do upínače a upnuto.
2. Upínací přípravek = vrtací stanice, tj. stanice, kde probíhá hlavní vrtání dílu držadlo.
3. Upínací přípravek = obrážecí stanice – do vyvrtaného kusu se obráží 4 drážky
4. Upínací přípravek = odstranění vzniklých zakroucených špon z předchozího kroku, které jsou odříznuty ze dna výrobku
5. Upínací přípravek = vyfouknutí špon – před lisováním mechaniky je třeba zajistit, aby otvor byl čistý, bez jakýchkoliv nečistot
6. Upínací přípravek = nalisování vnitřní mechaniky, do připraveného držadla je třeba zalisovat připravenou mechaniku, tu je třeba pod lis přivést, založit a napolohovat - výstupky na mechanice musí být orientovány vůči drážkám v držadle.
7. Upínací přípravek = zkouška kalibrem a zatažením definovanou silou 35N
8. Upínací přípravek = zde dojde k otevření přípravku a vyjmutí hotového výrobku z upínače a jeho předání na pás (skluz), kde budou rozlišovány kusy OK a NOK v návaznosti na výsledek předchozí operace (buďto pomocí otočné klapky, která bude kusy směřovat buď do jedné, nebo druhé bedny, příp. jiným řešením, které bude výrobky OK a NOK vhodně oddělovat)

Z předchozího výčtu upínacích přípravků vychází i počet osmi taktů na jednu otáčku otočného stolu, tzn., potřebujeme stůl s dělením po 45°.

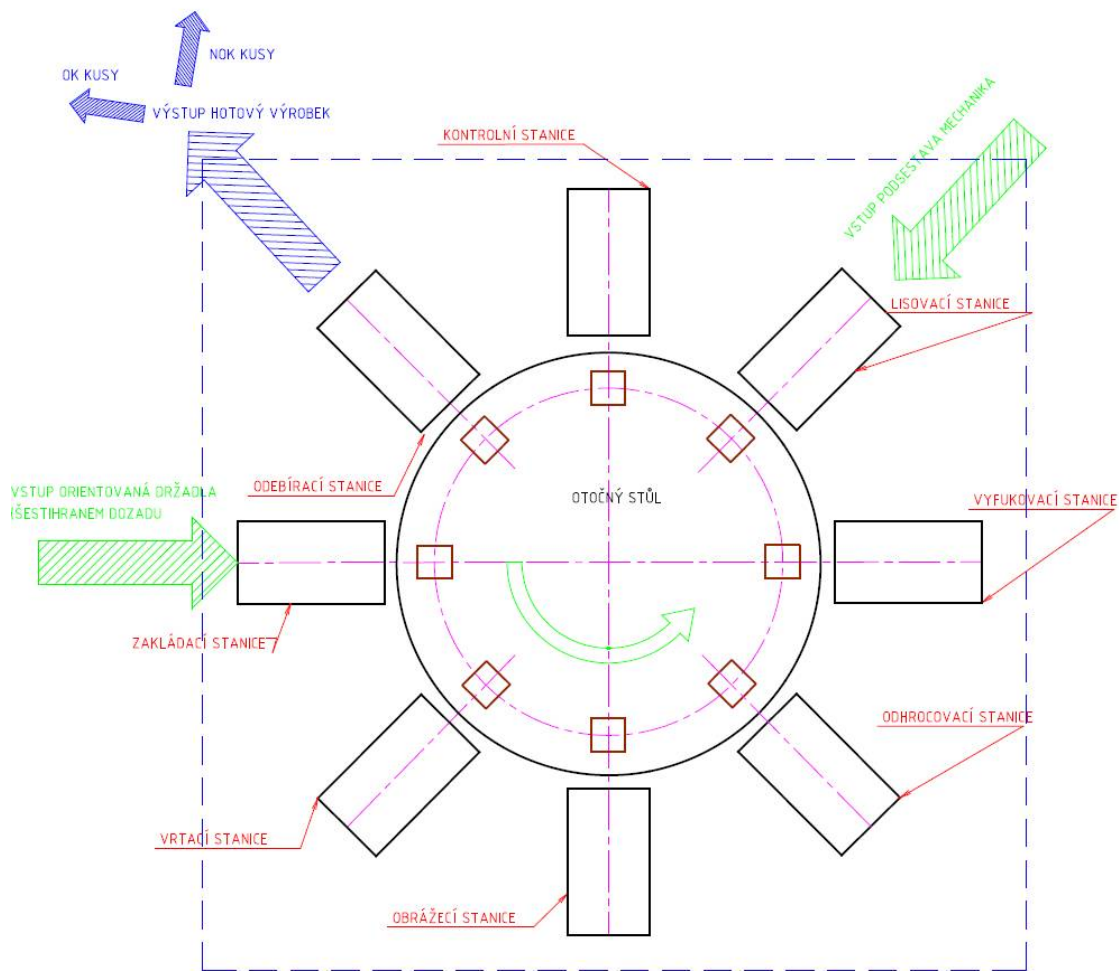
Koncept zařízení s otočným stolem může mít ještě dvě podoby (varianty řešení):

- První varianta řešení je taková, že osy upínacích přípravků jsou kolmé k rovině stolu a jsou umístěny na roztečné kružnici, která je zároveň roztečnou kružnicí i pro jednotlivé stanice. Výhodou takového řešení je menší půdorysný rozměr zařízení, zařízení je však vyšší, jednotlivé stanice musí být umístěny na sloupech nebo stojanech tak, aby byl dosažen patřičný prostor mezi upínacím přípravkem (upnutým polotovarem a příslušným nástrojem



Obr. 40) První idea konceptu 1 s rozmístěním stanic a s vyznačením toku materiálu [autor DP]

- Druhá varianta řešení je taková, že osy upínacích přípravků jsou rovnoběžné s otočným stolem, z čehož vyplývá i horizontální umístění jednotlivých jednotek bočně od otočného stolu; výhodou je menší výška stroje, nejsou potřeba stojany nebo sloupky jako v předchozím případě, dále by bylo zřejmě jednodušší řešení předávací a odebrací stanice. Nevýhodou je větší zastavěný prostor, tzn. větší půdorysný rozměr.



Obr. 41) Druhá (výhodnější) idea konceptu 1 s rozmístěním stanic a s vyznačením toku materiálu [autor DP]

Princip činnosti je u obou idejí totožný a je zřejmý z výše uvedených obrázků. Do stroje vstupují z externího vibračního zásobníku (který v práci nebude detailně řešen) polotovary dílu držadlo orientované, tzn. šestihranem směrem dopředu, na dopravním pásu, příp. skluzu. Dostávají se k zakládací stanici, kde je 1 ks přesunut do upínače na otočném stole kde dojde k jeho upnutí. Stůl se pootočí o 1/8 otáčky, tzn. 45°, upínací přípravek se nyní dostává pod vrtací jednotku, kde dojde k vyvrtání polotovaru.

Stůl se opět pootočí o 45°, vyvrtaný polotovar se nyní nachází pod obrázcí jednotkou, dojde k obrazení 4 drážek. Dochází k pootočení stolu o 45°, nyní se polotovar nachází pod začišťovací stanicí pro odstranění 4 špon po obrazení. Po dalším pootočení stolu o 45° je třeba provést vyfouknutí špon, aby bylo následně možno v další stanici nalisovat vnitřní mechaniku – tu je třeba vhodně přivést orientovaně do stroje (tzn. odjišťovací prstenec směrem dopředu) opět např. pomocí dopravního pásu nebo skluzu z externího vibračního zásobníku. Zároveň je třeba si uvědomit, že mechaniku je třeba před zalisováním napolohovat, tzn., 4 výstupky na vnějším průměru musí při lisování přesně zapadat do čtyř drážek v držadle. Jako výhodné se jeví polohovat za vnitřní šestihran mechaniky, který je orientován k těmto 4 výstupkům.

Po předposledním pootočení o 45° do kontrolní stanice dochází k zasunutí šestihranného kalibru a k zatažení za kalibr silou 35N, přičemž nesmí dojít k vysunutí kalibru

z mechanismu. Je-li kus OK, je třeba stisknout odjišťovací prstenec a kalibr vytáhnout. Je-li kus NOK, dojde k vytažení kalibru z mechaniky, a proto již není třeba mačkat odjišťovací prstenec.

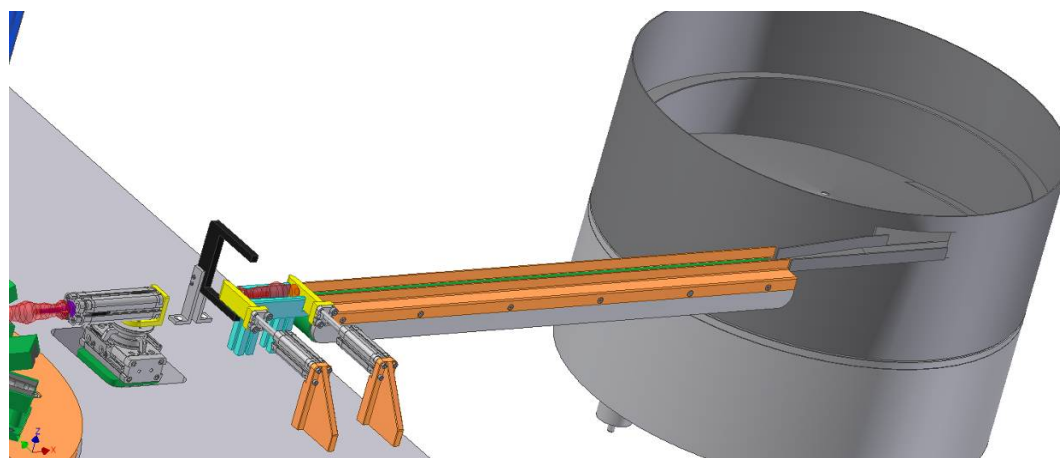
Poslední krok je pak odebrání hotového kusu z upínače v odebírací stanici, poté je odložen dle výsledku v kontrolní stanici buďto na první skluz v pozici 90° (pokud byl výsledek OK), nebo na druhý skluz v pozici 180° (pokud byl výsledek NOK).

Jak je zřejmé, v každém taktu stroje dochází k vykonání všech osmi operací na osmi přípravech. Z toho plyne, že doba taktu stroje bude závislá na nejpomalejší operaci + na době zapalování z polohy n do polohy $n+1$.

6.1 Koncepce zakládací stanice

Zakládací stanice je složena z několika dílčích podskupin. Největší z nich je vibrační zásobník tvořený vibračním pohonem VZ/C – 600 a válcovou násypkou NV600 od české firmy Vondra a Vondra, s. r. o. Damníkov (viz též <http://www.vondra-vondra.cz/cz/kontakt>). Ta je volena co největší, aby četnost doplňování nemusela být příliš vysoká. Tento zásobník již zadavatelská firma používá u podobné technologie. Zásobník je třeba dovybavit snímáním polohy držadla (např. kamerovým senzorem) a vyhazovacím pneumotorem (příp. odfukem tlakovým vzduchem) tak, aby na dopravní pás přicházela držadla správně orientovaná, tj. vnějším šestihranem dopředu.

Orientovaná držadla se poté dostávají na dopravník od firmy Haberkorn – délka 800mm. Pás je z obou stran omezen lištami z plechu, které jsou kvůli lepšímu koeficientu tření zevnitř poteflonovány. Mezi lištami je držadlo vedeno až na konec pásu, kde se přední strana držadla dostává do odebírací „kostky“ (jejíž vnitřní plochy jsou opět poteflonovány). Až do koncové polohy odebírací „kostky“ je potom dotlačeno dalším držadlem na pásu. Cca. 5mm před dosažením koncové polohy, tj. opřením o přední zarážku (která je vysunutá pomocí pneumotoru ADVUL 16-50-PA), dává optoelektronické čidlo přítomnosti Balluf signál o přítomnosti držadla. Je třeba zastavit pohyb pásu. Držadlo se opírá o zarážku. Nyní vyjíždí druhá, zadní, zarážka, která svým klínem posouvá „tlačné“ držadlo na pásu zpět o cca. 10mm, příp. dotlačuje držadlo v odebírací „kostce“ na přední narážku (zde je možné, že před vyjetím zadní zarážky bude třeba pás reverzovat o požadovaných min. 10mm).

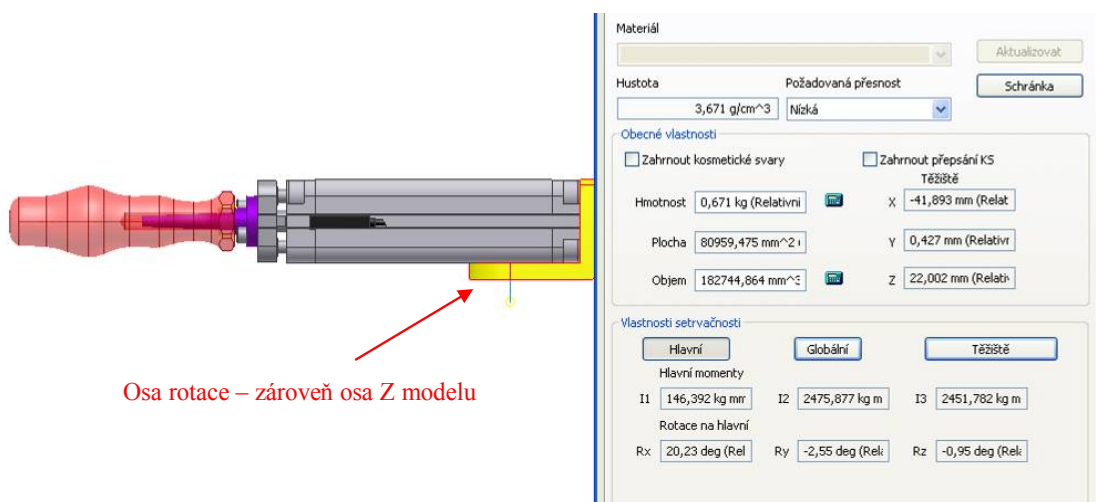


Obr. 42) Pohled na model zakládací stanice [autor DP]

Po ustavení držadla je třeba odjet přední zarážkou, tzn., pístnice musí vyjet do horní úvrati, zadní zarážka zůstává blokována pro opření držadla. Nyní se dává do činnosti manipulační zařízení, složené z pneumatických komponent FESTO. Základ tvoří pneumotor ADVUL 63-10-P-A, na nějž je našroubovaná deska. Tento pneumotor provádí zdvih jednotky v ose Z, který není silový – pouze manipulační, kdy je zdvihána hmotnost umístěná na válci. Jelikož tento pneumotor je schopen vyvodit sílu až 1869N při 6bar, byl by teoreticky schopen zvednout i ca. 190kg zátěž. Jelikož v tomto případě je zdvihána pouze kyvná jednotka, deska, druhý válec s trnem a držadlo, jejichž celková hmotnost činí pouze 2,29kg, je pneumotor volen s dosti velkou rezervou. Takto velký pneumotor byl volen z důvodu celkové stability jednotky a s ohledem na upínací rozměry kyvné jednotky.

Na desku je poté přišroubována kyvná jednotka Festo DRRD-20-180-FH-PA-R, která může kývat z polohy 0° do polohy o 180° - koná rotaci okolo osy Z. Jednotka dokáže vyvodit otočný moment až 2,41 Nm. Důležitý kontrolní parametr je u této jednotky přípustný moment setrvačnosti 0,15kgm². Moment setrvačnosti se zjistí velmi snadno – z aplikace v 3D modelu - moment setrvačnosti kolem osy Z (souřadnice počátku 3D modelu musí být v ose rotace):

$$I_3 = 2451,78 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 = 0,00245178 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$



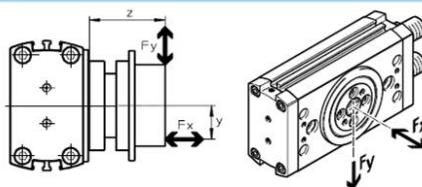
Obr. 43) Momenty setrvačnosti otáčené podsestavy [autor DP]

Dalším kontrolním parametrem je poté síla F_y působící ve vzdálenosti 53,6 mm od základní příruby kyvné jednotky. Ta smí být pro tuto velikost kyvné jednotky max. ca. 330N dle grafu níže. V případě této jednotky se jedná o sílu vyvozovanou pneumotorem ADVUL 20-100-P-A (popisován níže). Takové síly zvolený pneumotor ani nedosahuje – zároveň pro zasouvání trnu do držadla bude použita síla mnohem menší než maximální uvažovaná síla.

Zvolená kyvná jednotka tedy vyhovuje.

Max. statická zatížitelnost přírubové hlídele

Nulovým bodem pro rozměr Z je, nezávisle na konstrukčních dílech (sestava příruby), vždy rovina příruby základního pohonu.

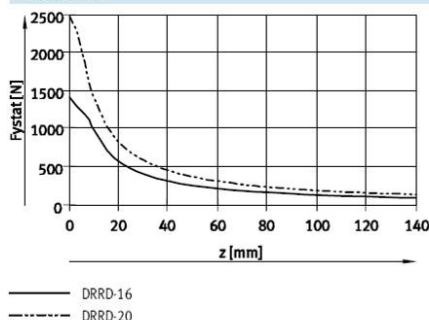


Pro kombinovanou zátěž (axiální a radiální) platí následující rovnice:

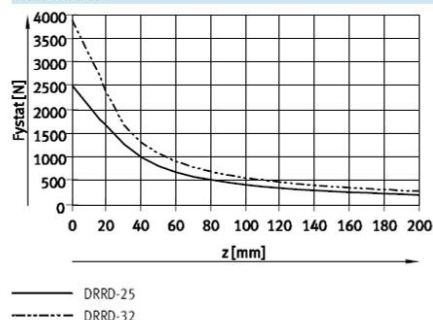
$$\frac{F_y(z)}{F_{y, \max.}(z)} + \frac{F_z(v)}{F_{z, \max.}(v)} \leq 1$$

Max. statická radiální síla F_y v závislosti na vzdálenosti z

velikost 16/20



velikost 25/32



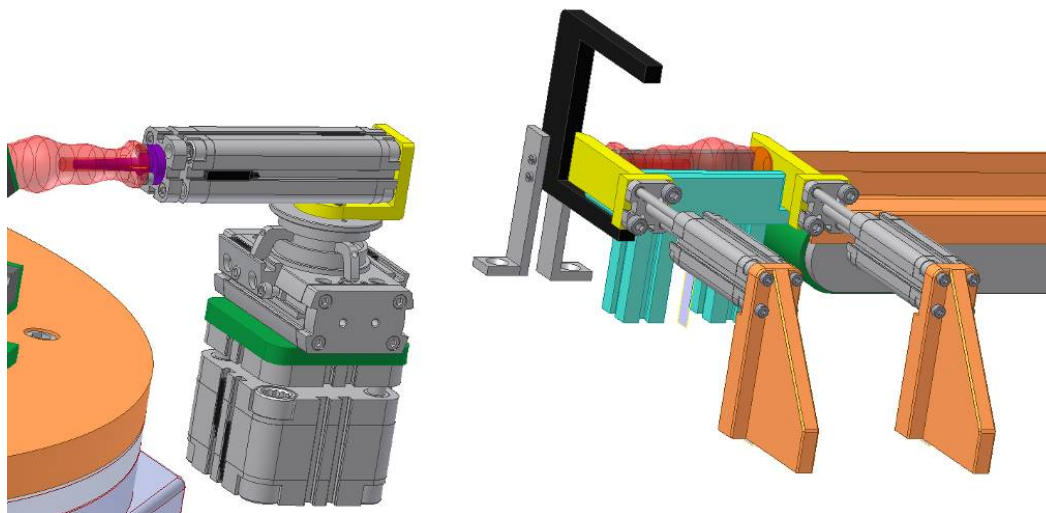
Obr. 44) Výřez z katalogu FESTO – určení kyvné jednotky podle síly F_y [24]

Přes úhelníkovou přírubu je poté přišroubován pneumotor ADVUL 20-100-P-A, který je osazen trnem s kuželovým náběhem. Tento pneumotor koná pohyb v ose X (Y). Zdvih pístu je volen s ohledem na potřebné zasunutí držadla do upínače, které činí 80mm a zároveň s ohledem na odebrání držadla z odebrací kostky, tzn. s ohledem na délku držadla, která činí 98mm. Píst je schopen vyvodit sílu ca. 188N při 6 bar. Síla je důležitá pro zasouvání kuželového trnu do otvoru v držadle (trn musí být dolícován přesně dle před-vstříknutého otvoru v držadle tak, aby síla na vtlačení trnu nebyla příliš vysoká a zároveň aby držadlo samovolně nesklouzávalo). Pokud by toto řešení činilo potíže, je možné trn udělat „volněji“ a osově jej provrtat, přivést vhodně podtlak do osové díry a držadlo ještě příp. přidržovat podtlakem.

Jak je patrné z navržené koncepce manipulační jednotky, jedná se o jednoduchý manipulátor typu TRT (translace, rotace, translace).

Činnost je následující – po odjetí přední zarážky (popsáno výše) vyjíždí pístnice pneumotoru ADVUL 20-100-P-A spolu s trnem a ten zajíždí do otvoru $\varnothing 7,6\text{mm}$ v držadle, které se opírá o zadní zarážku kostky. Po dosažení DÚ – signalizováno čidlem válce – je třeba vyjet v ose Z velkým válcem o 10mm. Nyní je možno malým válcem zajet zpět do HÚ (signalizováno čidlem) a poté provést otočení o 180° (dojetí do polohy opět signalizováno). Nyní je třeba opět vysunout malý válec v ose X do dolní úvrati – držadlo se nachází přesně nad dutinou upínače (který je přesným odlitkem držadla – popsáno dále). DÚ válce opět signalizována, nyní je možno velkým válcem sjet v ose Z do DÚ, poloha je signalizována, a je možno zavřít upínač (popsáno dále). Zavření upínače je opět signalizováno a poté je možno

vyjet malým válcem v ose X zpět do HÚ a nakonec se kyvný motor otočí z pozice 180° do pozice 0° a je připraven odebrat další držadlo.



