

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zvýšení produktivity montážního automatu DAT1

Autor: **Jan Cajthaml**

Vedoucí práce: **Ing. Petr Bernardin, Ph.D.**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan CAJTHAML**
Osobní číslo: **S19B0403P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Téma práce: **Zvýšení produktivity montážního automatu DAT1**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Montážní automat DAT1 slouží k montáži a měření napínáků sekundárního rozvodu motoru. Montážní automaty pracují za pomoci rotačních stolů. Na prvním pracovišti dojde k manuálnímu založení dílů obsluhou. Po rotaci stolu dojde automaticky k aktivaci pracovišť, čímž dochází k postupné montáži napínáku. Současný stav montážního automatu nestíhá pokrývat nároky na objem výroby stanovené zákazníkem, z tohoto důvodu se hledá způsob zvýšení produktivity stroje.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Popis dané problematiky
3. Zpracování dané problematiky
4. Zhodnocení práce; závěr

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran A4**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: ALBRA, 2011

KRÁTKÝ, J., HOSNEDL, S. *Příručka strojího inženýra*. Praha: Computer press, 1999

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Bernardin, Ph.D.**
Regionální technologický institut

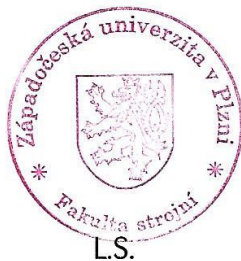
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Petr Švinger**
Mubea spol. s r.o., Žebrák

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2020**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Cajthaml	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bernardin, Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KKS / RTI		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zvýšení produktivity montážního automatu DAT1		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	44	TEXTOVÁ ČÁST	34	GRAFICKÁ ČÁST	10
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje rešeršní práci na téma jednoúčelových montážních automatů a napínáků sekundárního rozvodu spalovacího motoru. Dále jsou zde zpracovány 3 návrhy pro zvýšení produktivity výroby zadaného montážního automatu. Po vybrání optimálního konstrukčního návrhu je tento návrh detailněji zpracován.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>jednoúčelový montážní automat, napínák sekundárního rozvodu, CAD, počítačová simulace, vibrační zásobník, Saatyho metoda, Mubea</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Cajthaml	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B2301 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bernardin, Ph.D.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST – KKS / RTI		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Increasing the productivity of the DAT1 assembly machine		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2020
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	44	TEXT PART	34	GRAPHICAL PART	10
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor's thesis contains research work on the topic of single-purpose assembly machines and tensioners for the secondary timing belt. There are 3 designs for increasing the productivity of production of the specified assembly machine. After selecting the optimal design, this design is processed in more detail.
KEY WORDS	single-purpose assembly machine, secondary tensioner, CAD, computer simulation, vibrating hopper, Saaty method, Mubea

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	2
1. Úvod	3
1.1. Seznámení se společností Mubea spol. s. r. o.	4
1.1.1. Konkurence pro firmu	5
1.2. Napínáky řemenů – funkce	5
1.2.1. DAT napínák řemenů	6
3. Popis stávající výroby napínáku.....	7
3.1. Technická specifikace výroby napínáku DAT.....	8
3.2. Detailní popis stroje RTT1.....	8
3.1. Pohled na základací přípravek	10
5. Navrhovaná varianta 1	10
5.1. Regálový zásobník	11
6. Navrhovaná varianta 2	11
6.1. Průmysl 4.0	12
6.2. Robot.....	12
7. Navrhovaná varianta 3	14
7.1. Vibrační kruhové zásobníky	16
8. Výběr optimální konstrukční varianty.....	17
8.1. Popis Saatyho metody.....	17
8.2. Hodnocení variant	19
9. Detailnější pohled na variantu 3.....	21
9.1. Měchové chapadlo	22
9.1.1 Kontrola deformace při nárazu	23
10. Systém třídění a dopravy zakládaného dílu.....	25
11. Takt stroje.....	27
11.1. Stávající pracovní takt stroje.....	28
11.2. Takt stroje po realizaci návrhu	28
12. Porovnání výsledků po realizaci návrhu	29
13. Ekonomické hledisko pro realizaci návrhu	29
14. Závěr.....	31
Seznam obrázků	32
Seznam příloh.....	33
Zdroje	34

Přehled použitých zkratk a symbolů

DAT.....	Dual arm tensioner
AP.....	Arbeitsplatz
RTT.....	Rundtaktisch
CNC.....	Computer numeric controlled
NC.....	Numnerical control
K_i	Kriterium
S_i	Prvky Saatyho matice
G_i	Geometrický průměr
v_i	Percentuálně podíl
CAD.....	Computer aided design
MKP.....	Metoda konečných prvků
σ_o	Napětí v ohybu [MPa]
R_e	Mez kluzu [MPa]
k	Součinitel bezpečnosti[-]
MPa.....	Megapascal

1. Úvod

V dřívějších dobách byly montáže různých součástí prováděny pomocí lidského elementu, ať už člověk obsluhoval například jeden jednoduchý stroj (lis, vrtačku apod.), nebo prováděl montáž ruční. Ovšem v dnešní době se stále častěji využívá fenoménu dnešní doby – Průmyslu 4.0. Tato 4. „průmyslová revoluce“ nám přinesla velké množství usnadnění a to zejména na poli právě zmíněných montáží součástí, nejen díky rozšíření robotiky do průmyslu. Dalšími výhodami může být propojení různých pracovišť mezi sebou. Právě těchto faktorů využívá firma Mubea při stavbě a konstruování montážních automatů na výrobu napínáků sekundárního řemenového rozvodu automobilu.

Avšak z důvodu vysokých poptávek ze stran zákazníka, stávající stav jednoho z montážních automatů (DAT1) nestíhá plnit stanovený objem na výrobu. (491 000 ks / rok). V této bakalářské práci je předmětem řešení návrh zvýšení produktivity výroby stroje o 10%.

Montážní automaty pracují na principu rotace stolu. Na těchto stolech je 7÷9 montážních a kontrolních stanovišť a jedno stanoviště na zakládání dílů. V tomto stanovišti je buď obsluha stroje, která založí díly manuálně do přípravku umístěného přímo na stole, nebo jsou díly zakládány automaticky. Po rotaci stolu se uvedou do provozu montážní stanice, které pracují na principu lisů, šroubováků, kontroly apod. Tím dochází k postupné montáži. Po proběhnutí všech procesů vznikne hotový výrobek nebo částečně hotový díl, který poté putuje na další montáž.

Další možností je, že montáž probíhá lineárně, tudíž dochází k postupné montáži součástí na jednotlivých strojích. Z jedné pracovní stanice na druhou může být předávání dílu provedeno buď za pomoci robotických podavačů, nebo za pomoci pásových dopravníků pokud jsou pracoviště v těsné blízkosti. Tyto montážní automaty jsou však náročné na prostor a na pracovníky (každý pracovník obvykle obsluhuje jednu pracovní stanici), tudíž pokud to lze, tak se využívají spíše montážní automaty s rotačními stoly.

Největší a nespornou výhodou těchto montážních automatů je stálá kvalita vyráběných dílů a prakticky nemožnost vpuštění zmetkového dílu do rukou zákazníka. Je to způsobeno kontrolními stanicemi, kterými jsou tyto stroje osazeny.

Jedním z častých problémů na těchto automatech bývá časová prodleva při manuálním zakládání dílů. Často se totiž finální výrobek skládá z hodně tvarově složitých dílů, které musí být založeny do přípravku ve správné pozici. Čím je součást tvarově složitější, tím více tato časová prodleva vzrůstá a tím vzniká i větší ztráta pro společnost.

1.1. Seznámení se společností Mubea spol. s. r. o.

Firma Mubea je německou společností, která byla založena v roce 1916 v západoněmeckém městě Attendorn. Byla založena pány Muhrem a Benderem, odtud je také odvozen název firmy (MUhr, BEnder, Attendorn => MUBEA). Jedním z prvních výrobků firmy byly pružiny do bot. V dnešní době je společnost Mubea lídrem na trhu v mnoha odvětvích průmyslu s pružinami a má po celém světě 13000 zaměstnanců s 39 výrobními a vývojovými místy v 19 zemích světa. [1] Dále vyrábí spoustu dalších dílů v rámci automobilového průmyslu.

AUTOMOTIVE		POPRODEJNÍ SÍŤ	PRŮMYSL	TECHNOLOGIE
Motor	Taliřové pružiny	Výrobky	Výrobky	Kompetence
Ventilové pružiny	převodovky	Pružinové páskové spony	Pružinové páskové spony	Materiálová kompetence
Systémy napínání řemenu	Taliřové pružiny	Vinuté pružiny pérování	Taliřové pružiny	
Spring Band Clamps	převodovky	Tyče stabilizátoru	"Na míru" zhotovené	
	Trubkové hřídele	Součásti systému	válcované výrobky	
Podvozek	Karosérie	Systémy napínáku řemenu	Systémy upevnění kolejnic	
Nápravové pružiny	Na míru válcované výrobky		Výrobky z uhlíkového	
Stabilizátory	Výrobky vyztužené		kompozitu	
Tailor Rolled Products	uhlíkovými vlákny			
Pružiny z kompozitů				
Přesné ocelové trubky -				
Vysokopevnostní				
Trubky na míru firmy				
Mubea				
Interiér				
Součásti sedačky -				
konstrukční díly				
Tyče opěrky hlavy				

Obrázek 1 Výrobky společnosti MUBEA

V České republice byla založena první pobočka roku 1994 ve středočeském městě Žebrák, kde v současnosti má okolo 870 zaměstnanců.[1] Vyrábí se zde např. napínáky řemenů, hlavové opěrky, hadicové spony, držáky stabilizátorů a další díly do automobilového průmyslu. Dále je zde jedna výrobní hala, jejíž součástí je konstrukce a nástrojářská dílna, kde se vyvíjejí a vyrábějí montážní automaty. V neposlední řadě zde má sídlo i sesterská společnost MUBEA CarboTech, která se zabývá výrobou dílů z karbonových vláken pro luxusní automobily.

Mimo Žebrák má společnost MUBEA ještě pobočku v Prostějově a v Dolních Kralovicích. V Prostějově má cca 930 zaměstnanců a vyrábí se zde hlavně stabilizátory do automobilu. Nejnovější pobočkou je pobočka v Dolních Kralovicích.

Společnost MUBEA má i úzkou spolupráci se středními školami. Má vlastní učňovské školící střediska a nabízí učňům spolupráci formou stipendia. V rámci Západočeské univerzity společnost spolupracuje s univerzitním týmem UWB Racing Team Pilsen.

Mubea

light.efficient.global.

Obrázek 2 Logo společnosti

1.1.1. Konkurence pro firmu

Firma Mubea má na poli výrobců napínáku řemenů tři hlavní konkurenty. Jsou jimi firmy Litens (z koncernu Magna), Gates Corporation a firma Ina (Schaeffler).

Společnost Litens je původem kanadskou společností, která byla založena roku 1979. Byla to první firma, která navrhla a vyvinula automatické napínáky rozvodového řemene. Jedním z dalších prvenství patří firmě za koncept SmartSprocket, který slouží k vyhlazení pulzací motoru – díky speciální geometrii ozubených kol – a dále slouží také ke snížení spotřeby automobilu. Krom systémů napínáku řemene (ať už lineární nebo rotační) se dále zabývá hybridními systémy a systémy na chlazení automobilů. [2]

Gates Corporation má ústředí v Denveru v USA. Byla založena roku 1911. Produkty společnosti jsou mimo jiné i samotné řemeny na přenos točivých momentů a trubičky na vedení kapalin. V oblasti napínáku řemenů také společnost analyzuje selhání a snaží se provádět úpravy pro zlepšení jejich životnosti.[3]

Ina je společností zabývající se výrobou motorových systémů, podvozkových systémů a v současné době stále více oblíbenými hybridními a elektrickými systémy. Firma Ina vyrábí i napínáky řemene, které můžeme nalézt převážně ve většině koncernových automobilech. Tyto napínáky řemenů mohou být buď mechanického, nebo hydraulického typu. U obou typů je k předepnutí využito pružiny, rozdíl je ve stylu tlumení – kdy u hydraulického typu je využito právě kapaliny.

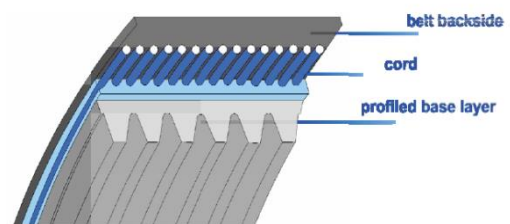
1. 2. Napínáky řemenů – funkce

Již přes 20 let je firma Mubea výrobcem mechanických napínáku rozvodových řemenů, to z ní dělá druhého největšího dodavatele v Evropě. [1] V motorovém prostoru automobilu můžeme nalézt dva typy rozvodových systémů – primární a sekundární. Primární rozvod slouží k pohonu vačkového hřídele, zatímco sekundární rozvody se používají k pohonu různých komponentů automobilu, jako je například vodní pumpa, alternátor atd. Ovšem oba tyto typy rozvodů využívají stejný zdroj točivého momentu, kterým je klikový hřídel.

K přenosu tohoto točivého momentu byl dříve využíván jednoduchý klínový řemen nebo řetězy. Jejich napínání zde probíhalo za pomoci otočného čepu nebo alternátoru, který zajišťoval přenos točivého momentu a napnutí řemenu. Právě napnutí řemenu je nejdůležitějším faktorem. Pokud nebyl řemen optimálně napnut, docházelo k nechtěným prokluzům mezi kladkami alternátoru nebo vodní pumpy a to mělo za následek špatnou funkci těchto prvků.

Jednoduchý klínový řemen míval ale své stinné stránky, a to zejména životnost. Často docházelo k prasknutí nebo opotřebenosti řemene. Toto opotřebenosti se projevovalo zejména protažením řemene z původní délky, což mělo za následek nízké napnutí řemenu a to vedlo k nechtěným prokluzům na jednotlivých kladkách nebo kolech. Samozřejmě to vedlo k dalšímu opotřebenosti zejména třením (dále také stárnutím) a řemen se postupně zničil. Pokud bylo ale napětí v řemenu až příliš vysoké, vedlo to opět k opotřebenosti a to zejména ložisek výše zmíněných součástí.

