

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zvýšení stupně automatizace pracoviště pomocí robotického
manipulátoru

Autor: **Mgr. Martin FAZEKAŠ**
Vedoucí práce: **Ing. Roman ČERMÁK, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mgr. Martin FAZEKAŠ**

Osobní číslo: **S18B0080K**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Zvýšení stupně automatizace pracoviště pomocí robotického manipulátoru**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Navrhněte implementaci robota na pracoviště elektrické kontroly konektorů. Robot bude odebírat díly z připravených blistrů, vkládat je do kontrolního zařízení, odebírat po kontrole a odkládat na připravené místo.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše možnosti řešení
2. Analýza stávajícího pracoviště, návrh variant řešení
3. Detailní návrh pracoviště
4. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

PISKAČ, L. *Průmyslové roboty. 2. přeprac. vyd.. Plzeň: ZČU, 2004*

KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů. Košice: Viena, 2000*

SCHUNK, H., STEINMANN, R. *Robot Grippers. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007*

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Čermák, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Daňo**

ept connector s.r.o., Habartov

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 16. října 2018

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 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Mgr. Fazekaš	Jméno Martin	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Čermák, Ph.D.	Jméno Roman	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zvýšení stupně automatizace pracoviště pomocí robotického manipulátoru		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	41	TEXTOVÁ ČÁST	29	GRAFICKÁ ČÁST	2 x A3 1 x A4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	------------------

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje ideové návrhy možnosti automatizace kontrolního pracoviště ve dvou variantách. Analýzu současného stavu a koncepční návrh řešení dopravy kontrolovaného dílu z blistru do kontrolního pracoviště, dále odhad nákladů obou variant na přestavbu.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Průmyslová automatizace, robotizace, senzor deště a světla, robotický uchopovač, blistr, kontrolní stanice</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Mgr. Fazekaš	Name Martin
FIELD OF STUDY	23-35-8 “Transport and handling machinery“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Čermák, Ph.D.	Name Roman
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Increasing the degree of automation of the workplace by means of a robotic manipulator	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	41	TEXT PART	29	GRAPHICAL PART	2xA3 1xA4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	--------------

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains ideas of automation of control workplace in two variants. Analysis of the current state and conceptual design of the transport of the inspected part from the blister to the control workplace, as well as an estimate of the costs of both variants for the reconstruction.
KEY WORDS	Industrial automation, robotics, rain and light sensor, robotic gripper, blister, control station

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Romanu Čermákovi, Ph.D., a také zaměstnancům konstrukčního oddělení EPT, konzultantovi Ing. Zdeňku Daňovi, Veronice Vovsové a Liboru Dvořákovi za odbornou pomoc, cenné rady, náměty, připomínky, ochotu a hlavně trpělivost. Firmě EPT zastoupené Bc. Pavlem Titěrou, za poskytnutí tématu této práce a prostoru pro konzultace. A také bych velmi rád poděkoval své ženě za velkou podporu při tvorbě této práce.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Automatizace	10
2.1 Motivace (výhody) průmyslové automatizace.....	10
2.2 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů	11
2.2.1 Znaky a popis jednotlivých typů.....	11
2.2.2 Generace robotů	12
2.2.3 Hlediska posuzování průmyslových robotů	13
2.2.4 Trendy v robotizaci	13
2.3 Robotické grippery.....	13
2.3.1 Rozdělení gripperů	13
3. O společnosti EPT connector s.r.o.	16
4. Vyráběný díl a pracoviště	18
4.1 Celkový přehled výroby dílu	18
4.2 Použití dílu	19
4.3 Pracoviště 69139	20
5. Analýza současného stavu pracoviště	21
5.1 Popis operací na pracovišti	21
5.2 Dokumentace současného stavu	22
5.3 Časová analýza činností	22
5.4 Stanovení problematiky řešení.....	24
6. Návrh variant řešení	25
6.1 Požadavky firmy na přestavbu.....	25
6.2 Návrhy řešení problematiky.....	25
6.2.1 Volba gripperu.....	25
6.2.2 Manipulace s dílem.....	26
6.2.3 Vstupní a výstupní zásobníky.....	26
6.2.4 Výběr automatizace a zásobování blistry	28
6.2.5 Cena přestavby a produkční časy	34
7. Zhodnocení a závěr	36
8. Použitá literatura:	38
9. Seznam obrázků a tabulek:	40
10. Použitý software:	40
11. Vevázané přílohy	41

1. Úvod

Průmysl a celá ekonomika prochází zásadními změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o něm mluví jako o 4. průmyslové revoluci. V jádru této revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To s sebou přináší též významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním, lze tedy hovořit o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých systémů kyberneticko-virtuálních, systémů fyzického světa a systémů sociálních. Z pohledu firem lze očekávat nárůst produktivity a výrobní efektivity, ale též snížení energetické a surovinové náročnosti výroby, jakož i zcela nové možnosti optimalizace logistických tras, technologická řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie nebo inteligentní městskou infrastrukturu. Z pohledu zaměstnance, opět v souvislosti se zvýšením produktivity práce, může dojít k významným posunům na trhu práce, zejména pak k ohrožení méně kvalifikovaných profesí. Zároveň však přinese i nová pracovní místa, která ale budou spojena s vyššími nároky na kvalifikaci pracovní síly, zejména v oblasti digitálních a inženýrských dovedností, nebo na včasné a kvalitní rekvalifikaci. [16]

Teoretická část této bakalářské práce seznamuje s pojmy automatizace a robotizace, které se v dnešní době týkají každé konkurenceschopné firmy zabývající se výrobou. Automatizace je vlastně nahrazování člověka ve výrobě strojem a robotizace je prudce se rozvíjející druh automatizace. Proto je v úvodu této části práce zmíněna i motivace pro průmyslovou automatizaci a nastíněny aktuální trendy v oblasti robotizace. Dále jsou průmyslové roboty typově rozděleny a stručně popsány. Nakonec je trochu podrobněji nastíněna problematika hlavní části robotů, totiž jejich koncových uchopovačů zvaných gripperů. Tato problematika je důležitá pro praktickou část práce. Před přechodem k praktické části je ještě zmíněna firma EPT, která laskavě poskytla námět pro tuto práci a její pracovníci se velmi ochotně podíleli na potřebných konzultacích. Jako úplně poslední bod teoretické části je nastíněn principu činnosti a také použití kontrolovaného dílu v automotive.

V praktické části práce jde hlavně o ideové návrhy na řešení automatizace jednoho kontrolního pracoviště ve společnosti EPT connector s.r.o. Práce nejprve analyzuje současný stav pracoviště, na jehož základě pak stanovuje cíle k řešení v rámci této práce. Následují koncepční návrhy a varianty jejich možného splnění doplněné o odhady cen jednotlivých možných přestaveb pracoviště. V závěru je pak vyhodnoceno splnění těchto cílů.

2. Automatizace [12,13]

Automatizace je nejvyšší stupeň industrializace, kdy je použitím řídicích systémů fyzická i duševní práce člověka nahrazena strojem. Automatizaci lze rozdělit na výrobní a nevýrobní. Nevýrobní automatizace se týká např. technického vybavení budov, zabezpečovací techniky atd.

Výrobní automatizaci lze dále rozdělit na:

Tvrdou automatizaci

Používá se pro hromadnou výrobu jednoho výrobku. Většinou se jedná o jednoúčelové stroje a linky s velkou produktivitou a nízkou cenou výroby. Negativem jsou dlouhé seřizovací časy a velmi obtížný přechod na jiný výrobek. Zaujímá cca 25% z celkové výroby.

Pružnou automatizaci

Je určena pro kusovou a sériovou výrobu. Je zastoupena převážně CNC stroji a průmyslovými roboty a manipulátory. Vyznačuje se pružností na změny a krátkými seřizovacími časy. V porovnání s tvrdou automatizací nedosahuje takové produktivity, rychlosti ani ceny. Ovšem tyto rozdíly jsou postupným vývojem snižovány.

Podmínky při zavádění automatizace do výrobního procesu:

- Úroveň mechanizace
- Znalost výrobního procesu
- Měřicí technika vhodná k automatickému provozu
- Dostupnost dostatečně přesných a spolehlivých automatizačních prostředků

2.1 Motivace (výhody) průmyslové automatizace [5,6]

Kontrola kvality

Průmysloví roboti a CNC stroje snižují zmetkovitost a tím zvyšují efektivitu výroby, zajišťují stabilizaci a kontinuitu technologického procesu. Součástí automatizace procesu musí vždy být komplexní nástroje kontroly kvality.

Opakovatelnost

Automatické stroje a roboti opakovaně vykonávají stejnou činnost přesně stejným způsobem bez ohledu na počet cyklů a s minimem chyb. Stroje při vhodné údržbě neznají únavu, nejsou ani jinak ovlivňovány okolním světem tak jako lidská obsluha. Méně chyb znamená méně ztrátového času ve výrobě.

Náklady na výrobu

Stroje díky vyšší dosahované přesnosti při výrobních procesech snižují množství spotřebovaného materiálu a energie, také snižují množství vyprodukovaných odpadů. Například při svařování mají menší spotřebu svařovacího drátu (při vyšší kvalitě svaru), při lakování mají menší spotřebu laku (opět při vyšší kvalitě stříkané vrstvy). Podniky většinou odrazují vysoké pořizovací náklady robota, ale to je kromě pravidelného servisu a spotřeby energie jediná nákladová položka, naopak odpadne mzdový náklad na pracovníka.

Rychlejší výrobní cykly

Rychlost strojů je mnohem vyšší než lidská. U lidské obsluhy rozeznáváme krátkodobý a dlouhodobý maximální výkon, stroj má pouze jednu maximální hodnotu, kterou je možné softwarově snížit/přizpůsobit podle konkrétní potřeby pracoviště. Dále se také omezují neproduktivní vedlejší časy.

Zlepšení bezpečnosti a pracovních podmínek zaměstnanců

Nahrazení lidské síly strojem při nebezpečných a těžkých pracovních činnostech, dále také omezení lidské práce ve škodlivých prostředích je jednoznačným kladem jak pro samotné pracovníky, tak i pro firmu. Neznamená to ovšem úplné propuštění všech provozních zaměstnanců, naopak jsou firmou upotřebeni na jiných strojem neobsažitelných pozicích, a to umožňuje firmě jednak pružnější výrobu, ale také zvýšení kapacity výroby.

Řešení nedostatku kvalifikovaných pracovníků

V dnešní době je pro firmy velice těžké sehnat kvalitní pracovní sílu, proto je vhodné co nejvíce výrobních procesů řešit automatickými stroji.

Zmenšení podlahové plochy pracoviště

Dnešní stroje nejsou příliš náročné na prostor, navíc lze už při navrhování nebo programování stroje omezit jeho potřebu místa pro pohyb. Dále lze např. robota umístit na stěnu nebo strop. Na druhou stranu velkou část prostoru pracoviště většinou zabírá dostatečné zásobení stroje potřebným materiálem vzhledem k jeho rychlým produkčním časům.

Integrace s ekonomickými systémy podniku

Vedení a manažeři firem chtějí mít co nejlepší přehled o dění v celé firmě, takže výroba a zásobování tvoří základní informace pro jejich kvalitní práci a neustálé vylepšování výrobního procesu. Proto je v současné době jedním ze základních požadavků při automatizaci kromě nástrojů kvality i výstup dat do ekonomických systémů podniku

Podpora Evropské unie

Evropská unie podporuje rozvoj automatizace např. pomocí programu Partnerství pro robotiku v Evropě (SPARC). Účelem těchto snah je přinášet nová pracovní místa a tím alespoň částečně přispívat k řešení aktuálních problémů společnosti vyplývajících z jejich demografických změn.

Toto vše velmi pomáhá firmám být konkurenceschopnými na celosvětovém trhu.

2.2 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů [11]

Rozdělení manipulačních zařízení je znázorněno na obrázku 1. Podle základního pojetí lze manipulační zařízení členit na jednoúčelové a univerzální.

2.2.1 Znaky a popis jednotlivých typů:

- **Podavače** – manipulátory, které tvoří jeden celek (včetně řízení a pohonu) se strojem

- **Synchronní** – řízeny pracovníkem, zesilují jeho pohyby a je možné je řídit na dálku, jsou nezávislé na obsluhovaném stroji
- **Programovatelné** – řízeny programovým ústrojím, Jsou nezávislé na obsluhovaném stroji
- **S pevným programem** – jedná se o takzvané jednoduché průmyslové roboty, program je stálý, během činnosti neměnný a programové ústrojí je jednoduché
- **S proměnlivým programem** – u těchto zařízení je možné přepínat nebo lépe volit program, většinou i umožňují adaptivní řízení
- **Kognitivní roboty** – jedná se o inteligentní roboty, které jsou schopné racionálního myšlení a vnímání nebo lépe autonomní interakce s reálným prostředím pro splnění stanoveného cíle

Společným znakem všech zmíněných typů je vykonávání fyzikálního vlivu na okolní prostředí, tímto se odlišují od informačních systémů. Konstrukční provedení zmíněných typů může být modulární nebo nedomulární. Modulární umožňuje stavbu složitějších mechanismů z jednodušších celků.



Obrázek č. 1 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů [11]

2.2.2 Generace robotů [11,13]

Průmyslové roboty jsou univerzálně použitelné automaty pro vykonávání manipulačních prací, které zastávají lidskou funkci. Jsou programovatelné v několika osách, pomocí úchopů, nástrojů a senzorů s nimi lze vykonávat velké množství různých pracovních činností. Složitost a objem řídicího systému je členěn do 5 generací. V současné době jsou nejvíce používány roboty nulté a první generace. Postupným vývojem senzorů a umělé inteligence se začíná prosazovat i druhá generace.

Přehled generací:

Nultá – bez zpětné vazby – jakákoliv porucha vede k zastavení činnosti

První – jednoduchá zpětná vazba – možnost přepínání několika programů

Druhá – schopnost optimalizace – samostatný výběr z přednastavených programů

Třetí – samostatná tvorba programu podle zkušeností, zadán pouze cíl

Čtvrtá – samostatná volba práce

2.2.3 Hlediska posuzování průmyslových robotů [13]

- Manipulační schopnost
- Počet stupňů volnosti
- Maximální hmotnost břemene
- Přesnost pohybů
- Rychlost pohybů
- Způsob řízení
- Konstrukce robota

2.2.4 Trendy v robotizaci [4,16]

- 1) Zavádění autonomních robotů a umělé inteligence
- 2) Použití rozšířené reality (augmented reality)
- 3) Inteligentní výroba s využitím internetové komunikace při výměně dat mezi stroji
- 4) Použití prediktivní diagnostiky a údržby
- 5) Aplikace konceptu inteligentního senzoru

Roboti budou vybaveni čím dál více senzory a jejich ovládací/programovací software bude více user-friendly a intuitivní. Takže budou moci převzít další a další činnosti a operace, které jsou nyní těžko automatizovatelné.