Obr. 45) Pohled na základací stanici [autor DP]

6.2 Koncepce vrtací stanice

Bude zvolena vrtací jednotka z nabídky některého ze světových výrobců těchto jednotek s odpovídajícími parametry. Dle bodu 5.1 je třeba volit vrtací jednotku s následujícími parametry:

- Výkon – minimálně 0,5kW
- Otáčky – $750\text{min}^{-1} \pm 20$
- Axiální posuvová síla – minimálně 51N
- Zdvih – hloubka vrtání 50mm + mezera mezi nástrojem a obrobkem 10mm = min 60mm

Z těchto zadaných parametrů je poté možno nalézt vhodnou vrtací jednotku

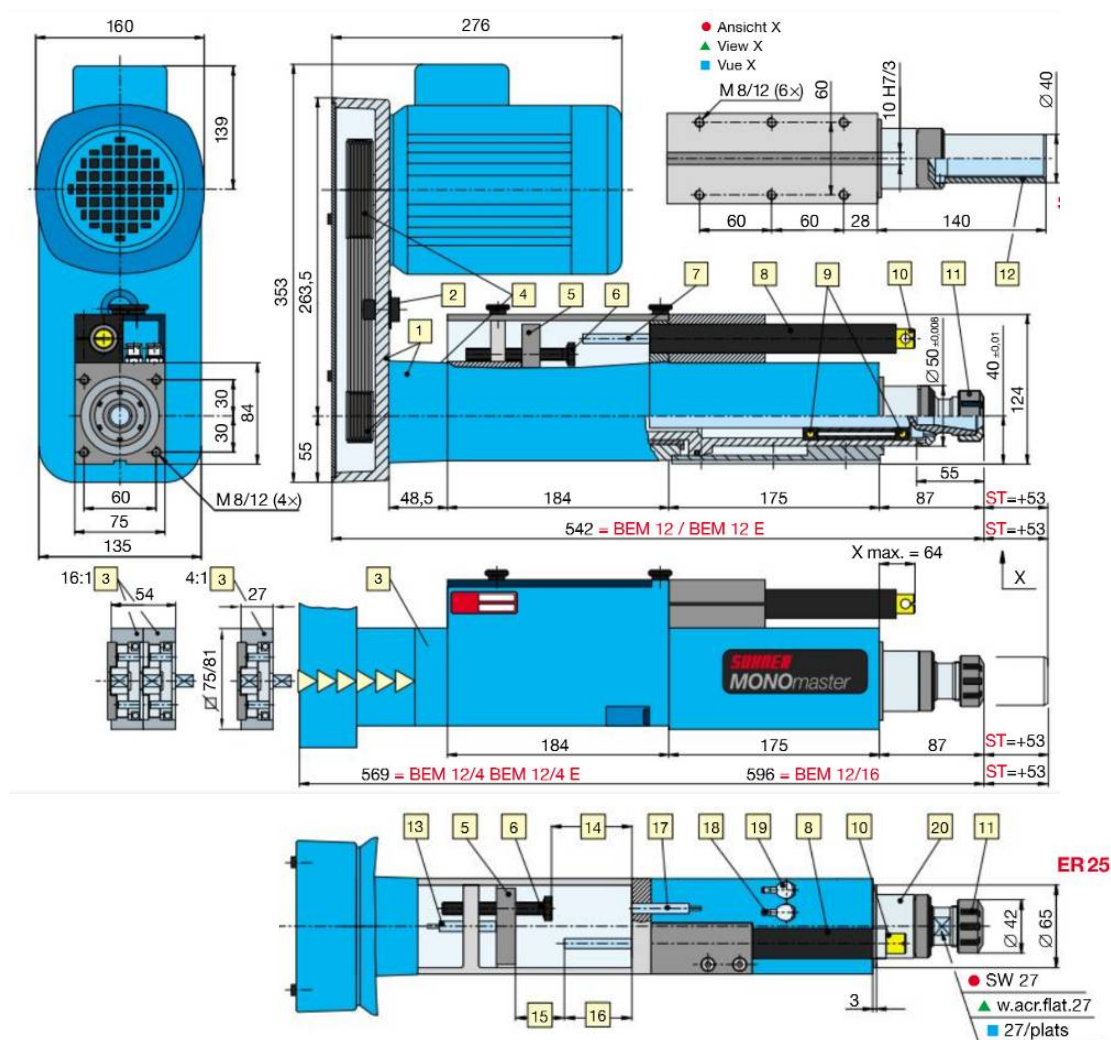
6.2.1 Vrtací jednotka BEM 12 fa. Suhner

Výše vyjmenovaným parametrům odpovídá vrtací jednotka BEM 12 Švýcarské fy. Suhner. Tato firma nabízí obráběcí jednotky pro vrtací, frézovací a závitorezací operace.

Základní technické údaje	
Celkový zdvih	80mm
Max. vrtací výkon	$\varnothing 12\text{mm}$ / při 600N/mm^2
Posuvová síla při 6 bar	1470N
Rozsah otáček při 50Hz	$35 - 7730\text{ min}^{-1}$
Max. přípustné otáčky	$10\,000\text{min}^{-1}$
Házivost	0,02mm
Připojení vzduchu	nátrubek NW4
Provozní tlak vzduchu	5 - 7bar

Spotřeba vzduchu	0,15 l/cm zdvihu
Pracovní zdvih stupňovitě regulovatelný	50mm
Výkon motoru při 50Hz	0,75kW / 0,55kW
Napětí	230 / 400V
Otáčky motoru při 50Hz	2900 / 1450 min ⁻¹
Upnutí nástroje	kleština ER 25
	DIN 55058 ST 28
Hmotnost / Barva	26kg / RAL 5012
Stupeň krytí	IP55

Tab 11) Technické údaje BEM 12 – zdroj [4] – překlad z DE autor



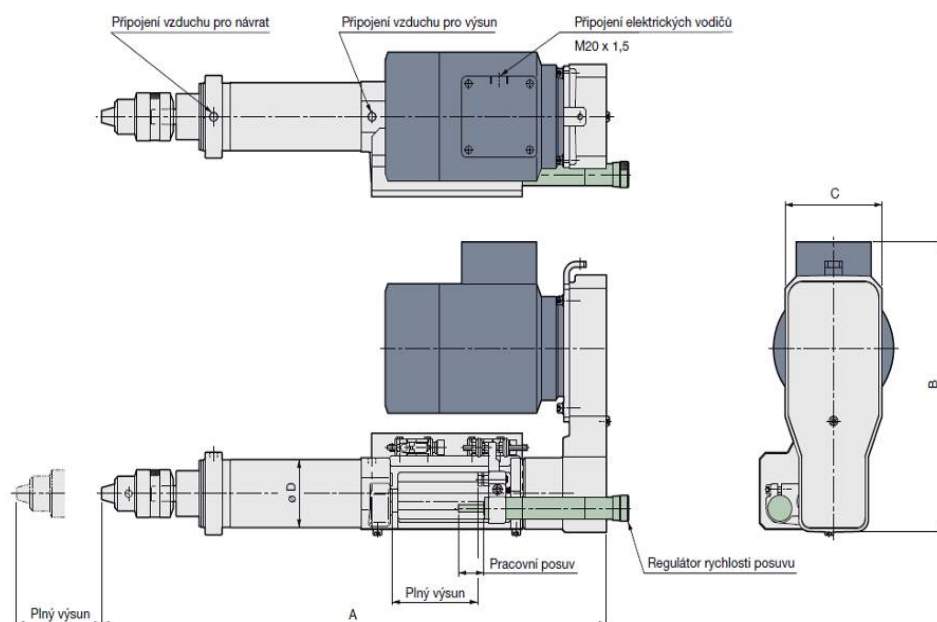
Obr. 46) Obrázek jednotky BEM 12 s důležitými rozměry a pozicemi vysvětlenými v tabulce níže – [4]

Popis stavby jednotky	
1	Přestavitelný kryt pohonu 4x90°
2	Excentrický napínák řemenu
3	Převod 4:1 a 16:1 (opce)
4	Vyměnitelné řemenice
5	Unašeč upevněn na pinole
6	nastavovací šroub pro celkový posuv
7	pístnice brzdného válce
8	hydraulický brzdný válec: HB 50 / HB 50E
9	přesné kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem
10	regulační ventil pracovního posuvu
11	upínací matice pro kleštinu ER 25
12	objímka ST
13	elektrický nebo pneu koncový spínač vzadu
14	Celkový zdvih 80mm
15	celkový rychloposuv
16	pracovní zdvih stupňovitě regulovatelný
17	elektrický nebo pneu koncový spínač vepředu
18	přípoj vzduchu pro zpětný chod NW4
19	přípoj vzduchu pro dopředný chod NW4
20	chromovaná pinola

Tab 12) Popis stavby jednotky BEM 12 – zdroj [4] – překlad z DE autor

6.2.2 Vrtací jednotka Sugino Selfeeder REVO SRV5-6-1307

Parametrům uvedeným v bodu 5.2 odpovídá i jednotka japonského výrobce Sugino.



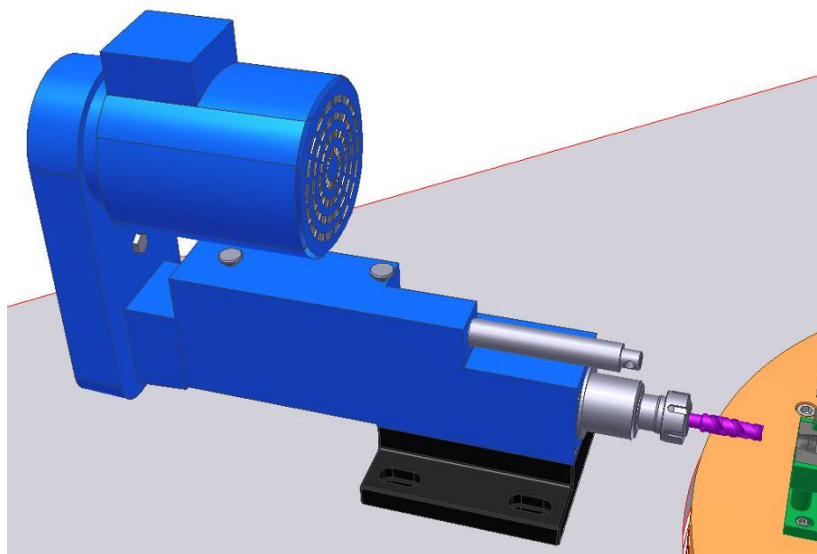
Obr. 47) Vrtací jednotka Sugino – [5]

Technické údaje SRV5-6-1307	
Otáčky vřetene	750min-1
Výkon motoru	0,55kW
Počet pólů motoru, napětí	6P, 400V/50Hz
Maximální průměr vrtáku	13mm
Zdvih	Max. 100mm
Pracovní zdvih	0-40mm, opce 0-60mm
Tlak vzduchu	0,6MPa
Posuvová síla	2.700N
Váha	38kg

Tab 13) Parametry vrtací jednotky Sugino [5]

6.2.3 Zvolená vrtací jednotka, popis činnosti

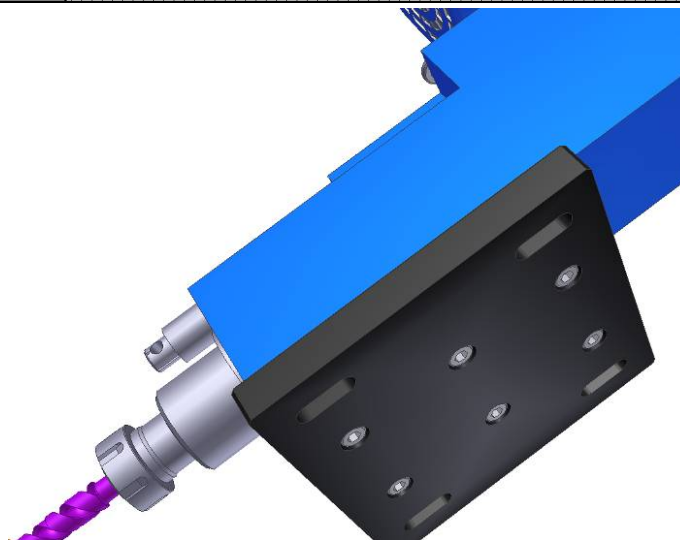
S ohledem na výběr vrtací jednotky firmy Suhner pro začistění dna obrobku v následujícím bodu 6.4, bude jako hlavní vrtací jednotka použita jednotka BEM 12 téhož výrobce, neboť je výhodné mít obě jednotky od stejného výrobce kvůli pozdějšímu servisu. Též lze očekávat výhodnější cenu.



Obr. 48) Pohled na uchycení vrtací jednotky [autor DP]

Činnost vrtací jednotky – po dojetí otočného stolu do polohy se rozbíhá vřeteno stroje, je sepnut ventil přívodu tlakového vzduchu a pinola vyjíždí rychloposuvem k nastavené pozici, kde se aktivuje hydraulický brzdový válec a stroj tak vrtá s pracovním posuvem. Po dosažení dolní úvrati pinola zajíždí zpět do základní pozice a vřeteno se zastavuje. Dosažení základní pozice by mělo být signálem, že je možno dále polohovat otočným stolem.

U přívodu vzduchu pro výsun (zasouvání) pinoly nesmí být zapomenuto na odkalení stlačeného vzduchu a na jeho přimazávání (doporučení distributora), k čemuž slouží jednotka na úpravu vzduchu.



Obr. 49) Pohled na uchycení vrtací jednotky šesti šrouby k mezikusu [autor DP]

6.3 Koncept obrážecí stanice

Obrážecí jednotka bude v podstatě jednoduchý lis, jehož nejdůležitější část bude pneumatický přímočarý motor, na nějž bude upnut obrážecí nástroj. Jelikož zadavatelská firma používá pro svá zařízení většinou pneumatické komponenty firmy Festo, i zde bude zvolen pneumotor z nabídky této firmy. Je třeba volit pneumotor s následujícími parametry:

- Síla – minimálně 1652N
- Zdvih – hloubka drážek 46mm + mezera mezi nástrojem a obrobkem 10mm = min 56mm

Ze zjištěné síly může být vypočten minimální průměr pístu při použitém tlaku 6bar, přičemž je třeba vycházet z rovnic 1 a 2 kapitoly 4.2:

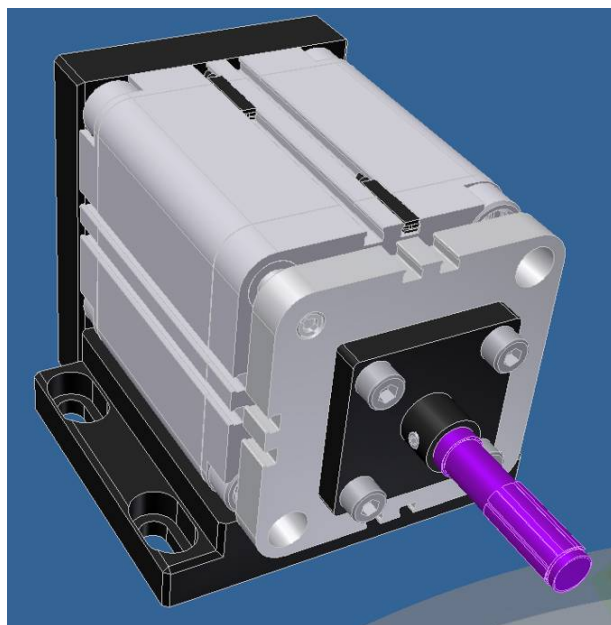
$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{p}$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{F}{p} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1652}{\pi \cdot 600000}} = 0,0592m \cong 60mm$$

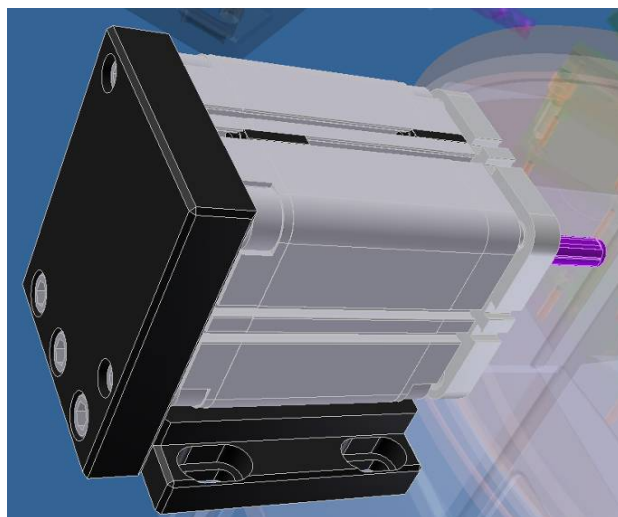
Dle katalogu firmy FESTO je nejbližší vyšší průměr válce 63mm. Další větší průměr v řadě FESTO je ø80 mm. S ohledem na kolísající mechanické vlastnosti materiál dílu držadlo a s ohledem na malý rozdíl v ceně pneumotorů ø63mm a ø80mm se jeví jako výhodnější a jistější zvolit ø80 mm, který bude dimenzován s dostatečnou rezervou.

Jelikož je u této stanice třeba zajistit nástroj proti pootočení (tzn. aby 4 drážky byly vždy ve stejné pozici vůči upínacím přípravkům), je třeba volit pneumotor tak, aby bylo omezeno možné pootočení pístnice s nástrojem. Tzn. volit pneumotor buď se čtvercovou pístnicí (ADVULQ), příp. pneumotor s vodící tyčí a posuvovou deskou (ADVUL)

S ohledem na lepší vedení bude zvolen pneumotor FESTO ADVUL-80-65-P-A



Obr. 50) Náhled na koncepci obrážecí stanice [autor DP]



Obr. 51) Náhled na koncepci obrážecí stanice zezadu [autor DP]

Jak je patrné z obrázků výše, pneumotor je upevněn přes jednoduchý rám ke stolu stroje. Rám je šroubovaná konstrukce, přesné ustavení na stroji je možné díky 4 drážkám pro inbusové šrouby. Obrážecí nástroj je připevněn k desce pístnice pomocí jednoduché příruby se stavěcími šrouby.

Činnost obrážecí stanice – po pootočení stolu do pozice vyjíždí píst válce, po dosažení dolní úvratí dojde k sepnutí předního čidla FESTO typu SME-8 (signál dosažení DÚ), dojde k přepnutí ventilu, píst se vrací do horní úvratí (základní polohy). Nyní musí sepnout zadní čidlo SME-8, které signalizuje stav, že píst se nachází v HÚ – takže je možno otočit stolem.

6.4 Stanice pro začišťování 4 otřepů po obrázení

Bude zvolena vrtací jednotka z nabídky některého ze světových výrobců těchto jednotek s odpovídajícími parametry. Dle bodu 5.3 je třeba volit vrtací jednotku s následujícími parametry:

- Krouticí moment – min. 1,6Nm
- Axiální (posuvová) síla – min. 113,5N
- Otáčky – minimálně 120min⁻¹
- Zdvih – hloubka začišťování = 50mm + mezera mezi nástrojem a obrobkem 10mm = min 60mm
- Výkon – 0,03kW (zde je zřejmé, že vrtací jednotku s takto malým výkonem nebude možné sehnat, proto bude zvolena jednotka splňující ostatní parametry s nejnižším možným výkonem

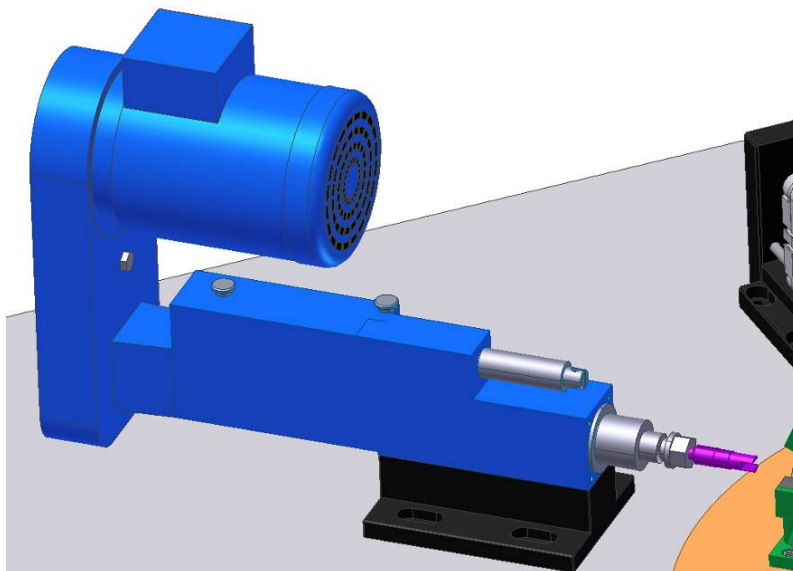
6.4.1 Vrtací jednotka Suhner BEM 6

Technické údaje	
Celkový zdvih	80mm
Max. vrtací výkon	Ø6mm / při 600N/mm ²
Posuvová síla při 6 bar	700N
Rozsah otáček při 50Hz	550 - 7730 min ⁻¹
Max. přípustné otáčky	10 000min ⁻¹
Házivost	0,02mm
Připojení vzduchu	nátrubek NW4
Provozní tlak vzduchu	5 - 7bar
Spotřeba vzduchu	0,1 l/cm zdvihu
Pracovní zdvih stupňovitě regulovatelný	50mm
Výkon motoru při 50Hz	0,37kW / 0,37kW
Napětí	230 / 400V
Otáčky motoru při 50Hz	2900 / 1450 min ⁻¹
Upnutí nástroje	kleština ER 25
	DIN 55058 ST 16
Hmotnost / Barva	16kg / RAL 5012
Stupeň krytí	IP55

Tab 14) Technické údaje BEM 6 – [8] – překlad z DE autor

Tato jednotka splňuje podmínku zdvihu a zároveň nabízí nejnižší výkon. Většina jednotek nabízejících nízký výkon nenabízí zdvih v požadovaném rozsahu.

Stavba jednotky je ekvivalentní BEM12. Stejně tak uchycení, viz dále.



Obr. 52) Pohled na jednotku BEM6 [autor DP]

6.5 Vyfukovací stanice

Koncepce vyfukovací jednotky je poměrně jednoduchá – ofukovací tryska bude umístěna na pístnici pneumotoru, po otočení otočného stolu a přijetí obrobku do pozice je tryska pneumotorem zasouvána do obrobku a současně je tryskou vháněn do otvoru vzduch. Po dosažení dolní úvrati pneumotoru (signál od čidla SME-8) se pístnice se stále foukající tryskou vrací do horní úvrati (signál od druhého čidla), tryska přestává foukat, stůl může být pootočen

Požadované parametry:

- Tryska – průtok vzduchu minimálně 300 l/min při 6 bar
- Pneumotor – zdvih minimálně 60mm
- Pneumotor – síla – pneumotor zde nevykonává žádnou silovou činnost, pouze pohybuje s hmotností trysky a příslušenstvím (upínací deskou, ...).