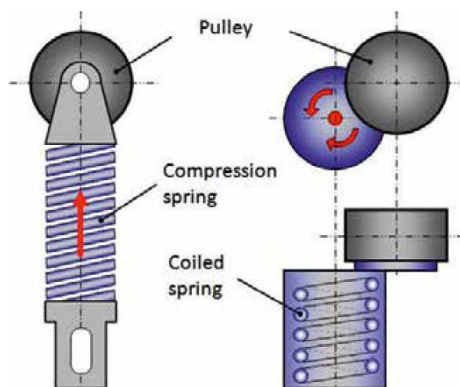
V dnešní době přibýlo v automobilech více součástí, které je třeba točivým momentem klikového hřídele pohánět (např. posilovač řízení, kompresor klimatizace), ale prostoru v motoru spíše ubylo. Tudíž se přešlo na jeden řemen, který již není ve tvaru jednoduchého klínového řemene, nýbrž několikanásobného klínového řemene (5÷6 klínových řemenů v jednom).[4]



Obrázek 3 Vícenásobný klínový řemen [4]

Dalším následkem zvyšování součástí v motoru je zavedení automatických napínačů řemenu, protože již nestačil pouze alternátor (případně otočný čep). Tyto napínače můžeme v dnešní době dělit na :

- lineární
- rotační



Obrázek 4 Lineární a rotační napínač řemenu [4]

V obou těchto skupinách je napínací tlak na řemen vyvoláván za pomoci předepnuté pružiny, která přes obvod kladky na něho tlačí. Výsledkem je téměř konstantní napnutí řemenu. I při rozdílech způsobených tepelnou roztažností. Další výhodou těchto napínačů je i tlumení nechtěných vibrací způsobených od klikového hřídele.

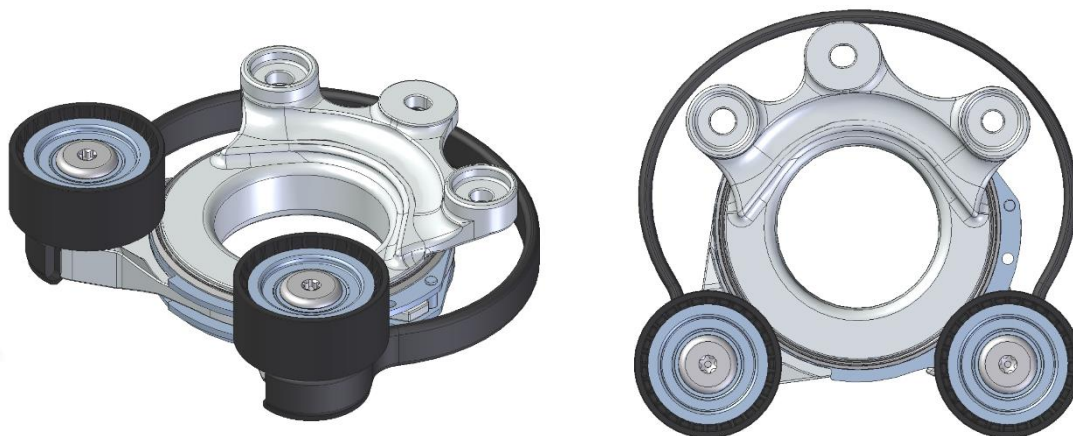
Samotný napínač řemene obvykle tvoří dva hliníkové odlitky, z nichž jednomu z nich se říká housing, který je pevně spojen s motorem, a druhý funguje jako rameno pro napínací kladku. Ta je uložena na ložisku a tudíž se otáčí společně s řemenem. Mezi těmito odlitky je výše zmíněná předepnutá pružina. Dále jsou zde další kluzná ložiska pro umožnění rotace ramene oproti housingu.

1.2.1. DAT napínač řemenu

Význam zkratky DAT by se nechal vystihnout buď názvem Dual Arm Tensioner (tj. dvojité rameno napínání), nebo Decoupling Alternator Tensioner (odpojení napínání alternátoru). Tyto napínače by se dali označit jako třetí typ k výše zmíněným a jsou určeny hlavně pro automobily se START-STOP systémem, který se využívá ke snížení spotřeby paliva a produkce CO₂.



Obrázek 5 Namontovaný DAT napínač[4]



Obrázek 6 DAT Napínač

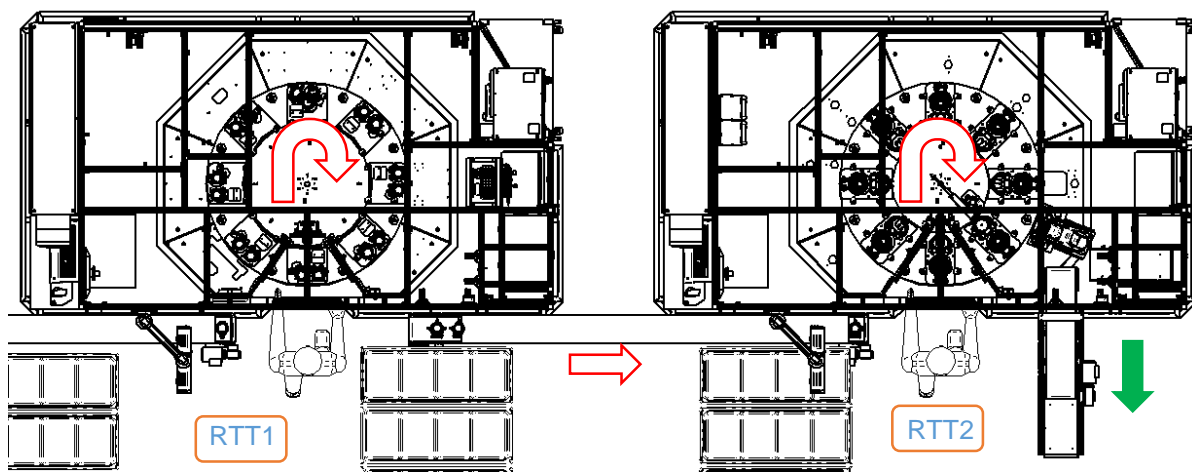
Hlavní předností tohoto typu napínaku je volná rotace okolo osy bez definovaných dorazů. Pokud je řemen napínán tímto stylem, dochází k optimálnímu obalení kola generátoru řemenem. Obě ramena DAT napínaku jsou spojena jednou pružinou, která vytváří požadované napětí v řemenu a tlumí vibrace od klikového hřídele.

Jak lze vidět (obrázek 6) k potřebnému předeprnutí řemene zde nedochází za pomoci šroubovité pružiny, ale pomocí pružinového pásu, který tlačí obě kladky napínaku k sobě. Tento typ napínaku je montován přímo na alternátor, čímž dochází ke zmíněnému většímu obepnutí jeho hnacího kola.

Hlavní součástí tohoto napínaku jsou opět dvě hliníková těla, která jsou nezávisle uložena. V jednom z těchto těl je uložena jedna ze dvou kladek, ovšem krom těchto dvou hliníkových součástí jsou zde ještě plechové díly, na kterých je druhá kladka a tyto díly rotačně spojeny s hliníkovými těly, což má za následek umožnění jejich vzájemné rotace. Kladky jsou ovšem spojeny za pomoci pružinového pásu, což mezi nimi vytváří potřebné předeprnutí. Právě mezi těmito kladkami prochází řemen rozvodu (obrázek 5).

3. Popis stávající výroby napínaku

Předmětem této bakalářské práce je stroj na výrobu napínačů sekundárního rozvodového řemene typu DAT, který byl vyvinut firmou Mubea. Výroba probíhá na dvou na sobě závislých montážních automatech. A z toho důvodu je třeba provést velké množství úkonů pro finální montáž napínačů.



Obrázek 8 Finální výroba

Na obrázku 8 lze vidět stávající rozložení těchto strojů na výrobní hale. Na montážním automatu RTT1 je napínač vyroben částečně a poté putuje za pomoci robotu a pásového dopravníku k automatu RTT2 a zde je jeho výroba dokončena.

Oba tyto automaty se skládají z podobných částí. Je zde několik pracovních a kontrolních stanic, které jsou umístěné okolo otočného stolu, na kterém jsou umístěné zakládací přípravky. Každý z těchto strojů je obsluhován dělníkem, který se stará o zakládání dílů umístěných na otočném stole.

3.1. Technická specifikace výroby napínáku DAT

Při výrobě napínáku řemenu ale dochází na stroji RTT1 k nežádoucím prodlevám na pozici obsluhy stroje. A to z důvodu, že je zde třeba založit poměrně velké množství dílů do přípravku umístěného na otočném stole. Tyto díly jsou některé třeba před založením částečně složité, jiné jsou tvarově složité.

Toto má za následek, že stroj zvládne svůj pracovní cyklus a poté čeká na obsluhu, než zakládání dokončí a udělí pokyn k pootočení stolu. Tím vznikají nechtěné prodlevy a s tím spojená i menší produkce dílů.

DAT stávající		
Čas cyklu:	33	Sekund/kus
Kusů za minutu:	1,5	
Kusů za hodinu:	87	
Kusů za směnu:	655	
Kusů za rok:	491 000	kusů
Hodin na směnu:	7,5	
Počet směn:	3	
Pracovní dny v roce:	250	
OEE [%]:	80%	

Tabulka 1 Takt stroje stávající

V tabulce 1 lze vidět stávající takt montážního automatu. Tento stroj pracuje na 3 směny s tím, že každá směna trvá 7,5 hodin. Čas pro výrobu jednoho dílu je 33 sekund. Z čehož vychází další hodnoty jako například, že během jedné směny by mělo být vyrobeno cca 655 ks, což vychází na 87 kusů za hodinu. Dále jsou v tabulce uvedeny další hodnoty, jako počet vyrobených kusů vztažených na minutu, hodinu, rok atd. Poslední pozici v této tabulce zabírá OEE faktor. Tento faktor bere v potaz chyby, které se mohou na stroji vyskytnout. Tyto chyby mohou být například – absence obsluhy stroje, materiálu; seřizování stroje; opravy stroje a další. OEE faktor se zahrnuje při výpočtu hodnot kusů za určité časové období, čímž se tato hodnota sníží. Na stroji tohoto typu se OEE faktor pohybuje okolo 80%.

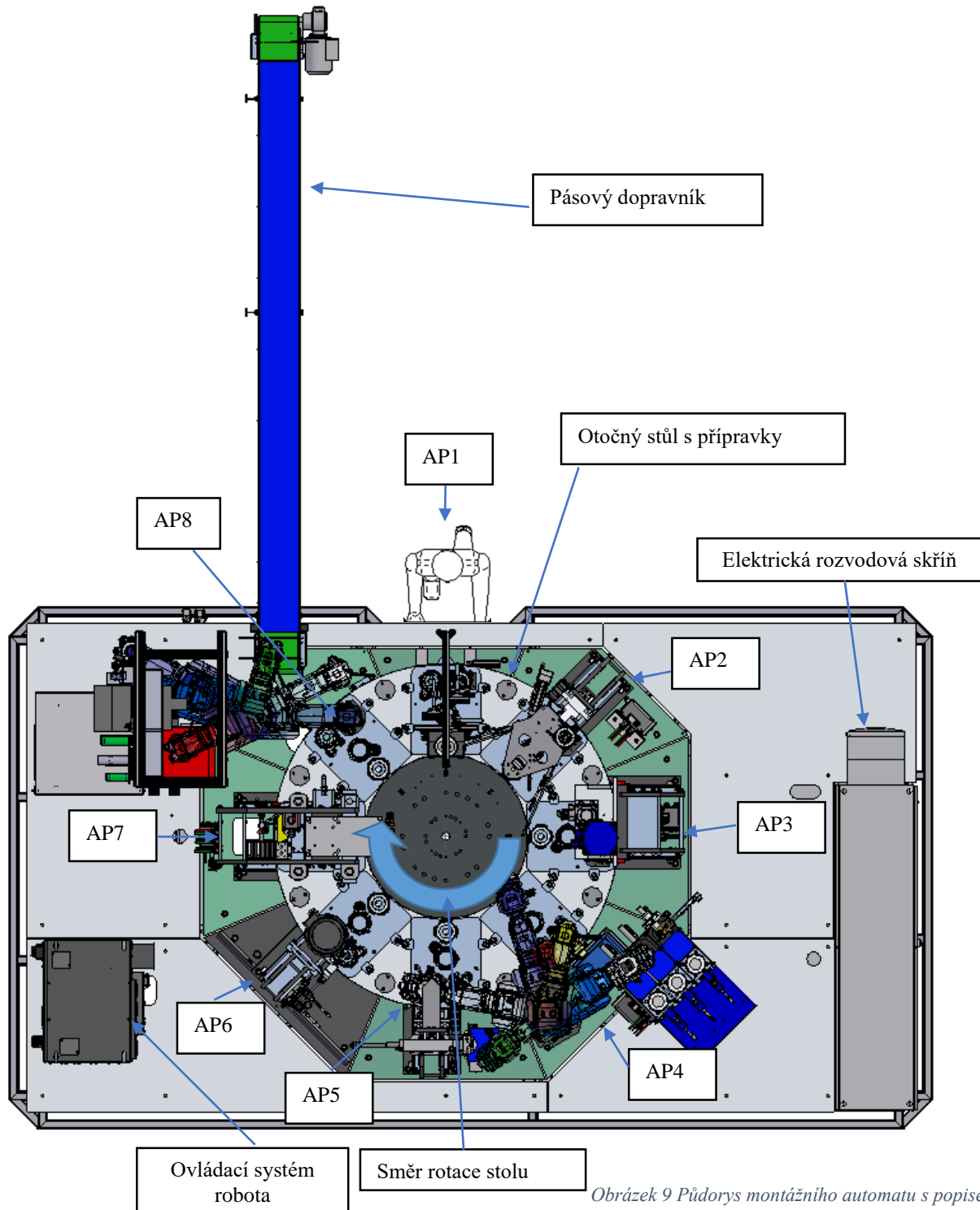
Cílem této bakalářské práce je zvýšit produktivitu výroby tohoto stroje o 10%.