2.3 Robotické gripperly [7,8,11]

Robotický gripper je fyzické rozhraní na konci robotické ruky, které slouží k uchopení a manipulaci s díly na pracovišti, někdy se též nazývá uchopovač. Je to vlastně jedna z nejdůležitějších částí robota. Ale nejen robota, gripperly jsou významnou součástí průmyslové automatizace.

Nalezneme je např.:

- CNC stroje – výměna nástrojů
- Ručně ovládané manipulátory v lékařství, kosmonautice, jaderném strojírenství)
- Stroje tvrdé automatizace – sestavování dílů, obrábění, balení
- Jeřáby – nakládka a uchopení zvedaných předmětů

2.3.1 Rozdělení gripperů

Podle způsobu pohonu rozeznáváme tyto druhy gripperů:

- **Servo – mechanické**

Elektronicky řízené servomotory přes převody ovládají např. čelisti. Jsou vysoce flexibilní a umožňují různé materiálové tolerance manipulovaných dílů. Dosahují vysoké přesnosti a rychlosti úchopu, lze s nimi vyvinout relativně velké uchopovací síly. Jsou také relativně levné a nenáročné na údržbu. Elektrické vedení je také ze všech druhů pohonu nejméně překážející na pohyb.

- **Hydraulické**

Hydraulický pohon je nejsilnějším ze všech druhů pohonů, Jejich pohonná čerpadla jsou schopna vyvinout tlaky až 2000 PSI. Jsou však náročnější na údržbu a čistotu pracovního prostředí. Musí používat tlakové hadice a rozvody, kde může hrozit riziko havárie s únikem oleje pod vysokým tlakem. Hydraulický pohon je většinou používán s masivními čelistmi všude tam, kde je nezbytná velká úchopová a transportní síla.

- **Pneumatické**

Pneumatický pohon je velice populární pro jeho kompaktnost a malou hmotnost. Většinou jsou pouze dvupolohové (otevřené – zavřené) s velkou rychlostí změny polohy mezi těmito dvěma provozními stavy. Pohyby robota jsou zde stejně jako u hydraulických omezo­vány rozvodem média. Jsou namáhány tlakovými rázy plynu.

- **Vakuové**

Jsou velice flexibilní, a proto jsou v současnosti brány jako standard EOAT (end of arm tooling) ve výrobě. Pro uchopení předmětu používají deformační přísavky nebo podtlakové komory. Potřebují rozvod podtlaku stejně jako pneumatické.

Podle účelu rozdělujeme grippery na:

- **Jednoúčelové**

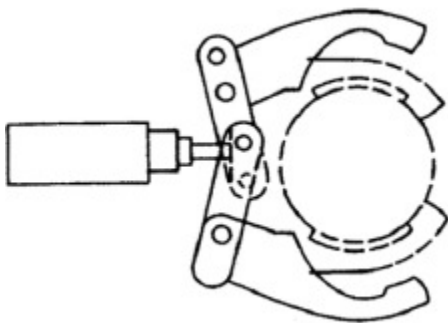
Jsou navrženy pro jeden konkrétní případ, jejich dispozice nemůže být jednoduše za provozu změněna. Pro změnu je nutná jejich kompletní výměna za jiné. Jejich výhodou je nízká cena, jednoduchost a kompaktnost.

- **Víceúčelové**

Jsou navrženy pro uchopování tvarově podobných předmětů s malou změnou jejich velikosti. Změna velikosti je dosahována relativně rychle například jejich větším rozsahem nebo rychloupínacími vyměnitelnými čelistmi.

- **Univerzální**

Tyto grippery se vyznačují vlastnostmi podobnými lidské ruce. V průmyslové praxi se zatím téměř nevyskytují z důvodu jejich vysoké ceny a složitosti.



Obrázek č. 2 Jednoúčelový gripper [14]



Obrázek č. 3 Univerzální gripper – 4 prstá ruka Schunk [14]

Podle principu uchopení dále dělíme grippery na:

Mechanické – pasivní – odpružené čelisti a pevné opěry

aktivní – pohyblivé čelisti s pohonem

Podtlakové – pasivní – deformační přísavky

aktivní – podtlakové komory

Magnetické – pasivní – permanentní magnety

aktivní – elektromagnety

Pokud úchopnou sílu lze ovládat řídicím systémem jedná se o aktivní typ, pokud ji nelze ovládat jedná se o pasivní typ.



Obrázek č. 4 Magnetický gripper [11]



Obrázek č. 5 Podtlakový gripper [11]

Podle druhu mechanického styku:

Jednostranný typ – využívá gravitační, magnetické nebo podtlakové síly

Vícestranný typ – principiálně lze připodobnit k lidské ruce

- Síly vyvozené gripperem působí proti sobě na protilehlých částech povrchu tělesa
- Jsou to mechanické čelisti

3. O společnosti EPT connector s.r.o.

(Tato kapitola je kompletně citována z [1])

Společnost EPT connector s.r.o. vznikla v České republice před dvaceti pěti lety jako dceřiná firma EPT GmbH se sídlem v bavorském Peitingu. Jedná se o rodinný podnik založený panem Bernhardem Guglhörem v roce 1973. Jednotlivá písmena v názvu EPT znamenají: **e**lektronische **p**rezisionstechnik. Pan Guglhör začínal v malé garáži a dnes, po čtyřiceti letech, je podnik rozšířen po celém světě – hlavní výrobní závody se nacházejí v Německu, USA, Číně a v České republice. Závod v Habartově se může pochlubit vlastnictvím certifikátů IATF 16949, DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 14001.



Obrázek č. 6 Výrobní závod Habartov [1]



Obrázek č. 7 Mateřský závod Peiting [1]

Společnost v Habartově vyrobí ročně přes 60 milionů konektorů, zpracuje 15 tisíc zakázek. Zaměstnává 250 pracovníků, čímž se řadí k malým, ale v Karlovarském regionu významným společností. Výrobní hala disponuje výrobním prostorem o výměře 5000 m² a 1000 m² skladovacích ploch.

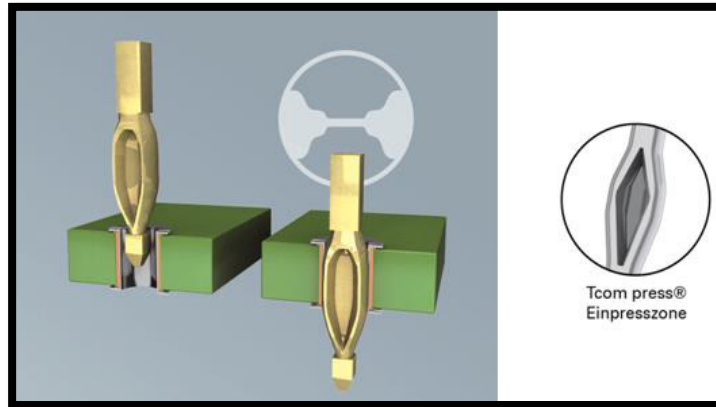
Základní údaje o společnosti:

- Název společnosti: EPT connector s.r.o.
- Právní forma: Společnost s ručením omezeným
- Datum zápisu: 30. 9. 1993
- Sídlo: Habartov, Úžlabí 868, okres Sokolov, PSČ 35709
- Identifikační číslo: 49192116
- Základní kapitál: 50 000 000 Kč

Výrobní program

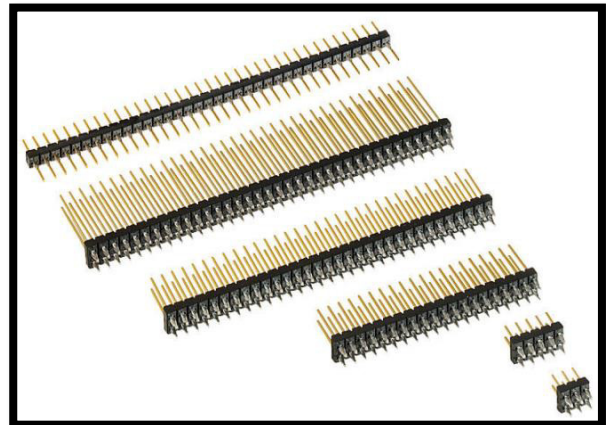
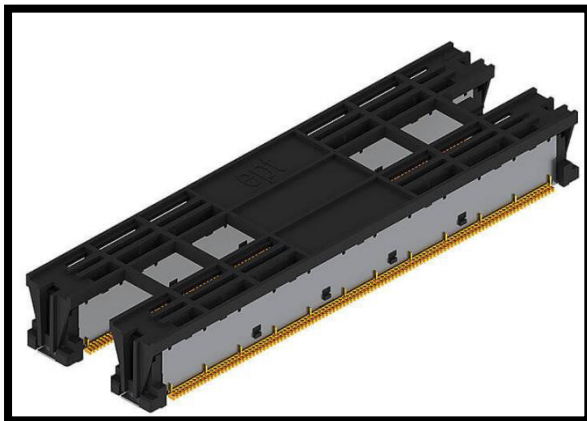
EPT connector s.r.o. se zabývá výrobou diskrétních konektorů do desek plošných spojů, které naleznou uplatnění v těchto skupinách: Automotive, I&C (industrial & communications), ale také stavbou jednoúčelových strojů a nástrojů (střížných, vstřikovacích). Podíl zakázek v jednotlivých segmentech je momentálně: 42% Automotive, 52% I&C a 6% nástroje a stroje. Samozřejmostí je vlastní vývoj produktů a rychlá reakce na zákaznické požadavky a přání.

Společnost vlastní několik patentů, přičemž nejvíce stěžejním je **Tcom press®**: jednoduché spojení konektoru a základní nosné desky bez dalšího nutného letování – což znamená miliardy vyrobených kusů, deset let v odvětví Automotive, bez jakékoliv známky problému. Aplikace je následující: pomocí definované síly je kontakt vtlačen do otvoru desky plošného spoje, čímž vznikne mezi vtlačeným kolíkem a plochou otvoru desky plošného spoje svar za studena. Vzniká tak elektricky bezpečně vodivý a mechanicky silně zatížitelný spoj.



Obrázek č. 8 Tcom press [1]

Konektory, které firma vyrábí se ze 100% skládají vždy z plastového izolátoru a kovového kontaktu. Pro představu je rozměr hotových výrobků od 5x2mm, až po 100x10mm (DxŠ). V izolátoru je osazeno 3-440 ks kontaktů. Dle množství a rozmanitosti jde o typ výroby hromadný a sériový.



Obrázek č. 9 Produktové portfolio: Colibri 440pol. a VarPol 3 až 96pol. [1]

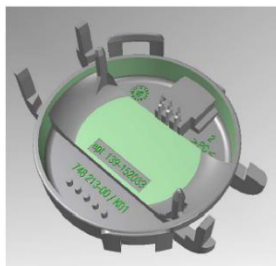
Výrobní technologie

Technologiemi, které se při výrobě používají, jsou: ražení kontaktů z měděného pásu, lisování plastů, montáž kontaktů do tělísek podle stupně automatizace: ruční, poloautomatická či plně automatická. Jednotlivé technologie jsou takto ve firmě rozmístěny na výrobní ploše.

4. Vyráběný díl a pracoviště

4.1 Celkový přehled výroby dílu

Díl, který je kontrolován na pracovišti číslo 69139 ve firmě EPT connector s.r.o., je spodní izolační (plastový) díl se 3 piny v konektoru. Po kontrole a zabalení na tomto pracovišti je odeslán do firmy Hella. Pro přehlednost je však třeba vzít všechny operace s díly od začátku. Nejdříve je na vstřikovacím lisu vytvořen plastový výlisek spodního izolačního krytu a na druhém stroji jsou vyrobeny kontakty. Obě operace probíhají ve firmě EPT. Dále jsou externí pracovníky EPT v domácích podmínkách na jednoduchém lisu nalisovány tři kontakty a díly jsou umístěny do blistrů po 40 kusech, tyto jsou následně zabaleny do papírových krabic vždy po 12 kusech blistru (11 s díly a jeden vrchní prázdný). Tyto krabice jsou vstupním i výstupním polotovarem pro sledované pracoviště, kde proběhne kontrola polohy zalisování kontaktů a vyražení kódu. Následně je, už ve firmě Hella, do spodního dílu přiletována deska s tištěnými spoji se senzory a elektronikou a překryta horním plastovým dílem. Na tento díl je ještě umístěna vrchní styková optická vrstva pro přilepení na čelní sklo vozidla a na spodní část přídržný kovový klip (viz obr 12). Takto je díl zabalen a připraven k montáži do vozidla.



Obrázek č. 10 CAD model dílu – vrchní a spodní pohled [2]



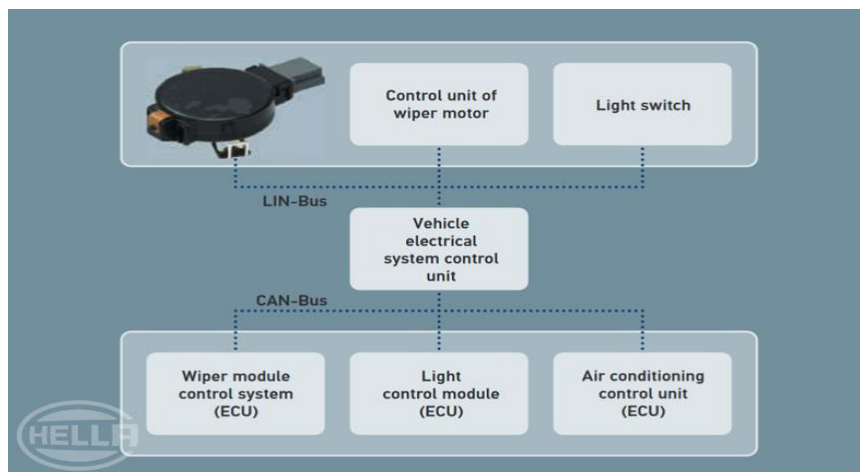
Obrázek č. 11 kompletní senzor [3]



Obrázek č. 12 Rozstřel senzoru [3]

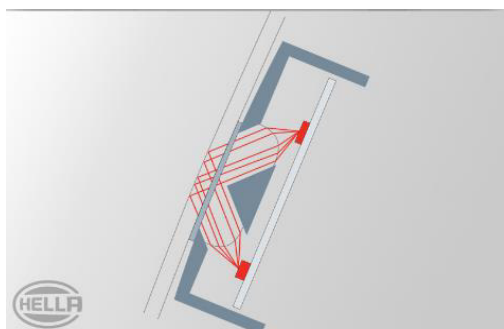
4.2 Použití dílu

K čemu tento díl ve vozidle slouží? Tento díl je nedílnou součástí velké většiny moderních automobilů, je umístěn uprostřed v horní části předního skla, většinou je skryt v základně od vnitřního zpětného zrcátka. Je to kombinovaný senzor, má dvě základní a další podružné komfortní funkce. Je označován jako RLS 3 – rain-light sensor (regen-licht sensor), v překladu senzor deště a úrovně osvětlení (varianta 3).