Pro jeho dimenzaci tedy bude uvažován teoretický stav, že je pohybováno s hmotností 2kg proti tíhovému zrychlení a minimální potřebná síla tedy bude:

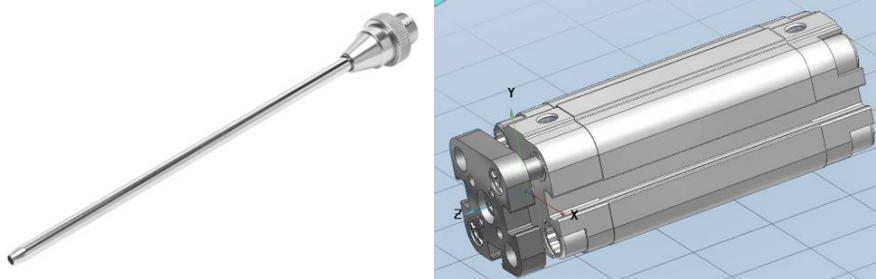
$$(14) \quad F = m \cdot g = 2 \cdot 9,81 = 19,62N \cong 20N$$

Pro výpočet minimálním průměru pneumotoru je třeba vycházet z již užitých rovnic 1 a 2

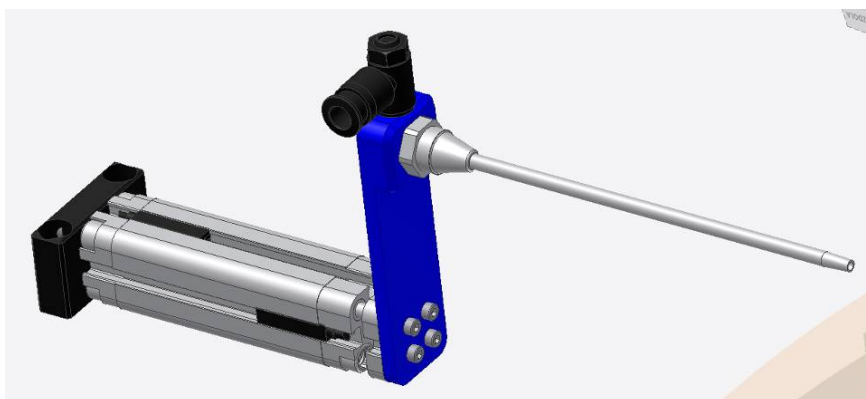
$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{p}$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{F}{p} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20}{\pi \cdot 600000}} = 0,000651m \cong 6,51mm$$

Z katalogu FESTO bude zvolen nejmenší pneumotor s vedením a deskou ø12mm typu ADVUL 12-65-P-A. Průměr pístu je tedy téměř dvojnásobný, proti minimálnímu zjištěnému.



Obr. 53) Ofukovací tryska LPZ-RG-150-B [7] a pneumotor ADVUL 12-65-P-A fa. FESTO [6]



Obr. 54) Vyfukovací stanice [autor DP]

6.6 Lisovací stanice

Je tvořena dvěma hlavními částmi – a sice podávacím mechanismem, který dopravuje díl vnitřní mechanika orientovaně do odebírací „kostky“, kde je potom tento díl nabrán na lisovací trn a dále manipulován.

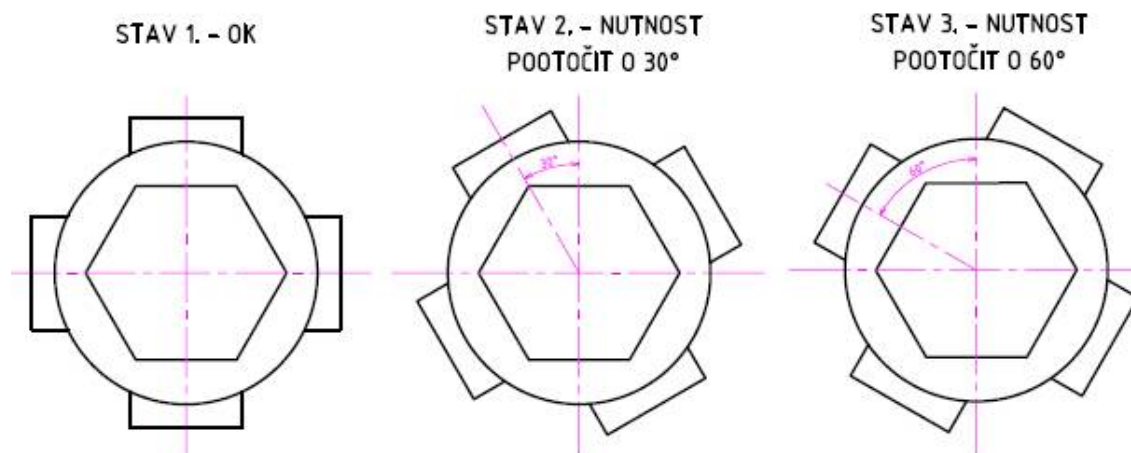
Další částí je potom manipulátor a lis, které ve vzájemné kooperaci musí díl vnitřní mechanika vhodně napozicovat (tzn., čtyři výstupky na dílu mechanika směřují proti čtyřem drážkám v držadla), a poté zalisovat silou zjištěnou v bodu 5.4 (tj. ca. 260N)

6.6.1 Podávací stanice

Je opět řešena pomocí vibračního zásobníku Vondra a Vondra, s. r. o. Damníkov (viz též <http://www.vondra-vondra.cz/cz/kontakt>), přičemž byla zvolena kuželová násypka NKF 300 a vibrační pohon VZ-C 200. Z vibračního zásobníku odchází pouze orientované vnitřní mechaniky, tzn. odjišťovacím prstencem směrem vpřed, opačně orientované mechaniky jsou rozpoznány kamerou vibračního zásobníku a tlakovým vzduchem jsou shozeny zpět na dno zásobníku.

Orientované mechaniky potom přechází na dopravníkový pás, kde jsou vedeny mezi dvěma vodícími lištami (opět poteflonovanými) a dostávají se do odebírací kostky – zde opět k doražení mechaniky až na přední zarážku pomáhá další mechanika jdoucí na pásu, která dotlačuje mechaniku první do odebírací „kostky“ na přední narážku. Zde signalizuje optoelektronické čidlo Balluf přítomnost mechaniky ve stanici. Poté je mezi obě mechaniky vtlačena zadní narážka s klínovým náběhem, která dotlačuje první mechaniku na přední narážku a druhou mechaniku zpět na pásu (zde bude třeba příp. ještě pás reverzovat). Do

mechaniky je poté zatlačen speciální šestihranný trn s kuželovým náběhem. Díky tomu se mechanika vždy pootočí tak, že plochy vnitřního šestihranu mechaniky se „srovnají“ vůči plochám šestihranu trnu. Jak je zřejmé i z obrázku níže, jsou možné tři stavy, jak je mechanika usazena na trnu – stav první je žádaný stav – takto je třeba mechaniku lisovat. Stav druhý je již takový stav, při němž je mechanika nabita na trn pootočeně o 30° . Podobně stav třetí – zde je rozdíl pouze v úhlu pootočení o 60° resp. o -30° .



Obr. 55) Náčrt možných stavů dílů mechaniky po nabití na manipulační šestihran [autor DP]

Z těchto zjištění vyplývá nutnost vyhodnocování stavu mechaniky a nutnost správného polohování do stavu 1, aby bylo zaručeno správné zalisování dílu mechaniky do dílu držadlo.

Původně plánované použití servopohonu a vyhodnocování stavu díky senzoru Baumer ZADM 034I240.0001 (optoelektronický senzor s odrazkou), bylo nakonec odloženo na stranu a myšlenky na řešení tohoto problému přešly do jiné roviny – a sice úprava konstrukce vyráběného produktu.

Allgemeine Daten		Foto
Funktion	Messarten: Kantenposition, Breite	
Messfeldgröße	24 mm	
Messdistanz (zum Objekt)	0 ... 40 mm	
Messfrequenz	1800 Hz	
Auflösung	< 0,05 mm	
kleinstes erfassbares Objekt	1 mm	
Linearitätsabweichung	± 0,4 mm (S = 0...40 mm) ± 0,2 mm (S = 20...40 mm)	
Wiederholgenauigkeit	< 0,05 mm	
Betriebsanzeige	LED grün	
Ausgangsanzeige	LED gelb	
Lichtquelle	IR-Diode gepulst	
Wellenlänge	880 nm	

Obr. 56) Původně plánovaný optoelektronický senzor firmy Baumer pro určení správné pozice čtyř výstupků [23]

S ohledem na požadavek co možná nejnižší ceny zařízení a co možná největší jednoduchosti zařízení, bylo určeno jako nejjednodušší a zároveň nejlevnější provést úpravu konstrukce produktu. A sice – vyráběný produkt bude upraven tak, že přenos krouticího momentu mezi dílem držadlo a mechanika bude zajišťovat 6 drážek a 6 výstupků namísto původních 4. Díl

mechanika tedy nebude moci nabít na trn jinak, než tak, že výstupek vždy směřuje proti drážce v dílu držadlo.

K provedení tohoto řešení je třeba zajistit úpravu vstřikovací formy u německého dodavatele, přičemž náklady na tuto úpravu byly dodavatelem předběžně odhadnuty na 9500,- Euro, což při aktuálním kurzu činí ca. 247.000,- Kč.

Náklady na tuto úpravu jsou ve srovnání s odhadovanými náklady na automatizační prvky pro správné polohování mechaniky nižší, proto je toto řešení výhodné. Navíc dojde i ke zlepšení přenášeného krouticího momentu mezi dílem držadlo a mechanika výrobku.

DŮLEŽITÉ ZJIŠTĚNÍ – KOREKCE VÝPOČTU:

Je třeba si uvědomit, že dojde i ke změně požadovaných parametrů v bodech 6.3 a 6.4 této práce. V bodu 6.3 byl navrhován pneumotor pro obrázení 4 drážek, byl zvolen průměr 80mm. Bohužel sílu pro obrázení 6 drážek není možné zatím měřit, proto bude použito jednoduché rovnice trojčlenky pro orientační zjištění síly pro 6 drážek z původně zjištěné max. síly pro 4 drážky

$$(15) \quad F_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot F_1$$

$$F_2 = \frac{6}{4} \cdot 1652 = 2478N$$

Kontrola pneumotoru 80mm

$$F_{\text{pneomotoru80}} = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 600000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 3014N$$

Jak vidno, zvolený pneumotor by měl být schopen 6 drážek obrazit s dostatečnou rezervou.

Vrtací jednotka pro začištění dna byla volena v bodu 6.4 s obrovskou rezervou, zde tedy i bez výpočtu lze s jistotou konstatovat, že bude i pro začištění šesti špon z drážek vyhovovat.

6.6.2 Lisovací stanice (kombinovaná s manipulačním zařízením)

Lisovací jednotka bude i zároveň jednoduchý dvouosý manipulátor typu RT (rotace, translace)

Pneumotor pro lisování – síla pro zalisování mechaniky se čtyřmi výstupky, zjištěná v bodu 5.4, činí 258,9 N. Opět je využita rovnice 15 a je spočtena síla pro zalisování mechaniky se šesti výstupky:

$$F_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot F_1 = \frac{6}{4} \cdot 258,9 = 388,4N$$

Určující parametry lisovací jednotky jsou tedy:

- Síla – min. 388,4 N
- Zdvih – min. 50 mm + 10 mm mezera = min. 60 mm
- Pneumotor s pístnicí proti pootočení

Těmto parametrům odpovídá pneumotor ADVUL-32-65-P-A, jehož teoretická síla při 6 bar činí 482 N.

Pneumotor bude umístěn přes úhlový držák na kyvné jednotce FESTO. Při návrhu je třeba vycházet z podkladů firmy FESTO a jejich doporučení. Důležitá je zatěžující síla F_y ve vzdálenosti z a také moment setrvačnosti, který bude zatěžovat kyvnou jednotku. (Sílu F_x v tomto případě zanedbáváme – jedná se jen o sílu od hmotnosti pneumotoru ADVUL a příruby)

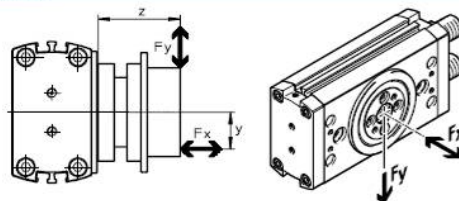
Kyvné pohony DRRD-16 ... 63, se dvěma písty

technické údaje

FESTO

Max. dynamická zatížitelnost přírubové hřídele

Nulovým bodem pro rozměr z je, nezávisle na konstrukčních dílech (sestava příruby), vždy rovina příruby základního pohonu.

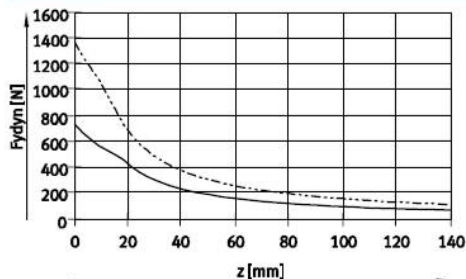


Pro kombinovanou zátěž (axiální a radiální) platí následující rovnice:

$$\frac{F_y(z)}{F_{y, \max.}(z)} + \frac{F_z(v)}{F_{z, \max.}(v)} \leq 1$$

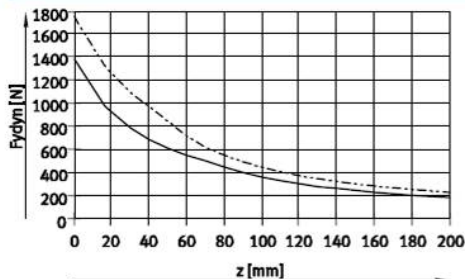
Max. dynamická radiální síla F_y v závislosti na vzdálenosti z

velikost 16/20



— DRRD-16
- - - DRRD-20

velikost 25/32



— DRRD-25
- - - DRRD-32

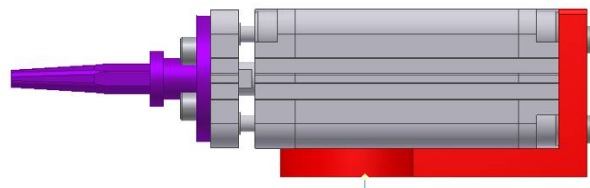
Obr. 57) Výřez z katalogu FESTO – určení kyvné jednotky podle síly F_y [24]

Jelikož max. zatěžující síla činí 482N, vzdálenost z činí 64,5 mm (vzdálenost od osy namontovaného pneumotoru ADVUL-32-65-P-A ke spodní přírubě základního pohonu), volíme dle grafu výše kyvnou jednotku DRRD-25-180-FH-PA-R.

U kyvné jednotky musí být proveden kontrola momentu setrvačnosti od těles připevněných k jednotce. Dle aplikace v 3D modeláři vychází moment setrvačnosti $I_3 = 3280,5 \text{ kgmm}^2 = 0,0032805 \text{ kgm}^2$.

Přípustný moment setrvačnosti dle katalogového listu FESTO činí $0,55 \text{ kgm}^2$.

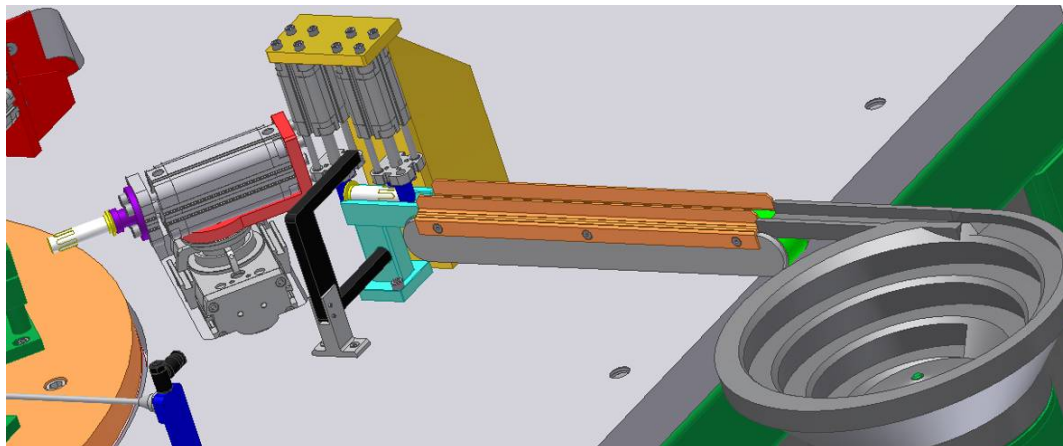
Zvolená kyvná jednotka tedy plně vyhovuje pro dané použití.



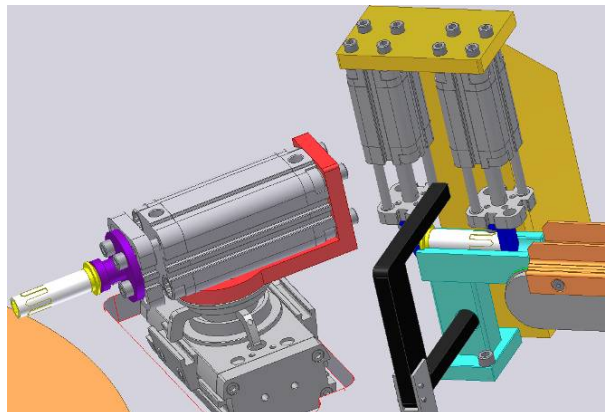
Obecné	Souhrn	Projekt	Stav	Lůžvatelské	Ulož	Fyzikální
Materiál: Actualizovat Hustota: 4,398 g/cm ³ Niklá Schránka Poladovaná přesnost:						
Obecné vlastnosti ☐ Zahnout kosmetické svary ☐ Zahnout přepsání KS Hmotnost: 1,341 kg (Relativní) X: 17,652 mm (Relativní) Plocha: 108746,302 mm ² Y: 0,507 mm (Relativní) Objem: 304616,135 mm ³ Z: 25,494 mm (Relativní)						
Vlastnosti setrvačnosti Hlavní Globalní Těžiště Hlavní momenty I1: 716,784 kg m ² I2: 3427,308 kg m ² I3: 3280,509 kg m ² Rotace na hlavní Rx: 4,33 deg (Relativní) Ry: -2,56 deg (Relativní) Rz: -0,10 deg (Relativní)						

Obr. 58) Určení momentu setrvačnosti [autor DP]

Princip činnosti této jednotky je principiálně podobný jednotce základací (odebírací). Do připravené mechaniky v předávacím stojanu je zasouván šestihranný trn s náběhem, který díky náběhu pootáčí mechaniku tak, že orientovaně najede na šestihran (výstupek směrem nahoru). Po dosažení DÚ pneumotor zajiždí zpět, do HÚ, po jejím dosažení pootáčí kyvná jednotka s pneumotorem s trnem a mechanikou do pozice před držadlo, poté zalisuje pneumotor ADVUL mechaniku do držadla. Po dosažení DÚ se vrací zpět do základní pozice a kyvná jednotka se otáčí zpět naproti předávacímu stojanu. Koncové polohy kyvné jednotky jsou pak 0° (zobrazují obrázky níže) a 135° (natočení v ose předávacího stojanu).



Obr. 59) Pohled na podávací /lisovací/ stanici dílu mechanika [autor DP]



Obr. 60) Detail lisovací jednotky a předávacího stojanu [autor DP]

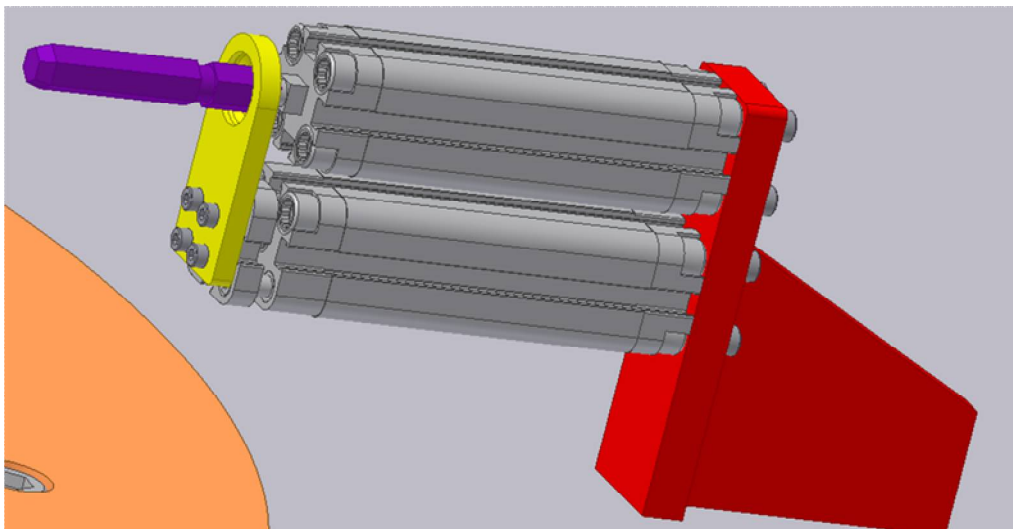
6.7 Kontrolní stanice

V této stanici budou použity opět pneumatory značky FESTO – jeden pro stisk odjišťovacího prstence a druhý pro zasunutí kontrolního šestihranného kalibru, a poté zatažení silou 35N

- Pneumotor pro zasunutí kalibru – minimální síla při zasouvání >48N
– síla zatáhnutí při zkoušce (zpětná) 35N
– zdvih minimálně 60mm
- Síla pro stisknutí odjišťovacího prstence - 67,6N

Jako kontrolní pneumotor bude zvolen ADVULQ-16-65-A-P-A – je to pneumotor se čtyřhrannou pístnicí se závitem – důvod volby spočívá v tom, že při konání pracovního zdvihu je třeba, aby pístnice volně prošla pracovním otvorem nástroje pro odjišťování prstence – žlutá barva na obrázku níže – zároveň se kalibr nesmí potočit – proto čtyřhranná pístnice.

Pro stisk odjišťovacího prstence bude zvolen ADVUL-16-65-P-A – kvůli lepšímu vedení, na pístnici totiž bude vyvozován ohybový moment, jelikož síla nepůsobí v ose pístnice.



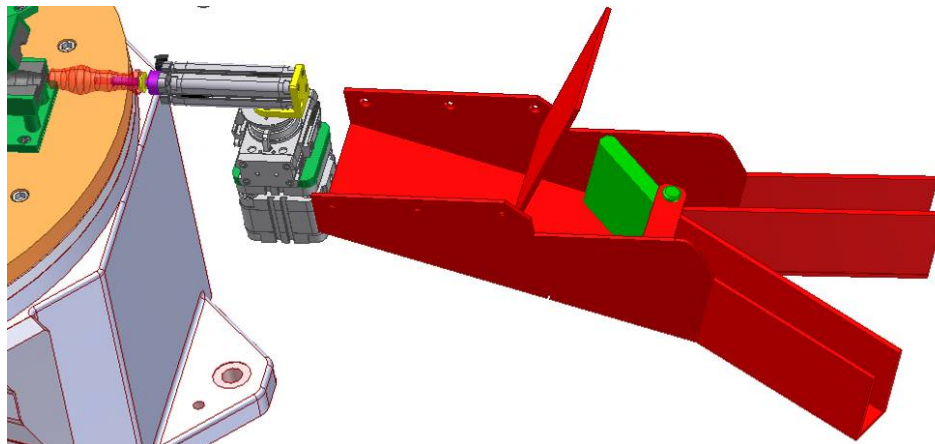
Obr. 61) Kontrolní stanice [autor DP]

Princip činnosti je jednoduchý – pístnice s kalibrem vyjíždí a zasouvá se do výrobku (odjišťovací prstenec není zatím třeba mačkat). Po dojetí pístnice do DÚ přepíná ventil a nyní je pístnice tažena zpět silou 35N (dosažení definované síly díky proporcionálnímu redukčnímu ventilu FESTO), přičemž je-li výrobek OK, pístnice stále zůstává v DÚ. Pohne-li se však pístnice mimo DÚ, je třeba zatáhnout plnou silou a kalibr vytáhnout ven, poněvadž se jedná o špatný kus. V tomto případě je třeba dát povel odebírací stanici, aby se nastavila na NOK kus.