3.2. Detailní popis stroje RTT1

Ze zadání vyplývá základní požadavek navrhnout a zpracovat vhodné řešení pro zvýšení produktivity montážního automatu. Montážní automat na napínáky DAT je v tuto chvíli ve fázi vývoje a testování, ovšem již teď lze vyzorovat velké prodlevy mezi vyrobenými díly. A to zejména z důvodu velkého počtu zakládání dílů do přípravku na otočném stole. Tomuto zakládání ještě předchází několik montáží, které musí obsluha ručně provést. Tyto prodlevy při zakládání dílů by bylo třeba, co nejvíce minimalizovat.

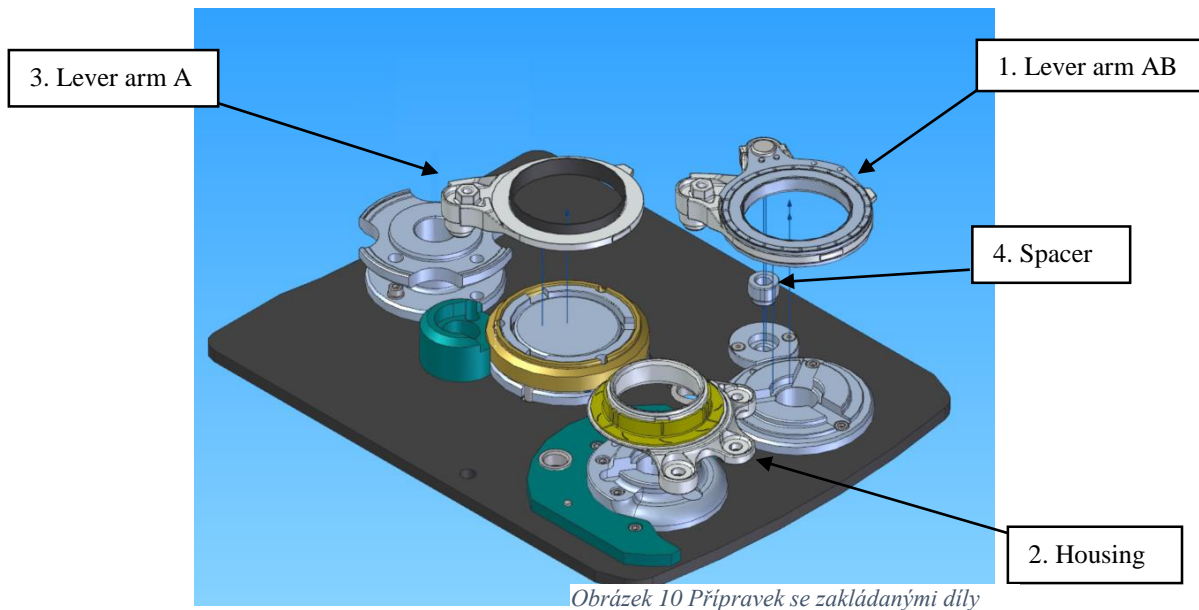
Tento montážní automat obsahuje 8 pracovních pozic, včetně kontrolních pozic a místa pro zakládání dílů obsluhou do přípravku. Pracovní pozice jsou umístěny na otočném stole a jsou označeny písmeny AP (arbeitsplatz) a čísla od 1 do 8, přičemž číslo 1 má pozice s obsluhou automatu. Číslování je prováděno ve směru hodinových ručiček. Tudiž na AP1 dochází k zakládání dílů obsluhou automatu. AP2 je první kontrolní stanicí, která má za úkol kontrolu přítomnosti všech zakládání dílů. AP3 je lisovací stanicí. Na AP4 a AP5 dochází k automatickému dozaložení součástí a k jejich montáži. Pracoviště AP6 je Taumeln Station,

kteří provádí takzvané taumlování. Taumlování je proces ohýbání (dalo by se říci až nýtování) některých z plechových dílů. Firma Mubea v současnosti na toto ohýbání využívá ještě rolování. Rozdíl v těchto procesech je v nástroji. Při rolování jsou na nástroji 3 výstupky a tyto výstupky rovnoměrným přímočarým a zároveň rotačním pohybem provádí ohýbání, kdežto při taumlování se provede ohýbání válcovým nástrojem při stejných pohybech. Jedním z problémů taumlování je, že dochází k nechtěným vibracím, které přechází i do otočného stolu. AP7 je další taumlovací stanicí. Na poslední stanici se nachází robotické rameno, které částečně vyrobený napínák odloží na dopravník, odkud pokračuje na finální montáž na další montážní automat.



Obrázek 9 Půdorys montážního automatu s popisem

3.1. Pohled na základací přípravek



Jak lze z obrázku vidět, obsluha montážního automatu musí před založením částečně smontovat 3 ze 4 zakládáných dílů. Například ruční montáž dílu 1 (Lever Armu AB) se skládá z 5 dalších dílů. To obsluze stroje značně sťažuje a prodlužuje dobu práce. Toto prodlužování montáže napínáku je v této bakalářské práci řešeno s cílem, aby se práce zrychlila, a tím pádem došlo k výrobě většího množství kusů.

V této bakalářské práci jsou navrženy 3 varianty, které se týkají tohoto základacího přípravku.

5. Navrhovaná varianta 1

Při této navrhované variantě došlo k zamyšlení nad zmíněnými montážemi, které musí obsluha automatu provést, aby vůbec mohla díly založit do přípravku. Jedná se o několik po sobě následujících operací, které vyvolávají prodlevy. Tyto prodlevy by šly vyřešit například přidáním dalších pracovníků, kteří by vykonávali právě ony montáže a tím by usnadnili práci obsluze.

Jednalo by se o jedno přidružené pracoviště k tomuto stroji, kde by byl jeden pracovník, který by dle potřeby vykonával ruční montáže jednotlivých částí a smontované díly by dále dával do KLT boxů, které by následně byly pracovníkem dovezeny ke stroji. U stroje by bylo zapotřebí vytvořit regálové zásobníky, do kterých by pracovník KLT boxy vždy naskládal a ty by poté byly snadno dostupné pro obsluhu stroje. Ta by již jen díly s předmontáží vzala a pohodlně založila do přípravku.

Ovšem tato varianta by mohla být dost finančně nákladná. Jde o to, že bychom museli najmout dalšího pracovníka na pozici předmontáže a vytížen by byl i pracovník starající se o přísun materiálu. Vzhledem k tomu, že již v tuto chvíli probíhá montáž tohoto typu napínáku na dvou montážních automatech, tak by jeho výroba byla opravdu finančně nákladná. Ovšem z konstrukčního hlediska by byla tato varianta nejjednodušší.

5.1. Regálový zásobník

Regálový zásobník by bylo možné vytvořit svařením L profilů a jiných jeklů (tj. uzavřený ocelový profil). Tyto profily se vyrábí v nejrůznějších normalizovaných rozměrech a tloušťkách síly materiálu. Bylo by zapotřebí navrhnout počet pater tohoto zásobníku a celkové rozměry.

Jednou z dalších možností by bylo použití stavebnicových systémů z eloxovaných hliníkových profilů (pozn. Eloxování hliníku = řízený proces chemického nanesení ochranné vrstvy tvrdosti skla v tloušťkách od 2 - 20 mikrometrů na povrch hliníkového profilu) například od firmy Haberkorn s.r.o. Tyto systémy disponují jednoduchou a rychlou stavbou, bez použití svařování případně jiného nerozebíratelného spojení materiálu. Veškeré spojení je zde realizováno za pomoci šroubového spojení a drážek v profilu, do kterých je vsazen ocelový kamen s příslušnou závitovou dírou. Profily lze spojovat pod různými úhly pomocí rohů. Firma Haberkorn k těmto profilům prodává další příslušenství, jako jsou například kolečka pro snadnější manipulaci, krytky konců profilů, panty, madla apod. Vyrábějí se v normalizovaných délkách, které jsou následně rozřezány na pile na potřebné rozměry.



Obrázek 11 Stavebnicový systém Haberkorn [5]

Dle potřebné nejvyšší únosné velikosti zatížení se profily vyrábějí o různých velikostech drážek. Velikost drážky je dána označením profilu. Profil 5, má šířku drážky o šířce 5 mm a průřez čtvercový o velikosti 20 mm. Tento profil ovšem dokáže odolat maximálně 500 N zatížení v drážce profilu. Pro toto použití bych tudíž použil profil 10, který má šířku drážky profilu 10 mm a čtvercový průřez o velikosti 50 mm. Takovýto profil je spojen za pomoci šroubu M10 a odolá zatížení až 7 000 N v drážce profilu.[5]

Firma Mubea již tyto profily využívá i například jako konstrukci rámu krytí montážních automatů. Dalším použitím je i konstrukce pracovních stolů, vozíků atd.

6. Navrhovaná varianta 2

V rámci druhé varianty bylo navrženo řešení, které by obsahovalo cca 20 zakládacích přípravků a již stávající zakládací přípravky na otočném stole. Tyto přípravky by byly uloženy na uzavřeném dopravníku, který by musel být vysokorychlostní z hlediska posouvání, a do montážního automatu by tudíž byly již založené díly vkládány, za pomoci robotického ramene, na otočný stůl. Což by mělo za následek větší zásobu založených dílů, a tudíž by nevznikaly prodlevy způsobené obsluhou.

Při této variantě by byl přidán jeden pracovník s funkcí obsluhy stroje. Tato obsluha stroje by nezakládala přímo do stroje, ale do přípravků na dopravníku. Obsluha by zakládala stejné díly například do dvou přípravků zároveň, aby tak došlo k urychlení procesu. Z tohoto dopravníku by byly robotickým ramenem automaticky odebírány přípravky. Nejprve by se však musel odstranit prázdný přípravek z otočného stolu, který by umístil na dopravník. Aby tak došlo k uvolnění místa otočného stolu. To by vedlo k tomu, že jedna pozice na dopravníku by musela být prázdná. Tato prázdná pozice by se vždy zaplnila právě přípravkem z otočného stolu. Následně by robotické rameno zdvihlo založený přípravek, vložila ho do stroje a došlo by k pootočení dopravníku.

Zakládací přípravek by byl osazen dvěma kolíky, které by zapadaly do přesných děr na otočném stole, případně i dopravníku. Tyto díry by musely být kuželově zahloubené, tak aby docházelo k jednoduššímu a hlavně přesnějšímu zakládání při manipulaci s přípravky.

Tato varianta by mohla být v počáteční investici také dosti nákladná. Dalším problémem by mohlo být to, že montážní automat v současné době již je ve fázi testování. Tudíž již fyzicky existuje a tato varianta by počítala s úpravou otočného stolu, zavedení elektrických, a případně dalších (vzduchových / hydraulických atd.), rozvodů pro robotické rameno. Možným problémem by mohl být i prostor, který dopravník zabere. Tento prostor by šel využít například pro jiný montážní automat.

6.1. Průmysl 4.0

V dnešní době, kdy se čím dál častěji hovoří o průmyslu 4.0, je využití robotů v průmyslu stále častější. Ovšem průmysl 4.0 nejsou jen roboty, ale dále například také automatické linky a digitalizace. V dnešní době všechny větší firmy právě těchto aspektů využívají. Veškerá snaha v průmyslu je právě výrobu co nejvíce automatizovat, protože to má obrovské výhody. Jednou z nich může být například zrychlení výroby. Jedna z dalších výhod automatizace je také ta, že díly vyrobené automatickými montážními automaty jsou stejné a méně zmetkovité než při ručních montážích. Tyto montážní automaty dost často mají jednu ze stanic jakožto kontrolní. Na této stanici dochází k proměrování vyrobených kusů a následně probíhá třídění. Díly, které projdou kontrolní stanicí, bez nahlášené chyby, jsou označeny jako OK díly. NOK díl, je takový díl, který se z nějakého důvodu vyrobil, ale nesplňuje výrobní parametry. Díky těmto kontrolám dochází právě k výše zmíněné výrobě dílů, které jsou ve všech ohledech stejné.

Firma Mubea samozřejmě není pozadu. Téměř veškerá výroba v této firmě probíhá za pomoci automatických montážních automatů, případně automaticky řízených strojů, jako jsou CNC a NC stroje.

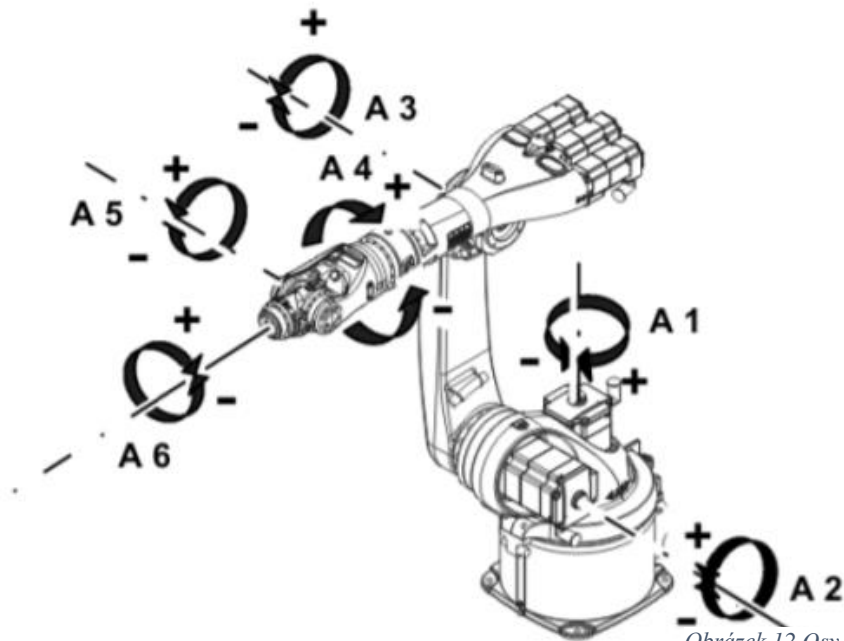
6.2. Robot

Roboty právě ve firmách dnešní doby jsou rozšířeny maximálně. Veškerá snaha v průmyslu je právě výrobu co nejvíce automatizovat, takže se právě tyto průmyslové roboty nasazují do výrobních a montážních automatů.