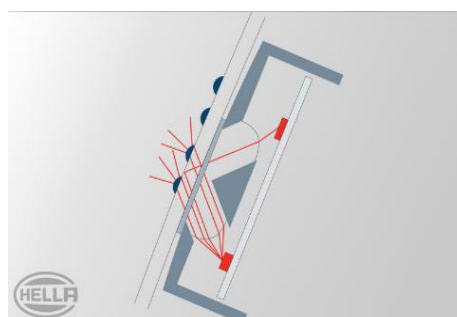


Obrázek č. 13 – Blokové schéma zapojení ve vozidle s vyznačením druhu sběrnice [3]

První funkcí je detekce kapek vody (deště) na čelním skle a přenos této informace do řídicí jednotky stěračů a v případě polohy páčky stěračů v poloze cyklovač/auto nastane automatická aktivace předních stěračů a podle informací ze senzoru bude řízena rychlost stírání a velikost časové prodlevy mezi jednotlivými setřeními. Principiálně se měří odrazivost skla – při suchém skle se jedná o totální odraz s téměř 100% odrazivostí a podle zamokření vnějšího povrchu skla se tato odrazivost snižuje (viz obr. 14 a 15).

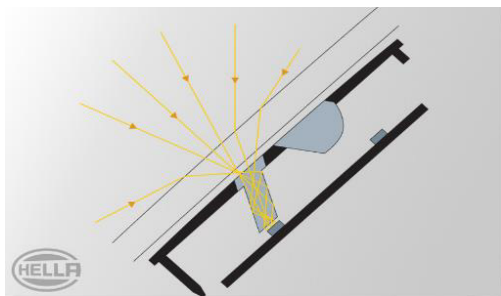


Obrázek č. 14 Dešťový senzor – suché sklo [3]

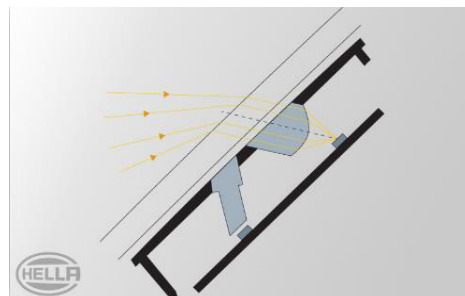


Obrázek č. 15 Dešťový senzor – mokré sklo [3]

Druhou funkcí je detekce úrovně osvětlení v okolí vozidla. K tomuto účelu slouží dva nezávislé optické senzory, kdy jeden snímá intenzitu osvětlení ve velkém prostorovém úhlu a druhý snímá pouze malý úhel před vozidlem (viz obr. 16 a 17). Zároveň je těmito senzory měřena vlnová délka světla k určení zdroje, tj. jestli se jedná o sluneční svit nebo o umělé zdroje světla (např. pouliční osvětlení). Po přepnutí přepínače světel do polohy auto (tunel) se aktivuje komunikace mezi řídicí jednotkou osvětlení vozidla a přepínání světel mezi denním a nočním režimem je touto jednotkou řízeno v závislosti na okolním osvětlení.



Obrázek č. 16 Ambient senzor – všesměrový snímač intenzity osvětlení [3]

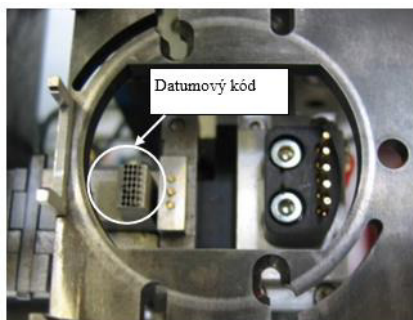


Obrázek č. 17 Front-end senzor – snímač intenzity osvětlení před vozidlem [3]

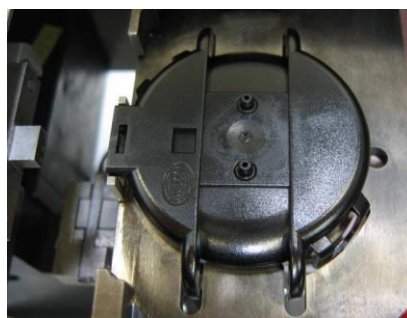
Mezi další funkce patří například měření intenzity slunečního světla a měření vlhkosti vzduchu v kabině, které jsou využívány řídicí jednotkou klimatizace. Nebo zavírání bočních a střešních oken při začínajícím dešti. Dále například aktivace funkce coming-home a leaving-home, tj. osvětlení prostoru před zaparkovaným vozidlem po odemčení nebo zamčení vozidla, podle intenzity okolního osvětlení. Ale zpět k pracovišti.

4.3 Pracoviště 69139

Účelem sledovaného pracoviště v EPT je kontrola umístění kontaktů v izolačním tělese a po úspěšné kontrole jeho označení datovým kódem. Vadné díly nejsou označeny datumovkou a jsou otvorem (mezi měřicím místem a skluzem pro dobré díly) vyhozeny do červené krabice pod automatem. Kontrola a označení jsou prováděny automatem, zakládání dílů a jejich odebrání, jako i ostatní nezbytné činnosti, jsou prováděny lidskou obsluhou.



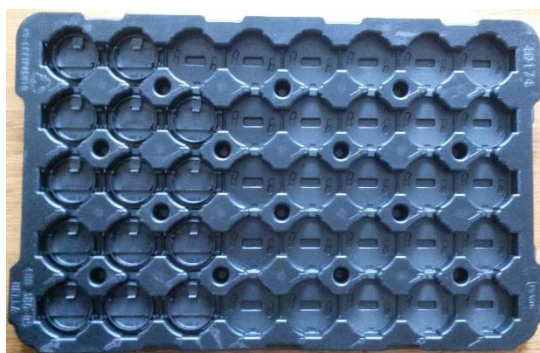
Obrázek č. 18 Detailní pohled shora na měřicí místo a datumovku bez měřeného dílu [2]



Obrázek č. 19 Detailní pohled shora na měřicí místo s měřeným dílem [2]



Obrázek č. 20 Otvor a sběrné místo vadných dílů [2]



Obrázek č. 21 Blistr na 40 dílů [2]

5. Analýza současného stavu pracoviště

5.1 Popis operací na pracovišti

1) Pracovník musí vyskladnit z paletového místa (označeno v obr. č. 23 modrým číslem 1) po levém boku z krabice blistry (11ks) s polotovary na vozík (modré č. 3), který má po levém boku a prázdný blistr položí na pracovní stůl po pravém boku (zelené č. 2 v obr. 24).

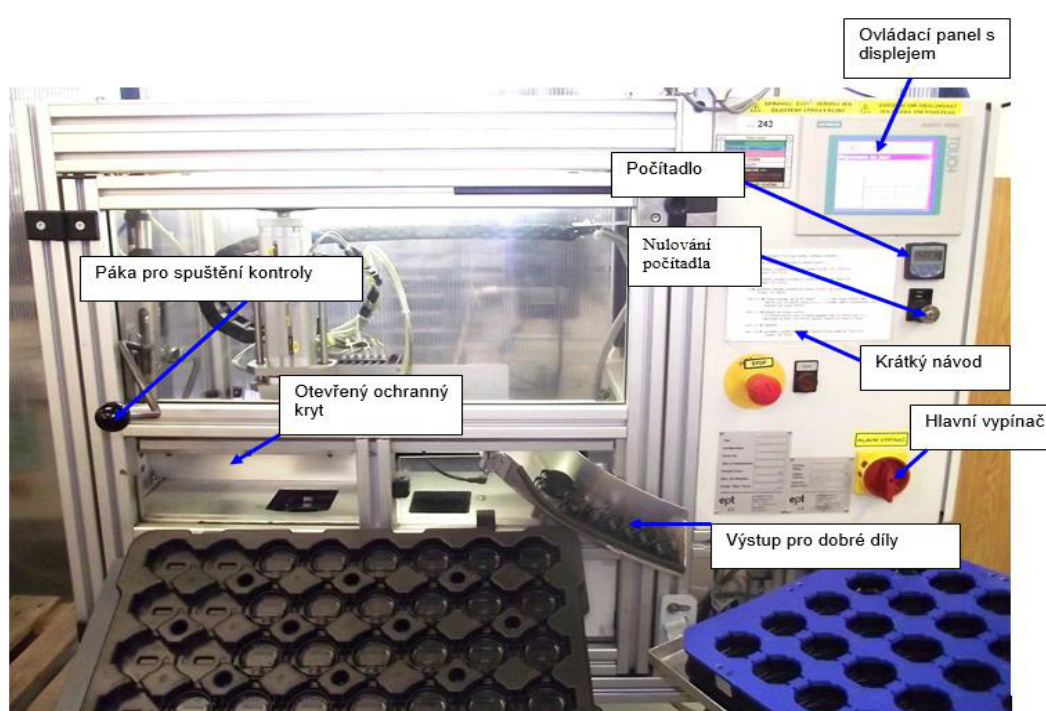
2) Jedno plato s polotovary si vloží na šikmou plochu u automatu (před sebe, modré č. 4), když plato vyprázdní, tak ho položí na odkládací plochu po pravém boku, kam pak vkládá zkontrolované díly. Takto postupuje tak dlouho, dokud nespotřebuje všech 11ks blisterů z vozíku. Po jejich zdělení pak připravuje další krabici (bod a).

3) Obalový materiál – prázdná plata si odebere z paletového místa po levém boku a vloží na odkládací plochu na pravém boku a prázdnou krabici připraví na paletové místo za sebe pro hotovou výrobu.

4) Díly v platu, který má pracovník před sebou, jsou směrovány kontakty nahoru. Tento díl pracovník musí vyjmout a v ruce otočit kontakty dolů a poté levou rukou vložit do automatu, neboť kontrolní přípravek je ve spodní části automatu, kde jsou kontrolní piny pro kontrolu kontaktů.

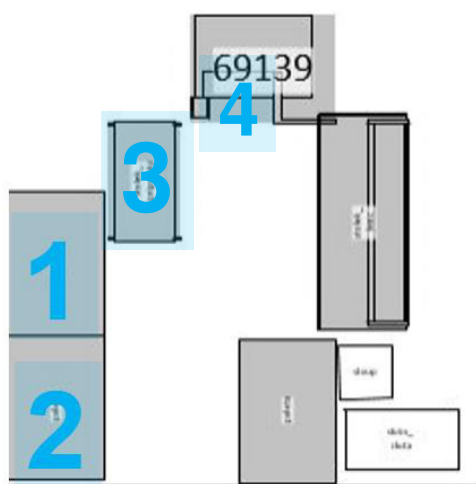
5) Dále levou rukou stáhne dolů páku pro spuštění kontroly a zároveň pravou rukou vyjme zkontrolovaný díl ze skluzavky a umístí jej kontakty nahoru do blistru po pravém boku na odkládací ploše. Na zaplňovaném blistru je vždy umístěna pomocná clona s otvory zabraňujícími nesprávné vložení dílu.

6) Když je blistr s hotovými díly (40ks v blistru) plný, odkládá jej pracovník na stůl po pravém boku. Po naplnění 11 blisterů provede závěrečnou vizuální kontrolu dílů ve všech 11 blistrech, kdy každý druhý blistr otočí o 180° a pak je vloží do připravené prázdné bedny a nahoru vloží jeden prázdný blistr jako kryt proti vysypání při přepravě, vše přesně dle přání zákazníka.

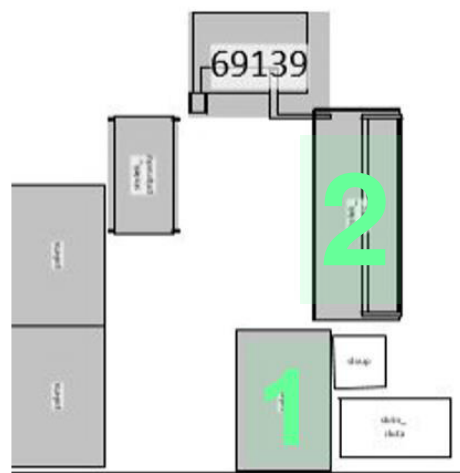


Obrázek č. 22 Čelní pohled na kontrolní automat z pohledu obsluhy [2]

5.2 Dokumentace současného stavu



Obrázek č. 23 Layout pracoviště - vstup [2]



Obrázek č. 24 Layout pracoviště - výstup [2]

Číslo materiálu	Popis materiálu	Umístění v layoutu	Množství MIN ¹	Množství MAX ¹	Typ zásobování ²	Poznámka
139-641033HF	Polotovary	1	1 krabice	12 krabic	Milkrun	Objednávat při 3 ks
40015	Proložky	2	20 ks	500 ks	Milkrun	
477113-00; 477200-00; 480017-65/BLAU	Paleta s KLT a víkem	2	1 KLT	1 paleta	Milkrun	477113-00 objednávat při 3 ks

■ Kontakty
 ■ Izolátory
 ■ Obaly
 ■ Osazený díl

(Milkrun – OBSLUHA musí odevzdat KARTU do kanbanové SCHRÁNKY při spotřebování balení)

Tabulka č. 1 Zásobování pracoviště - vstup [2]

Číslo materiálu	Popis materiálu	Umístění v layoutu	Množství MIN ¹	Množství MAX ¹	Typ odvozu ²	Poznámka
139-641033	Hotová výroba	1	-	1 paleta	Milkrun	
	Prázdné krabice	-	-	-	-	Rozřezat, vyhodit

■ Kontakty
 ■ Izolátory
 ■ Obaly
 ■ Osazený díl

(Milkrun – SKLADNÍK průběžně odváží materiál označený zeleným listem HOTOVÁ VÝROBA)

Tabulka č. 2 Zásobování pracoviště - výstup [2]

5.3 Časová analýza činností

Na pracovišti byl při běhu stroje pořízen videozáznam, analyzován na jednotlivé operace a jejich časy (viz obr. 25–28). Výsledek je sepsán v tabulce č.3. Změřený cyklus stroje od jednoho stisknutí páky obsluhou ke druhému je v průměru 6 sekund. Ve firemních programech je počítáno s časem na jeden díl na tomto pracovišti 8 sekund, ale to je včetně všech vybalovacích a uklidových činností obsluhy, kdy stroj čeká, rozpočítaných do času pro jeden díl.