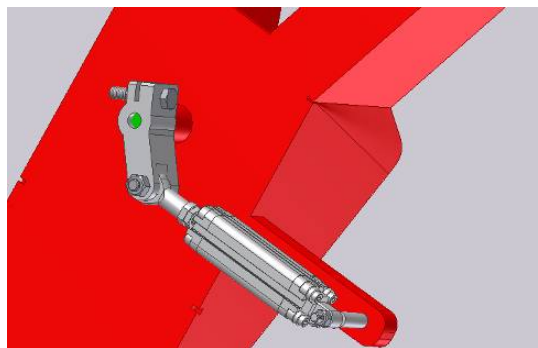
Zůstala-li pístnice v DÚ, kus je OK a je třeba kontrolní pneumotor uvolnit, vysunout pneumotor 2 s odjišťovacím dílcem, který stiskne prstenec (dosažení DÚ), a teprve nyní je možno vyjet šestihranným kalibrem zpět do základní polohy. Je třeba dát povel odebírací stanici, aby se nastavila do polohy „kus OK“

6.8 Odebírací stanice

Koncepce odebírací stanice je analogií ke konceptu zakládací stanice – po dojetí stolu do pozice vyjíždí dutý trn s menším rozměrem než rozměr vnitřního šestihranu výrobku pomocí pneumotoru ADVUL 20-90-P-A do šestihranu mechaniky, upínač je odjištěn a otevřen (bude řešeno dále), vyjíždí hlavní pneumotor ADVUL 80-10-P-A v ose Z, menší pneumotor vytahuje výrobek směrem ven, po dosažení HÚ se otáčí kyvná jednotka, výrobek se ocitá nad skluzem s klapkou. Klapka je nastavena dle výsledku kontroly kalibrem v předchozí stanici buď na jednu, nebo druhou stranu. Poté je do dutého trnu vpuštěn tlakový vzduch (intenzitu třeba nastavit škrticím ventilem tak, aby výrobek „neodlétával“ příliš daleko) a výrobek sjíždí z trnu a padá do skluzu, kde putuje buď jedním, nebo druhým směrem do bedny.



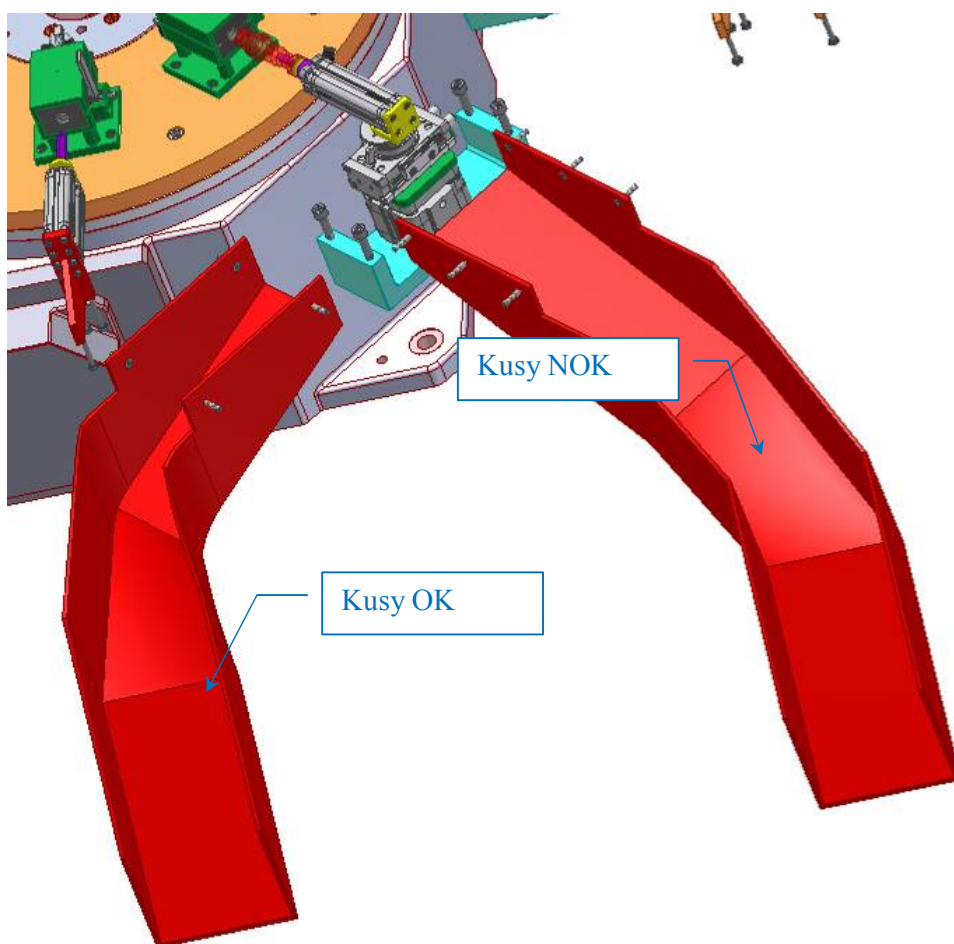
Obr. 62) Pohled na odebírací stanici varianta 1 [autor DP]



Obr. 63) Pohled na přepínání klapky odebírací stanice varianty 1 (zespodu) [autor DP]

6.8.1 Koncept odebírací jednotky s kyvným pohonem 0/90/180°, který odkládá na dva separátní skluzy

Po konzultaci s vedoucím vývojového střediska JÚS zadavatelské firmy bylo navrženo ještě jedno možné řešení odebírací jednotky – a sice použití kyvného pohonu s třemi pozicemi zastavení – podle výsledku poté kyvný pohon zastaví buď v pozici 90° a hodí kus na skluz do dobrých kusů, anebo přejede do pozice 180°, kde je kus hozen do otvoru se skluzem na špatné kusy. Toto řešení bude zřejmě výhodnější, neboť by nemělo docházet k zasekávání kusů (což u předchozího navrženého řešení hrozilo).



Obr. 64) Řešení se dvěma skluzy [autor DP]

6.9 Otočný stůl

Je volen z nabídky německého výrobce Weiss GmbH – otočné stoly Weiss používá zadavatelská firma v několika JÚS, je proto výhodné, s ohledem na servis a také kladné zkušenosti, volit i pro tento stroj otočný stůl této firmy.

Stůl TC700T – průměr 700mm – je volen po předchozím předběžném nákresu layoutu stroje v programu AutoCAD. Tato velikost stolu nabízí jednak optimální rozmístění jednotek při přijatelné velikosti a zároveň i dostatečně velkou stacionární středovou přírubu pro umístění konzoly pneumotorů pro uzavírání mechanických upínačů.

Jedním z nejdůležitějších parametrů stolu jsou momenty setrvačnosti otáčených prvků namontovaných na stůl – v našem případě jde o upínací přípravky a také o hliníkový rondel tloušťky 25mm, na který jsou přípravky přišroubovány.

Výpočet celkového momentu setrvačnosti umístěných prvků je poté proveden v aplikaci MTM (Massentraegheitsmomente), která je k dispozici na webu výrobce Weiss, a díky které je zjištěn celkový moment setrvačnosti $2,72 \text{ kgm}^2$.

WEISS GmbH - Massenträgheitsmomente

Menü ?

Zylinder (z. B. Schaltteller, Werkstückaufnahme, Werkstück, etc.)

Anzahl	Masse kg	Material	Dichte kg / dm ³	R̄ mm	R̄ hohl mm	Dicke mm	Teilkreis - R̄ Schwerpunkt mm	Drehachse parallel I	MTM kg m ²
1	23,57	Aluminium	2,7	700	250	26	0	parallel I	1,63
0		Stahl	7,8	0	0	0	0	parallel I	0,00
0		Stahl	7,8	0	0	0	0	parallel I	0,00
0		Stahl	7,8	0	0	0	0	parallel I	0,00
0		Stahl	7,8	0	0	0	0	parallel I	0,00

Quader oder einfaches Gewicht (z. B. Werkstückaufnahme, Werkstück, etc.)

Anzahl	Masse kg	Teilkreis - R̄ Schwerpunkt mm	Material	Dichte kg / dm ³	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	MTM kg m ²
8	2,35	460	Quader					1,09
0		0						0,00
0		0						0,00
0		0						0,00
0		0						0,00

Berechnen Eingaben löschen Ausgabe Hilfe Ende

Gesamt MTM: 2,72

Obr. 65) Momenty setrvačností otáčených prvků montovaných na talíř – Free program od firmy Weiss

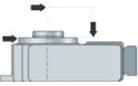
Díky znalosti momentu setrvačnosti je možné určit dobu pootočení stolu z pozice do pozice – dle podkladů výrobce může být až 0,53 sekundy, poněvadž moment setrvačnosti je menší jak 9 kgm². Pro pozdější výpočty budeme uvažovat hodnotu 1 sekunda.

8	J _{max}	101	166	270	484	702	1200	1720	2430	3650	6560	10900	18300	31200	48800	71500
	t _s	0.53	0.62	0.73	0.88	1.03	1.31	1.52	1.76	2.16	2.71	3.45	4.23	5.56	6.64	8.13

Obr. 66) Výřez z datasheetu Weiss – doba taktu pootočení stroje v závislosti na momentu setrvačnosti – [14]

Při volbě otočného stolu je také důležitá kontrola celkového zatížení otočného stolu, která nesmí přesáhnout výrobcem doporučené hodnoty (viz níže)

LOAD DATA (for the rotary indexing dial plate)



Perm. tilting moment acting on the locked dial plate

10000 Nm



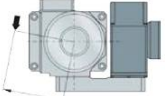
Perm. radial force acting on the locked dial plate

30000 N



Perm. operating force (acting vertically on the locked dial plate within the normal Ø)

40000 N



Perm. tangential moment acting on the locked dial plate

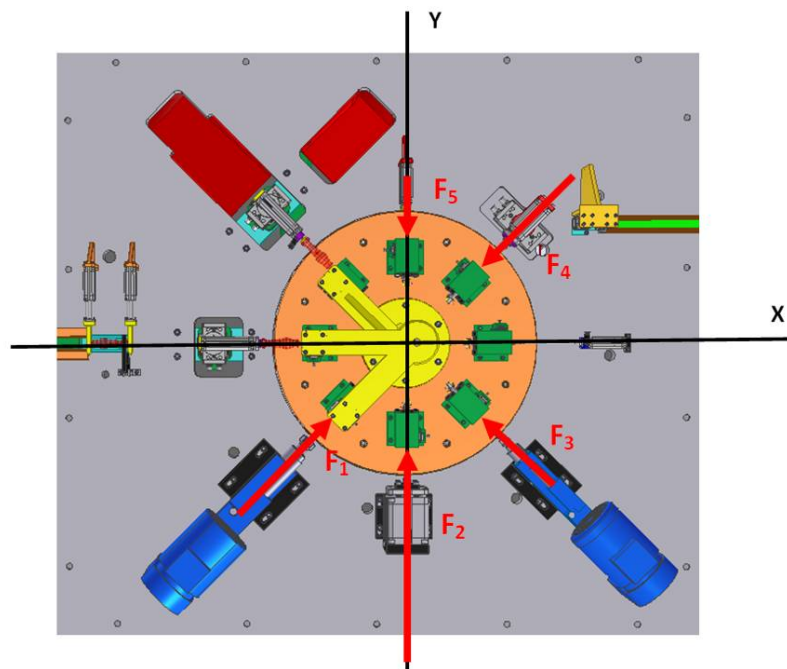
1700 Nm

Obr. 67) Výřez z datasheetu Weiss – maximální zatížení stolu TC 700 T – [14]

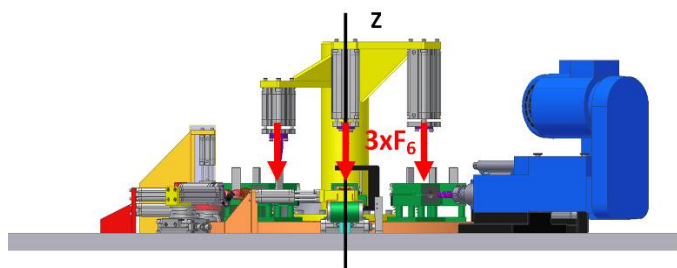
Při kontrole je třeba provést součet působících sil a momentů od pracovních jednotek na otočný stůl.

Jelikož krouticí momenty od vrtacích jednotek jsou zanedbatelně malé vůči uváděnému max. momentu 10000Nm, nebudou při kontrole vůbec zahrnovány do výpočtu.

Při kontrole je provedeno rozložení sil do jednotlivých os a jejich součet.



Obr. 68) Síly působící na otočný stůl – osy X a Y [autor DP]



Obr. 69) Síly působící na otočný stůl - osa Z [autor DP]

Síla	Hodnota [N]	Rozklad F_{Xn}	Rozklad F_{Yn}	Rozklad F_{Zn}	Pozn.:
F ₁	1470	1039,29	1039,29		teoretická max.
F ₂	3000	0	2121		teoretická max.
F ₃	700	-494,9	494,9		teoretická max.
F ₄	482	-340,774	-340,774		teoretická max.
F ₅	188	0	-132,916		teoretická max.
F ₆	756			-756	teoretická max.

Tab 15) Síly působící na otočný stůl (použity maximální možné hodnoty sil prac. jednotek stroje – pracovní hodnoty jsou ve skutečnosti mnohem nižší)

Po sečtení jednotlivých složek sil (tj. F_{Xn} , F_{Yn} , F_{Zn}) jsou zjištěny následující složky působící výsledné síly:

$$F_X = 203,6 \text{ N}$$

$$F_Y = 3181,5 \text{ N}$$

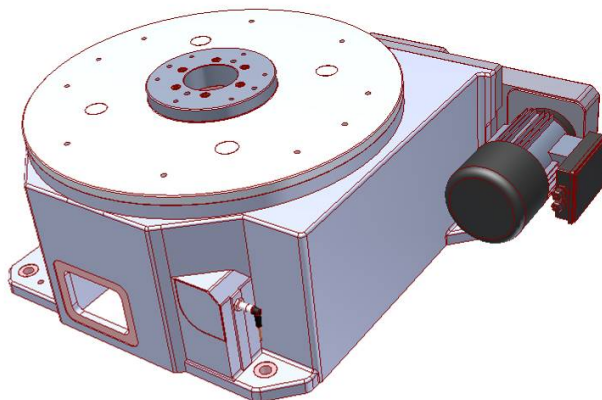
$$F_Z = -2268 \text{ N}$$

Zjištěné složky F_X a F_Y ještě vyvozují moment (síly působí v ose dutiny upínače, která se nachází ve vzdálenosti $z = 110 \text{ mm} = 0,11 \text{ m}$

$$M_{F_X} = F_X \cdot z = 203,6 \cdot 0,11 = 22,4 \text{ Nm}$$

$$M_{F_Y} = F_Y \cdot z = 3181,5 \cdot 0,11 = 350 \text{ Nm}$$

Jak vidno, zjištěné hodnoty síly a momentů jsou řádově mnohem nižší než výrobcem doporučené maximální hodnoty. Navržený otočný stůl tedy s obrovskou rezervou vyhovuje.



Obr. 70) Pohled na 3D model zvoleného stolu Weiss [3D model stažitelný z www.weiss.de]

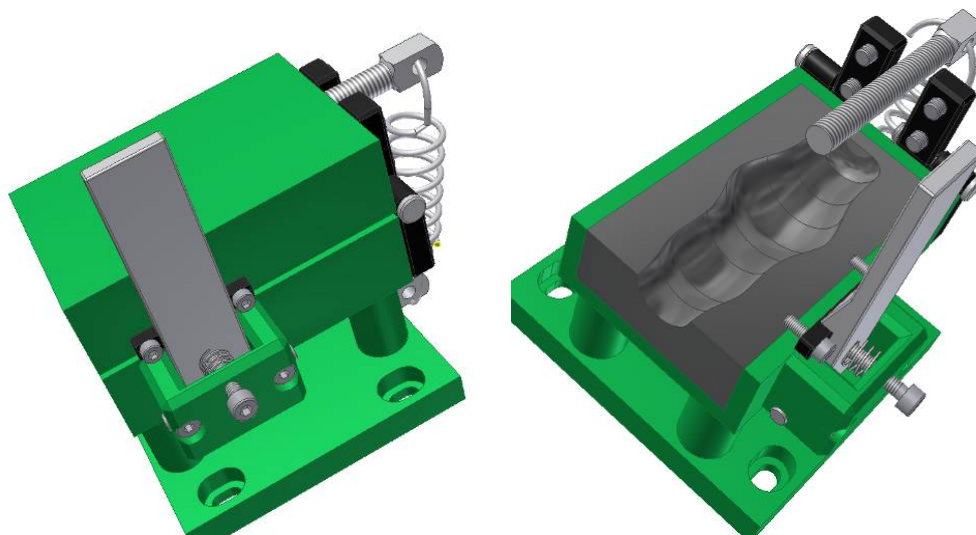
Pozn.: S ohledem na orientační kontrolní výpočet lze konstatovat, že by bylo možno zvolit menší provedení otočného stolu (na kterém bude umístěn hliníkový rondel s průměrem 700 mm). Je však třeba vzít v potaz i středovou konzolu s pneumatikami pro uzavírání mechanických upínačů, která je přišroubována ke středové stacionární přírubě otočného stolu. Menší rozměr otočného stolu znamená menší středovou přírubu, což znamená menší přírubu konzoly a celkově menší maximální rozměry konstrukce konzoly, které by mohly být limitující a nedostatečné pro správnou dimenzaci konzoly. V případě realizace zařízení a jeho detailní konstrukce je tedy třeba provést výpočet (nebo lépe MKP simulaci), při které by byly určeny nejmenší možné rozměry exponovaných částí konzoly, a poté byl vybrán otočný stůl s nejbližší vyšší středovou přírubou, přičemž pro co nejlepší kontrolu zatížení by byla data o zatěžujících silách a momentech, působících na stůl, předána výrobcí, který by provedl kontrolu vybraného stolu a buďto jeho použití doporučil, nebo by navrhnul použití většího, vyhovujícího stolu. Pro účely této DP však uvažujeme použití výše uvedeného stolu (jakožto nejdražší varianty), přičemž případné použití menšího stolu přinese zlevnění koncepce.

6.10 Upínací přípravky

Upnutí dílu drždadlo je řešeno speciálními tvarovými vložkami – vyrobí se tak, že do připravených ocelových formiček je pomocí pryskyřičné hmoty Biresin G27 (viz také

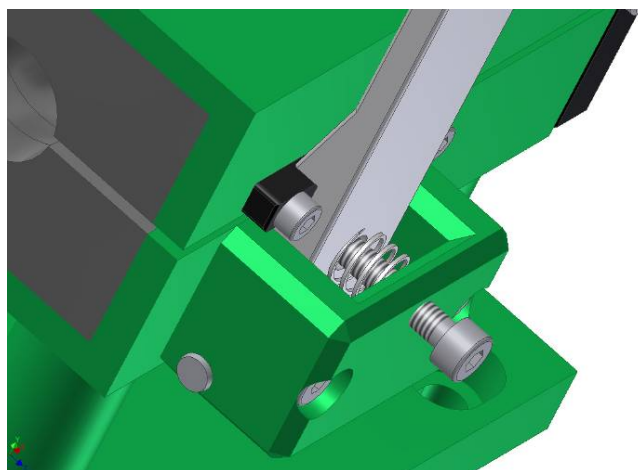
<http://www.tooling.cz/download/technicke-listy-sika/g27-lv.pdf>) odlit tvar držadla (držadlo samotné slouží jako „kopyto“), poté je odlitek rozříznut, ofrézován na dělicích rovinách tak, aby v dělicí rovině vznikla celkem 1mm mezera. Vložky jsou poté vlepeny (nebo vešroubovány) do ocelového těla upínačů – podobný systém již zadavatelská firma používá pro upínání držadel při vrtání.

Upínač sestává ze dvou kostek, spojených panty, a ze základní desky, která je spojena se spodní kostkou pomocí distančních sloupků se šrouby. Kostky jsou vzájemně oddalovány tažnou pružinou v zadní části.

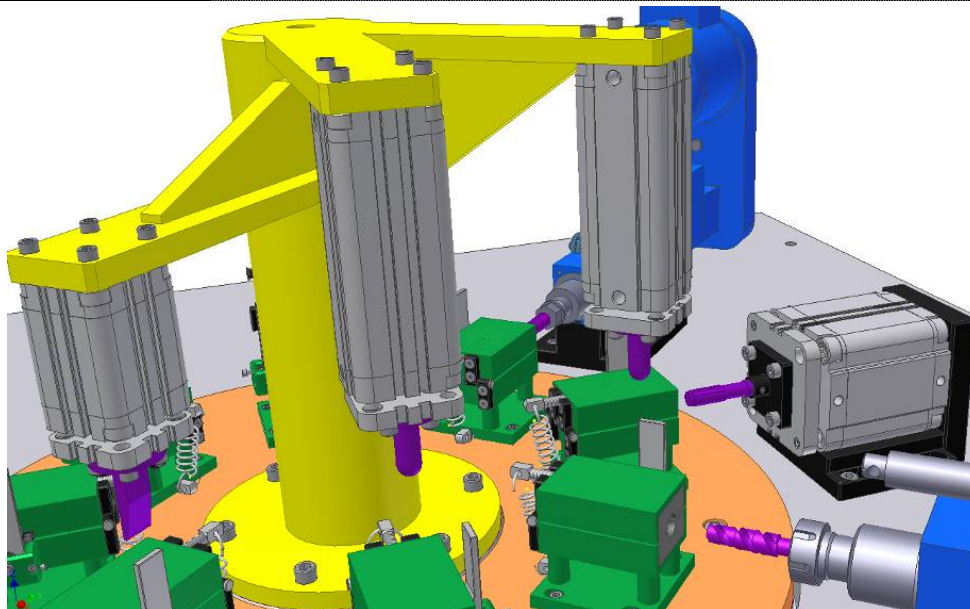


Obr. 71) Pohled na upínač a na vnitřní dutinu [autor DP]

Upnutí zajišťuje mechanický systém s kalenou západkou přitlačovanou tlačnou pružinou. Pro upnutí stlačí horní pneumotor ADVUL-40-100-PA (uchycený přes konzolu ke stojícímu středu otočného talíře) horní kostku přípravku (musí přemoci sílu pružiny), západka přes jednostranný náběh najíždí na výstupek, za který se díky síle menší pružiny zahákne a tím je upínací přípravek uzavřen. Jelikož při operaci vrtání vzniká poměrně velký krouticí moment, bude ještě upnutí pojištěno zvláštním pneumotorem, který po dojetí přípravku do stanice vysune pístnici a ještě přitlačí horní díl upínače tak, aby bylo zamezeno jakémukoliv protočení.