Současné průmyslové roboty mají 6 stupňů volnosti. To znamená, že se mohou pohybovat ve všech směrech – tj. posuvně ve směrech os x, y, z a zároveň i rotačně kolem těchto os (viz. Obrázek 12). Tyto vazby lze různým řazením kombinovat pro dosažení potřebného ramene. Dalšími prvky při volbě správného robotu mohou být:

- Tvar a velikost prostoru
- Požadovaná přesnost polohování
- Požadovaná orientace
- Vhodný druh pohonu jednotlivých os

Tyto roboty se programují za pomoci programovacích jazyků Bosch, Siemens, ABB. [6]



Obrázek 12 Osy robotu [6]

Roboty se dále rozdělují dle typu konstrukce na:

- 1) Kartenziální (přímočaré nebo portálové)
- 2) Scara roboty – kompaktní, rychlé, přesné
- k montážním pracem
- 3) Kloubové
- 4) Dvouramenné – nejčastěji v elektrotechnickém průmyslu
- 5) Šestiosé – rychlý a přesný pojezd
- 6) Delta – připomínají tvarem pavouky

Existuje několik výrobců, ale za jedny z největších společností by se daly považovat společnosti Fanuc, Yaskawa, ABB, Kawasaki robotics, Omron[6]



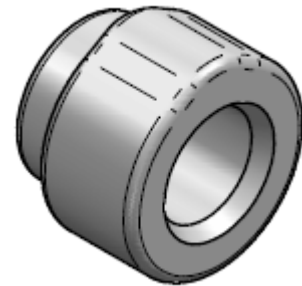
Obrázek 14 Průmyslový robot YASKAWA [6]



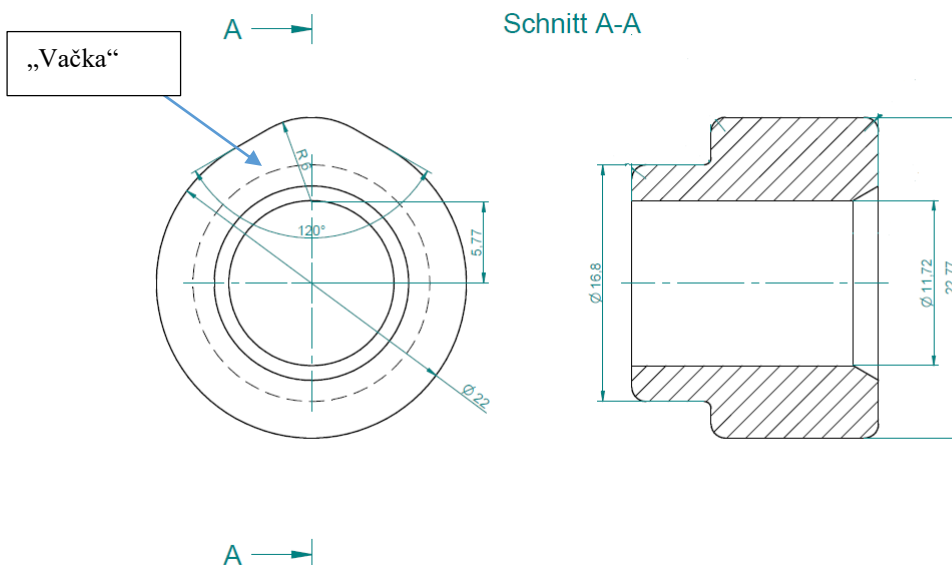
Obrázek 13 Průmyslový robot FANUC [6]

7. Navrhovaná varianta 3

Poslední návrh této bakalářské práce se zabývá automatickým zakládáním některého z dílů. Pro tento styl zakládání by se nejvíce hodil díl spaceru (obrázek 15) a to z důvodu jeho obtížného a zdlouhavého zakládání. Tento díl je poměrně špatně tvarován, protože má na svém obvodu jakousi „vačku“ a ta musí být do přípravku založena pod určitým úhlem. Zde ovšem nastává problém. Tato vačka není oproti vnějšímu průměru tak rozdílná a tím dochází k jejímu zdlouhavému hledání obsluhou stroje.



Obrázek 15 Díl 4



Obrázek 16 Nákres dílu

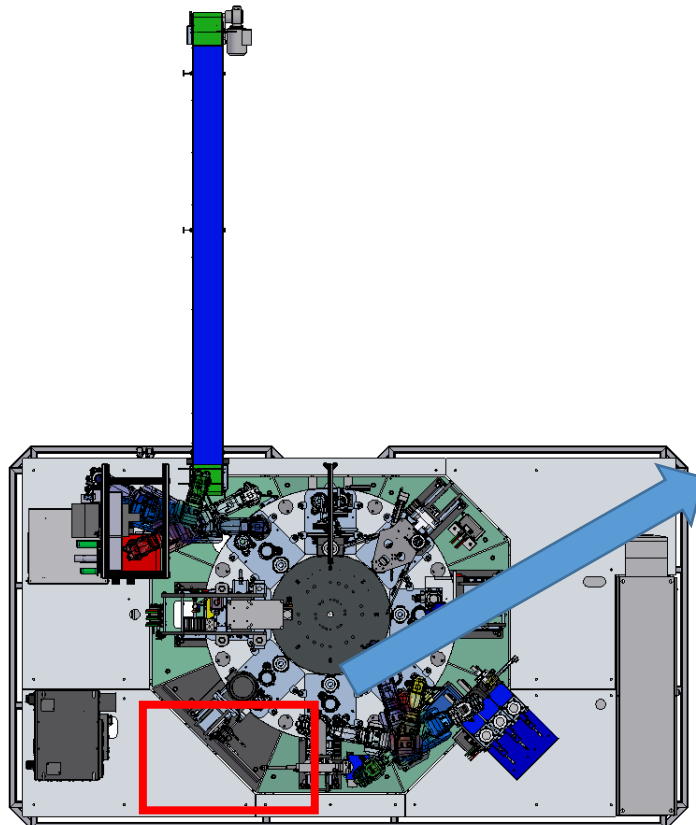
K dopravě a částečnému třídění (z hlediska polohy většího průměru) dílu na obrázku 15 by se mohlo využít vibračních kruhových zásobníků. Potom, co by za pomoci kolejnič došlo ke správnému nastavení polohy dílu, by byl za pomoci správně naladěných vibrací dopraven do místa, kde by byl odebírán robotem. Zde by byl pomocí oddělovací závory, oddělen od ostatních dílů na kolejnici. Tento robot by byl osazen měchovým chapadlem, čímž by docházelo ke středění tohoto dílu pomocí středové díry. Poté by byl díl vyzdvihnut a přenesen k sondě fungující na principu potenciometru s pružinou, která by snímala polohu a dokázala určit maximum vačky. Měření by probíhalo de-facto na principu měření kruhovitosti, jen s rozdílem, že po nalezení maxima by se díl v této poloze ustavil a poté by bylo již jednoduché tento díl založit v přesné poloze. Druhou možností by bylo využívat kamerových systémů pro třídění dílů. Tyto kamerové systémy však využívají kontrastu barev dílu a podložky. To by zde bylo problémem, poněvadž díl je kovové barvy a kontrast k této barvě by se hledal těžko. Dalším faktorem je také prostor, protože kamerové systémy potřebují výborné nasvícení pro svoji stoprocentní funkčnost a to zde nelze plně zaručit vzhledem k malému prostoru na stroji.

Tato navrhovaná varianta by šla realizovat přidáním jednoho automatizovaného pracoviště mezi již stávající. Ovšem je zde problém z hlediska prostoru. Mezi stávajícími jednotlivými pracovišti (viz. Obrázek 8) není v montážním automatu tolik místa, aby se v něm dal tento návrh provést nebo je ještě zakládací pozice pro tento díl obsazena z předchozího založení. Jediný prostor pro umístění všech komponent potřebných pro tento návrh by se nacházel mezi montážními stanicemi AP5 a AP6. Na tomto místě je již, díky předchozím

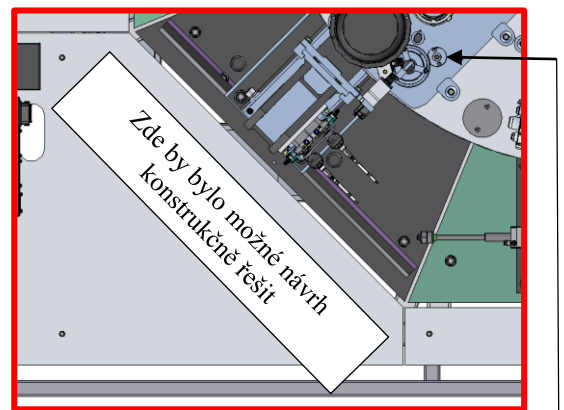
stanicím, díl číslo 1 (viz. Obrázek 9) přenesen na díl housingu – díl číslo 2. Tím pádem je zde uvolněn otvor pro založení váčkového dílu 4.

Je třeba také myslet na to, že při případném vybrání tohoto návrhu se musí dostat hlava robota i s chapadlem nad zakládací místo přípravku. Což je na tomto místě také možné, protože ve vertikálním směru nad zakládacím otvorem není ve stávajícím řešení žádná komponenta, která by zde tomuto stylu zakládání zabráňovala.

Další výhodou je dostatek místa pro umístění vibračního zásobníku za montážní stanici AP6 tak, aby se vibrační zásobník stále vešel do ochranného krytování celého montážního automatu. Tím by bylo v tomto návrhu zabezpečeno, že nikdo nemůže svévolným způsobem zasahovat právě do místa vibračního zásobníku.



Obrázek 18 Prostor pro návrh



Obrázek 17 Prostor pro návrh - detail

Místo založení dílu

7.1. Vibrační kruhové zásobníky

Vibrační kruhové zásobníky jsou zařízení, které slouží k dopravě a přesnému podávání dopravovaných dílů do jednotné polohy. Tyto zásobníky jsou určeny pro drobnější materiál, či malé díly. K pohonu těchto zásobníků se využívá elektromagnetických pohonů, který tak umožňuje plynulou regulaci dopravy, ale i okamžité spuštění nebo zastavení.

Vibrační kruhový zásobník se skládá ze dvou hlavních částí a to:

- elektromagnetický pohon
- nádoba pro materiál

Tyto nádoby mohou být válcové, kuželové nebo stupňovitého tvaru a jsou připevněny k jednotce pohonu za pomoci šroubu, což umožňuje rotaci nádoby o 360°, kolem své osy. [7] Dalším dělením typů zásobníků je dle směru výstupu na levý a pravý zásobník.



Nádoby jsou převážně svařence z nerezové oceli tř. 17 nebo jiné konstrukční oceli. Uvnitř těchto nádob jsou vytvořeny dráhy pro dopravu prvků, které mají na sobě prvky orientace, speciálně pro každý dopravovaný díl. [7]



Obrázek 21 Stupňovitá nádoba [7]



Obrázek 20 Kuželová nádoba [7]

Doplňování dopravovaných dílů do zásobníku se děje také buď automaticky, za pomoci automatických podavačů, kteří fungují jako násypka (– do které obsluha stroje vkládá díly) nebo obsluha může vkládat díly přímo do zásobníků.

Nejdůležitějším faktorem u vibračních zásobníků je hlavně frekvence naladění těchto vibrací. Pokud by tyto vibrace nebyly správně naladěny, nedocházelo by k chtěnému posouvání dílů, ale k náhodnému poskakování.

8. Výběr optimální konstrukční varianty

Jako rozhodovací metoda, pro výběr optimálního konstrukčního řešení, byla zvolena Saatyho vícekritériální metoda. Varianta, která v rámci této metody, vyjde, jako nejlepší, bude dále konstrukčně zpracovávána.

8.1. Popis Saatyho metody

V rámci Saatyho metody dochází k porovnávání dvojic kritérií uspořádaných v matici, kde se ve sloupcích a řádcích nachází stejně seřazená kritéria. Při této metodě dochází k porovnávání nejen vzájemné preference, ale také lze měřit velikost těchto preferencí. Velikost je dána na základě bodového hodnocení. Saatyho metoda využívá bodové stupnice opatřené deskriptory. [10]

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

Tabulka 2 Deskriptory Saatyho metody [10].

Pozn.: Hodnoty 2, 4, 6, 8 lze využít k jemnějšímu rozlišení velikosti preferencí dvojic kritérií. [10].

Zvolená kritéria:

Kritéria byla mnou zvolena intuitivně, dle požadavků na výsledný systém, a na základě požadavků ze strany zadavatele práce takto:

Označení	Kritérium
K ₁	Vytíženost (vytížení pracovníků na stroji)
K ₂	Počet pracovníků (k obsluze stroje)
K ₃	Ekonomické výdaje – Náklady na provedení daného návrhu
K ₄	Ekonomická návratnost – Návratnost nákladů vložených do daného návrhu
K ₅	Prostor – Obsazený prostor návrhem ve výrobní hale
K ₆	Náročnost konstrukce – Náročnost na výrobu a sestavení konstrukce

Tabulka 3 Zvolená kritéria

Zvolená kritéria byla vepsána do matice a ohodnocena. Výsledkem tohoto kroku je získání pravé horní trojúhelníkové části matice velikostí preferencí (někdy se též tato matice označuje jako Saatyho matice, resp. matice relativních důležitostí). Jestliže tuto matici označíme S, pak její další prvky (na diagonále a v levé dolní trojúhelníkové části) získáme podle vztahů:

$$S_{ii} = 1 \quad \text{pro všechna } i,$$

$$S_{ji} = \frac{1}{S_{ij}} \quad \text{pro všechna } i \text{ a } j \text{ [10].}$$

V matici byly uspořádány kritéria do sloupců a řádků (tabulka 4), jak již bylo zmíněno. Jednotlivé kritéria (tabulka 3) byly vzájemně ohodnoceny pomocí deskriptorů Saatyho metody (tabulka 2). Po ohodnocení byl pro každé kritérium vytvořen geometrický průměr dle vzorce:

$$G_i(S_1, S_2, \dots, S_n) = \left(\prod_{i=1}^n S_i \right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{S_1 \cdot S_2 \cdot \dots \cdot S_n}$$

Postup hodnocení

Pokud je kritérium uvedené v řádku významnější než kritérium uvedené ve sloupci, zapíše se do příslušného políčka počet bodů, kterým hodnotitel vyjadřuje velikost preference kritéria v řádku vzhledem ke kritériu ve sloupci. Pokud je naopak kritérium ve sloupci významnější než kritérium v řádku, zapíše se do příslušného políčka převrácená hodnota zvoleného počtu bodů [10].