Pořadí	Operace	Čas [s]	Obsluha nebo stroj
1	Vyjmutí dílu z blistru	< 1	Obsluha
2	Otočení dílu	< 1	Obsluha
3	Vložení dílu do přípravku	1	Obsluha
4	Stisk páky	< 1	Stroj
5	Sjezd úchopové hlavy do dolní pozice	< 1	Stroj
6	Kontrola dílu a vyražení kódu	2	Stroj
7	Výjezd úchopové hlavy do horní pozice	< 1	Stroj
8	Přesun úchopové hlavy ke skluzu a zpět	2	Stroj
9	Odebrání dílu ze skluzu	< 1	Obsluha
10	Umístění dílu do volného místa v blistru	1	Obsluha

Tabulka č. 3 Časová analýza pracoviště



Obrázek č. 25 Operace 1 a zároveň 5
a vlevo mimo obraz i 10



Obrázek č. 26 Operace 2 a zároveň 6



Obrázek č. 27 Operace 3 a zároveň 8



Obrázek č. 28 Operace 4 a zároveň 9

5.4 Stanovení problematiky řešení

Podrobná analýza videa poukázala na hned několik problémů, jejichž ideové vyřešení by mělo být nosnou částí této práce.

1) Vhodný úchop dílu

Jako první bod je potřeba navrhnout vhodný gripper, což vzhledem k tvaru dílu (viz model dílu a výkres č.1) a manipulaci s ním (viz bod 2) omezuje možnosti řešení. Je také třeba zhodnotit, jestli se s díly bude manipulovat po jednom nebo více kusech.

2) Manipulace s dílem při vkládání a vyjímání

Samotná manipulace je relativně komplexní pohyb v prostoru, kdy nejdříve je díl vyjmut z přesně definovaného místa v blistru a následně otočen vzhůru nohama. Následně je umístěn do přesně definovaného měřicího místa ve stroji a z něj je pak strojem vyhozen do skluzu, odkud je odebírán v neurčité poloze stále vzhůru nohama. Nakonec musí být otočen zpět do normální polohy a umístěn do přesně definované polohy v odkládacím blistru.

3) Zachování paralelity procesu vkládání a vyjímání na měřicím cyklu stroje

Pro zachování produktivity je nezbytné zachovat většinu operací z bodu 2 jako nezávislé nebo lépe paralelní se samotným cyklem stroje. To znamená na vstup a výstup umístit jakési dopravníky se zásobníky dílů. Protože pokud se budou, například pomocí robotické ruky, díly vkládat přímo z blistru do měřicího místa a vyjímat a ukládat změřené do jiného blistru tak budou vznikat relativně velké časové prodlevy způsobené nutností přehmatu úchopu dílu (2x změna polohy vzhůru nohama), délkou pohybu robotické ruky i samotným vyjímáním a vkládáním do blistru.

4) Zásobování blistry

Pokud vynásobíme čas na jeden díl (8s) počtem dílů v jednom blistru (40ks), dojdeme k číslu 320 sekund (cca 5,3 minuty) na zpracování jednoho blistru. To je příliš malé číslo a obsluha by nespĺnila požadavek na mannfaktor a také by nestíhala balit krabice s díly a zároveň obsluhovat jiný stroj. Proto je nutné použít i automatizovaný zásobník alespoň na 11 blistrů, kde čas jejich spotřeby je 3520 sekund (58,7 minuty). Zároveň pokud je na jeden díl počítáno cca se 2 sekundami na ostatní operace (tj. hlavně vizuální kontrola, balení a vybalování krabic) lze snadno odhadnout, že na 11 blistrů to bude dělat cca 15 minut. To už je z hlediska obsluhy s rezervou dostačující.

5) Výběr vhodné automatizace

Vzhledem k počtu dílů se jedná o hromadnou výrobu (kontrolu) a zde by se měly použít stroje pro tvrdou automatizaci, které však mají dělat pouze jednoduché pohyby. Druhou nabízející se možností je použití robotické ruky s úchopem více dílů najednou. Součástí řešení tohoto bodu by mělo být i vytvoření nového layoutu pracoviště.

6) Cena přestavby

Dalším problémem, sice nevyplývajícím z analýzy pracoviště pouze z předchozích pěti bodů, je cena přestavby, která se může při použití líbivých moderních technologií snadno vyšplhat do milionových řádů bez jiného významného efektu.

6. Návrh variant řešení

Pro vhodný návrh řešení je třeba vzít v potaz analýzu současného stavu pracoviště, ale také požadavky firmy, jakého stavu chce dosáhnout a jaké jsou jejich omezení. Proto je dalším logickým krokem konzultace s konstrukčním oddělením firmy a následně soupis požadavků k přestavbě/modernizaci pracoviště.

6.1 Požadavky firmy na přestavbu

1) Mannfaktor maximálně 0,5

Současná hodnota mannfaktoru je 1, tj. obsluha je po celou dobu chodu stroje přítomna a provádí určené operace na pracovišti. Po přestavbě tedy obsluha nebude po celou dobu u stroje, pouze bude v určitých cyklech doplňovat zásobníky blistrů, dále je bude vyskladňovat z krabice a na druhé straně po zaplnění vizuálně kontrolovat a vkládat do krabic k expedici. Vše bez dopadu na produkční časy stroje. To by mělo, při zachování těchto časů, přinést snížení ceny o 0,01272€/ks, a to je při cca 2,1 mil ks/rok (2018) úspora 27193€/rok – cca 650tkč.

Zároveň to umožní, aby obsluha tohoto stroje mohla pracovat i s jiným strojem a tím firma chce vyřešit jednak nedostatek kvalifikovaných pracovníků a zároveň snížit mzdové náklady, ale také zvýšit produktivitu práce.

2) Dodržení produkčních časů

Z finančního hlediska je nezbytné dodržet produktivitu, která je u tohoto stroje relativně vysoká. Tj. cca 8 sekund na díl od krabice ke krabici a cca 6 sekund na cyklus stroje.

3) Návratnost max 2 roky

Aby měla firma přestavbu/investici schválenou z německé matky, neměla by návratnost vložených investic přesáhnout dva roky. Takže vynásobíme-li dvěma údaje o úspoře za rok v bodu 1, tak dostaneme hrubý rozpočet na tuto investici, tj. maximálně cca 1,2 milionu korun.

4) Minimalizace úprav samotného stroje

Z konstrukčního a také servisního hlediska je důležitý tento bod. Kde firma požaduje žádné nebo pouze minimální zásahy do měřicího, úchopového a transportního systému stroje. Nelze tedy přidat do stroje další měřící místo.

Naopak se počítá s následnou úpravou vnějšího bezpečnostního zakrytí stroje a celého automatizovaného pracoviště. Tato úprava zakrytí však nemá být cílem této práce.

6.2 Návrhy řešení problematiky

6.2.1 Volba gripperu

Volba gripperu je prvním úkolem při řešení úpravy pracoviště. Volba je vcelku jednoduchá, protože je výběr díky tvaru dílu, jeho umístění v blistru a manipulaci s ním omezen pouze na dvě možnosti:

- 1) **Mechanické dvouprsté čelisti s pohonem**, ideálně doplněné o senzor snímající, jestli je díl opravdu držen nebo vypadl. Tyto čelisti budou díl uchopovat po stranách mezi 4 vnějšími výstupky na dílu, které zároveň zajišťují jeho přesnou polohu. Vhodným tvarem a měkkým povrchem čelistí je nutné zamezit možnému poškození povrchu a hran dílu. Pohon může být pneumatický nebo elektrický. Co se týče rozměrů v úchopové části u dílů je doporučena šířka

15 mm (vnitřní rozteč vnějších výstupků je 16 mm) a maximální tloušťka čelisti, z důvodu bezpečné manipulace v blistru je 3 mm, přičemž velikost vnějších výstupků dílu je 5 mm (viz. výkres dílu) vnitřní kontaktní plocha čelisti musí mít rádius podle vnější kruhové části dílu o průměru 47 mm.

- 2) **Podtlaková přísavka o průměru 15 mm**, která bude díl uchopovat za vnitřní rovinnou část. Nehrozí zde riziko poškození vnějšího povrchu ani hran a povrch je dostatečně rovný a hladký. Konzultací s konstrukčním oddělením firmy byla vybrána varianta číslo 2, hlavně z důvodu používání podtlakových gripperů na vedlejší pracovišti, kde se na plně automatické lince vyrábí novější (tvarově odlišná) varianta RLS4. Tento výběr je tedy odůvodněn zjednodušením servisu a existujícími rozvody podtlaku při podobných užitečných vlastnostech obou gripperů.

6.2.2 Manipulace s dílem

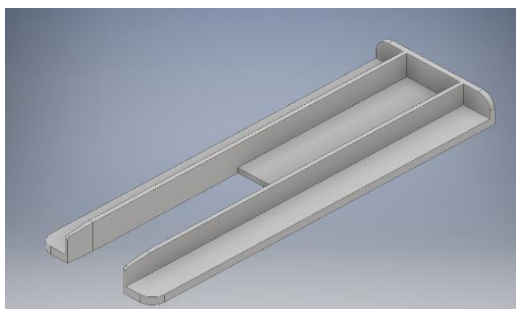
Hlavní problém této přestavby je manipulace s dílem za účelem jeho otočení vzhůru nohama pro správné vložení dílu do kontrolního místa. Toto otočení je operátorem elegantně prováděno oběma rukama, ovšem v případě použití stroje s jedním ramenem to znamená nutnost takzvaného přehmátnutí, tj. například odložení dílu a jeho nové uchopení z druhé strany. A stejná operace následuje i u odkládání hotového dílu. Proto budou navrženy vhodné vstupní a výstupní zásobníky, které umožní jednoduchou změnu polohy dílu na vstupu i výstupu, avšak bude muset být lehce upraveno posouvání uchopovací hlavy ve stroji, více v kapitole týkající se zásobníků.

Dále bude nutné k dodržení produkčních časů, aby bylo manipulováno s více díly najednou, nabízí se dvě varianty podle velikosti blistru, a to 5 kusů a 8 kusů. V případě 5 kusů je nutné ještě díly otočit o 90° v horizontální rovině, v případě 8 kusů je zase nevýhodou větší prostorová náročnost a vyšší zatížení pohybového mechanismu (roboty).

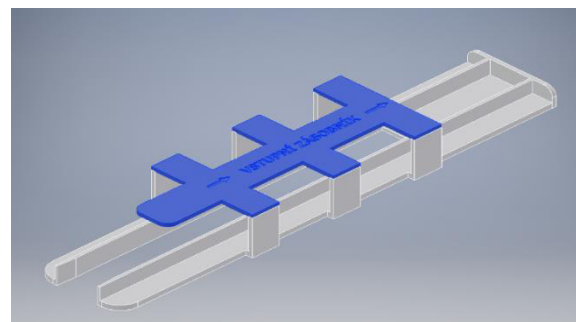
Gripper bude také obsahovat senzory pro kontrolu geometrického tvaru nožiček a oušek uchopovaných dílů (viz obr. 10) tak, aby nedošlo k zaseknutí dílu v zásobníku. Nevyhovující díl bude u obou variant vyhozen při přesunu od blistru ke vstupnímu zásobníku.

6.2.3 Vstupní a výstupní zásobníky

Nutnost použití zásobníků znamená hned několik úkolů. V první řadě najít stabilní polohu dílu pro jeho posun v zásobníku. Tento úkol byl vyřešen pomocí jakýchsi kolejniček (viz obr. 29), které neumožňují dílu jiný pohyb než ten očekávaný ve směru zásobníku. Aby se zamezilo možnému vypadnutí dílu při posouvání po tomto zásobníku, byl doplněn o jakousi střechu (viz obr. 30). Materiálem prototypů je ABS plast, sériové zásobníky budou z hliníku (ALU35).



Obrázek č. 29 CAD návrh kolejniček vstupního zásobníku
(pro 2ks)



Obrázek č. 30 CAD návrh tvaru vstupního zásobníku
(pro 4 ks)

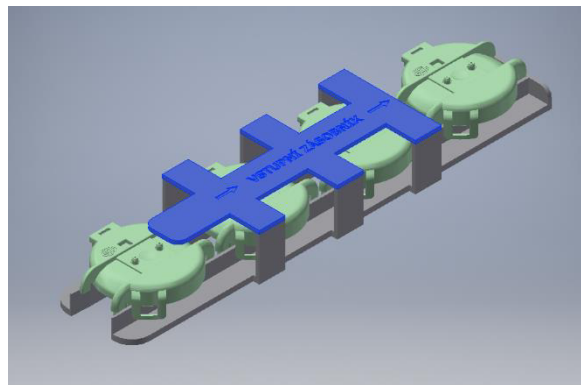
Principiálně je díl na tuto kolejnici pomocí gripperu nasunut, gripper v tomto případě zasahuje do spodní části zásobníku a tento je v tomto místě proto mezi kolejnicemi v nezbytné délce vyříznut (viz obr. 29). Na druhém konci je koncová zarážka, odkud si bude manipulační hlavice kontrolního stroje díl odebírat a přesouvat jej do kontrolního místa. Po kontrole hlavice dobrý díl přesune a umístí na výstupní zásobník, který je stejný jako vstupní, pouze se zde díly přesouvají opačným směrem.

V CAD programu byly vytvořeny modely dvou typů

(Zkušební prototypy zásobníků byly, z důvodu omezení způsobeném velikostí tiskové plochy 3D tiskárny, konstruovány a následně vytištěny pouze pro 3 a 4 kusy dílů, ale nebude problém tyto modely jednoduchým prodlouženým přetvořit na pěti nebo osmi kusové verze k vytištění prototypů na větší tiskárně nebo výrobě na CNC stroji.)