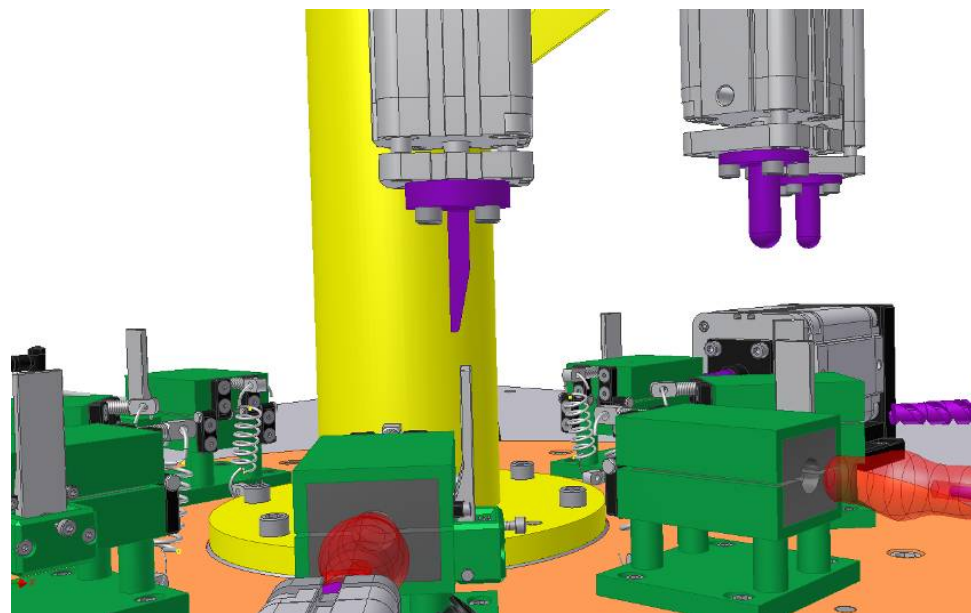


Obr. 72) Detail mechanismu západky [autor DP]



Obr. 73) Uzavírání (otevírání) upínacích přípravků pomocí pneumotorů na konzole
[autor DP]

Otevření přípravku je pak provedeno odtlačení západky pomocí pneumotoru ADVUL-40-40-P-A, západka je odtlačena díky šikmé ploše na trnu pístnice. Oba díly musí být kaleny, na jednom z dílů by mohla být např. umístěna i otočná kladíčka. Horní kostka se potom otevře díky síle tažné pružiny v zadní části přípravku.



Obr. 74) Detail otevření přípravku odjištěním západky šikmou plochou trnu pístnice
[autor DP]

6.11 Odstraňování plastových třísek ze stroje

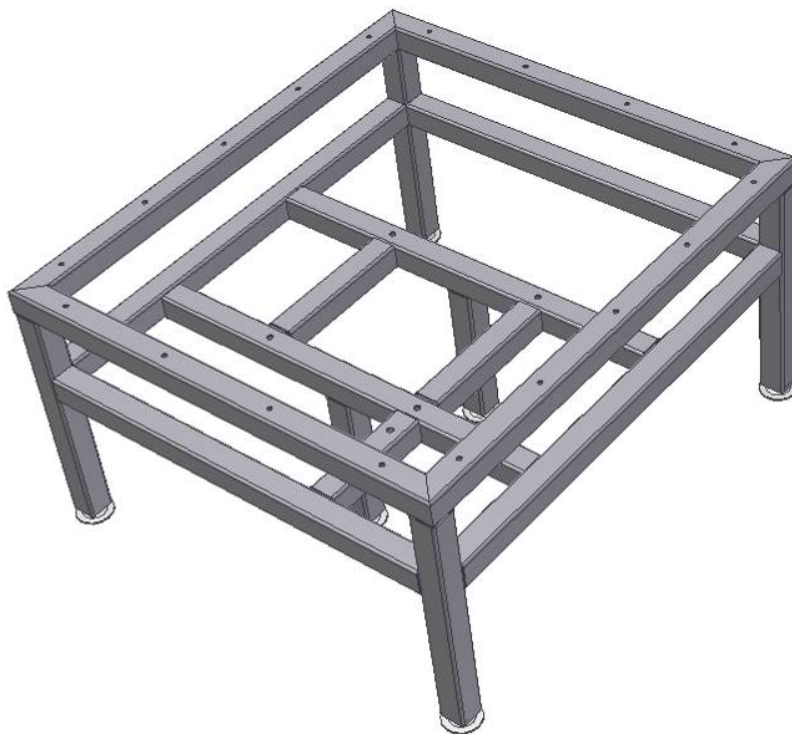
Na desce stolu budou vhodně rozmístěny odsávací trubky průměru 150 mm (na místech, kde se dá očekávat nejvyšší výskyt třísek, tj. vrtací jednotky, vyfukovací jednotka), které potom vyústí do jednoho společného vývodu, ke kterému bude připojena odsávací jednotka. Zadavatelská firma má s podobným řešením již zkušenosti.

Pozn.: ve 3D modelu a výkresu sestavení nebudou prvky odsávání špon uvedeny

6.12 Rám a kabina stroje

6.12.1 Rám stroje

Rám stroje je volen jako svařenec z ocelových čtyřhranných trubek čtvercového průřezu („jeklů“) 90x90x4. Z horní strany jsou vyvrtány otvory průměr 17 mm, pomocí kterých je připevněna deska s pracovními jednotkami. O 310mm níže je potom umístěn rošt pro upevnění otočného stolu, ve kterém jsou čtyři otvory 22 mm pro spojení šrouby.



Obr. 75) Koncepce rámu stroje [autor DP]

Rám je osazen celkem šesti nohami (4x v rohu + 2x uprostřed pod otočným stolem), které jsou osazeny nastavitelnými patkami Haberkorn STF 549418 (průměr 125mm), které umožňují správné ustavení stroje.

6.12.2 Kabina stroje

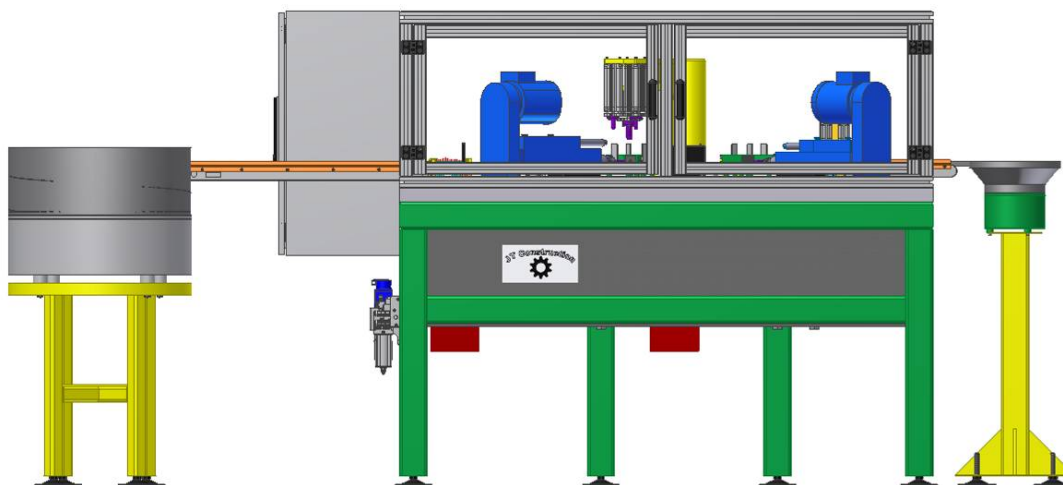
S ohledem na fakt, že stroj pracuje v plně automatickém režimu, je třeba zajistit, aby nebylo možné, že obsluha (kolemjdoucí osoba) bude moci jakkoliv zasahovat do pracovního

prostoru stroje) a zároveň, že nebude zasažena odletujícími šponami vznikajícími při činnosti stroje. Z toho důvodu bude celý stroj kapotován pomocí tabulí plexiskla, přišroubovaných na čtyřhrannou konstrukci z profilů Bosch Rexroth 40x40. Ze dvou protilehlých stran jsou potom umístěny dveře, které jsou za chodu stroje blokovány bezpečnostními mechanickými spínači Pilz PSEN me1M / 1AS. Otevření dveří je možné pouze po přepnutí stroje do režimu „otevřené dveře“, kdy je běh všech jednotek na stroji deaktivován a je zajištěno, že žádná jednotka nelze spustit. Zmiňovaný režim se zapne přepínačem s klíčkem umístěný na hlavním ovládacím panelu stroje.

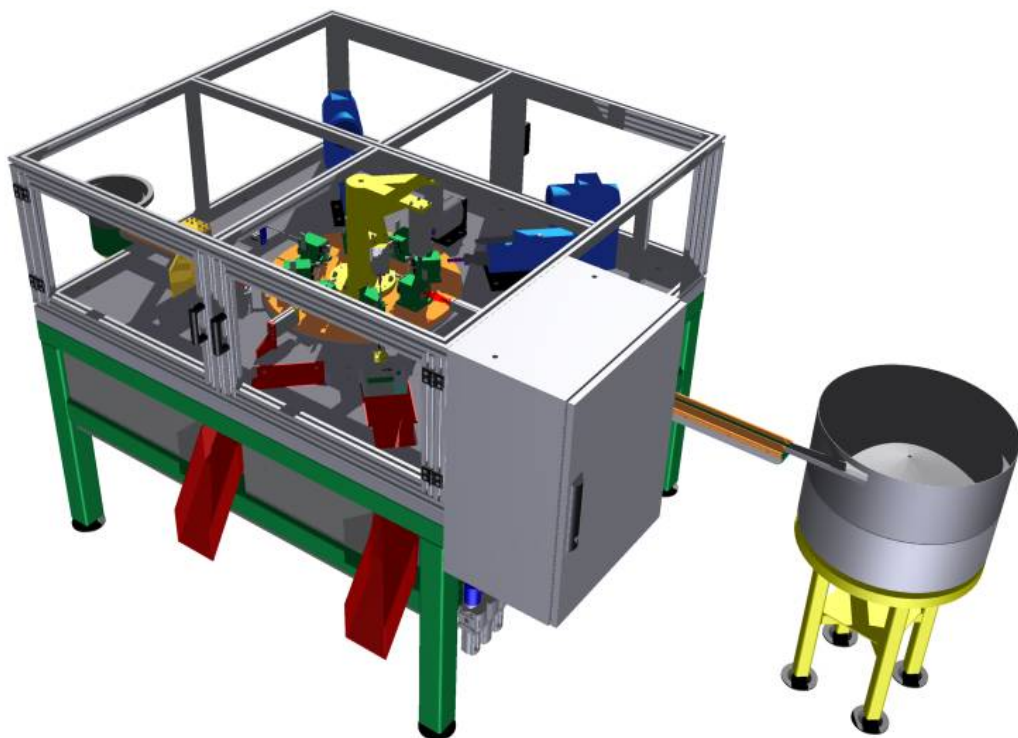


Obr. 76) Bezpečnostní mechanický spínač Pilz PSEN me1M / 1AS [18]

Na obrázku níže je 3D náhled na kompletní krytování stroje. Spodní prostor rámu (kde se nachází otočný stůl) je též krytovaný – a sice pomocí novodurových desek tak, aby bylo zamezeno zásahu osob za chodu stroje. Desky jsou přišroubovány k rámu stroje.



Obr. 77) Pohled na krytování pracovního prostoru stroje a na zakrytí prostoru otočného stolu (šedě) [autor DP]

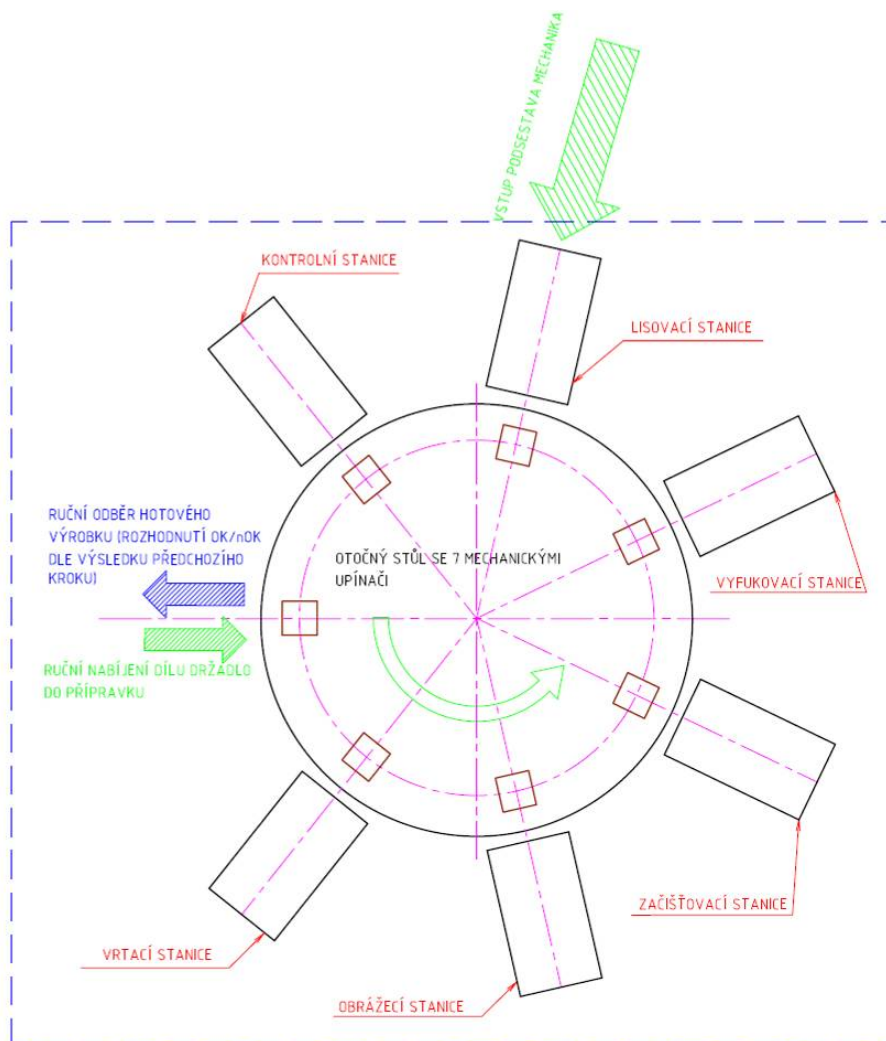


Obr. 78) 3D render konceptu č. 1 [autor DP] – viz také příloha „3D model konceptu 1“

7 KONCEPT Č. 2 – POLOAUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ S OTOČNÝM STOLEM A OBSLUHOU

Idea konceptu č. 2 je podobná konceptu č. 1. Tzn., základním prvkem je otočný stůl, tentokrát dělený po $51,43^\circ$ (tj. celkem 7 poloh), na kterém je umístěno 7 mechanických upínačů. Zásadní rozdíl mezi oběma koncepty je ve stupni automatizace. Zatímco zařízení uváděné v kapitole 6 je schopno automatického provozu (obsluha pouze 1x za 2,5 hodiny, tj. 3x za směnu, doplní polotovary do vibračních zásobníků), koncept zařízení uváděné v této kapitole nepracuje v automatickém režimu. Zařízení je v činnost uváděno obsluhou, tzn., obsluha musí sepnout ovládací prvky stroje, aby tento byl uveden v činnost. Po sepnutí ovládacích prvků dojde k pootočení otočného stolu o $1/7$ otáčky do žádané pozice a k vykonání všech prováděných činností (tzn. vyvrtání, obrážení, začištění dna, vyfouknutí špon, zalisování a kontrola kalibrem).

Obsluha zároveň provádí otevření přípravku a vyjmutí hotového kusu a poté založení polotovaru „držadlo“ do upínače a jeho uzavření.



Obr. 79) Koncept 2 s rozmístěním stanic a s vyznačením toku materiálu [autor DP]

Cena takovéhoho zařízení by měla být nižší.

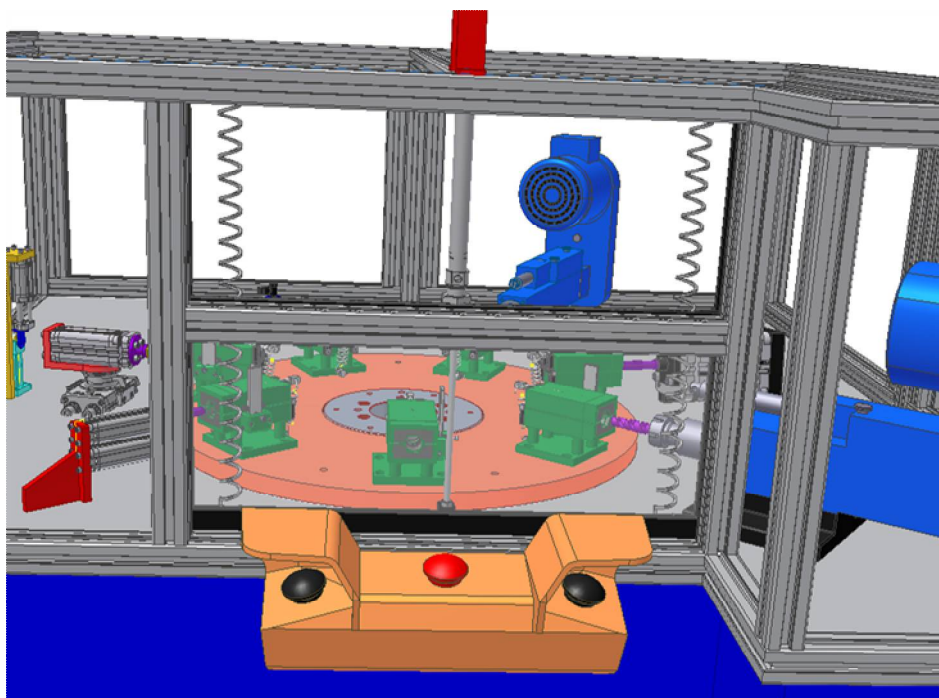
S ohledem na rozsah konceptu č.1 a s přihlédnutím k faktu, že většina volených jednotek (vrtací, obrážecí) stroje bude stejná, jako v konceptu č.1, budou v následujících podkapitolách popsány pouze ty prvky, které se odlišují od konceptu č.1. Jedná se konkrétně o tyto prvky:

- Zakládací a odebírací jednotka (v tomto případě jeden celek – zakládání a odebrání prováděno obsluhou)
- Upínací přípravky (ovladané ručně a zakládání ručně obsluhou)
- Kabina stroje a rám stroje

7.1 Zakládací a odebírací stanice (v jednom celku s ruční obsluhou)

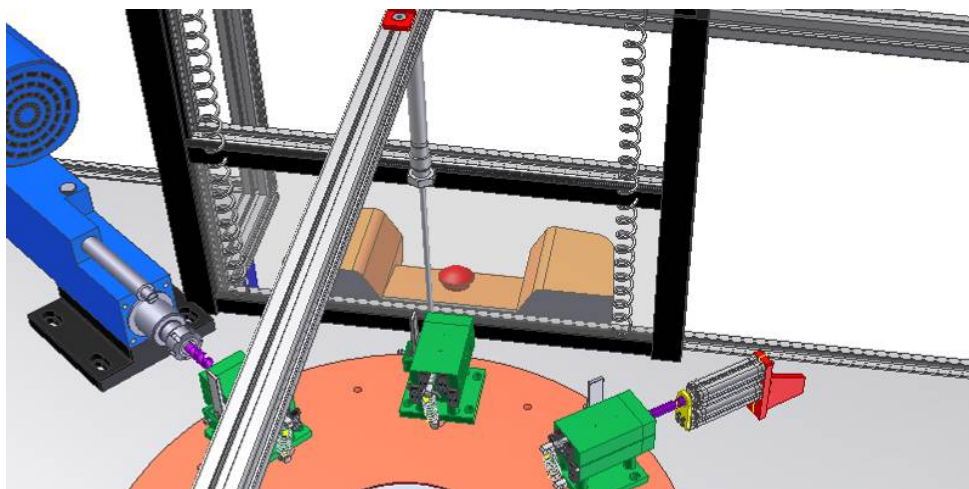
Jak již bylo zmíněno výše, zakládací jednotka tvoří jeden celek s odebírací jednotkou a je plně obsluhována pracovníkem, který odebírá hotové výrobky z upínače a zakládá poté polotovary „držadlo“ do upínače. Pracovník zároveň rozhoduje, jestli hotový výrobek odloží do bedny s OK nebo NOK kusy – dle výsledku předchozí zkoušky kalibrem. Pokud je kus NOK, stroj signalizuje tento akustickým signálem.

Nejdůležitější částí této jednotky je otevíratelný kryt (ovládaný pneumaticky), který se po stisknutí obouručního ovládání pracovníkem zavře (pracovník přitom musí držet celou dobu spínače obouručního ovládání). Teprve po uzavření tohoto krytu se smí spustit jednotka stroje (vrtací, obrážecí...). Po dokončení cyklu (až jsou všechny jednotky v klidovém stavu) se kryt otevírá a obsluha opět může vyjmout z upínače hotový kus a upnout další polotovary. Je zřejmé, že doba taktu u tohoto konceptu bude delší než u koncepce 1.



Obr. 80) Pohled na zakládací / odebírací stanici s lidskou obsluhou [autor DP]

Jelikož by při výpadku dodávky tlakového vzduchu hrozilo, že kryt samovolně spadne z horní pozice a poraní obsluhu, je osazen ještě tažnými pružinami, které jej v případě výpadku dodávky vzduchu drží v horní pozici. Při zavírání krytu musí pneumotor „přemoci“ sílu těchto pružin.



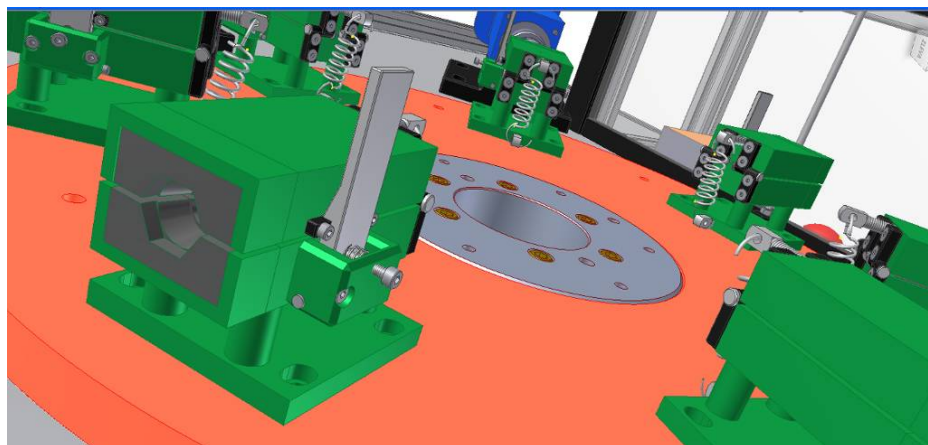
Obr. 81) Pohled na posuvný kryt základací stanice [autor DP]

Kryt samotný sestává z plexiskla tl. 10mm, dokola ohraničeného z obou stran rámečkem z plechu tl. 2,5 mm, který se pohybuje v lištách s drážkou (tvaru U). Jak rámeček, tak drážky jsou poteflonovány kvůli lepšímu koeficientu tření. Kvůli zajištění bezpečnosti práce musí být tento kryt ještě pojištěn v dolní poloze bezpečnostním spínačem Pilz PSEN me1M / 1AS (viz kapitola 6.12.2).