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	Geometrický průměr
K ₁	1	3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	7	0,898
K ₂	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	4	0,496
K ₃	4	3	1	$\frac{1}{7}$	3	5	1,718
K ₄	5	7	6	1	6	9	4,74
K ₅	2	5	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	1	4	1,14
K ₆	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	1	0,242

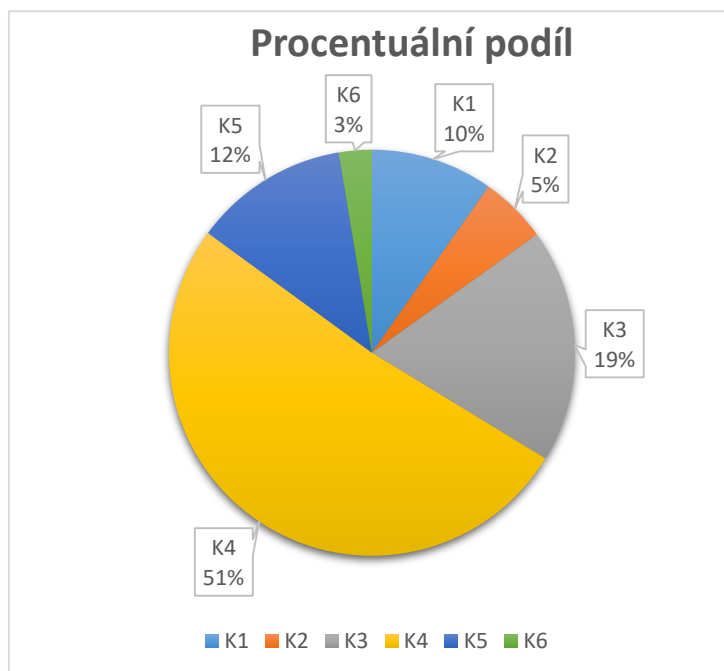
Tabulka 4 matice preferencí

Pro lepší práci při vyhodnocení důležitostí kritérií je třeba geometrické průměry přepočítat na procentuální podíl. Tento přepočít byl proveden dle vzorce:

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \cdot 100 [\%]$$

Kritérium	Geometrický průměr	Procentuální podíl
K ₁	0,898	9,74 %
K ₂	0,496	5,37 %
K ₃	1,718	18,6 %
K ₄	4,74	51,33 %
K ₅	1,14	12,34 %
K ₆	0,242	2,62 %
Σ	9,234	100 %

Tabulka 5 Procentuální podíl



Graf 1 Procentuální podíl důležitosti kritérií

Jak lze vyčíst z grafu 1, tak nejdůležitějším kritériem při hodnocení navržených variant je kritérium 4 - **Ekonomická návratnost**. Poté zde má zastoupení kritérium 3 a 5- Ekonomické výdaje a prostor. V menší míře jsou zde zastoupeny ostatní 3 kritéria – Náročnost konstrukce, počet pracovníků a vytíženost.

8.2. Hodnocení variant

Hodnocení jednotlivých navrhovaných variant je provedeno v tabulce 6. Toto hodnocení bylo provedeno na škále od 1 do 9 bodů, kdy 9 bodů je nejlepší, a 1 bod je nejhorší možné hodnocení. Poté za pomoci součinu procentuálního podílu kritérií a bodového hodnocení dostaneme výsledky zobrazené v tabulce 7 na základě, kterých bude vybrána varianta pro detailnější konstrukční zpracování.

Kritérium	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
K ₄	3	5	9
K ₃	7	3	5
K ₅	4	1	6
K ₁	6	6	3
K ₂	2	2	4
K ₆	8	1	3

Tabulka 6 Hodnocení variant

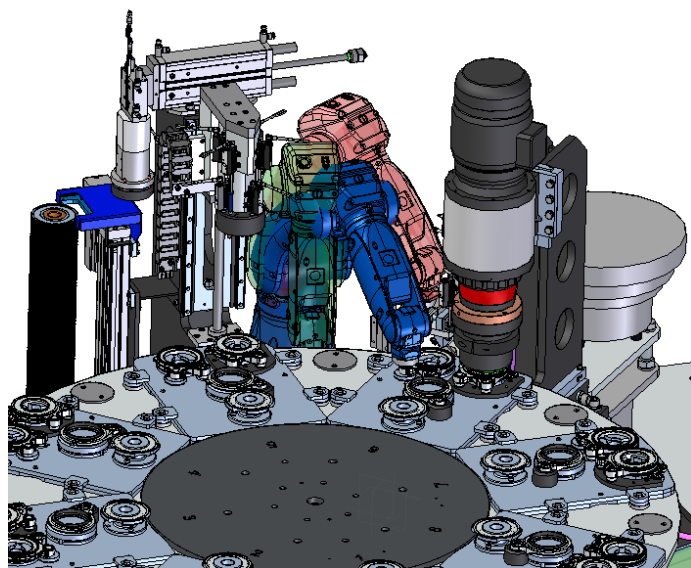
Kritérium	Procentuální podíl	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
K ₄	51,33 %	1,534	2,567	4,62
K ₃	18,6 %	1,302	0,558	0,93
K ₅	12,34 %	0,493	0,123	0,74
K ₁	9,74 %	0,584	0,584	0,292
K ₂	5,37 %	0,107	0,107	0,215
K ₆	2,62 %	0,209	0,026	0,079
Σ	100 %	4,229	3,965	6,876
Výsledné pořadí		2	3	1

Tabulka 7 Výsledné pořadí

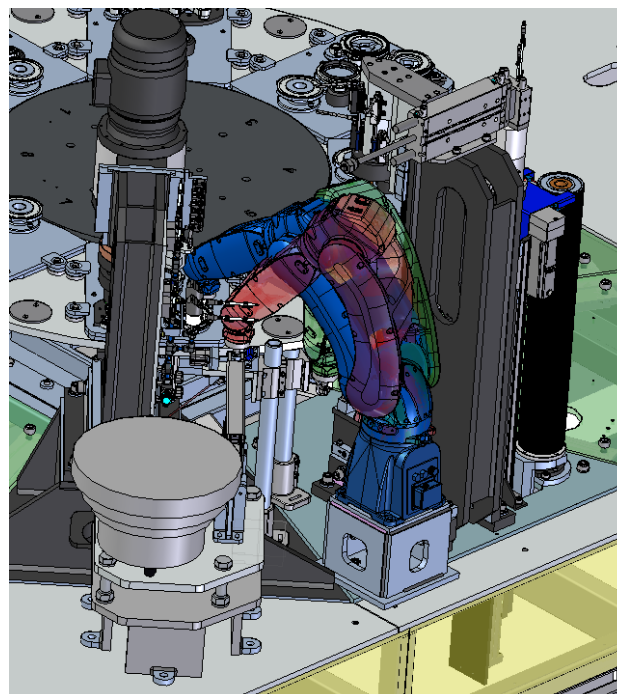
Z hodnocení variant dle Saatyho metody vícekritériálního rozhodování vyšla nejlépe varianta 3. Při této variantě dochází k podávání dílů za pomoci vibračního zásobníku, kde se díky vhodnému nastavení vnitřních vodících drah bude díl polohovat, a poté za pomoci robota a čidla by docházelo k automatickému zakládání. V těchto drahách bude probíhat pouze polohování dílu ve smyslu správné polohy osazení. Poloha „vačky“ zde řešena nebude a bude řešena v pozdější fázi robotem a potenciometrické sondy.

Tato varianta byla zvolena převážně z důvodů dobré ekonomické návratnosti, což je v této problematice nejdůležitějším kritériem.

Ekonomická návratnost je zde kritérium, které vyjadřuje poměr mezi výnosem a počátečními investičními náklady na zřízení varianty. Vysoká návratnost vyjadřuje, že investice přinese větší výnosy, než byly počáteční investice.



Obrázek 22 Realizace návrhu 3



Obrázek 23 Realizace návrhu 3

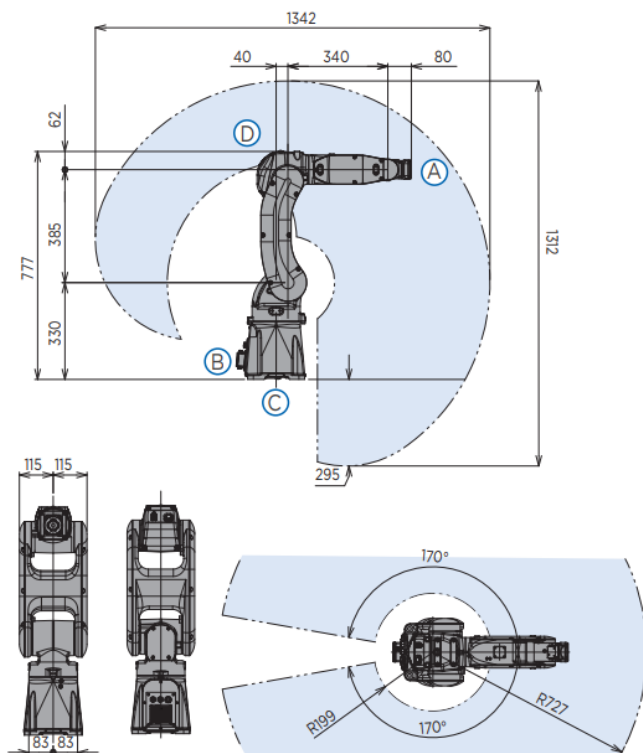
Na obrázku 22 a 23 lze vidět návrh řešení stroje v CAD programu Solid Edge. Jsou zde vidět především 3 polohy robota, kdy červená poloha je polohou, při které robot nabírá díl ve správné poloze osazení. Poté se přesune do polohy zelené, kde dochází ke zmiňovanému

„měření kruhovitosti“, poté se stanovenou polohou vačky robot zakládá do přípravku umístěném na otočném stole. Aby se předcházelo chybám, kdy zůstane díl zaseknutý na měchovém chapadle, robot se přesune zpět do zelené polohy a dotkne se potenciometrické sondy pouze chapadlem, čímž dostane zpětnou vazbu o zaseknutí nebo nezaseknutí dílu.

Všechny tyto pohyby se budou provádět ve vyšší rychlosti, čímž dojde k urychlení a je to také jedno ze stanovisek pro volbu robotu.

9. Detailnější pohled na variantu 3

V rámci tohoto návrhu je většina použitých komponent nakupovanými díly. Robot, který je zde nejdůležitějším článkem, byl po dohodě s konzultantem bakalářské práce zvolen od firmy YASKAWA. Jedná se o robota YASKAWA GP8, což je šestiosý vysoko rychlostní montážní a manipulační robot. Tento robot nabízí nejvyšší možné zatížení zápěstí ve své třídě,



Obrázek 24 YASKAWA GP8 možnost poloh[11]

a to 8 kg. Má možnost ovládání všech šesti os (viz. Obrázek 12). Jednou z dalších výhod je zde „hubené“ tělo, díky kterému najde využití i v takto stísněném prostoru. Rozměry a možnosti polohování ramene jsou zobrazeny na obrázku 22. V horizontálním směru dokáže pokrýt rozpětí až 1342 mm, ve vertikálním 1312 mm (modrá oblast na obrázku 22 ukazuje možnosti polohy ramene). Celý tento robot bude ve stroji umístěn na svařovaném podstavci, čímž se dostane výše.

Jedním z důvodů pro vybrání právě tohoto typu robota je široké použití robotů této značky ve firmě MUBEA a s tím spojené i případné nižší náklady. Na tomto stroji se již nachází 2 roboti tohoto typu.

Na „zápěstí“ tohoto robota (tj. místo A na obrázku 24) může být umístěné téměř jakékoliv příslušenství.

Jako je tří/čtyř-čelistové pneumatické sklíčidlo, kleština, vakuové podavače a další. V mém případě k osazení robota použiji měchové chapadlo.

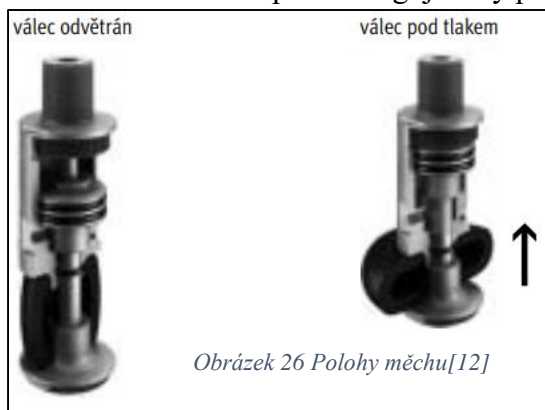
Toto měchové chapadlo bude taktéž nakupovaným dílem. Jedná se o chapadlo od firmy FESTO s označením **DHEB-10-E-U-E-P**. První 4 písmena typového značení označují měchové chapadla, první číslo udává průměr. Zbytek typového značení lze vidět na obrázku 25:

typ	DHEB	14	E	U	S	L
DHEB	měchové chapadlo					
velikost						
funkce úchopu	E	jednočinný				
směr ovládání	D	dolu				
	U	nahoru				
materiál měchu	S	silikon				
	E	EPDM				
přívod stlačeného vzduchu	P	ze strany				
	L	shora				

Obrázek 25 Vysvětlení typového označení[12]

9.1. Měchové chapadlo

Měchová chapadla fungují díky přívodu stlačeného vzduchu, ten vyvolá tlak na vnitřní píst, čímž se začne píst pohybovat. Tento píst se na zvoleném chapadle začne hýbat směrem vzhůru, čímž se způsobí deformace EPDM měchu. Měch tak zvětší svůj průměr a způsobí tlak na vnitřní plochu zakládáného dílu. Po přerušení přívodu stlačeného vzduchu dojde k odvětrání. Zpětná síla pružiny měchu ustaví píst do výchozí polohy (viz. Obrázek 26).[12]



Obrázek 26 Polohy měchu[12]

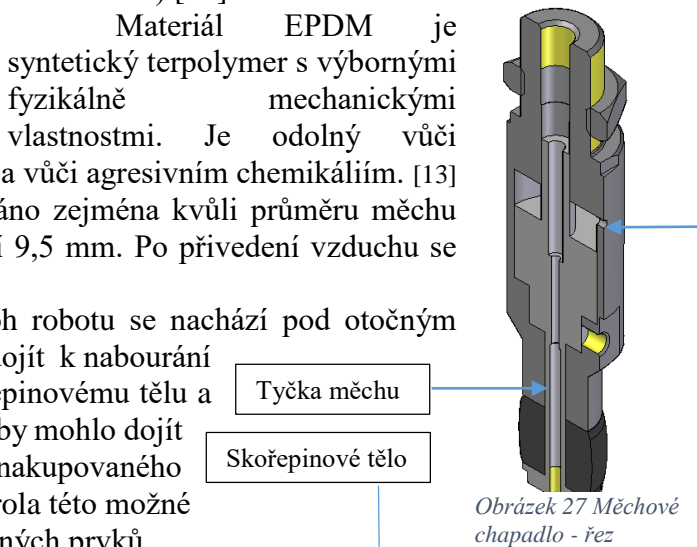
Materiál EPDM je syntetický terpolymer s výbornými fyzikálně mechanickými vlastnostmi. Je odolný vůči mechanickému stárnutí, vysokým teplotám a vůči agresivním chemikáliím. [13]

Takto zvolené chapadlo bylo vybráno zejména kvůli průměru měchu v odlehčeném stavu, kdy tento průměr činí 9,5 mm. Po přivedení vzduchu se tento průměr zvětší až na 14 mm.