1) Model pro robotickou ruku

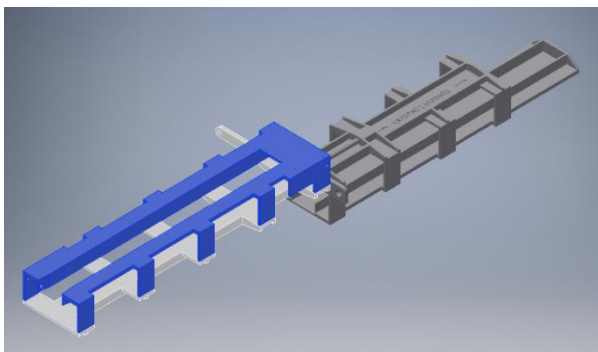
Tento model se skládá z dvou dílů – podstavy s kolejnicemi a ochranné stříšky (viz obr. 31). Robotická ruka uchopí díly v blistru a po jejich otočení je vloží díky výřezu ve spodním dílu na kolejnice odkud budou díly přesunuty na druhý konec zásobníku odkud jsou následně odebírány a přesouvány do kontrolního místa. Tento model je pro celkem 4 díly, z nichž 3 se vkládají.



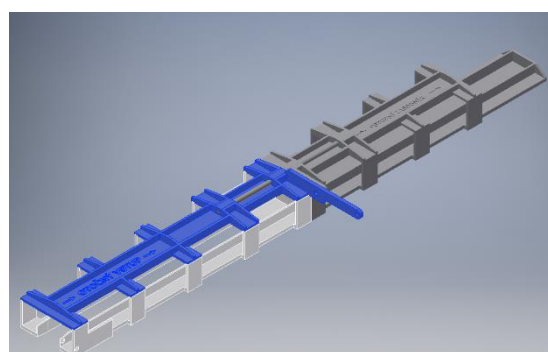
Obrázek č. 31 CAD návrh tvaru vstupního zásobníku pro robotickou ruku (pro 4 ks)

2) Model pro tvrdou automatizaci s otočným vstupem

U tohoto modelu se předpokládá, že gripper dopraví díly do zásobníku ve stejné poloze, jako jsou umístěny v blistru, a proto je nutné jejich otočení v zásobníku. Tohoto byl docíleno konstrukcí ze dvou částí spojených otočným čepem (tj celkem 4 díly a čep). Tyto dvě části se nazývají otočný vstup a vstupní zásobník. Otočný vstup je určen ke vkládání dílů gripperem a vstupní zásobník dodává díly k měřicímu místu. Tato konstrukce má dvě provozní polohy.



Obrázek č. 32 CAD návrh otočného zásobníku poloha pro vkládání dílů gripperem (pro 4 ks)



Obrázek č. 33 CAD návrh otočného zásobníku poloha pro přesun dílů ke stroji (pro 4 ks)

V první (viz obr. 32), kdy je otočný vstup vzhůru nohama a díky umístění čepu v horní poloze, je pomocí gripperů zaplněn díly, následně se otočí do druhé, spodní polohy (viz obr. 33), kdy na sebe kolejnice obou dílů navazují, a dojde k přesunu dílů do vstupního zásobníku. Jakmile je otočný zásobník vyprázdněn, je opět otočen do horní polohy a celý cyklus se opakuje.

Nezbytné úpravy samotného kontrolního stroje

Jednou z důležitých podmínek při návrhu celé automatizace bylo, aby samotný kontrolní stroj byl co nejméně upravován. Tj. kontrolní přípravek zůstane ve stejné pozici a stejně orientován. Dvoupolohová vertikální pneumatická úchopová hlava bude také kompletně zachována (pro zkrácení časů lze snížit její zdvih), pouze její posuv v horizontálním směru, který byl dvoupolohový pneumatický, bude muset být změněn na čtyř polohový – vstupní zásobník, kontrolní přípravek, výstupní zásobník a vadné díly (viz návrh layoutu). Z důvodu výrazně většího množství dobrých, než vadných kusů bylo změněno také vyhazování vadných kusů, kdy je v současném stavu vadný kus „upuštěn“ při cestě ke skluzavce pro dobré díly. Toto řešení zbytečně prodlužuje čas pohybu s dobrými díly, na druhé straně umožňuje použití dvoupolohové pneumatiky – kontrolní přípravek a skluz pro dobré díly.

1) Úprava vodorovné pohybové osy

Pro vícepolohové posuvy je pneumatický pohon možný řešit v podstatě víceválcovým systémem, kde ale pro čtyři polohy už je dost komplikovaný, proto je vhodné jej zaměnit za jiný druh pohonu. Vzhledem k co nejmenší ceně např. servomotor s pohybovým šroubem nebo krokový motor s ozubeným řemenem. Rozsah pohybu je do 60 cm.

2) Úprava zakrytí a držáky pro vstupní a výstupní zásobník

Lze úplně odstranit přední krycí stěnu, neboť zde nebude třeba lidské obsluhy, dále spodní desku s otvorem pro vkládání dílů umístěnou nad úroveň horní části kontrolního místa. Naopak je třeba přidat uchycení obou zásobníků ke kostře stroje (toto bohužel není součástí této práce, neboť nebyl k dispozici potřebný CAD model stroje).

3) Úprava ovládacího softwaru stroje

Je také třeba počítat s nutným přeprogramováním ovládacího programu a nastavení jednotlivých poloh a pracovních cyklů.

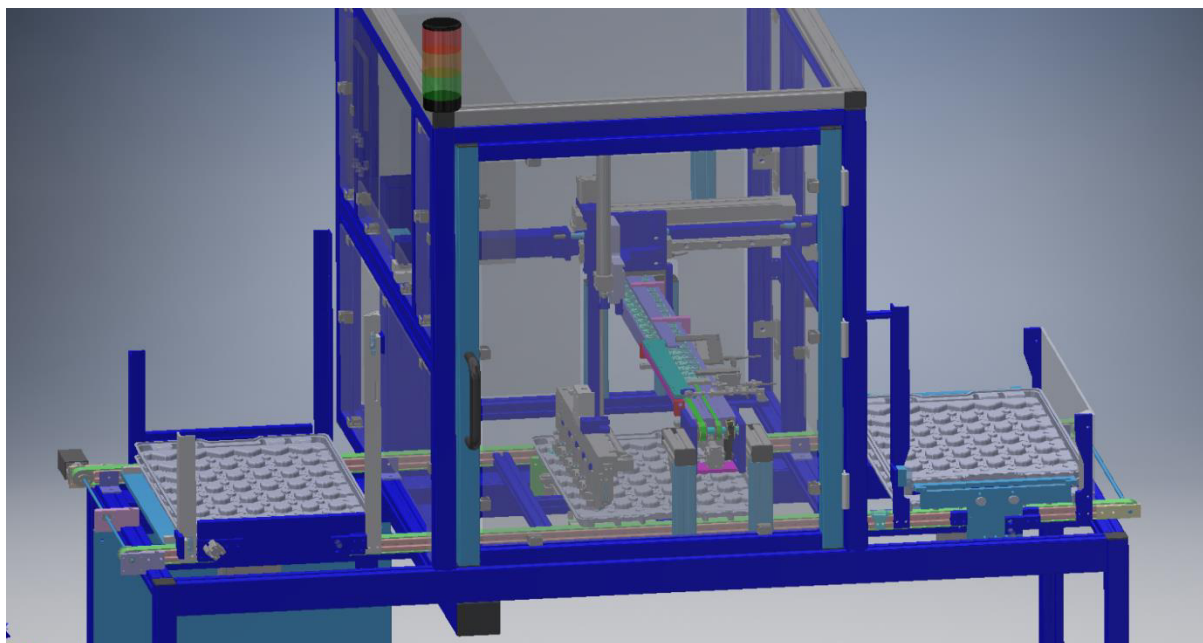
6.2.4 Výběr automatizace a zásobování blistry

Při výběru automatizace bylo přáním firmy použití robota, což se zpočátku vzhledem ke složitosti manipulace s dílem jevílo jako vhodné řešení. Naopak po bližším prozkoumání činnosti stroje, jeho obsluhy a nutnosti vyřešit i zásobování se jako mnohem efektivnější možnost jeví použití jednoúčelového stroje tvrdé automatizace.

Tímto strojem by, po menších úpravách, mohl být firmou již používaný balící stroj na vedlejší lince pro RLS4. Kde tento stroj pomocí šesti přísavek skládá díly z pásu do blistrů a zároveň je přitom otáčí o 90°. Blistry pro RLS4 jsou totiž vzhledem k jinému tvaru dílu pouze pro 6 dílů v jedné řadě a blistr má celkem 6 řad. Stroj má na jedné straně zásobník na 12 prázdných blistrů a na druhé obdobný zásobník na plné blistry. Obsluha zde v určitých cyklech (při signalizaci žlutou kontrolkou) doplňuje prázdné blistry a odebírá plné blistry ze zásobníků. Rozměry tohoto stroje jsou cca 110 cm na délku (šířka blistry), 190 cm na šířku (od jednoho zásobníku

blistrů ke druhému) a 213 cm na výšku. Celkový pohled na CAD model stroje je na obrázku 34.

Tento balící stroj je vlastním výrobkem firmy EPT (německá pobočka), tudíž jeho úprava konstrukčním oddělením by neměla být příliš obtížná. Jako vhodné se jeví dvě následující varianty úpravy a použití:



Obrázek č. 34 CAD model baličky pro RLS4 [2]

1) Použití dvou balících strojů nezávisle na sobě (minimální úpravy)

Jeden bude obsluhovat vstupní zásobník a druhý výstupní zásobník. Baličky budou umístěny vedle sebe s přesahem 36 cm vstupní balička je umístěna dále od kontrolního stroje (viz layout 1). Přibližné celkové rozměry takto umístěných strojů jsou 226 x 160 cm podlahové plochy. Přesah obou dopravníků dílů o 36 cm je způsoben jejich umístěním v kontrolním stroji, který není na layoutu znázorněn.

Jejich úprava bude zahrnovat:

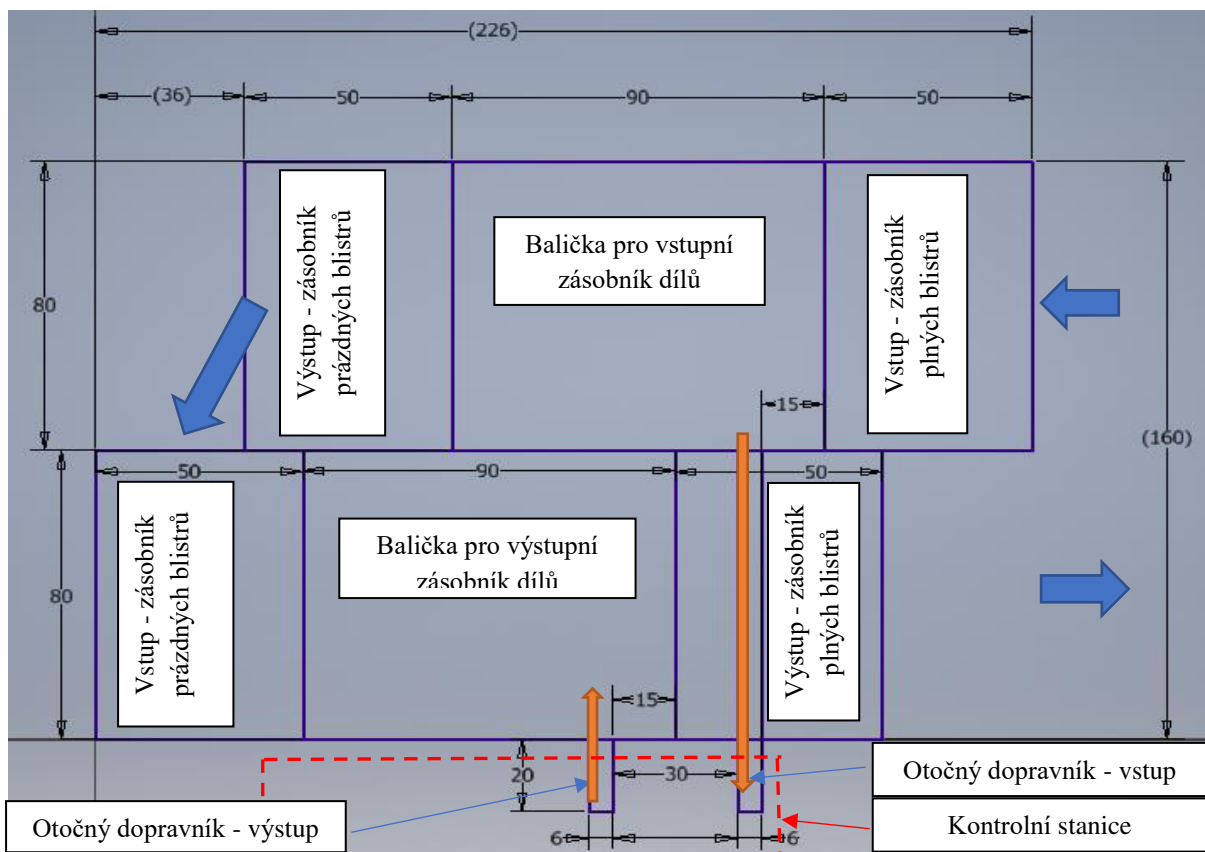
- výměnu stávajícího dopravníku dílů za navrhovaný otočný systém a tento umístit ve stroji co nejbližší k jedné straně ve středové části stroje nad rovinou posuvu blisterů
- odebrání jedné dílové přísavky v každém stroji, přidání výhozného místa vadných dílů
- otočení směru posuvu blisterů v jedné baličce tak, aby obsluha na jednom konci strojů do jednoho zásobníku vkládala plné blistry ke kontrole a z druhého zásobníku odebírala plné blistry k expedici a na druhé straně strojů z jednoho zásobníku odebírala prázdné blistry a vkládala je do druhého zásobníku