7.2 Upínací přípravky (ovládané ručně obsluhou)

Koncepce upínačů vychází konstrukčně z předchozí varianty. Rozdíl je v tom, že držadlo je odlito kompletně, tzn., tvarové vložky obsahují i přední šestihran držadla, který by v konceptu č. 1 činil problémy s pozicováním při nabíjení.

V tomto konceptu však bude šestihran úspěšně využit – zabrání protočení držadla v upínači při vrtání ve vrtací stanici.



Obr. 82) Pohled na upínáč konceptu 2 [autor DP]

Upínač funguje podobně jako u konceptu 1 – horní polovina upínače je v odjištěném stavu přidržována silou pružiny v otevřeném stavu, po založení kusu musí obsluha zatlačit na horní polovinu (přemoc sílu pružiny) a dostatečně přitlačit ke spodní polovině upínače, poté se zahákne západka za výstupek na horní polovině a je na něj přitlačována malou tlačnou pružinou.

Pro odepnutí je třeba ovládací pákou západky tuto odjistit z výstupku a horní polovina upínače se vlivem síly zadní tažné pružiny otevírá.

7.3 Kabina stroje a rám stroje

7.3.1 Kabina stroje

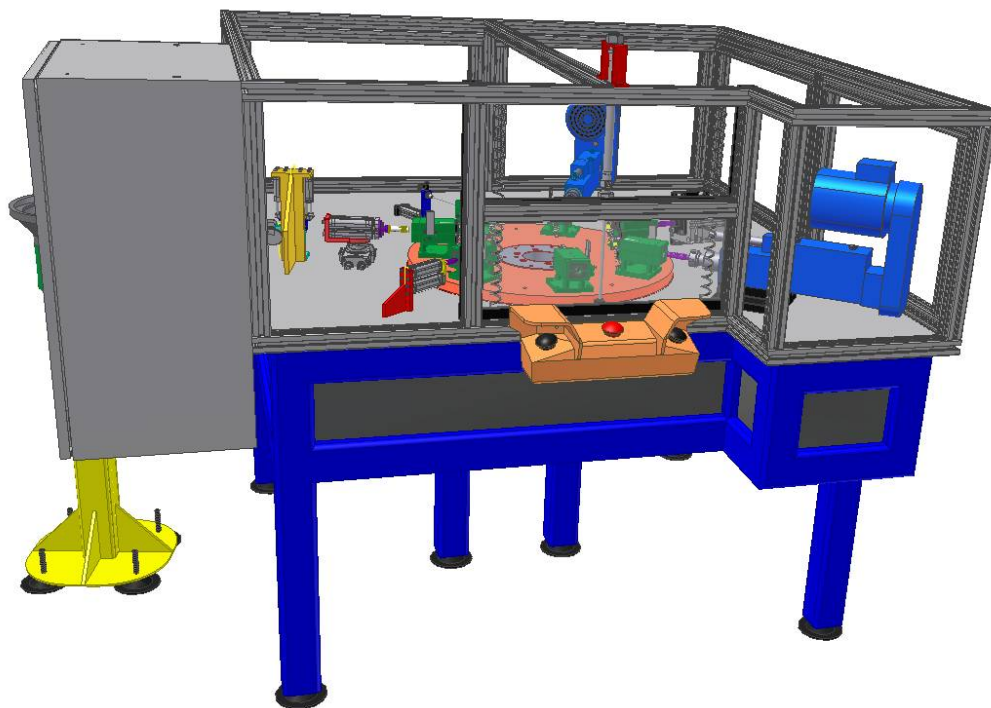
Kabinu opět tvoří šroubovaný rám z profilů Bosch Rexroth 40x40, který je opláštěn pomocí plexiskla tl. 10mm. Ze dvou stran je opatřen otevřítelnými dveřmi pro údržbu, které jsou chráněny bezpečnostními spínači.

Rozdíl je jednak v bezpečnostním krytu pro obsluhu odebírací stanice (popsán výše), dále pak ve výklenku pro vrtací jednotku, který byl takto zvolen kvůli úspoře místa.

Na kabinu stroje je přišroubován rozvaděč Rittal.

7.3.2 Rám stroje

Rám je opět svařenec z čtyřhranných trubek 90x90x4 mm. Rozdíl proti konceptu 1 je ve výklenku pro vrtací jednotku, který šetří místo (není třeba tak velký rám).



Obr. 83) Pohled na rám a kabinu konceptu 2 [autor DP]

8 POROVNÁNÍ OBOU KONCEPTŮ

V této kapitole budou oba představené koncepty porovnány z několika pohledů. Nejprve bude provedeno srovnání z hlediska taktu stroje – podkapitola 8.1.

Poté bude provedeno porovnání z hlediska návratnosti investice (podkapitola 8.2), což je jeden z nejdůležitějších údajů pro případné schválení výroby takového stroje.

V závěrečné podkapitole 8.3 budou oba koncepty hodnoceny tzv. multikriteriální metodou, tzn. pomocí několika, předem definovaných, kritérií (vlastností) a bude doporučeno nejvhodnější řešení pro zadavatelskou firmu.

8.1 Hodnocení z hlediska taktu stroje

Pro oba koncepty byly vytvořeny Ganttovy diagramy, z nichž byl poté určen takt stroje u obou variant. Jak se dá očekávat, automatické zařízení dle konceptu uváděného v kapitole 6 by mělo vykazovat lepší takt než zařízení dle konceptu uváděného v kapitole 7.

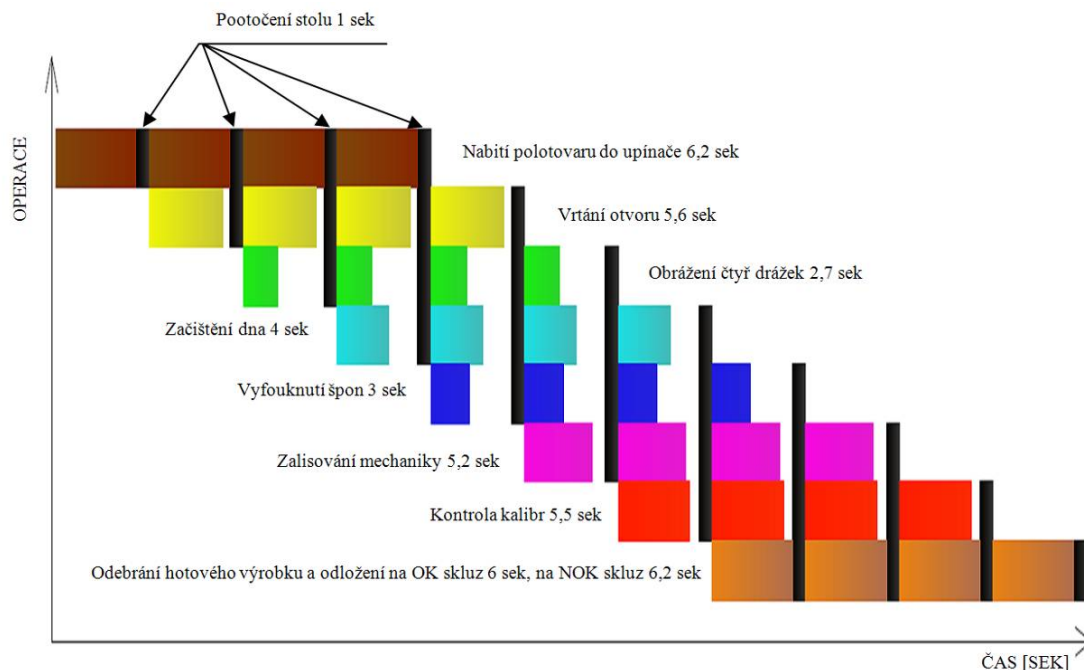
8.1.1 Takt konceptu č. 1

Jak je patrné z obrázku níže, takt zařízení dle konceptu č. 1 je v podstatě součtem času nejdelší operace a doby pootočení otočného stolu z pozice n do pozice $n+1$. V tomto případě je nejdelší operací nabití polotovaru do upínače (6,2 sekund).

Teoretický celkový takt lze vyjádřit rovnicí:

$$\text{TAKT 1} = \text{DOBA NEJDELŠÍ OPERACE} + \text{DOBA POOTOČENÍ STOLU}$$

$$\text{TAKT 1} = 6,2 + 1 = \underline{7,2 \text{ sek.}}$$



Obr. 84) Ganttův diagram výroby 4ks pro koncept č. 1 [autor DP]

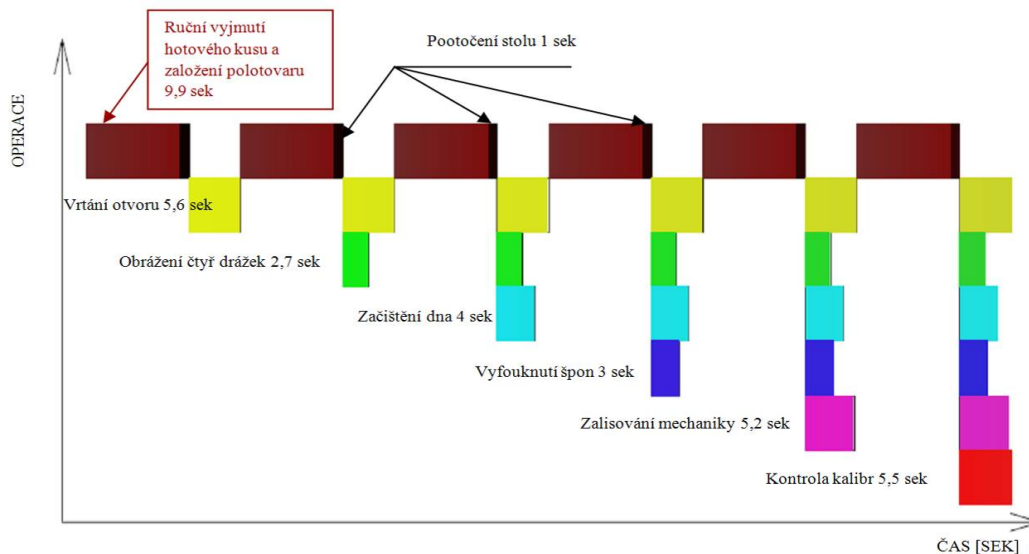
8.1.2 Takt konceptu č. 2

Jak je patrné z níže uvedeného Ganttova diagramu, pro koncept č. 2 se doba taktu stroje prodlužuje o dobu vyjmutí hotového kusu a založení polotovaru (provádí ručně obsluha, všechny ostatní jednotky musí být v klidu), teprve po zavření bezpečnostního krytu se smí pootočit stůl a uvést v chod ostatní pracovní jednotky stroje.

Výsledný takt lze tedy spočítat dle rovnice:

TAKT 2 = DOBA MANIPULACE V ZAKL. STANICI + DOBA NEJDELŠÍ OPERACE + DOBA POOTOČENÍ STOLU

TAKT 2 = 9,9 + 5,6 + 1 = 16,4 sek



Obr. 85) Ganttův diagram výroby kompletního kusu a pěti nekompletních kusů (z důvodu velikosti obrázku) [autor DP]

Je zřejmé, že vyřešením výše zmiňovaného faktu, tj. prodloužení doby taktu o ruční odebrání výrobku a založení polotovaru (jinou konstrukcí základací a odebírací stanice tak, aby bylo možné provádět zakládání a odebírání souběžně s ostatními pracovními operacemi) lze dosáhnout výrazného snížení doby taktu stroje. Pro účely DP však bude dostačující řešení konceptu číslo 2 uvedené v bodě 7 této DP.

8.2 Hodnocení z hlediska návratnosti investice

Je opět jedním z důležitých parametrů při hodnocení stroje. Návratnost investice bude počítána dle rovnice 4 uvedené v kroku 4.3 této práce, ve tvaru:

$$NI = \frac{N_{STROJ}}{\dot{U}LP} [rok], \dot{U}LP = NLP - NLP_2 [Kč / rok]$$

Kde:

NI = návratnost investice zjištěná v bodu 4.3 = 386.448,-Kč

N_{STROJ} = náklady na výrobu stroje uvedené níže

$\dot{U}LP$ = úspora lidské práce – určena výpočtem níže [Kč/rok]

NLP_2 = náklady na lidskou práci při využití plánovaného zařízení- zjištěno níže [Kč/rok]

8.2.1 Návratnost investice do konceptu č. 1

Nejprve je třeba spočítat náklady pro lidskou práci na výrobu ročního množství výrobku při využití stroje dle konceptu 1. Jelikož u konceptu č. 1 obsluha pouze doplňuje 3x za směnu vibrační zásobníky a odebere hotové kusy z beden, uvažujeme, že za směnu stráví 3x20 minut (1 hodinu) u stroje. Vyrobí-li zařízení za směnu 3500ks (dle zjištěného taktu), pak čas lidské práce vložený do jednoho kusu je $\frac{1}{3500} = 2,857 \cdot 10^{-4}$ hodin

$$\frac{1}{3500} = 2,857 \cdot 10^{-4} \text{ hodin}$$

Po vynásobení zjištěným ročním množstvím produktu 128.687 ks a fiktivní hodinovou sazbou se zjistí potřebné náklady na lidskou práci při použití stroje č. 1.

$$NLP_{21} = 2,857 \cdot 10^{-4} \cdot 128.687 \cdot 190 = 6985, -Kč / rok$$

Pak úspora lidské práce při výrobě ročního množství na stroji konceptu 1 vyčíslená v Kč - $\dot{U}LP_1 = 386448 - 6985 = 379.463 [Kč / rok]$

Náklady na výrobu stroje

$N_{STROJ} = 2.748.005, -Kč$ (viz detailně tabulka „Náklady na výrobu zařízení dle konceptu 1“ v příloze)

Návratnost investice

$$NI_1 = \frac{2748005}{379463} = 7,2 \text{ let}$$

Pozn.: jelikož lze předpokládat budoucí zvyšování mezd zaměstnanců a tím i hodinových nákladů na jejich práci, lze očekávat, že návratnost investice do konceptu č. 1 bude ještě kratší

8.2.2 Návratnost investice do konceptu č. 2

Nejprve je třeba spočítat náklady pro lidskou práci na výrobu ročního množství výrobku při využití stroje dle konceptu 2. Jelikož u konceptu č. 2 je třeba 100% obsluhu, tzn., po celou směnu musí být obsluha u stroje. Dle zjištěného taktu stroje v bodě 8.1.2 lze říci, že jeden kus je vyroben za 16,4 sekund.

Po vynásobení zjištěným ročním množstvím produktu 128.687 ks a fiktivní hodinovou sazbou se zjistí potřebné náklady na lidskou práci na výrobu ročního množství při použití stroje č. 2

$$NLP_{22} = \frac{16,4}{3600} \cdot 128.687 \cdot 190 = 111.386, -Kč / rok$$

Pak úspora lidské práce při výrobě ročního množství na stroji konceptu 2 vyčíslená v Kč

$$\dot{U}LP_2 = 386.448 - 111.386 = 275.062 [Kč / rok]$$

Náklady na výrobu stroje

$N_{STROJ} = 2.258.001, -Kč$ (viz detailně tabulka „Náklady na výrobu zařízení dle konceptu 2“ v příloze)

Návratnost investice

$$NI_2 = \frac{2258001}{275062} = 8,2 \text{ let}$$

8.3 Hodnocení obou konceptů pomocí multikriteriální analýzy

Multikriteriální analýza (MCA) se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekriteriálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantních projektech. Vícekriteriální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií, a to dle kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoříme také o číselných kritériích) nebo kritérií kvalitativních, kdy se zavádí vhodná stupnice, např. stupnice klasifikační nebo stupnice slovní (velmi vysoký-vysoký-průměrný-nízký-velmi nízký) a současně se definuje směr lepšího hodnocení, tj. zda lepší je maximální nebo minimální hodnota (klesající nebo stoupající hodnoty). [25]

Postupné kroky metody:

- Identifikují se alternativy
- Rozhodne se o kritériích (faktorech), které budou určující při rozhodování
- Podrobné hodnocení dopadu každé alternativy na každé kritérium
- Každému z kritérií (faktorů) se určí jeho relativní váha (významnost). Vzniknou tak indikátory významnosti hlavních dopadů

[25]

Typy kritérií:

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvýhodnější varianty, jsou dělena podle různých hledisek. Podle povahy kritéria rozlišujeme:

- Kritéria maximalizační: při rozhodování vycházíme z toho, že žádoucí je vyšší hodnota kritéria (např. počet vyrobených ks / směna)
- Kritéria minimalizační: žádoucí je nižší hodnota kritéria (např. cena zařízení)

[25]

Modely multikriteriálního rozhodování tedy zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Zohlednění více kritérií při hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, které vyplývají z obecné protichůdnosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jediné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení “nejlepší” varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant nebo uspořádání množiny variant. [25]

Rozhodnutím v teorii vícekriteriální analýzy variant rozumíme vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci. Rozhodovatel by měl při výběru variant postupovat maximálně objektivně, k čemuž mu slouží aparát různých postupů a metod analýzy variant. Někdy je možno oddělit osobu zadavatele úlohy od osoby jejího řešitele (analytika). Tento postup má svoje výhody i nevýhody. Výhodou bývá skutečnost, že analytik málokdy bývá zainteresován na výsledku rozhodnutí, a proto postupuje maximálně objektivně. Nevýhodou může být fakt, že analytik nebývá obeznámen se všemi detaily úlohy, které se při zadávání nedaly modelově zachytit. Výsledkem proto může být doporučení sice objektivně “nejlepší” varianty, ale prakticky by byla lepší jiná varianta, která se například

umístila na druhém místě, zvláště při malých rozdílech hodnot agregovaného rozhodovacího kritéria. [25]

8.3.1 Hodnotící formulář konceptů 1 a 2 dle multikriteriální analýzy

Níže je uveden hodnotící formulář, kdy jednotlivým definovaným kritériím bylo přiřazeno maximální bodové hodnocení dle důležitosti kritéria, které se pak procentuálně rozdělilo mezi obě alternativy dle toho, který koncept lépe splňuje dané kritérium (přičemž součet obou hodnocení musí být 100%).

FORMULÁŘ MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ KONCEPTŮ STROJE Č. 1 A 2 PRO VÝROBU ART. 817						
Vypracoval: Bc. Jiří Tulis		Datum: 21.3.2017				
Kritérium	Max. počet bodů za kritérium	Koncept č. 1 - zařízení pracující v automatickém režimu		Koncept č. 2 - zařízení se 100% lidskou obsluhou		
		Procentuální zisk za kritérium	Bodů	Procentuální zisk za kritérium	Bodů	Pozn.
Cena	50	45%	22,5	55%	27,5	více % = nižší cena
Bezpečnost zařízení	50	55%	27,5	45%	22,5	více % = bezpečnější zařízení
Riziko poruchovosti	50	35%	17,5	65%	32,5	více % = menší riziko poruchy
Životnost	50	49%	24,5	51%	25,5	více % = vyšší životnost
Hlučnost	40	48%	19,2	52%	20,8	více % = nižší hlučnost
Ekologičnost provozu	40	49%	19,6	51%	20,4	více % = ekologičtější
Takt zařízení	40	70%	28	30%	12	více % = vyšší takt stroje
Návratnost investice	40	75%	30	25%	10	více % = dříve se investice vrátí
Nutnost obsluhy	40	88%	35,2	12%	4,8	více % = méně času za směnu je třeba obsluhu u stroje
Náročnost na výrobu	30	30%	9	70%	21	více % = menší náročnost
Rozměry	30	40%	12	60%	18	více % = menší rozměry
Náročnost příp. oprav a řešení problémů	30	40%	12	60%	18	více % = menší náročnost příp. oprav
Kvalifikovanost obsluhy	20	55%	11	45%	9	více % = dostačuje nižší kvalifikovanost
Ergonomie	20	70%	14	30%	6	více % = lepší ergonomie
Spotřeba elektrické energie	20	48%	9,6	52%	10,4	více % = menší spotřeba
Spotřeba tlakového vzduchu	20	39%	7,8	61%	12,2	více % = menší spotřeba
Doba zaškolení nového pracovníka na stroj	20	53%	10,6	47%	9,4	více % = kratší doba
Hmotnost	10	40%	4	60%	6	více % = menší hmotnost
Suma	600	52%	314	48%	286	

Tab 16) Formulář multikriteriálního hodnocení konceptů stroje č. 1 a 2

Dle hodnotícího formuláře, kde bylo možné celkem získat 600 bodů, vychází lépe koncept č. 1, který získal celkově 52% bodů, tedy 314 bodů, oproti konceptu 2, jež získal pouze 286 bodů.

Z výsledku jednotlivých podkapitol 8.1, 8.2 a 8.3 pak vyplývá jednoznačné doporučení pro zadavatelskou firmu:

VÝROBA KONCEPTU Č. 1, TJ. AUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ BEZ 100% OBSLUHY, SE JEVÍ JAKO VÝHODNĚJŠÍ A PRO FIRMU PŘÍNOSNĚJŠÍ.

9 ANALÝZA RIZIK VYPLÝVAJÍCÍ Z PROVOZU ZAŘÍZENÍ

Analýza rizika je strukturovaný proces, probíhající ve třech krocích, kterými jsou vymezení předmětu analýzy, identifikace jednotlivých nebezpečí a odhad rizika. Smyslem analýzy rizika je zjištění a podrobné přezkoumání všech rizik souvisejících se specifickými nebezpečnými situacemi, které byly v rámci zkoumaného procesu zjištěny. Analýza rizika zahrnuje dílčí analýzy obou prvků rizika, tj. jednak analýzu následků, jejímž cílem je co nejpřesněji určit druh možné škody, která může vzniknout při výskytu uvažované nebezpečné události, a následně pak odhadnout závažnost této škody; dále pak zahrnuje analýzu četností, jejímž cílem je co nejpřesnější odhad pravděpodobnosti výskytu možné škody. Na základě sloučení výsledků obou dílčích analýz je možné provést v konečné etapě analýzy rizika souhrnný odhad rizika související s uvažovanou nebezpečnou situací. [19]

9.1 Strategický management rizika

Úkolem managementu podniku je stanovit náhled na vnímání rizik. I vzhledem k vysokým nákladům spojeným s pracovní úrazovostí v EU jsou neustále zvyšovány nároky na bezpečnost strojních zařízení a proto je třeba vhodně zvolit tým lidí, který bude bezpečnost posuzovat. Mělo by se jednat o odborníky ze všech oblastí, jichž se bude dotýkat analýza rizik. [20]

9.1.1 Tabulka významu rizik

Tabulka uvádí možná rizika v návaznosti na jednotlivé důsledky událostí.

	Technická rizika	Ekonomická rizika	Právní rizika	Osobní rizika
Katastrofální důsledky	Chybný návrh stroje v důsledku nesprávné nebo chybějící identifikace významných nebezpečí.	Stažení výrobku z trhu, placení odškodnění a sankcí. Vypovězení pojistných smluv. Ztráta image.	Trestněprávní důsledky.	Smrt více lidí, častá zranění s trvalými následky.
Kritické důsledky	Zanedbané posouzení rizika, nevhodně zvolený tým posouzení rizik.	Placení sankcí a odškodného.	Občanskoprávní důsledky.	Smrt nebo zranění s trvalými následky.
Únosné důsledky	Strojní zařízení má rizika snížena na přijatelnou úroveň a je srovnatelné s konkurenčními výrobky na trhu.	Placení poměrného odškodného. Nepatrně vyšší náklady na adekvátní posouzení a redukci rizik u strojního zařízení.	Mimosoudní vyrovnání	Zranění s lehkými následky.