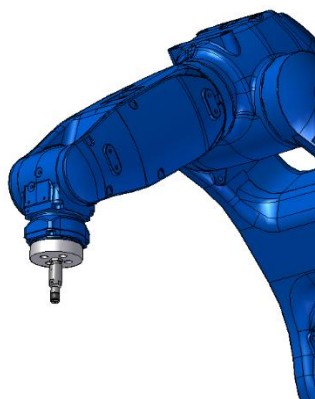
Vzhledem k tomu, že jedna z poloh robotu se nachází pod otočným stolem, tak při seřizování robotu může dojít k nabourání chapadla o otočný stůl. Vzhledem ke skořepinovému tělu a tenkému pístu, ten lze vidět na obrázku 27, by mohlo dojít k deformaci a případně ke zničení tohoto nakupovaného dílu. Z tohoto důvodu byla provedena kontrola této možné situace za pomoci simulace metodou konečných prvků.

Na hlavě robota bude měch umístěn, jak je ukázáno na obrázku 28. Je to za pomoci desky, v které je vyřezán závit a pomocí kontra matice je zde měchové chapadlo uloženo. Toto uložení je poté převedeno do simulace MKP v programu NX 12.0.

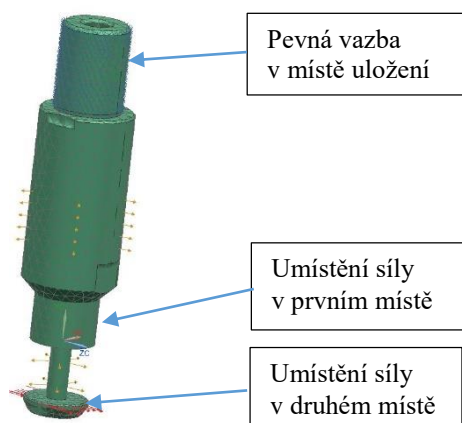
Předmětem této simulace bude náraz měchu do otočného stolu při případném neopatrném manipulování seřizovačů stroje. Právě oni manipulují při seřizování s celým robotem a k tomuto nárazu by mohlo dojít.



Obrázek 27 Měchové chapadlo - řez



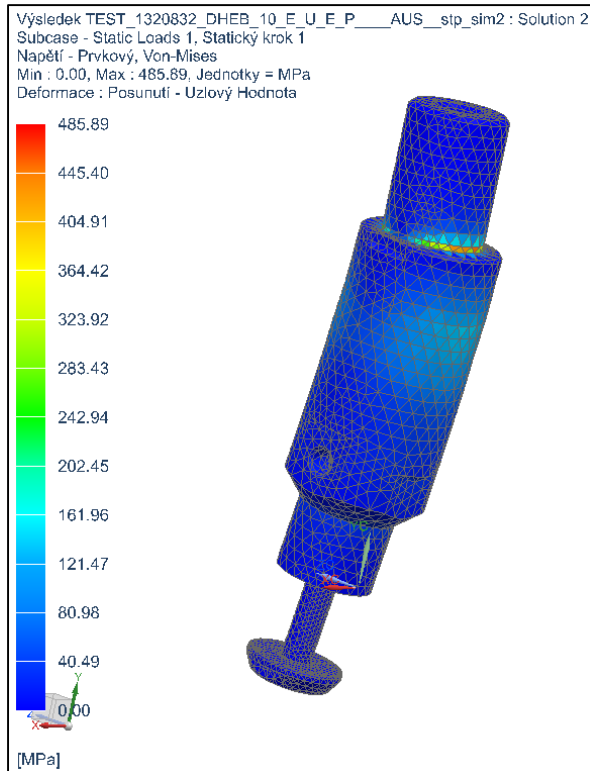
Obrázek 28 Uložení chapadla na robotu



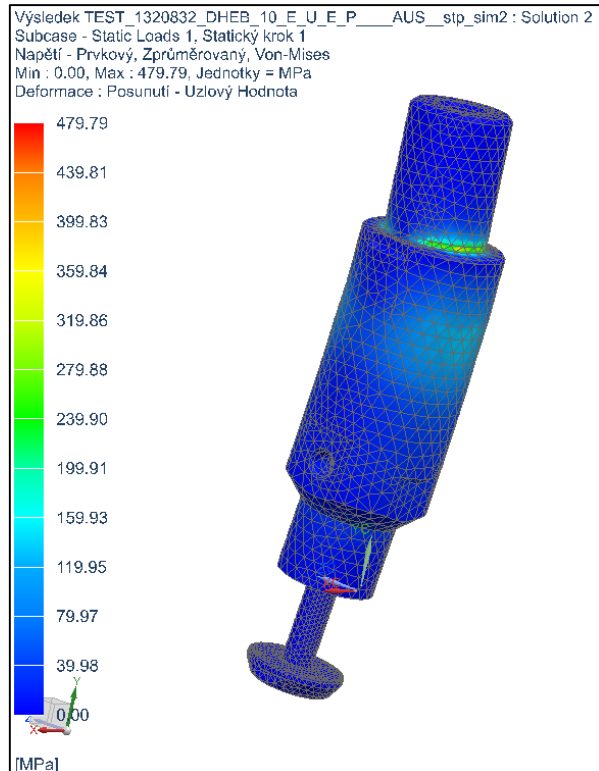
Obrázek 29 Výpočtový model v NX 12.0

9.1.1 Kontrola deformace při nárazu

Na tomto měchu by mohlo docházet ve dvou místech ke kritickému namáhání v okamžiku nárazu. První místo bylo zvoleno kvůli skořepinovému tvaru těla měchu. Je zde obava z prasknutí tohoto těla nebo případně z jeho ohnutí a poté by již tento měch nefungoval, tak jak má. Na obrázku 30 můžeme vidět výsledky této simulace. V programu NX byl pro obě simulace využit stejný styl zavazbení měchu pevnou vazbou v horní části, aby bylo odpovídající skutečnému uložení na robotu. Dále zde bylo využito prvku Face Gluing. Při simulaci v prvním kritickém místě bylo zvoleno zatížení silou 800 N, to odpovídá přibližně síle v okamžiku nárazu (cca 80 kg při zrychlení $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) a bylo diskutováno s konzultantem práce. Materiál měchu byl v programu zvolen ocelový.



Obrázek 30 Průběh napětí v [MPa] - nezprůměrované



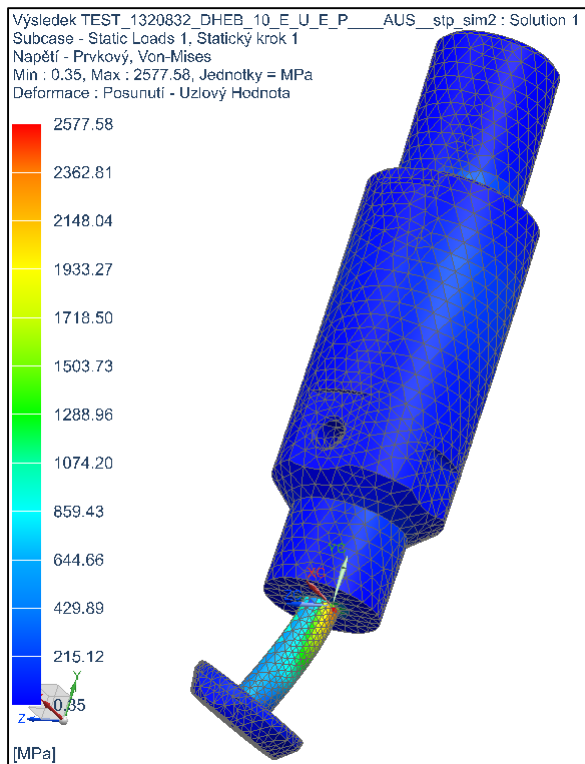
Obrázek 31 Průběh napětí v [MPa] - zprůměrované

Tato simulace je řešena v programu NX 12.0 pomocí lineárního řešiče, tudíž slouží pouze k hrubému zhodnocení průběhu napětí na chapadle. Lineární řešiče se využívají pro homogenní materiály chovající se dle Hookeova zákona.

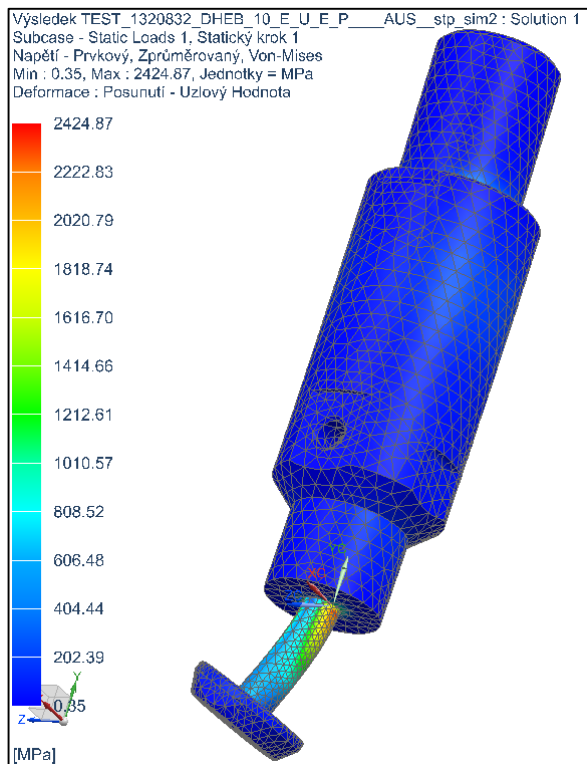
Materiál měchu byl uvažován 12 050, jehož mez kluzu je 280 MPa. Tato mez kluzu zde byla překročena, ale vzhledem k použití lineárního řešiče nelze usuzovat, zda se jedná o deformaci trvalou nebo o úplné zničení měchu.

Z výsledků této simulace lze vyčíst, že rozdíl mezi zprůměrovaným a nezprůměrovaným napětím na chapadle - 6,1 MPa - nepřevyšuje 15% z hodnoty nezprůměrovaného maximálního napětí, tudíž lze tyto výsledky považovat za platné. Maximální napětí se zde nachází na vrhu osazení pro uložení měchu, kdy při nezprůměrovaných hodnotách napětí činí 485,89 MPa a při zprůměrovaných 479,79 MPa.

V druhém případě byla zvolena opět zátěžná síla 800 N, ale tentokrát s působištem do nejspodnějšího místa na měchu. Toto místo je kontrolováno zejména kvůli tyčce pístu, která zde má průměr pouze 3 mm.



Obrázek 33 Průběh napětí v [MPa] - nezprůměrované



Obrázek 32 Průběh napětí v [MPa] - zprůměrované

Výsledky této simulace lze vidět na obrázcích 32 a 33. Opět se zde jedná o řešení pomocí lineárního řešiče, tudíž platí stejné podmínky jako u simulace první.

Při opětovném uvažování materiálu s mezí kluzu 280 MPa lze vidět, že tato mez kluzu byla několikanásobně překročena. V takovém to případě již dojde nejspíše k prasknutí tyčky pístu a tím pádem k úplnému zničení měchu.

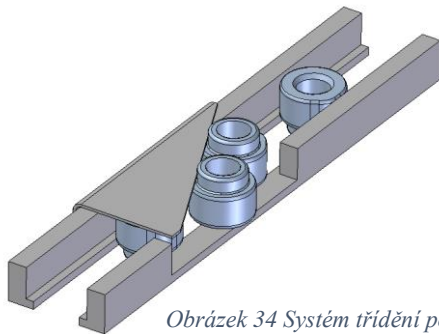
Z výsledků této simulace lze opět vyčíst, že rozdíl mezi zprůměrovaným a nezprůměrovaným napětím na chapadle - 152,71 MPa – nepřevyšuje 15% z hodnoty nezprůměrovaného maximálního napětí, tudíž lze tyto výsledky považovat za platné. Maximální nezprůměrované napětí zde činí 2577,58 MPa a maximální zprůměrované napětí činí 2424,87 MPa.

Vzhledem k tomu, že oba výsledky simulací napětí v případě kolize měchu s otočným stolem vyšly větší než mez kluzu, tak v rámci konstrukčního řešení bude navržen díl, který bude mít negativní tvar měchového chapadla. Tento díl bude v případě seřizování tohoto pracoviště používat seřizovač a po seřizení všech poloh robota vymění díl za měchové chapadlo. Výkres tohoto navrženého dílu je součástí přílohy bakalářské práce (příloha Negativ chapadla - 2020-BP-02.01).