2) Použití jednoho balícího stroje se dvěma nezávislými systémy blistrování

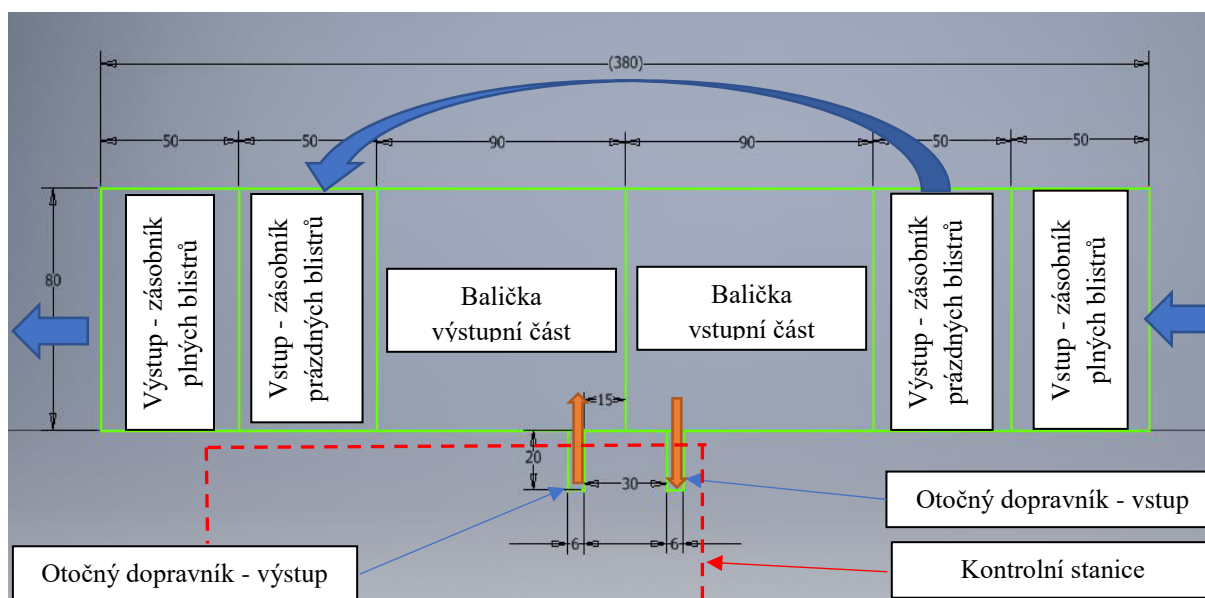
Jeden rám s jedním systémem přísavek bude obsluhovat dva nezávislé systémy pro vstupní i výstupní zásobníky. Toto rozmístění je naznačeno v layoutu 2. Přibližné celkové rozměry takto navrženého stroje jsou 380 x 80 cm podlahové plochy. Zde je nutná větší konstrukční úprava, která bude zahrnovat:

- výměnu stávajícího dopravníku dílů za navrhovaný otočný systém pro vstup a tento umístit ve stroji cca 15 cm od středu

- přidání druhého, výstupního dopravníku taktěž 15 cm od středu na druhou stranu
- odebrání jedné dílové přísavky, přidání výhozného místa vadných dílů
- přemístění obou zásobníků blistrů na jednu stranu tak, aby se mohl z jedné strany obsluhovat vstupní zásobník a z druhé výstupní zásobník, toto řešení však bude klást větší nároky na obsluhu, neboť bude muset přenášet prázdné blistry na delší vzdálenost, zároveň se ale nedostanou do blízkosti nezkontrolované a zkontrolované blistry a nemůže tak dojít k jejich záměně.



Obrázek č. 35 Zásobování blistry - layout 1



Obrázek č. 36 Zásobování blistry - layout 2

Lze samozřejmě navrhnout i další jiné uspořádání a úpravy této balíčky podle prostorových potřeb.

Varianta s robotickou rukou také potřebuje systém pro podávání blisterů na vstupní i výstupní straně. Z tohoto a z velikosti blisteru lze stanovit minimální potřebný dosah ramene cca 60 cm na obě strany. V praxi se většinou tento dosah volí o 25–50% větší i s ohledem na pozdější možné úpravy projektu. Námi hledaná robotická ruka by měla mít dosah alespoň 100-110 cm (viz layout 3). Co se týče zátěže robotické ruky lze s 50% rezervou požadovat 10 kg.

Tyto parametry splňuje např. robotická ruka Agilus-2 (KR 10 R1100-2) od renomovaného výrobce Kuka. V obrázcích jsou uvedeny jeho základní tabulkové vlastnosti (obr. 37) a schéma horizontálního a vertikálního dosahu (obr. 38). Tato ruka by měla být umístěna na vhodném podstavci.

KR AGILUS-2	KR 10 R1100-2
Max. reach	1,100 mm
Rated payload	10 kg
Pose repeatability	±0.01 mm
Number of axes	6
Mounting position	Floor, ceiling, wall, angle
Variant	–
Robot footprint	208 mm x 208 mm
Weight (excluding controller), approx.	55 kg

Axis data /

Range of motion

Axis 1 (A1)	+ / -170°
Axis 2 (A2)	+45° / -190°
Axis 3 (A3)	+156° / -120°
Axis 4 (A4)	+ / -185°
Axis 5 (A5)	+ / -120°
Axis 6 (A6)	+ / -350°

Operating conditions

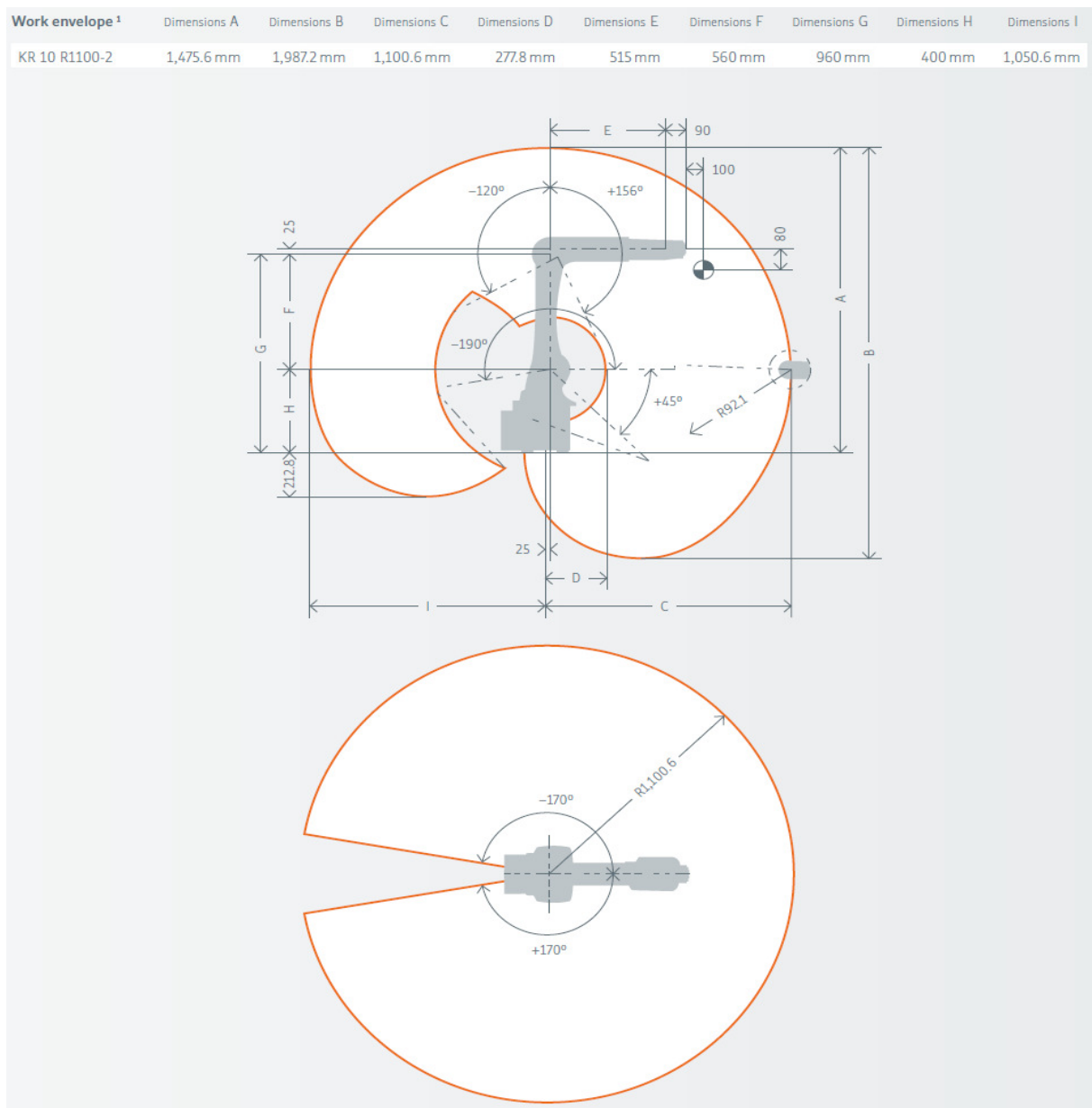
Ambient temperature	0 °C to +45 °C
---------------------	----------------

Protection rating

Protection rating of robot	IP 65 / IP 67
Protection rating of in-line wrist	IP 65 / IP 67

Controller	KR C4 compact, KR C4 smallsize-2
Teach pendant	KUKA smartPAD

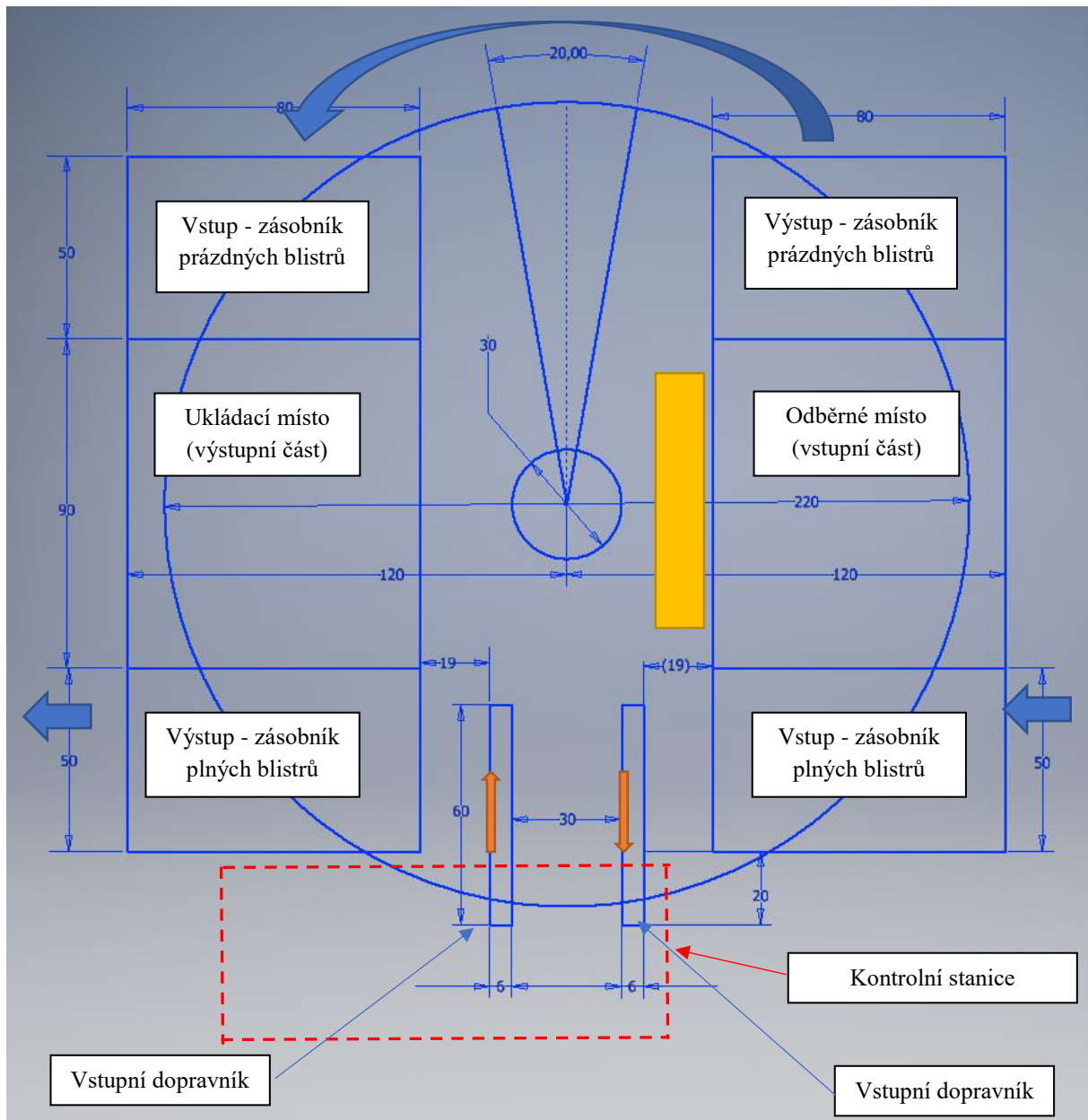
Obrázek č. 37 Základní vlastnosti robotické ruky Kuka KR Agilus-2 [15]



Obrázek č. 38 Dosah (pracovní obálka) robotické ruky Kuka KR Agilus-2 [15]

Samozřejmě jsou možné i další varianty od jiných výrobců např. ABB, FANUC, FESTO atd. Zde nejvíce záleží na konkrétní akční cenové nabídce pro firmu EPT.

Principiální uspořádání layoutu s robotickou rukou ukazuje obrázek 39. V jeho pravé části se nachází vstupní podavač blistrů se zásobníkem plných blistrů dole a vyprázdněných blistrů nahoře. Mezi nimi se v prostřední části nachází odběrné místo, odkud robotická ruka odebírá díly ke kontrole. Díly s vadným tvarem jsou upuštěny do odpadové krabice (žlutý obdélník) při přesunu z odběrného místa k zásobníku kontrolního stroje. Na levé straně je pak výstupní podavač blistrů se zásobníkem prázdných nahoře a naplněných dole. Silné modré šipky ukazují manipulaci s blistry obsluhou stroje. Robotická ruka nemusí mít, vzhledem k nutnosti použití lišty s vícenásobným gripperem, dosah až na kraj podavačů blistrů.



Obrázek č. 39 Layout pracoviště s robotickou rukou

Konstrukce podavače blistrů je opět možné řešit použitím existujících strojů ve firmě, v tomto případě opět úpravou baličky pro RLS4. Tato úprava spočívá ve vynechání celé prostřední části baličky se systémem přísavek (v podstatě celý horní box v prostřední části stroje na obr. 34) a zachování pouze systému stohování a přesunu blistrů.

6.2.5 Cena přestavby a produkční časy

Posledním bodem k řešení je dodržení produkčních časů a také celková cena přestavby.

Odhad nových produkčních časů na jeden díl pro obě varianty automatizace je v tabulce 4.