Tab 17) Tabulka významu rizik [19], [20]

9.1.2 Hranice velikosti rizik pro hodnocení jejich závažnosti.

Při odhadování velikosti rizik těchto nebezpečí se bere v úvahu pravděpodobnost výskytu škody a závažnost této škody. Pro popis závažnosti škody se používá následující stupnice:

a) Míra poškození

- S0 nehrozí škoda, nejedná se o nebezpečí
- S1 lehké zranění
- S2 těžké zranění
- S3 smrt

b) Doba pobytu v oblasti nebezpečí

- A1 zřídka až častěji
- A2 často až trvale

c) Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí

- E1 možné
- E2 zřídka možné
- E3 sotva možné

d) Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události

- W1 pravděpodobnost vzniku je malá
 - W2 pravděpodobnost vzniku je střední
 - W3 pravděpodobnost vzniku je velká
- [19], [20]

Velikost odhadovaného rizika se poté určí pomocí grafu pro odhad velikosti rizika (viz následující tabulka) [19], [20]

Bez nebezpečí

```
graph LR; START((START)) --> S0((S0)); S0 --> S1((S1)); S0 --> S2((S2)); S0 --> S3((S3)); S1 --> A1_1((A1)); S1 --> A2_1((A2)); S2 --> A1_2((A1)); S2 --> A2_2((A2)); S3 --> A1_3((A1)); S3 --> A2_3((A2));
```

	W1	W2	W3
E1	0	0	1
E2	0	1	2
E3	1	2	3
E1	2	3	4
E2	3	4	5
E3	4	5	6
E1	5	6	7
E2	6	7	8
E3	7	8	9
E1	8	9	10
E2	9	10	11
E3	10	11	12
E1	11	12	13
E2	12	13	14
E3	13	14	15
E1	14	15	16
E2	15	16	17
E3	16	17	18

Tab 18) Graf pro odhad velikosti rizika a matice rizik [19], [20]

Dle dříve uvedené tabulky (matice rizik) může riziko nabývat velikosti od 0 do 18. Pro posouzení rizika je třeba nejprve rozhodnout, jaká velikost rizika je akceptovatelná a jaká nikoliv. V tabulce je barevným rozlišením znázorněn příklad dělení dle jejich velikosti do následujících kategorií:

- Akceptovatelné riziko (číslíce 0-4)
 - Riziko akceptovatelné po prověření (číslíce 5-6)
 - Neakceptovatelné riziko (číslíce 7-18)
- [19], [20]

9.2 Požadavky na bezpečnost strojních zařízení

Každý výrobce, který uvádí stroj na trh v zemích EU je povinen prokázat, že splnil požadavky relevantních harmonizovaných norem. Dokladem o posouzení shody je vystavení prohlášení o shodě a označení stroje značkou CE [21]. Příkladem zmiňovaných harmonizovaných norem, dle kterých by se posuzovalo navrhované zařízení, může být např.: [ČSN EN ISO 12100:2011](#), [ČSN EN 349+A1:2008](#), [ČSN EN ISO 4414:2011](#), [ČSN EN ISO 13849-1:2016](#), [ČSN EN ISO 13855:2010](#) a spousta dalších.

Celý proces začíná již ve fázi návrhu strojního zařízení posouzením jeho rizik, na jejichž základě se provede návrh bezpečnostních opatření, která vedou ke snížení rizika. Zbytková rizika, jež nelze odstranit bezpečnostními opatřeními musí být uvedena v dokumentaci strojního zařízení a uživatel musí být s nimi seznámen. Před uvedením do provozu musí být provedena validace strojního zařízení buď samotným výrobcem, nebo nezávislou organizací a vystaveno prohlášení o shodě. Každý krok musí být podrobně dokumentován. [21]

9.2.1 Postup posouzení rizik a jejich snížení

Postup posouzení rizik strojních zařízení a jejich snižování je dán normou ČSN EN ISO 12100. Cílem musí být návrh takového strojního zařízení, které je bezpečné a jehož zbytkové riziko je přijatelné. Návrh bezpečného stroje začíná stanovením jeho funkcí a identifikací nebezpečí, které stroj přináší. Pro každé riziko je nutné provést jeho odhad a zhodnocení a navrhnout opatření k jeho snížení. Snižování rizik se provádí pomocí vhodných ochranných opatření. Pokud byla rizika patřičně snížena až na úroveň akceptovatelného rizika, lze považovat navrhovaný stroj za bezpečný. Norma také uvádí návod na dokumentaci a ověřování procesu posouzení a snížení rizika. [21]

Postup snížení rizika se dle ČSN EN ISO 12100 dělí do tří kroků a je nutné jej aplikovat na každé nebezpečí vyžadující snížení rizika. [21]

A. Opatření zabudovaná v konstrukci

První krok s nejvyšší prioritou představuje integrace bezpečnosti do konstrukce stroje. Opatření jsou dosažena vyloučením nebezpečí nebo snížením rizik vhodnou volbou konstrukčních vlastností samotného stroje a/nebo vzájemným působením mezi ohroženými osobami a strojem. Tato bezpečnostní opatření zůstávají vždy účinná a nehrozí riziko selhání nebo vyřazování bezpečnostních ochranných. [22]

Mezi příklady těchto opatření lze zařadit vyvarování se ostrých hran a střížných míst, eliminace rizika úrazu elektrickým proudem, zastavení stroje v případě nouze a podobně. [21]

B. Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana

V této části se řeší technické ochranné prostředky v případech, kdy nebezpečí nelze eliminovat konstrukcí stroje. [21]

Každé nebezpečí musí být omezeno bezpečnostní funkcí, která může být vykonávána bezpečnostním systémem. Jedná se zejména o ochranné krytování nebezpečných míst a zabránění přístupu k nebezpečným částem stroje během provozu. Mohou být použita další doplňková opatření zahrnující další zařízení. [22]

C. Informace pro uživatele

Uživatel musí být varován před zbytkovými riziky, které nebylo možné odstranit pomocí předcházejících dvou kroků. Tyto informace však nenahrazují opatření zabudovaná v konstrukci a bezpečnostní ochrany. Tyto informace se sestávají z komunikačních prostředků, jako jsou například texty, značky, signály, symboly a to jak přímo na stroji nebo v návodu k obsluze nebo pracovním postupu. Dále mezi tato opatření lze zařadit povinnost používání ochranných pracovních pomůcek. [22]

9.3 Analýza rizik konceptu č. 1

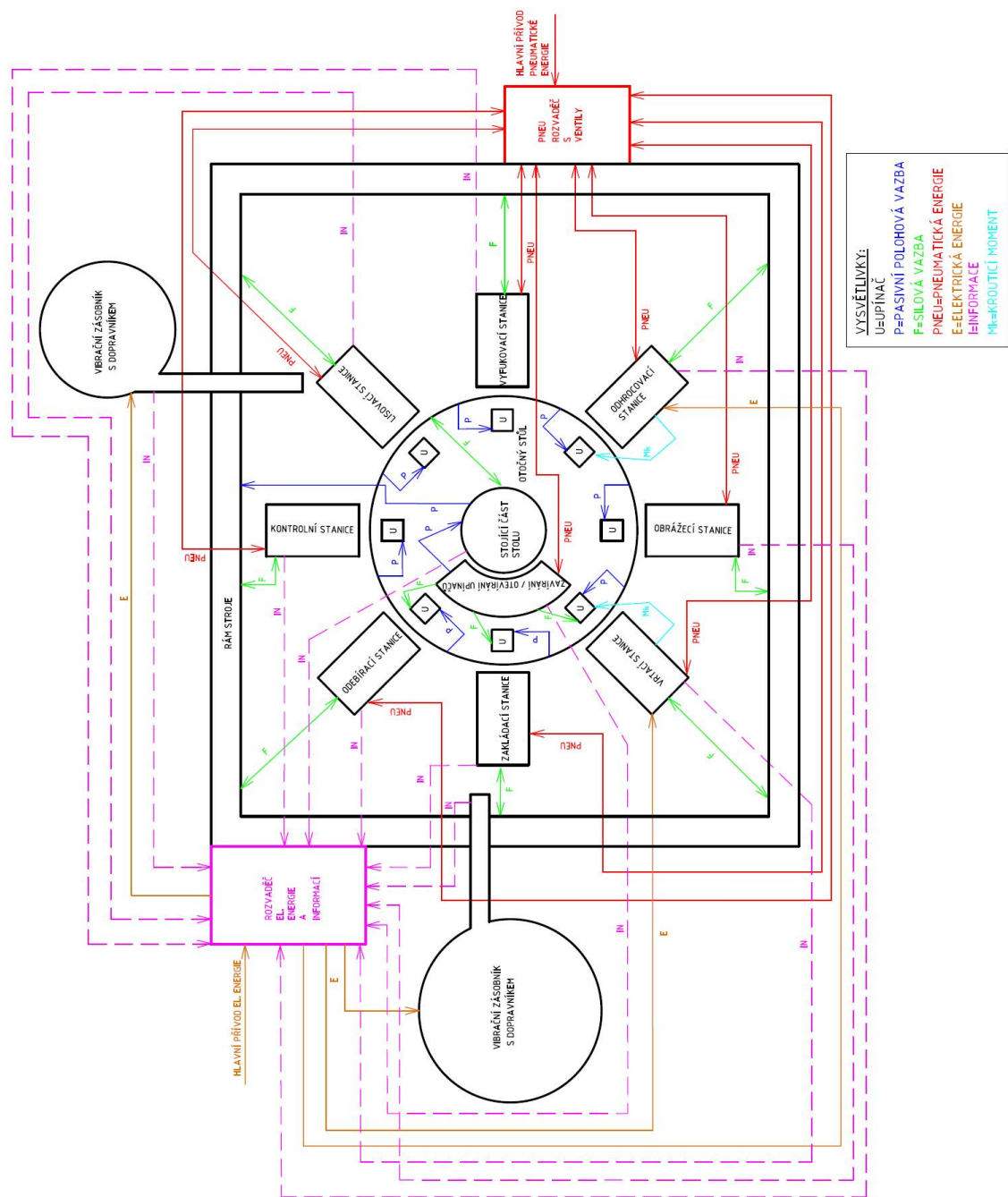
Analýza rizik bude vypracována pro koncept číslo 1, tzn. plně automatické zařízení detailně popsané v kapitole 6.

Komplexní analýza rizik na zařízení takového rozsahu by zřejmě vydala na další diplomovou práci. Proto bude provedena analýza rizik pouze pro životní etapu „používání – provoz“.

K tomu budou jako příklad uvedena 3 přijatá opatření na vybraná nebezpečí, ke kterým bude vytvořen „formulář pro odhad rizika“. Pro ostatní životní etapy stroje analýza rizik zpracovávána nebude. Ostatními etapami jsou myšleny:

- přeprava
- montáž, instalace a uvedení do provozu
- používání - údržba, servis a vyhledávání závad
- vyřazení z provozu

9.3.1 Blokové schéma stroje



Obr. 86) Blokové schéma stroje s vyznačením vazeb [autor DP] – viz také ve větším formátu v příloze 5 – „Blokové schéma“

9.3.2 Analýza rizik pro životní etapu „používání – provoz“

Bude rozdělena do 5 skupin – a sice:

- Mechanická nebezpečí
- Elektrická nebezpečí
- Nebezpečí vytvářená hlukem

- Tepelná nebezpečí
- Nebezpečí způsobená nevhodnou ergonomií

A	Mechanická nebezpečí	S	A	E	W	PR
A1	Nebezpečí stlačení od zakládací jednotky	2	1	2	3	8
A2	Nebezpečí stlačení od upínačů, ovládání upínačů.	2	1	2	3	8
A3	Nebezpečí stlačení od výsuvné pinoly s vrtákem	2	1	2	3	8
A4	Nebezpečí navinutí od vřetene vrtací jednotky	2	1	2	3	8
A5	Nebezpečí stlačení od obrážecí jednotky	2	1	2	3	8
A6	Nebezpečí stlačení od vyfukovací jednotky	1	1	2	3	2
A7	Nebezpečí stlačení od lisovací stanice	2	1	2	3	8
A8	Nebezpečí stlačení od odebírací stanice	2	1	2	3	8
A9	Nebezpečí stlačení a zachycení v důsledku rotace otočného stolu	2	1	2	3	8
A10	Nebezpečí zachycení dopravním pásem	1	1	1	1	0
A11	Nebezpečí říznutí od ostrých hran či napíchnutí na ostré rohy	1	2	2	2	4
A12	Nebezpečí zasažení odštípnutým nástrojem	2	1	3	1	7
A13	Vymrštění upnutého kusu	2	1	3	1	7
A14	Nebezpečí zasažení odletujícími třískami, vznikajícími při obrábění, vyfukovanými tlakovým vzduchem	1	2	2	3	5

Tab 19) Analýza rizik – mechanická nebezpečí

B	Elektrická nebezpečí	S	A	E	W	PR
B1	Nebezpečí dotknutí se vodivých částí, které jsou pod napětím (přímý dotyk) např. v rozvaděči	3	1	1	1	11
B2	Nebezpečí dotknutí se vodivých částí, které se ocitly pod napětím např. při závadě (nepřímý dotyk)	3	1	2	2	13
B3	Nebezpečí dotknutí se vodivých částí, které jsou pod napětím (přímý dotyk) při poruše – např. při vytrhnutí kabelu k rozvaděči, k motoru vrtačky	3	1	2	1	12

Tab 20) Analýza rizik – elektrická nebezpečí

C	Nebezpečí vytvářená hlukem	S	A	E	W	PR
C1	Nebezpečí vysoké hladiny hluku (může vést ke stresu, nepohodlí obsluhy)	1	1	1	1	0

Tab 21) Analýza rizik – nebezpečí vytvářená hlukem

D	Tepelná nebezpečí	S	A	E	W	PR
D1	Nebezpečí popálení od částí zahřívajících se za chodu (elektromotory)	1	1	1	1	0

Tab 22) Analýza rizik – nebezpečí vytvářená hlukem

E	Nebezpečí způsobená nevhodnou ergonomií	S	A	E	W	PR
E1	Nebezpečí způsobující chybné jednání obsluhy (ovládací tlačítka – nápisy, symboly, barva)	1	1	2	2	1

Tab 23) Analýza rizik – nebezpečí způsobená nevhodnou ergonomií

9.3.3 Vybraná 3 nebezpečí a přijatá opatření

V této podkapitole budou vybraná tři rizika, zjištěná v bodu 9.3.2, rozebrána ve formuláři pro odhad rizika, kde budou pro každé vybrané riziko postupně uvedeny kroky dle ČSN EN ISO 12100-1:2011 ke snížení daného rizika.

		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		stroj:	JÚS – 817
		zpracoval: Bc. Jiří Tulis		datum:	5.3.2017
Číslo nebezpečí:	Identifikační číslo	Označení nebezpečí: A. Mechanická nebezpečí			
A1	1	Nebezpečí stlačení od základací jednotky			
Životní etapa stroje:	Používání - provoz	Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje, seřizovač	Provozní stav stroje:	V provozu		
Popis nebezpečné situace / události:	Nebezpečí stlačení, prstů, ruky (příp. úderu), při manipulaci okolo základací jednotky v chodu				
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika: 8	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W3 - velká			
KROK 1 : Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření:	Nastavení polohovacích jednotek tak, aby rychlost a síla pohybu jednotliv. pneumotorů byla co nejmenší a zároveň dostačující pro prac. cyklus – použití škrticích ventilů				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika: 8	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 - zřídka možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W3 - nízká			
KROK 2 : Bezp. ochrana a doplňková ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření:	Kompletní zakrytování stroje, přístup možný pouze po otevření dveří jištěných bezpečnostním spínačem, který po otevření dveří deaktivuje chod všech jednotek.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění		Velikost rizika: 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 - nízká			
KROK 3 : Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření:	Informace v návodu k použití o zákazu deaktivace bezpečnostních prvků stroje např. pomocí vloženého klíče do bezpečnostního spínače				
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění		Velikost rizika: 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 - možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 - nízká			
VALIDACE	Opatření jsou dostatečná	Ing. Plocek – vedoucí konstrukce JÚS		dne:	20.3.2017

Tab 24) Formulář pro odhad rizika pro „nebezpečí stlačení od základací jednotky“

FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		stroj:	JÚS – 817
zpracoval: Bc. Jiří Tulis		datum:	5.3.2017
Číslo nebezpečí:	Identifikační číslo	Označení nebezpečí: A. Mechanická nebezpečí	
A11	2	Nebezpečí říznutí od ostrých hran či napíchnutí na ostré rohy	
Životní etapa stroje:	Používání - provoz	Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí stroje
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje, seřizovač	Provozní stav stroje:	V provozu
Popis nebezpečné situace / události:	Nebezpečí říznutí či napíchnutí při neopatrné manipulaci o ostrý roh, hranu		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika: 4
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 1 : Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)			
Popis opatření: Zkosení a zaoblení ostrých hran a rohů u všech dílů stroje (je-li technologicky možné)			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika: 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – nízká	
KROK 2 : Bezp. ochrana a doplňková ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)			
Popis opatření: Kompletní zakrytování stroje, přístup možný pouze po otevření dveří jištěných bezpečnostním spínačem, který po otevření dveří deaktivuje chod všech jednotek.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika: 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – nízká	
KROK 3 : Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)			
Popis opatření: Informace v návodu k použití o opatrnosti manipulace v okolí nástrojů např. při čištění (vrtací jednotky, obrážecí a odhrocovací), kde musí z technologických důvodů zůstat ostré hrany			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika: 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – nízká	
VALIDACE	Opatření jsou dostatečná	Ing. Plocek – vedoucí konstrukce JÚS	dne: 20.3.2017

Tab 25) Formulář pro odhad rizika pro „Nebezpečí říznutí od ostrých hran či napíchnutí na ostré rohy“

		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		stroj:	JÚS – 817
		zpracoval: Bc. Jiří Tulis		datum:	5.3.2017
Číslo nebezpečí:	Identifikační číslo	Označení nebezpečí: A. Mechanická nebezpečí			
A12	2	Nebezpečí říznutí od ostrých hran či napíchnutí na ostré rohy			
Životní etapa stroje:	Používání - provoz	Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje, seřizovač	Provozní stav stroje:	V provozu		
Popis nebezpečné situace / události:	Nebezpečí zasažení odštípnutým nástrojem				
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika: 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – malá			
KROK 1 : Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření: ---					
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika: 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – malá			
KROK 2 : Bezp. ochrana a doplňková ochranná opatření (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření: Kompletní zakrytování stroje, přístup možný pouze po otevření dveří jištěných bezpečnostním spínačem, který po otevření dveří deaktivuje chod všech jednotek.					
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění		Velikost rizika: 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – nízká			
KROK 3 : Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12 100-1:2011)					
Popis opatření:					
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění		Velikost rizika: 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné			
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události:	W1 – nízká			
VALIDACE	Opatření jsou dostatečná	Ing. Plocek – vedoucí konstrukce JÚS	dne:	20.3.2017	

Tab 26) Formulář pro odhad rizika pro „nebezpečí zasažení odštípnutým nástrojem“

10 ZÁVĚR

Jednouúčelové stroje se v současné době vyznačují tím, že se vysokou měrou podílejí na průmyslové výrobě. Ve firmách podobných společnosti, která se podílela na zadání této DP, tj. specializované firmy, zabývající se např. výrobou ručního nářadí, pak jednouúčelové stroje mohou tvořit až 80% celkového počtu výrobních strojů. Jelikož některé speciální výrobní postupy, potažmo výrobní operace, takovýchto firem není možné přizpůsobit na dostupné univerzální stroje nabízené na trhu, musí výrobní společnost volit řešení vlastní (pokud je k dispozici vlastní oddělení konstrukce JÚS, jako tomu je u zadavatelské firmy), případně při absenci tohoto oddělení je třeba volit služeb a řešení externích firem, zabývajících se konstrukcí JÚS a obecně automatizací, které zajistí vývoj a výrobu dodavatelským způsobem, tzv. „na klíč“.

Při návrhu JÚS ve výše zmiňovaných firmách jsou pak obecně dva možné stavy; stav první, kdy se zavádí výroba nového produktu, přičemž návrh stroje na výrobu takového produktu vzniká souběžně s konstrukcí plánovaného produktu, kdy již v této fázi je možná vzájemná koordinace, kdy jak na straně plánovaného produktu, tak na straně plánovaného stroje na výrobu takového produktu je možno provádět konstrukční změny tak, aby výroba byla co nejefektivnější, nejrychlejší, nejlevnější a navržené zařízení pro výrobu produktu co nejlépe a nejjednodušeji plnilo svoji funkci. Stav druhý je potom takový stav, kdy produkci již vyráběného produktu (většinou ručně nebo i strojně s ruční obsluhou stroje) je třeba automatizovat, ať už kvůli eliminaci fyzické zátěže pracovníků, či kvůli zvýšení efektivnosti výroby. Tento stav je obtížnější v tom, že návrh stroje musí většinou vycházet ze stávající konstrukce produktu a případné změny na produktu samotném (ať už kvůli zjednodušení konstrukce JÚS, nebo kvůli technologičnosti výroby) se provádějí poměrně obtížně a cena takových úprav může být vysoká.

Stav druhý je ten, který se výslovně týká i této diplomové práce, kdy zadáním bylo navrhnout koncept automatizace výroby určitého produktu, který se již více jak deset let vyrábí na pracovištích, kde převládá lidská práce. V diplomové práci byl popsán komplexní přístup k řešení návrhu konceptu strojního zařízení, které má automatizovat již zavedenou ruční výrobu určitého produktu. Při takovém řešení je třeba začít s analýzou prováděných činností, která může poskytnout dobrou orientaci v budoucím řešení problému a zároveň přináší spoustu cenných dat o použitých strojích, ručních přípravcích (resp. jejich pohonech), které lze poté využít při návrhu jednotlivých jednotek stroje.

Proto se úvodní kapitoly této práce věnují analýze činností prováděných na předmětném produktu. S ohledem na problematiku obrábění plastů musela být data o potřebných silách a krouticích momentech pro určení jednotlivých pracovních jednotek stroje získána empirickým přístupem, tzn., praktickými měřeními sil a krouticích momentů, jež však poskytují velmi dobré výsledky pro další využití.

Díky zjištěným datům bylo poté možno v další kapitole přistoupit k návrhu prvního konceptu, jenž popisuje automatické zařízení. Nejprve bylo třeba navrhnout vhodné pracovní jednotky pro jednotlivé operace. Pro návrh jednotek byly maximálně využity komponenty dostupné na trhu, některé díly byly konstruovány tzv. „na míru“. U operace „lisování mechaniky“ pak kvůli zjednodušení konstrukce JÚS je zvolen přístup optimalizace konstrukce vyráběného produktu. Aby nemusel být díl „vnitřní mechanika“ složitě polohován

před lisováním, bude upravena vstřikovací forma na výrobu polotovaru dílu mechanika, přičemž díky této změně kompletně odpadá potřeba polotovar složitě polohovat.