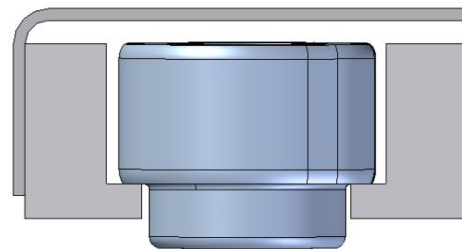
10. Systém třídění a dopravy zakládáného dílu

Jak již bylo řečeno zakládáný díl (obrázek 15). Bude částečně tříděn za pomoci vibračního zásobníku, a poté dopravován k robotu za pomoci přímočarého vibračního dopravníku.

V rámci této bakalářské práce bylo navrženo třídění stylem, který je vidět na obrázku 34. Toto třídění by probíhalo po šroubovici v rámci drah umístěných v zásobníku.



Obrázek 34 Systém třídění polohy dílu



Obrázek 35 Systém třídění polohy dílů - pohled 2

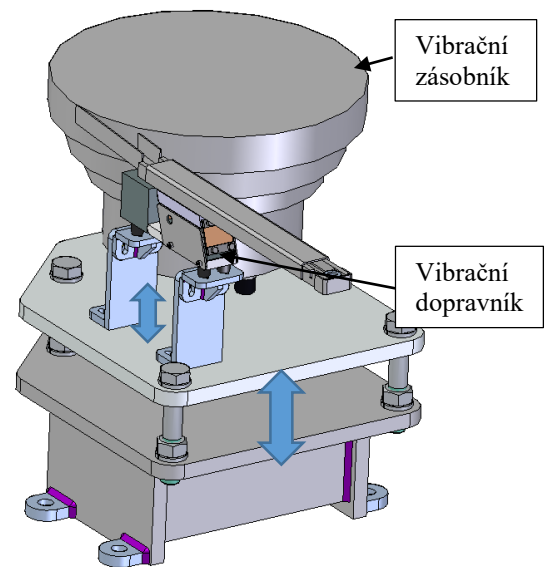
Tyto dráhy by měly tvar písmene L a byly by umístěny proti sobě, tak aby v nich mohl díl putovat svým menším průměrem směrem dolů – tak jak je potřeba zakládat (viz obrázek 35). Je samozřejmé, že ne všechny díly budou v této poloze. Proto je zde navržen systém se stříškou (obrázek 34), který obrácené díly bude strhávat zpět do kruhového zásobníku. Díky správné rychlosti dodávání dílů zásobníkem bude stroj schopen pracovat nepřetržitě.

Nutno podotknout, že zde není řešena ona vačkovitost na větším průměru dílu. Při tomto třídění jde jen o vytřídění správné polohy osazení.

Takovýto zásobník je třeba vyrábět zakázkově. V České republice je několik firem zabývajících se touto problematikou. V tomto případě bylo v rámci konstrukčního zpracování využito zásobníku od firmy Libor Kříž – vibrační technika [7].

Na výstupu ze zásobníku zakládáný díl přejde do stejné dráhy, jako byla vedena v rámci zásobníku, jen v tomto případě již bude veden přímo k robotu a celá dráha bude zakryta plechem, který zároveň udržuje dráhu sestavenou. Je zde využít vibrační dopravník LVD200, který dokáže díl dopravit do vzdálenosti 450 mm. Oba tyto vibrační elementy jsou uloženy na gumových podstavcích, tak aby se vibrace nepřenášely do stroje případně do stojanu.

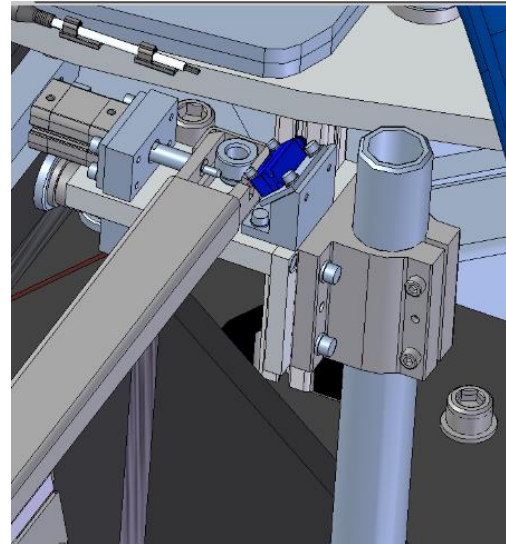
Stojan, na kterém jsou tyto vibrační elementy umístěny, je svařenec z ocelových plechů. Pro jemnější nastavení výšky byl designován tak, aby bylo možno jej nastavit potřebám stroje. Toto výškové nastavení je zde umožněno za pomoci šroubů a kontramatic.



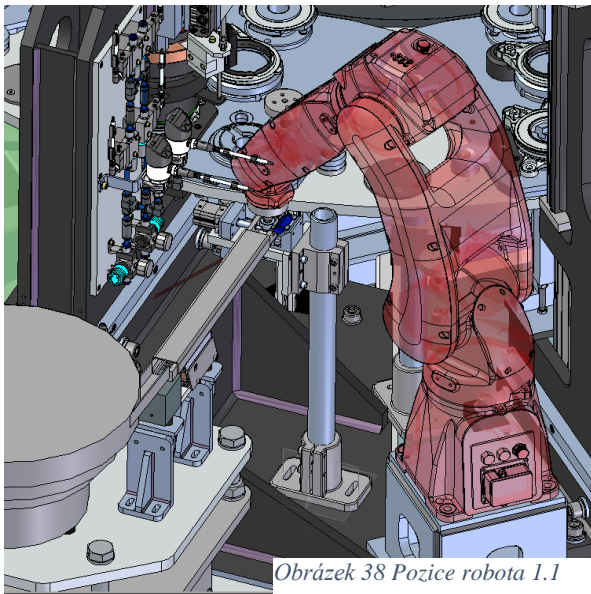
Obrázek 36 Vibrační zásobník a dopravník

Na konci přímočarého dopravníku je umístěna „brána“, která odděluje dopravované díly od dílu připraveného k nabrání robotem. Toto je řešeno za pomoci laseru a pneumatického válce, kdy při průtupu paprsku laseru dopravovaným dílem se uvede do činnosti pneumatický válec, který zůstane takto aktivovaný, dokud nebude díl odebrán. Zároveň se pozastaví vibrace dopravníku. Tím se zabrání tlačení dalších dílů na díl odebíraný, čímž by mohlo dojít k jeho posunutí a případnému nabourání robotu.

Při uvedení montážního automatu do provozu pomocí tlačítka, které má na svém pultu obsluha, dojde k rotaci stolu a aktivaci všech pracovních stanic.



Obrázek 37 Laserová brána, k odedělení dílu

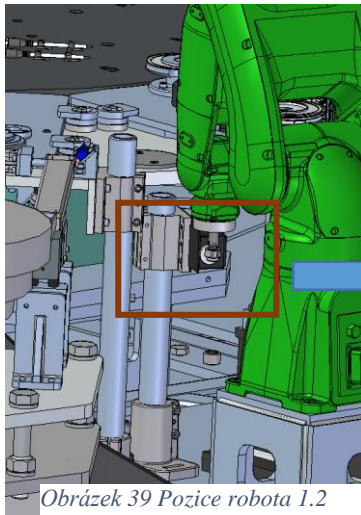


Obrázek 38 Pozice robota 1.1

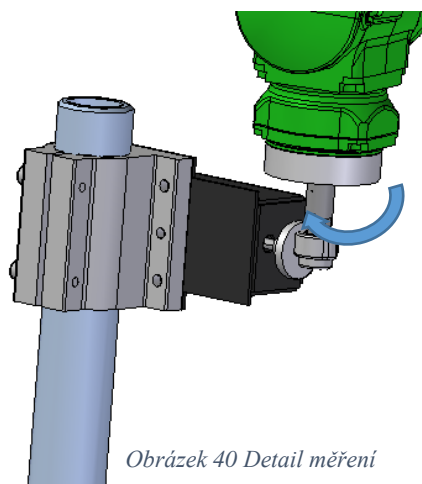
V tomto případě dojde i k aktivaci robota, který se začne pohybovat z jeho výchozí polohy. Tato poloha je naznačena na obrázku 38. Robot se zde nachází nad místem, kam je dopraven díl z pomoci vibračního dopravníku a drah.

V okamžiku aktivace montážního automatu obsluhou dojde k posunutí robota směrem dolů a uvede se do činnosti měchové chapadlo, tím dojde k upnutí zakládáného dílu. Poté se robot přesune do druhé pozice. V této pozici (obrázek 39) bude probíhat „měření kruhovitosti“.

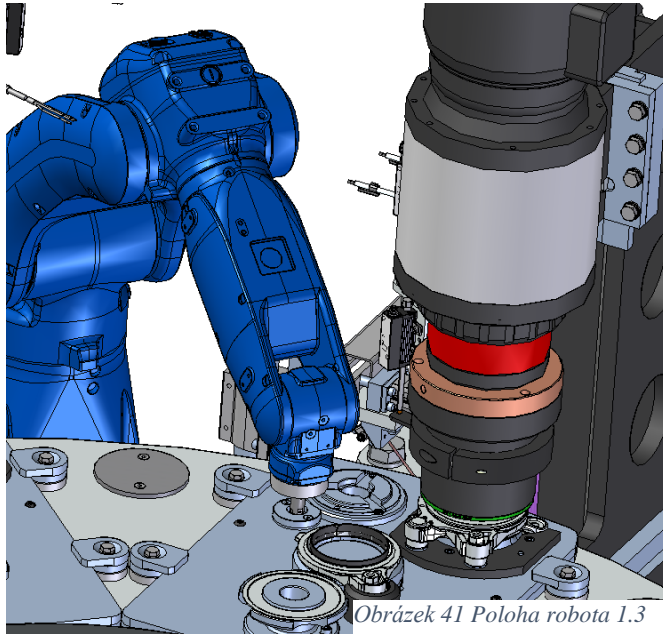
Robot zde přiloží požadovaný díl k potenciometrické sondě a provede pomalou rotaci kolem osy dílu o 360°. Tímto se získá informace o plášti tohoto dílu (v okamžiku největšího průměru, tj. vačky, bude tato sonda nejvíce stlačena). Poté se provede tato rotace opět o 360°, ale nyní bude mít robot již informaci o povrchu a v okamžiku největšího stlačení (tj. vačky) dojde k zastavení této rotace. Robot poté pootočí díl o požadovaný úhel, potřebný k založení do přípravku na stole, a přesune se do polohy nad zakládacím přípravkem. (obrázek 41).



Obrázek 39 Pozice robota 1.2



Obrázek 40 Detail měření



Obrázek 41 Poloha robota 1.3

Po pootočení dílu do správné polohy vačky se robot přesune i s dírem do otvoru pro založení a měch zde vypustí stlačení vzduch a tím uvolní díl.

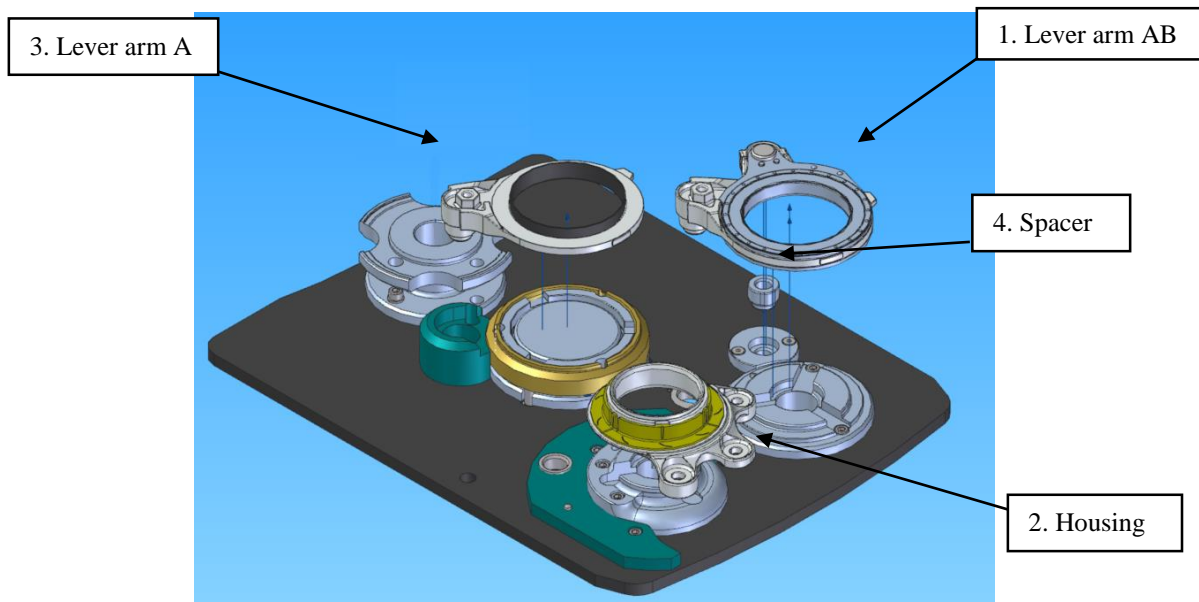
Následně se robot přesune opět do pozice 1.2 (obrázek 40) a dotkne se již pouze měchem této sondy. Tím se získá zpětná vazba o založení dílu do přípravku na stole a je jistota, že díl nezůstal zaseknutý na měchu.

Po této kontrole se robot přesune do základní pozice. Celý tento cyklus se bude opakovat s následujícím stisknutím tlačítka start obsluhou stroje.

11. Takt stroje

V rámci stanovení taktu stroje došlo ke změření časů, které jsou potřeba k založení jednotlivých komponentů do montážního automatu při stávajícím stavu. Zároveň byl stanoven i čas strojní, což je čas, při kterém jsou v provozu montážní stanice a provádí se vlastní postupná montáž napínáku.

Na obrázku 42 jsou opět vidět díly, které je nutno založit do stroje.