Č. operace	Operace	Čas [s] varianta 1	Čas [s] Varianta 2
1	Vyjmutí 5 dílů z blistru	1	1
2	Otočení dílů	1 (zásobník)	1 (robot)
3	Vložení dílů do zásobníku	2	2
4	Přesun dílů ve vstup. zásobníku k odběru	1	1
5	Odběr 1 dílu úchopovou hlavou	1	1
6	Výjezd úchopové hlavy do horní pozice	< 0,5	< 0,5
7	Přesun úchopové hlavy k měřicímu místu	< 1	< 1
8	Výjezd úchopové hlavy do dolní pozice	< 0,5	< 0,5
9	Kontrola dílu a vyražení kódu	2	2
10	Výjezd úchopové hlavy do horní pozice	< 0,5	< 0,5
11	Přesun úchopové hlavy k výstupnímu zás.	< 1	< 1
12	Uložení úchopovou hlavou 1 dílu do zás.	1	1
13	Přesun dílů ve výstup. zás. k odběru	1	1
14	Odebrání dílů z výstupního zásobníku	2	2
15	Otočení dílů	1 (zásobník)	1 (robot)
16	Umístění 5 dílů do volných míst v blistru	1	< 2 (podle polohy)
17	Přejezd úchopové hlavy na vstupní zás.	1	1

Tabulka č. 4 Odhad nových časů pracoviště

Součet nových pracovních časů samotného kontrolního stroje vychází na cca 8 sekund, což je o 2 sekundy více než původní čas. Toto je způsobeno přidáním jedné nové polohy v horizontálním směru a také více pohyby ve vertikálním směru. Při splnění předpokladu, že stroj nečeká na rozbalování krabic s blistry ani na jejich zakládání do zásobníků, neboť je plynule zásobován, je toto konečný celkový čas celého kontrolního stanoviště. Tj. je porovnatelný s celkovým časem před přestavbou, který byl také kolem 8 sekund.

Odhad ceny přestavby (konzultováno s EPT)

Varianta 1:

Horizontální osa úchopové hlavice v kontrolním stroji	cca 40 tisíc Kč
Výroba vstupního a výstupního systému zásobníku	cca 60 tisíc Kč
Výroba 2 upravených baliček (nebo výroba 1 více upravené baličky)	2x cca 1500 tisíc Kč (cca 2500 tisíc Kč)
Servisní práce a seřízení strojů	cca 100 tisíc Kč

Celkem *cca 3200 tisíc Kč*

(nebo pro 1 více upravenou baličku *cca 2700 tisíc Kč*)

Varianta 2:

Horizontální osa úchopové hlavice v kontrolním stroji	cca 40 tisíc Kč
Výroba vstupního a výstupního systému zásobníku	cca 40 tisíc Kč
Výroba 2 upravených baliček (pouze stohování blistrů)	2x cca 1300 tisíc Kč
Robotická ruka Kuka KR 10 R1100-2 (repasovaná)	cca 500 tisíc Kč
Výroba robotického gripperu pro 5 dílů	cca 60 tisíc Kč
Montáž a podstavec pro robota	cca 50 tisíc Kč
Nastavení programu robota	cca 20 tisíc Kč
Servisní práce a seřízení strojů	cca 100 tisíc Kč

Celkem *cca 3410 tisíc Kč*

Ani jeden z odhadů ceny přestavby se nevejde do plánovaného rozpočtu hlavně z důvodu vysoké ceny samotného stroje baličky. Jako cenově nejvýhodnější se jeví varianta 1 s použitím jedné výrazně upravené baličky, která, byť má nejvyšší cenu, je potřeba pouze jedna. Varianta s robotickou rukou je nejdražší variantou i při použití staršího (repasovaného) robota.

7. Zhodnocení a závěr

Cílem této bakalářské práce je poskytnout firmě EPT náhled na možnosti automatizace jednoho pracoviště. Tyto návrhy vychází z podrobné analýzy současného stavu pracoviště s lidskou obsluhou, prozkoumání automatických strojů na podobné výrobky ve firmě a konzultacemi s konstrukčním oddělením firmy.

Tyto návrhy vzhledem k rozsahu práce jsou od začátku řešeny pouze ideově s výrobou demonstračních prototypů zásobníků na 3D tiskárně. V návrzích proto nebyly řešeny konstrukční detaily typu posouvání dílů v zásobnících, uchycení zásobníků v kontrolním stroji, osazení senzory atd. Hlavním výstupem pro firmu je, kromě této práce, ještě soubor modelů zpracovaný v CAD programu. Výkresy sestav v přílohách na konci této práce jsou tedy pouze jakýmsi doplňkem určeným pro čtenáře této práce.

Pojďme se tedy na závěr podívat, jak se podařilo naplnit očekávání:

Zhodnocení stanovených cílů

1) Požadavky vycházející z analýzy pracoviště

a. Vhodný úchop dílu

Byly navrženy dva konstrukčně odlišné grippery, mechanický a přísavkový. Preferován je přísavkový typ, který lépe splňuje zadání, a navíc s jeho použitím má již firma v provozu zkušenosti.

b. Manipulace s dílem při vkládání a vyjímání

Nutnost otočení dílu vzhůru nohama při jeho vkládání do kontrolního stroje byla vyřešena dvěma různými návrhy zásobníků, a to jeden neotočný pro použití robotické ruky, která díl po vyjmutí a před vložením do výřezu v zásobníku převrátí, a druhý otočný pro použití jednoduššího jednoúčelového stroje tvrdé automatizace, kdy k převrácení dílu dojde až v první (otočné) části zásobníku po jeho vložení. Další možností by bylo otočení kontrolního místa ve stroji, ale to vyžadovalo tak velké úpravy, že by v podstatě znamenalo konstruování nového kontrolního stroje. To je ale v rozporu s požadavky firmy.

c. Zachování paralelity procesu vkládání a vyjímání na měřícím cyklu stroje

Pro zachování rychlosti kontrolního stroje bylo potřeba do procesu vkládání a vyjímání dílů vložit jakési vyrovnávací zásobníky tak, aby nemusel čekat na podání nového dílu nebo odběr zkontrolovaného dílu. Takže konstrukce zásobníků měla dva důvody, a to umožnit automatické vkládání více dílů najednou a vstupní zásobník dílů v přesně definované poloze připravených na kontrolu u měřeného místa a samozřejmě prostor pro odkládání zkontrolovaných dílů.

d. Zásobování blistry

Tento bod původně v zadání nefiguroval, ale po analýze pracoviště byl nutný k zapracování do celkového řešení. V zájmu co nejmenší ceny bylo v návrhu postupováno cestou úpravy existujícího stroje místo navrhování zcela nového řešení. Přesto je tento bod nejdražší částí celé úpravy

e. Výběr vhodné automatizace

Byly navrženy 3 schématické layouty nového uspořádání s novými automatizačními stroji. Z principiálního hlediska se jedná o jednoúčelový manipulátor a robotickou ruku.

f. Cena přestavby

Největší obavy od začátku tvorby návrhů na úpravy byly z vysokých nákladů na přestavbu nebo tvorbu nového mechanismu, nebo lépe stroje, na zásobování blistry a také z ceny nové robotické ruky. Tyto obavy se, přes použití co nejlevnějších funkčních technologií, potvrdily a nemile překvapily i odborníky v samotné firmě. V současnosti však, při zachování vstupních podmínek, nelze pracoviště automatizovat levněji.

2) Požadavky firmy EPT

a. Mannfaktor maximálně 0,5

Takto navržená automatická linka pro kontrolu RLS3 bez problémů splní mannfaktor 0,5. Neboť při vložení 11 blisterů má pracovník cca 58 minut, než je stroj všechny zpracuje, zároveň ale s připočítáním rezervy potřebuje k balení a skládání blisterů cca 20 minut, tj. manfaktor by se měl pohybovat cca 0,35. To by mělo přinést trochu větší úspory, než byly v úvodu kalkulovány.

b. Dodržení produkčních časů

Produkční časy v celkovém pohledu zůstanou zachovány. Nedojde však k jejich zlepšení.

c. Návratnost max 2 roky

Vzhledem k vysoké ceně stroje na manipulaci s blistry nelze splnit návratnost do dvou let, tento požadavek nebyl ani jedním návrhem splněn.

d. Minimalizace úprav samotného stroje

Na stroji by měly být provedeny pouze dvě drobné úpravy a lze tedy tento bod také považovat za splněný.

Celkově lze tedy tento projekt považovat za hodný realizace nebo alespoň dalšího rozpracování, bohužel je ale nutné počítat s návratností výrazně vyšší než dva roky. Samozřejmě jsou i další možné návrhy na automatizaci tohoto pracoviště, všechny ale potřebují rozsáhlejší úpravy kontrolního stroje. Za všechny je možné zmínit třeba zdvojení měřicího místa, nebo lépe přemístění měřicího místa do kolejnic navrhovaného zásobníku tak, aby z nich díly nemusely být zvedány. Všechny návrhy ale potřebují najít jiné, levnější řešení otázky zásobování blistry.

8. Použitá literatura:

- [1] Titěra P., Optimalizace zavážení pracovišť ve výrobě a montáži, ZČU Plzeň, 2018, Bakalářská práce, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, vedoucí práce doc. Ing. Pavel Kopeček, CSc.
- [2] Interní materiály EPT connector s.r.o
- [3] Interní materiály HELLA KGaA Hueck & Co., Germany
- [4] Robotics & Automation News – Market trends and business perspectives [online]. Dostupné z: <https://roboticsandautomationnews.com/2019/02/05/the-robot-revolution-five-trends-in-2019-and-beyond/20842>
- [5] RobotWorx - Advantages of Industrial Automation with Robots . RobotWorx - Home Page [online]. Copyright ©2019 RobotWorx [cit. 10.05.2019]. Dostupné z: <https://www.robots.com/articles/advantages-of-industrial-automation-with-robots>
- [6] FactoryAutomation.cz | Časopis o automatizaci a robotice [online]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/desatero-dobrych-duvodu-proc-investovat-do-robotu>
- [7] RobotWorx - Grippers For Robots . RobotWorx - Home Page [online]. Copyright ©2019 RobotWorx [cit. 10.05.2019]. Dostupné z: <https://www.robots.com/articles/grippers-for-robots>
- [8] SCHUNK, H., STEINMANN, R., *Robot Grippers*. Weinheim, 2007, ISBN 978-3-527-40619-7
- [9] PISKAČ, L. Průmyslové roboty. 2. přepracované vydání, Plzeň: ZČU, 2004. ISBN 80-7043-278-0
- [10] KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R.: Morfologická analýza stavby průmyslových robotů
Košice: Viena, 2000. Edice vědecké a odborné literatury. ISBN 80-88922-27-5
- [11] Pulec J., Návrh robotického pracoviště pro svařování dílu karosérie, ČVUT Praha, 2017, Bakalářská práce, Fakulta strojní, Ústav výrobních strojů a zařízení, vedoucí práce Ing. Martin Kolář.
- [12] Kučerová E., Možnosti dílčí automatizace výrobních procesů ve firmě BEHR, TUL Liberec, 2010, Bakalářská práce, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušák, CSc.

- [13] Merenda J., Automatizace ve výrobních provozech, VUT Brno, 2009, Bakalářská práce, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, vedoucí práce doc. Ing. Marek Štroner, Ph.D.
- [14] Aubrecht I., Robotika a robotizované pracoviště, Univerzita Pardubice, 2009, Bakalářská práce, Fakulta dopravní, Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě, vedoucí práce doc. Ing. Daniel Fuchs.
- [15] KR AGILUS | KUKA AG. *industrial intelligence 4.0_beyond automation* | KUKA AG [online]. Copyright © KUKA AG 2019 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/pr%C5%AFmyslov%C3%A9-roboty/kr-agilus>
- [16] *Průmysl 4.0 - Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

9. Seznam obrázků a tabulek:

Obrázek č. 1 Rozdělení průmyslových robotů a manipulátorů [11]	12
Obrázek č. 2 Jednoúčelový gripper [14]	14
Obrázek č. 3 Univerzální gripper – 4 prstá ruka Schunk [14]	14
Obrázek č. 4 Magnetický gripper [11]	15
Obrázek č. 5 Podtlakový gripper [11]	15
Obrázek č. 6 Výrobní závod Habartov [1]	16
Obrázek č. 7 Mateřský závod Peiting [1]	16
Obrázek č. 8 Tcom press [1]	17
Obrázek č. 9 Produktové portfolio: Colibri 440pol. a VarPol 3 až 96pol. [1]	17
Obrázek č. 10 CAD model dílu – vrchní a spodní pohled [2]	18
Obrázek č. 11 kompletní senzor [3]	18
Obrázek č. 12 Rozstřel senzoru [3]	18
Obrázek č. 13 – Blokové schéma zapojení ve vozidle s vyznačením druhu sběrnice [3]	19
Obrázek č. 14 Dešťový senzor – suché sklo [3]	19
Obrázek č. 15 Dešťový senzor – mokré sklo [3]	19
Obrázek č. 16 Ambient senzor – všesměrový snímač intenzity osvětlení [3]	20
Obrázek č. 17 Front-end senzor – snímač intenzity osvětlení před vozidlem [3]	20
Obrázek č. 18 Detailní pohled shora na měřicí místo a datumovku bez měřeného dílu [2]	20
Obrázek č. 19 Detailní pohled shora na měřicí místo s měřeným dílem [2]	20
Obrázek č. 20 Otvor a sběrné místo vadných dílů [2]	20
Obrázek č. 21 Blistr na 40 dílů [2]	20
Obrázek č. 22 Čelní pohled na kontrolní automat z pohledu obsluhy [2]	21
Obrázek č. 23 Layout pracoviště - vstup [2]	22
Obrázek č. 24 Layout pracoviště - výstup [2]	22
Obrázek č. 25 Operace 1 a zároveň 5 a vlevo mimo obraz i 10 [2]	23
Obrázek č. 26 Operace 2 a zároveň 6 [2]	23
Obrázek č. 27 Operace 3 a zároveň 8 [2]	23
Obrázek č. 28 Operace 4 a zároveň 9 [2]	23
Obrázek č. 29 CAD návrh kolejnic vstupního zásobníku (pro 2ks) [vlastní]	26
Obrázek č. 30 CAD návrh tvaru vstupního zásobníku (pro 4 ks) [vlastní]	26
Obrázek č. 31 CAD návrh tvaru vstupního zásobníku pro robotickou ruku (pro 4 ks) [vlastní]	27
Obrázek č. 32 CAD návrh otočného zásobníku poloha pro vkládání dílů gripperu (pro 4 ks) [vlastní]	27
Obrázek č. 33 CAD návrh otočného zásobníku poloha pro přesun dílů ke stroji (pro 4 ks) [vlastní]	27
Obrázek č. 34 CAD model balíčky pro RLS4 [2]	29
Obrázek č. 35 Zásobování blistry - layout 1 [vlastní]	30
Obrázek č. 36 Zásobování blistry - layout 2 [vlastní]	30
Obrázek č. 37 Základní vlastnosti robotické ruky Kuka KR Agilus-2 [15]	31
Obrázek č. 38 Dosah (pracovní obálka) robotické ruky Kuka KR Agilus-2 [15]	32
Obrázek č. 39 Layout pracoviště s robotickou rukou [vlastní]	33