Druhý koncept pak konstrukčně vychází z toho prvního, přičemž zásadní změna je pak v potřebě 100% obsluhy tohoto zařízení. Obsluha pak zakládá polotovar do upínače a odebírá hotové výrobky, což přináší zjednodušení a zlevnění konstrukce takového stroje. Jak je však patrné v další kapitole, toto řešení přináší téměř dvojnásobnou dobu taktu zařízení a tím i snížení produkovaného množství za směnu. S ohledem na různá srovnání obou konceptů prováděná v kapitole 8 bylo doporučeno zadavatelské firmě k případné realizaci zařízení dle konceptu č. 1, tj. automatické zařízení.

Poslední kapitolou této diplomové práce je pak analýza rizik vycházející z provozu konceptu č. 1, přičemž byla analyzována možná rizika pro obsluhu vyplývající z provozu zařízení. Pro příklad byla i tři vybraná rizika a opatření k jejich eliminaci popsána ve formuláři pro odhad rizika. Bude-li některý z představených konceptů zařízení realizován, musela by být provedena komplexní analýza rizik, vyplývající ze všech životních etap zařízení (na kterou však v rámci této DP nebyl již prostor, nicméně autor této práce s ní do budoucna počítá).

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Kompaktní válce RS. *Pneumatické prvky Intratech* [online]. Polička: eBrána, 2017 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.pneumaticke-prvky.cz/kompaktni-valce-strong-rs-dle-iso-15552>Článek
- [2] Vrtání a vyvrtávání. *Technologie stroje a zařízení* [online]. jankurcik@seznam.cz, 2012 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T15.pdf>
- [3] Hoblování a obrážení. *SPŠ Kolín* [online]. Webnode, 2014 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslova/Hoblov%C3%A1n%C3%AD%20a%20obr%C3%A1n%C5%BEn%C3%AD.pdf
- [4] Suhner BEM 12. *Suhner - Automation Expert* [online]. Brugg: Otto Suhner, 2017 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: http://www.modulpark.ch/domains/suhner-automation-expert_com/data/free_docs/MONOMaster_BEM6.pdf
- [5] *Katalog Sugino SELFEEDEER Revo CZ* [pdf]. Praha: Sugino, 2016 [cit. 2017-02-25].
- [6] Katalog FESTO - válce s pístnicí. *FESTO ČR* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_010200
- [7] Katalog FESTO - ostatní pneumatická zařízení. *FESTO ČR* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_LPZ?CurrentIDCode=lp
- [8] Suhner BEM 6. *Suhner - automation expert* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: http://www.suhner-automation-expert.com/site/index.cfm?id_art=113020&&vsprache=DE
- [9] ČSN EN 60900. Práce pod napětím: Ruční nářadí používané do AC 1000V a DC 1500V. 3. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [10] BORSKÝ, CSC., prof. ing. Václav. *Jednoučelové a víceúčelové obráběcí stroje I. a II. díl*. Druhé přepracované. Brno: Rektorát VUT Brno, 1990.
- [11] *ELUC: Elektronická učebnice* [online]. Olomouc: Olomoucký kraj, 2015 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1349>
- [12] *TAKTOMAT. IHR SPEZIALIST FÜR AUTOMATISIERUNG*. [online]. TAKTOMAT GmbH Rudolf-Diesel-Str. 14 D-86554 Pöttmes: TAKTOMAT GmbH Rudolf-Diesel-Str. 14 D-86554 Pöttmes, 2016 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: www.taktomat.de/produkte
- [13] *Hiwin - Lineární technika, vedení, motory, pohony, zvedací válce* [online]. Brno: Hiwin, 2016 [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/>
- [14] *Weiss: TC rotary indexing table* [pdf]. Siemensstraße 17, 74722 Buchen: Weiss [cit. 2017-03-04]
- [15] *Sugino: Vrtací a vyvrtávací jednotky* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: <http://www.sugino.cz/index.php?page=vrtaci-a-zavitovaci-jednotky-selfeeder.htm>
- [16] *Suhner: Automation Expert* [online]. Brugg, 2017 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: http://www.suhner-automation-expert.com/site/index.cfm?id_art=113352
- [17] *FESTO: Katalog FESTO* [online]. ČR: Festo ČR, 2017 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DSL
- [18] PSENme Solenoid Interlock Switch Power to Unlock 24 V ac/dc. *RS Components Ltd*. [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://uk.rs-online.com/web/p/solenoid-interlock-switches/7448651/>

- [19] MAREK, J. a kol.; Management rizik v konstrukci výrobních strojů. MM Průmyslové spektrum, speciální vydání., 2009; ISSN 1212-2572
- [20] POUL, O. Analýza rizik kontejnerových nůžek řady CNS-K. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 83 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D..
- [21] PLOCEK, J. Řízení jednoúčelového obráběcího stroje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 65s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Houška, Ph.D..
- [22] ČSN EN ISO 12100: 2011. Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [23] Kantensensoren. *Baumer: Passion for Sensors* [online]. 2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: http://pfinder.baumer.com/pfinder_sensor/downloads/Produkte/PDF/Datenblatt/Optoelektronische_Sensoren/ZADM_034I240_0001_web_DE.pdf
- [24] Katalog FESTO - kyvné pohony DRRD, dva píсты [pdf]. FESTO, 2015/08 [cit. 2017-03-11].
- [25] Multikriteriální analýza. *KVIC: Krajské zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků* [online]. KVIC, 2017 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <https://www.kvic.cz/soubor/1366/Multikriterialnianalyza.pdf>

12 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

12.1 Seznam tabulek

TAB 1) ROČNÍ MNOŽSTVÍ VYRÁBĚNÝCH KUSŮ	36
TAB 2) VÝROBNÍ ČAS NA JEDEN KUS	37
TAB 3) VÝPOČET MOMENTU Z NAMĚŘENÝCH HODNOT SÍLY PŘI VRTÁNÍ	42
TAB 4) NAMĚŘENÉ HODNOTY AXIÁLNÍ POSUVOVÉ SÍLY	43
TAB 5) NAMĚŘENÉ HODNOTY SÍLY PRO OBRÁŽENÍ 4 DRÁŽEK NA RUČNÍM LISU	45
TAB 6) KROUTICÍ MOMENT PRO ZAČIŠTĚNÍ DNA.....	46
TAB 7) POSUVOVÁ (AXIÁLNÍ) SÍLA PŘI ZAČIŠŤOVÁNÍ DNA	47
TAB 8) SÍLA PRO ZALISOVÁNÍ MECHANIKY	48
TAB 9) SÍLA NA STISKnutí ODJIŠŤOVACÍHO PRSTENCE.....	49
TAB 10) SÍLA NA ZASUNUTÍ KALIBRU DO MECHANIKY	50
TAB 11) TECHNICKÉ ÚDAJE BEM 12 – ZDROJ [4] – PŘEKlad Z DE AUTOR.....	58
TAB 12) POPIS STAVBY JEDNOTKY BEM 12 – ZDROJ [4] – PŘEKlad Z DE AUTOR.....	59
TAB 13) PARAMETRY VRTACÍ JEDNOTKY SUGINO [5]	60
TAB 14) TECHNICKÉ ÚDAJE BEM 6 – [8] – PŘEKlad Z DE AUTOR.....	63
TAB 15) SÍLY PŮSOBÍCÍ NA OTOČNÝ STŮL (POUŽITY MAXIMÁLNÍ MOŽNÉ HODNOTY SIL PRAC. JEDNOTEK STROJE – PRACOVNÍ HODNOTY JSOU VE SKUTEČNOSTI MNOHEM NIŽŠÍ).....	74
TAB 16) FORMULÁŘ MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ KONCEPTŮ STROJE Č. 1 A 2	89
TAB 17) TABULKA VÝZNAMU RIZIK [19], [20]	91
TAB 18) GRAF PRO ODHAD VELIKOSTI RIZIKA A MATICE RIZIK [19], [20]	92
TAB 19) ANALÝZA RIZIK – MECHANICKÁ NEBEZPEČÍ	96
TAB 20) ANALÝZA RIZIK – ELEKTRICKÁ NEBEZPEČÍ.....	96
TAB 21) ANALÝZA RIZIK – NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ HLUKEM.....	97
TAB 22) ANALÝZA RIZIK – NEBEZPEČÍ VYTVÁŘENÁ HLUKEM.....	97
TAB 23) ANALÝZA RIZIK – NEBEZPEČÍ ZPŮSOBENÁ NEVHODNOU ERGONOMIÍ.....	97

TAB 24) FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA PRO „NEBEZPEČÍ STLAČENÍ OD ZAKLÁDACÍ JEDNOTKY“	98
TAB 25) FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA PRO „NEBEZPEČÍ ŘÍZNUTÍ OD OSTRÝCH HRAN ČI NAPÍCHNUTÍ NA OSTRÉ ROHY“	99
TAB 26) FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA PRO „NEBEZPEČÍ ZASAŽENÍ ODŠTÍPNUTÝM NÁSTROJEM“	100

12.2 Seznam obrázků

OBR. 1) KRUHOVÝ OTOČNÝ STŮL FA. TAKTOMAT NĚMECKO [12].....	22
OBR. 2) KRUHOVÝ OTOČNÝ STŮL FA. WEISS NĚMECKO [14].....	22
OBR. 3) POLOHOVACÍ SYSTÉM S LINEÁRNÍM MOTOREM - HIWIN [13].	23
OBR. 4) LINEÁRNÍ POLOHOVACÍ JEDNOTKA S KULIČKOVÝM ŠROUBEM FA. HIWIN [13]	23
OBR. 5) ZPEVNŮVACÍ JEDNOTKY – ROZDĚLENÍ [10].....	24
OBR. 6) KROKOVÝ POLOHOVACÍ SYSTÉM FA. TAKTOMAT [12]	24
OBR. 7) SPECIÁLNÍ POLOHOVACÍ SYSTÉM FA. TAKTOMAT [12].....	24
OBR. 8) SERVO VRTACÍ JEDNOTKA SELFEEDER VARIMEC [15].....	25
OBR. 9) VRTACÍ JEDNOTKA SELFEEDER REVO [15].....	25
OBR. 10) VRTACÍ JEDNOTKY SELFEEDER PNEUMATIC [15]	26
OBR. 11) VRTACÍ JEDNOTKY MONOMASTER [16]	26
OBR. 12) SANĚ, NA KTERÉ SE UMÍSTÍ VRTACÍ JEDNOTKA [16]	26
OBR. 13) VRTACÍ JEDNOTKY S POHONEM OHEBNÝM HŘÍDELEM [16]... 	27
OBR. 14) PNEUMOTORY ADVUL – S VODICÍ TYČÍ A POSUVNOU DESKOU A ADVULQ SE ČTYŘHRANNOU PÍSTNICÍ [6]	28
OBR. 15) KYVNÉ JEDNOTKY FESTO – ZÁKLADNÍ TYPY [17].....	28
OBR. 16) DRŽADLO – NÁČRT S DŮLEŽITÝMI ROZMĚRY [AUTOR DP]	29
OBR. 17) VNITŘNÍ MECHANIKA – NÁČRT S DŮLEŽITÝMI ROZMĚRY [AUTOR DP]	30
OBR. 18) FOTO DÍLU DRŽADLO PO NASTŘÍKNUTÍ A STAŽENÍ Z TRNU [FOTO AUTOR DP]	30
OBR. 19) SLOUPOVÁ VRTAČKA UNIMAX 3AV PRO OPERACI VRTÁNÍ [FOTO AUTOR DP]	31
OBR. 20) FOTO DÍLU DRŽADLO PO VYVRTÁNÍ [FOTO AUTOR DP].....	32
OBR. 21) FOTO DÍLU DRŽADLO PO OBRÁŽENÍ ČTYŘ DRÁŽEK – PATRNÉ OTŘEPY Z LISOVÁNÍ („TZV. ZAKROUCENÉ ŠPONY“) NA DNĚ VRTÁNÍ [FOTO AUTOR DP]	32
OBR. 22) VE VÝROBĚ VYUŽITÝ, STANDARDNĚ DOSTUPNÝ RUČNÍ LIS S OZUBENÝM PŘEVODEM PRO OBRÁŽENÍ ČTYŘ DRÁŽEK [FOTO AUTOR DP]	33

OBR. 23)PŘÍPRAVEK PRO ODSTRANĚNÍ „ZAKROUCENÝCH ŠPON“ [FOTO AUTOR DP]	33
OBR. 24)FOTO DÍLU DRŽADLO PO ZAČIŠTĚNÍ DNA OTVORU [FOTO AUTOR DP]	34
OBR. 25)PNEUMATICKÝ LIS PRO ZALISOVÁNÍ DÍLU „VNITŘNÍ MECHANIKA“ DO DÍLU „DRŽADLO“ [FOTO AUTOR DP]	34
OBR. 26)FOTO HOTOVÉHO VÝROBKU PO NALISOVÁNÍ DÍLU MECHANIKA [FOTO AUTOR DP]	34
OBR. 27)KÓDOVÁNÍ PNEU VÁLCŮ UNIVER [1]	35
OBR. 28)VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ [2]	39
OBR. 29)ROZKLAD SIL NA BŘITU VRTÁKU [AUTOR DP]	40
OBR. 30)SCHEMATICKÝ NÁKRES MĚŘENÍ SÍLY [AUTOR DP]	41
OBR. 31)MĚŘENÍ SÍLY PRO URČENÍ MOMENTU [FOTO AUTOR DP]	42
OBR. 32)MĚŘENÍ AXIÁLNÍ POSUVOVÉ SÍLY [FOTO AUTOR DP]	43
OBR. 33)MĚŘENÍ AXIÁLNÍ POSUVOVÉ SÍLY – DETAIL UMÍSTĚNÍ SENZORU [FOTO AUTOR DP]	44
OBR. 34)PRAKTICKÁ ZKOUŠKA – MĚŘENÍ OBRÁŽECÍ SÍLY PRO OBROBENÍ ČTYŘ DRÁŽEK [FOTO AUTOR DP]	45
OBR. 35)MĚŘENÍ KROUTICÍHO MOMENTU PRO ZAČIŠTĚNÍ DNA MOMENTOVÝM KLÍČEM [FOTO AUTOR DP]	46
OBR. 36)MĚŘENÍ POSUVOVÉ (AXIÁLNÍ) SÍLY PŘI ZAČIŠŤOVÁNÍ DNA [FOTO AUTOR DP]	47
OBR. 37)MĚŘENÍ POTŘEBNÉ SÍLY PRO ZALISOVÁNÍ MECHANIKY [FOTO AUTOR DP]	48
OBR. 38)PRINCIP MĚŘENÍ SÍLY STLAČENÍ ODJIŠŤOVACÍHO PRSTENCE [FOTO AUTOR DP]	49
OBR. 39)MĚŘENÍ SÍLY POTŘEBNÉ K ZASUNUTÍ KALIBRU DO MECHANIKY [FOTO AUTOR DP]	50
OBR. 40)PRVNÍ IDEA KONCEPTU 1 S ROZMÍSTĚNÍM STANIC A S VYZNAČENÍM TOKU MATERIÁLU [AUTOR DP]	52
OBR. 41)DRUHÁ (VÝHODNĚJŠÍ) IDEA KONCEPTU 1 S ROZMÍSTĚNÍM STANIC A S VYZNAČENÍM TOKU MATERIÁLU [AUTOR DP]	53
OBR. 42)POHLED NA MODEL ZAKLÁDACÍ STANICE [AUTOR DP]	54
OBR. 43)MOMENTY SETRVAČNOSTI OTÁČENÉ PODSESTAVY [AUTOR DP]	55
OBR. 44)VÝŘEZ Z KATALOGU FESTO – URČENÍ KYVNÉ JEDNOTKY PODLE SÍLY F_y [24]	56
OBR. 45)POHLED NA ZAKLÁDACÍ STANICI [AUTOR DP]	57
OBR. 46)OBRÁZEK JEDNOTKY BEM 12 S DŮLEŽITÝMI ROZMĚRY A POZICEMI VYSVĚTLENÝMI V TABULCE NÍŽE – [4]	58

OBR. 47) VRTACÍ JEDNOTKA SUGINO – [5].....	59
OBR. 48) POHLED NA UCHYCENÍ VRTACÍ JEDNOTKY [AUTOR DP]	60
OBR. 49) POHLED NA UCHYCENÍ VRTACÍ JEDNOTKY ŠESTI ŠROUBY K MEZIKUSU [AUTOR DP]	61
OBR. 50) NÁHLED NA KONCEPCI OBRÁŽECÍ STANICE [AUTOR DP]	62
OBR. 51) NÁHLED NA KONCEPCI OBRÁŽECÍ STANICE ZE ZADU [AUTOR DP]	62
OBR. 52) POHLED NA JEDNOTKU BEM6 [AUTOR DP].....	64
OBR. 53) OFUKOVACÍ TRYSKA LPZ-RG-150-B [7] A PNEUMOTOR ADVUL 12-65-P-A FA. FESTO [6]	65
OBR. 54) VYFUKOVACÍ STANICE [AUTOR DP].....	65
OBR. 55) NÁČRT MOŽNÝCH STAVŮ DÍLŮ MECHANIKA PO NABITÍ NA MANIPULAČNÍ ŠESTIHRAN [AUTOR DP].....	66
OBR. 56) PŮVODNĚ PLÁNOVANÝ OPTOELEKTRONICKÝ SENZOR FIRMY BAUMER PRO URČENÍ SPRÁVNÉ POZICE ČTYŘ VÝSTUPKŮ [23]	66
OBR. 57) VÝŘEZ Z KATALOGU FESTO – URČENÍ KYVNÉ JEDNOTKY PODLE SÍLY F_y [24]	68
OBR. 58) URČENÍ MOMENTU SETRVAČNOSTI [AUTOR DP]	69
OBR. 59) POHLED NA PODÁVACÍ /LISOVACÍ/ STANICI DÍLU MECHANIKA [AUTOR DP]	69
OBR. 60) DETAIL LISOVACÍ JEDNOTKY A PŘEDÁVACÍHO STOJANU [AUTOR DP]	69
OBR. 61) KONTROLNÍ STANICE [AUTOR DP]	70
OBR. 62) POHLED NA ODEBÍRACÍ STANICI VARIANTA 1 [AUTOR DP].....	71
OBR. 63) POHLED NA PŘEPÍNÁNÍ KLAPKY ODEBÍRACÍ STANICE VARIANTY 1 (ZESPODU) [AUTOR DP].....	71
OBR. 64) ŘEŠENÍ SE DVĚMA SKLUZY [AUTOR DP]	72
OBR. 65) MOMENTY SETRVAČNOSTÍ OTÁČENÝCH PRVKŮ MONTOVANÝCH NA TALÍŘ – FREE PROGRAM OD FIRMY WEISS....	73
OBR. 66) VÝŘEZ Z DATASHEETU WEISS – DOBA TAKTU POOTOČENÍ STROJE V ZÁVISLOSTI NA MOMENTU SETRVAČNOSTI – [14].....	73
OBR. 67) VÝŘEZ Z DATASHEETU WEISS – MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ STOLU TC 700 T – [14].....	73
OBR. 68) SÍLY PŮSOBÍCÍ NA OTOČNÝ STŮL – OSY X A Y [AUTOR DP]	74
OBR. 69) SÍLY PŮSOBÍCÍ NA OTOČNÝ STŮL - OSA Z [AUTOR DP].....	74
OBR. 70) POHLED NA 3D MODEL ZVOLENÉHO STOLU WEISS [3D MODEL STAŽITELNÝ Z WWW.WEISS.DE]	75
OBR. 71) POHLED NA UPÍNAČ A NA VNITŘNÍ DUTINU [AUTOR DP].....	76
OBR. 72) DETAIL MECHANISMU ZÁPADKY [AUTOR DP]	76

OBR. 73)UZAVÍRÁNÍ (OTEVÍRÁNÍ) UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ POMOCÍ PNEUMOTORŮ NA KONZOLE [AUTOR DP]	77
OBR. 74)DETAIL OTEVÍRÁNÍ PŘÍPRAVKU ODJIŠTĚNÍM ZÁPADKY ŠIKMOU PLOCHOU TRNU PÍSTNICE [AUTOR DP].....	77
OBR. 75)KONCEPCE RÁMU STROJE [AUTOR DP]	78
OBR. 76)BEZPEČNOSTNÍ MECHANICKÝ SPÍNAČ PILZ PSEN ME1M / 1AS [18]	79
OBR. 77)POHLED NA KRYTOVÁNÍ PRACOVNÍHO PROSTORU STROJE A NA ZAKRYTÍ PROSTORU OTOČNÉHO STOLU (ŠEDĚ) [AUTOR DP]...	79
OBR. 78)3D RENDER KONCEPTU Č. 1 [AUTOR DP] – VIZ TAKÉ PŘÍLOHA „3D MODEL KONCEPTU 1“	80
OBR. 79)KONCEPT 2 S ROZMÍSTĚNÍM STANIC A S VYZNAČENÍM TOKU MATERIÁLU [AUTOR DP]	81
OBR. 80)POHLED NA ZAKLÁDACÍ / ODEBÍRACÍ STANICI S LIDSKOU OBSLUHOU [AUTOR DP]	82
OBR. 81)POHLED NA POSUVNÝ KRYT ZAKLÁDACÍ STANICE [AUTOR DP]	83
OBR. 82)POHLED NA UPÍNAČ KONCEPTU 2 [AUTOR DP].....	83
OBR. 83)POHLED NA RÁM A KABINU KONCEPTU 2 [AUTOR DP].....	84
OBR. 84)GANTTŮV DIAGRAM VÝROBY 4KS PRO KONCEPT Č. 1 [AUTOR DP]	85
OBR. 85)GANTTŮV DIAGRAM VÝROBY KOMPLETNÍHO KUSU A PĚTI NEKOMPLETNÍCH KUSŮ (Z DŮVODU VELIKOSTI OBRÁZKU) [AUTOR DP]	86
OBR. 86)BLOKOVÉ SCHÉMA STROJE S VYZNAČENÍM VAZEB [AUTOR DP] – VIZ TAKÉ VE VĚTŠÍM FORMÁTU V PŘÍLOZE 5 – „BLOKOVÉ SCHÉMA“	95

13 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 - Obrázková příloha „3D model konceptu 1“

PŘÍLOHA 2 - Obrázková příloha „3D model konceptu 2“

PŘÍLOHA 3 - Tabulka „Shrnutí ceny konceptu č. 1“

PŘÍLOHA 4 - Tabulka „Shrnutí ceny konceptu č. 2“

PŘÍLOHA 5 - Výkres „Blokové schéma JÚS“

PŘÍLOHA 6 - Výkres sestavení formát A1 číslo JVS – WB – 001

PŘÍLOHA 7 - Výkres detailu formát A3 číslo JVS – WB – 001 – 002

PŘÍLOHA 8 - Výkres detailu formát A1 číslo JVS – WB – 001 – 003

PŘÍLOHY