Obrázek 42 Díly nutné k založení do přípravku

11.1. Stávající pracovní takt stroje

V rámci stávajícího stylu zakládání všech komponent potřebných pro sestavení napínáku byly naměřeny tyto časy:

RTT	Čas stojní			
Čas potřebný k rotaci stolu - 3 s	Každá z pracovních stanic zvládne stihne své úkony splnit za cca 27 s			
	Čas pro obsluhu při stávajícím řešení montážního automatu - $\Sigma t = 30 \text{ sec}$			
	Housing $t_1 = 5 \text{ s}$	Spacer $t_2 = 3 \text{ s}$	Skládání LA $t_3 = 17 \text{ sec}$	Skládání LA-A $t_4 = 5 \text{ sec}$
	ČAS CYKLU = 33 SEKUND			

Obrázek 43 Jednotlivé časy - stávající

První součást, kterou je třeba vložit do zakládacího přípravku, je díl číslo 2 – Housing (viz. obrázek 9). Dalším zakládaným dílem je díl číslo 4 – Spacer (viz. obrázek 42). Každý tento díl zakládá obsluha stroje 3 sekundy. Poté je zde nejobtížnější sestavování dílu 1 – Lever arm AB (viz. obrázek 42), tato sestava zabere obsluhu stroje 17 sekund. Posledním dílem je zde díl číslo 3 – Lever arm A (viz. obrázek 42), při čase na založení 5 sekund. **Po sečtení těchto dílčích časů vznikne čas pro založení dílů, který je roven 30 sekund.**

Jakmile obsluha stroje stiskne tlačítko startu pracovního cyklu, dojde k pootočení otočného stolu. Toto otáčení zabere stroji 3 sekundy a následně začnou pracovat montážní stanice, které svoji práci odvedou do 27 sekund – tento čas je označen jako čas stojní.

V průběhu strojního času je již možno provádět zakládání dalších dílů do přípravku. Toto zakládání tudíž již probíhá paralelně se strojním časem.

Je zde také vidět prodleva mezi strojním časem a časem pro obsluhu. Čas pro obsluhu je zde roven 30 sekund, zatímco stroj zvládne svoji práci odvést za 27 sekund. Toto znamená, že na každém dílu jsou ztraceny 3 sekundy, kdy stroj nepracuje a vyčkává na další uvedení do provozu obsluhou stroje.

11.2. Takt stroje po realizaci návrhu

Po realizaci návrhu dojde k ušetření času na zakládání dílu číslo 4 – spaceru, který je zakládán automaticky robotem. Pracovní takt stroje po realizaci tohoto návrhu bude poté vypadat takto:

RTT	Čas stojní		
Čas potřebný k rotaci stolu - 3 s	Každá z pracovních stanic zvládne stihne své úkony splnit za cca 27 s		
	Čas pro obsluhu montážního automatu po realizaci návrhu - $\Sigma t = 27 \text{ sec}$		
	Housing $t_1 = 5 \text{ s}$	Skládání LA $t_2 = 17 \text{ sec}$	Skládání LA-A $t_3 = 5 \text{ sec}$
	ČAS CYKLU = 30 SEKUND		

Obrázek 44 Jednotlivé časy – po realizaci návrhu

Jediná změna zde nastane v odebrání času pro založení dílu 4- spaceru (viz obrázek 42), jelikož jeho založení se bude provádět navrhnutým stylem

Jak lze na obrázku 44 vidět, dojde zde k vyrovnání času obsluhy a strojního času a tím pádem k odstranění prodlev při opakování celého cyklu. Tento celý cyklus proběhne za 30 sekund.

12. Porovnání výsledků po realizaci návrhu

Výsledné takty byly uspořádány do tabulky a posloužili pro výpočet počtu vyrobených kusů za určité období takto:

DAT stávající		
Čas cyklu:	33	Sekund/kus
Kusů za minutu:	1,5	
Kusů za hodinu:	87	
Kusů za směnu:	655	
Kusů za rok:	491 000	kusů
Hodin na směnu:	7,5	
Počet směn:	3	
Pracovní dny v roce:	250	
OEE [%]:	80%	

Tabulka 9 Stávající takt výroby

DAT po provedení návrhu		
Čas cyklu:	30	Sekund/kus
Kusů za minutu:	1,6	
Kusů za hodinu:	96	
Kusů za směnu:	720	
Kusů za rok:	540 000	kusů
Hodin na směnu:	7,5	
Počet směn:	3	
Pracovní dny v roce:	250	
OEE [%]:	80%	

Tabulka 8 Takt stroje po realizaci návrhu

Jak lze odečíst z tabulky 8, tak po realizaci návrhu by byl stroj schopný vyrobit 730 kusů za směnu, což je o 65 kusů více, než kolik dokáže vyrobit stávajícím stylem. 10 % ze stávajícího taktu výroby kusů za směnu je 65 kusů. **Tímto je splněné zadání ze strany zadavatele o zvýšení taktu výroby o 10%.**

13. Ekonomické hledisko pro realizaci návrhu

V rámci stanovení ekonomické návratnosti realizace tohoto návrhu byla stanovena výrobní cena jednoho napínáku na cca 25 euro. Poté při ročním rozdílu ve vyrobených kusech cca 49 000 činní roční výnos 1 225 000 €. Ovšem firma má zisk na každém jednom napínáku cca 5 €, z této hodnoty tudíž lze vypočítat zisk firmy při provedení tohoto návrhu. Tato hodnota činní 245 000 € ročně.

Cena jednoho napínáku:	25 €
Rozdíl počtu kusů za rok:	49 000
Výnos z rozdílu kusů za rok:	1 225 000 €
Zisk firmy na 1 ks	5 €
Zisk firmy za rok	245 000 €

Tabulka 10 Výnos po provedení realizace

Přibližné náklady na komponenty, které jsou potřebné k realizaci tohoto návrhu, jsou zobrazeny v tabulce 11. Nejdražší položkou je zde pořizovací cena robota, materiál na výrobu jednotlivých dílů a cena vibračního zásobníku.

Položka	Cena
Robot Yaskawa GP8	25 000,00 €
Vibrační dopravník	4 000,00 €
Vibrační zásobník	7 000,00 €
Měchové chapadlo - DHEB-10-E-D-E-P	120,00 €
Festo válec - ADN-16-20-A-P-A	50,00 €
Sonda Novotechnik - TE1-0025-102-	270,00 €
Snímač Wenglor ZK1008	100,00 €
Materiál pro vyrobení dílů	10 000,00 €
Suma	46 540,00 €

Tabulka 11 Náklady na realizaci návrhu

V sumě zde vyšla hodnota 46 540 €. Není zde však zahrnuta práce a další činnosti spojené s realizací návrhu. Přibližná cena těchto úkonů je rozčleněna na dílčí úkoly pro konstrukční detailní úpravu, úpravu elektrodokumentace stroje a na náklady vlastní instalace tohoto návrhu do stroje.

Konstrukční část	
Práce konstrukce	180 hodin
Hodinová sazba	30 €
Cena	5 400 €

Tabulka 13 Konstrukční zpracování

Úprava elektrodokumentace	
Úprava projektu	24 hodin
Hodinová sazba	30 €
Cena	720 €

Tabulka 12 Úprava elektrodokumentace

Náklady pro instalaci			
Typ	počet hodin	hodinová sazba	Cena
mechanická část	16 hodin	20 €	320 €
elektrická část	8 hodin	25 €	200 €
software - oživení	8 hodin	40 €	320 €
Suma			840 €

Tabulka 14 Náklady na instalaci

V tabulkách 12 – 14 lze vidět jednotlivé náklady. Náklady pro detailnější zpracování konstrukcí činní 5 400 €. Úprava elektrodokumentace stroje byla vyčíslena na 720 € a náklady pro instalaci návrhu na stroj byly rozděleny na jednotlivé části – mechanická; elektrická část a celkové oživení návrhu – v sumě 840 €.

Po sečtení všech těchto nákladů vychází suma 53 500 €. Pokud se tyto náklady porovnají s ročním ziskem firmy v případě realizace návrhu, lze vidět, že tento zisk pro firmu zaplatí samotnou realizaci návrhu za méně než rok.

14. Závěr

V této bakalářské práci byly navrženy 3 varianty pro zvýšení produktivity výroby montážního automatu. Všechny tyto 3 varianty se týkají nejproblematictějšího místa tohoto automatu a tím bylo stanoveno pracoviště obsluhy stroje. Z těchto 3 variant byla pomocí Saatyho metody vybrána ta nejoptimálnější a ta detailněji zpracována.

Ve vybrané variantě se obsluze stroje odebere jedna součást a je zakládána roboticky. Zpracování proběhlo zejména v konstrukční části v programu SolidEdge ST9. V rámci tohoto zpracování došlo k vybrání určitých komponent, které se využijí k realizaci. Počínaje tím nejdůležitějším – Robotem. Robot byl zvolen od firmy Yaskawa GP8. Byl navržen systém třídění polohy zakládaného dílu za pomoci vibračního zásobníku a potenciometrické sondy. Dále byl vybrán nástroj na dopravu zakládaného dílu od firmy Festo – měchové chapadlo. Na tomto chapadle byly simulovány 2 typy kolize za pomoci MKP v programu NX 12.0. Závěrem práce bylo ukázáno, jak provedení tohoto návrhu pomůže ke zrychlení stroje.

Cíl práce byl splněn, poněvadž došlo ke zvýšení produktivity výroby na montážním automatu RTT1 o více jak 10%.

Při tvorbě této bakalářské práce byla získána spousta informací a zkušeností na poli automatizace výroby. Tyto zkušenosti jsou pro práci konstruktéra velkým přínosem. Byla také získána spousta informací o funkci automatických napínáků řemenů sekundárního rozvodu automobilu. V neposlední řadě byla také přínosem práce v programu SolidEdge a NX12.0, zejména kvůli osvojení si spousty funkcí těchto programů.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Výrobky společnosti MUBEA	4
Obrázek 2 Logo společnosti	4
Obrázek 3 Vícenásobný klínový řemen [4].....	5
Obrázek 4 Lineární a rotační napínák řemenu [4].....	6
Obrázek 5 Namontovaný DAT napínák[4]	6
Obrázek 6 DAT Napínák.....	6
Obrázek 7 DAT napínák [4].....	6
Obrázek 8 Finální výroba	7
Obrázek 9 Půdorys montážního automatu s popisem	9
Obrázek 10 Přípravek se zakládánými díly	10
Obrázek 11 Stavebnicový systém Haberkorn [5].....	11
Obrázek 12 Osy robotu [6].....	13
Obrázek 13 Průmyslový robot FANUC [6]	13
Obrázek 14 Průmyslový robot YASKAWA [6]	13
Obrázek 15 Díl 4	14
Obrázek 16 Nákres dílu.....	14
Obrázek 18 Prostor pro návrh - detail	15
Obrázek 17 Prostor pro návrh	15
Obrázek 19 Druhy vibračních zásobníků [7]	16
Obrázek 20 Kuželová nádoba [7].....	16
Obrázek 21 Stupňovitá nádoba [7].....	16
Obrázek 22 Realizace návrhu 3	20
Obrázek 23 Realizace návrhu 3	20
Obrázek 24 YASKAWA GP8 možnost poloh[11]	21
Obrázek 25 Vysvětlení typového označení[12]	21
Obrázek 26 Polohy měchu[12].....	22
Obrázek 27 Měchové chapadlo - řez.....	22
Obrázek 28 Uložení chapadla na robotu	22
Obrázek 29 Výpočtový model v NX 12.0.....	22
Obrázek 30 Průběh napětí v [MPa] - nezprůměrované	23
Obrázek 31 Průběh napětí v [MPa] - zprůměrované.....	23
Obrázek 32 Průběh napětí v [MPa] - zprůměrované.....	24
Obrázek 33 Průběh napětí v [MPa] - nezprůměrované	24
Obrázek 34 Systém třídění polohy dílu	25
Obrázek 35 Systém třídění polohy dílů - pohled 2.....	25
Obrázek 36 Vibrační zásobník a dopravník	25
Obrázek 37 Laserová brána, k odedělení dílu	26
Obrázek 38 Pozice robota 1.1.....	26
Obrázek 39 Pozice robota 1.2.....	26
Obrázek 40 Detail měření	26
Obrázek 41 Poloha robota 1.3	27
Obrázek 42 Díly nutné k založení do přípravku	27
Obrázek 43 Jednotlivé časy - stávající	28
Obrázek 44 Jednotlivé časy – po realizaci návrhu	28

Seznam příloh

Přílohy volně vložené (výkresová dokumentace):

Stojan_vibro – 2020-BP-00.01

Držák – 2020-BP-01-00.00

Deska - 2020-BP-01-01.01

Deska - 2020-BP-01-02.01

Žebro - 2020-BP-01-03.01

Negativ chapadla - 2020-BP-02.01

Zdroje

- [1] *MUBEA spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/products-technologies/automotive/motor/systemy-napinani-remenu/>
- [2] *Litens automotive Group* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://litens.com/about-us/>
- [3] *Gates* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.gates.com/us/en/about-us>
- [4] *Katalog firmy MUBEA*
- [5] *Haberkorn* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/material-a-prislusenstvi/>
- [6] *Factory Automation* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/prumyslove-roboty-jake-jsou-jejich-druhy/>
- [7] *Libor Kříž: Vibrační technika* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.liborkriz.eu/cz/produkt/vibracni-kruhove-zasobniky.html>
- [8] *Talentica: Robot nebo kobot* [online]. [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.talentica.cz/robot-nebo-kobot/>
- [9] *Omron: Industrial automation* [online]. [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://web.omron-ap.com/ph/collaborativerobot-overview/>
- [10] OLIVKOVÁ, Ivana. *APLIKACE METOD VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ PŘI HODNOCENÍ KVALITY VEŘEJNÉ DOPRAVY* [online]. , 1-11 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: http://pemerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf
- [11] *YASKAWA GP8: Compact, High-Speed Robots* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: https://www.motoman.com/getmedia/1a40ce78-99c3-4e43-bbce-b9318263f464/GP7_GP8.pdf.aspx
- [12] *Festo: Měchová chapadla* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DHEB_CZ.PDF
- [13] *Holoubek Protect: Pryž odolná* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.technicka-pryz.cz/vypisprodukt/51-pryz-odolna-chemikaliim.html>