Seznam tabulek	strana
Tabulka č. 1 Zásobování pracoviště - vstup [2]	22
Tabulka č. 2 Zásobování pracoviště - výstup [2]	22
Tabulka č. 3 Časová analýza pracoviště [vlastní]	23
Tabulka č. 4 Odhad nových časů pracoviště [vlastní]	34

10. Použitý software:

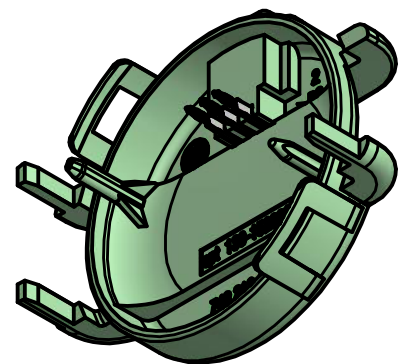
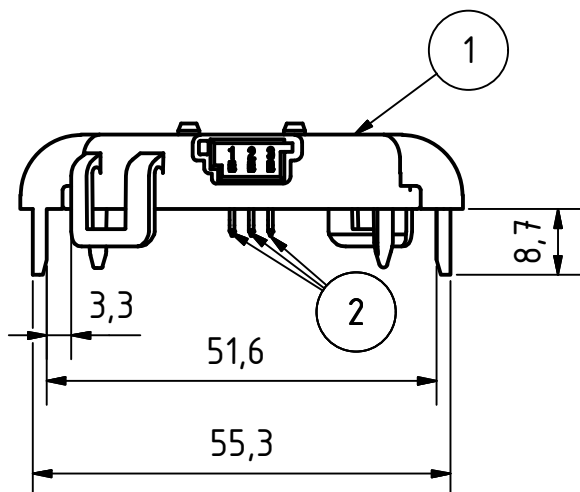
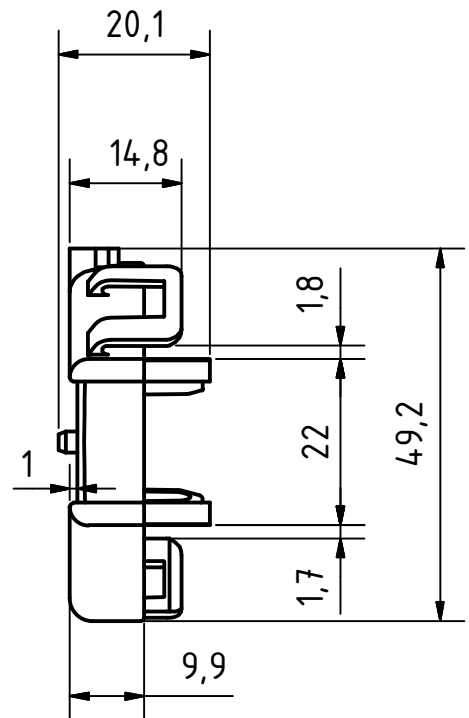
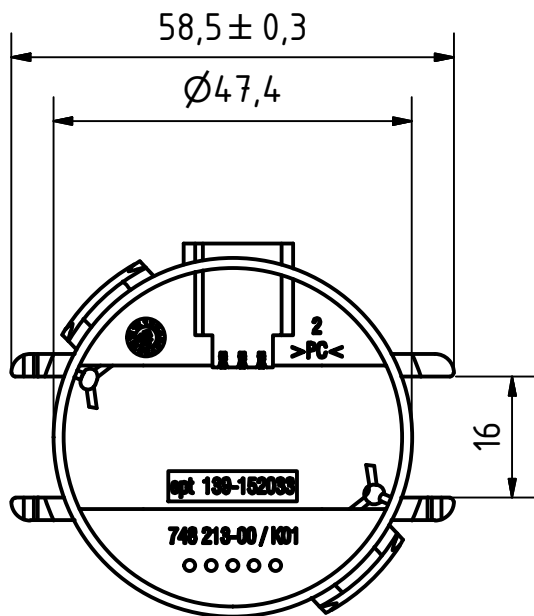
Microsoft Office 2016 pro
Autodesk Inventor professional 2018
Free PDF Join 4.12


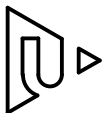
11. Vevázané přílohy

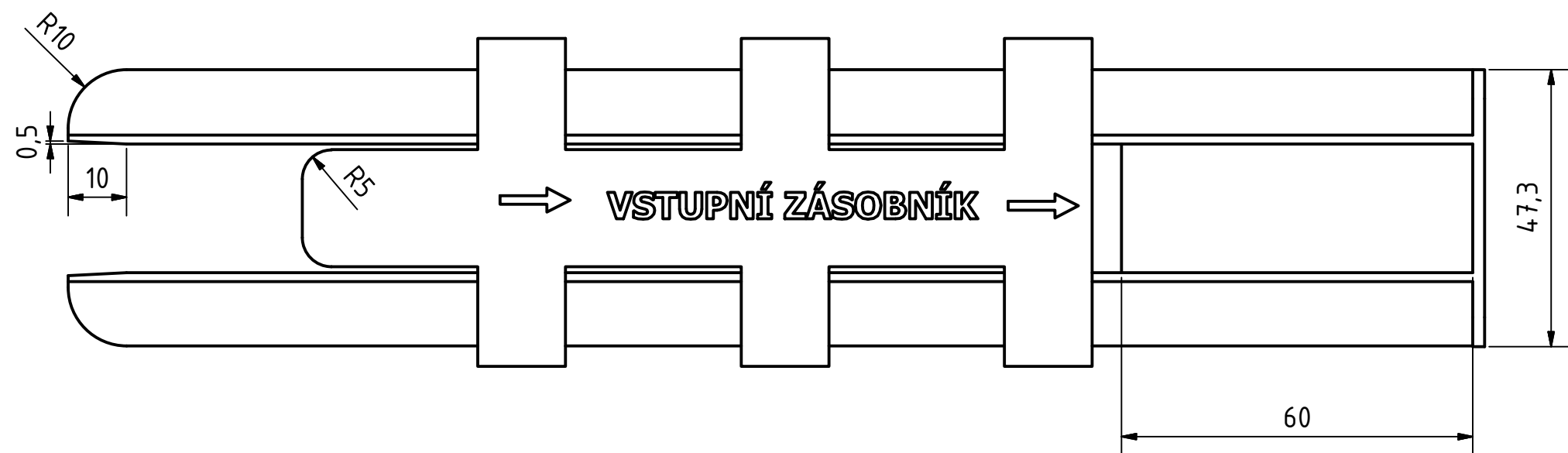
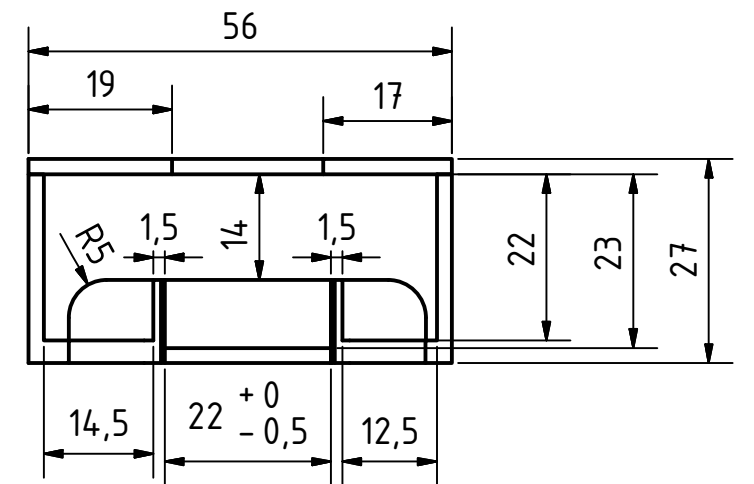
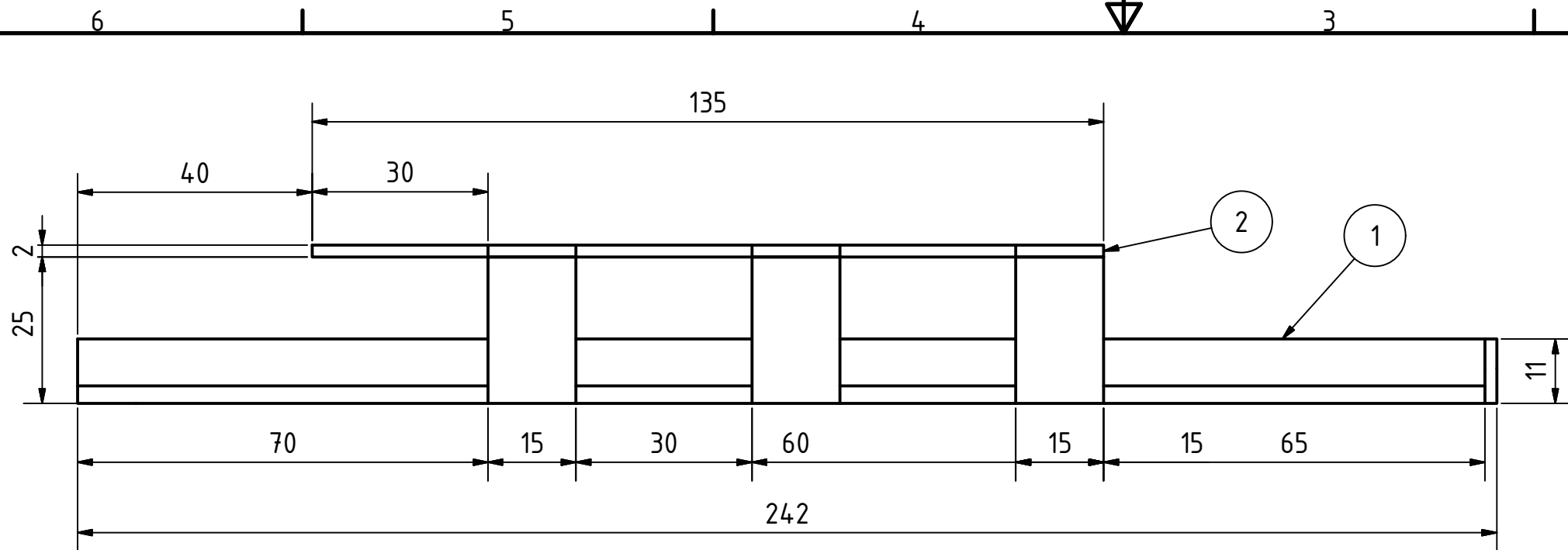
Příloha č. 1 – A4 výkres sestavy dílu – plastový izolátor s kontakty pro RLS3

Příloha č. 2 – A3 výkres sestavy vstupního zásobníku pro robotickou ruku

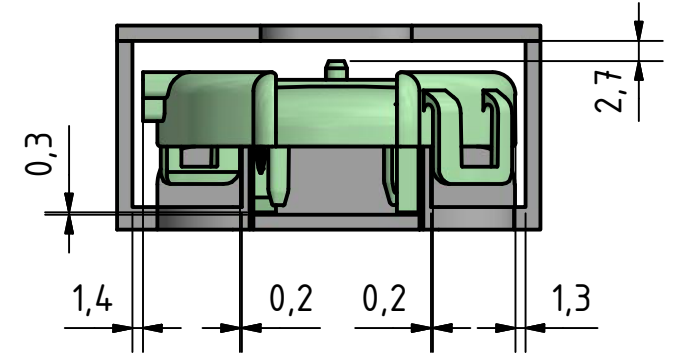
Příloha č. 3 – A3 výkres sestavy vstupního otočného zásobníku



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	139-152033-SWP_D-Codierung	Plastový izolátor
2	3	139-X2XX04X-SWP Einzelteil	Pin kontaktu
Měřítko	1:1	Hmotnost (kg)	Promítání 
			Formát A4
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Mgr. Martin Fazekaš	
	Datum	18.5.2019	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil		
	Datum		
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY	
		Název	Plastový izolátor s kontakty pro RLS3
		Číslo dokumentu	139-6X1033-SWA

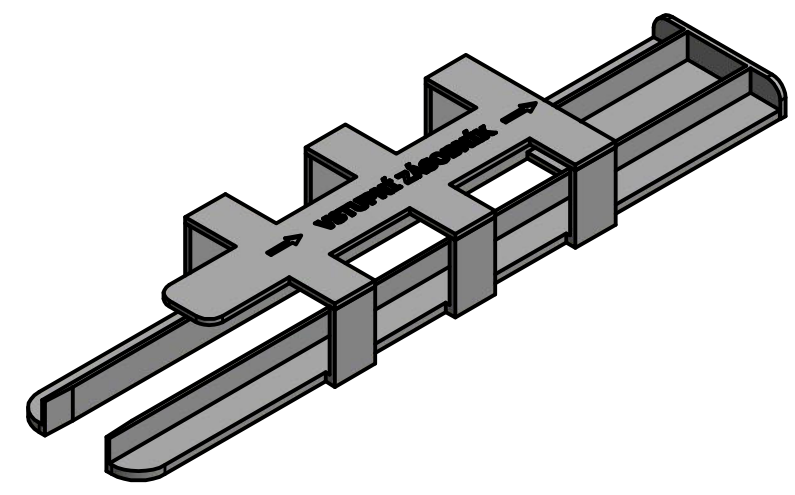
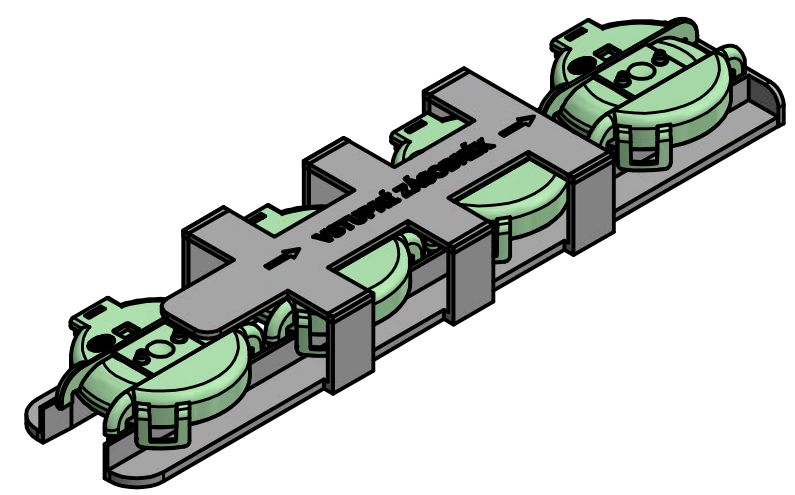


POHLED S DÍLEM

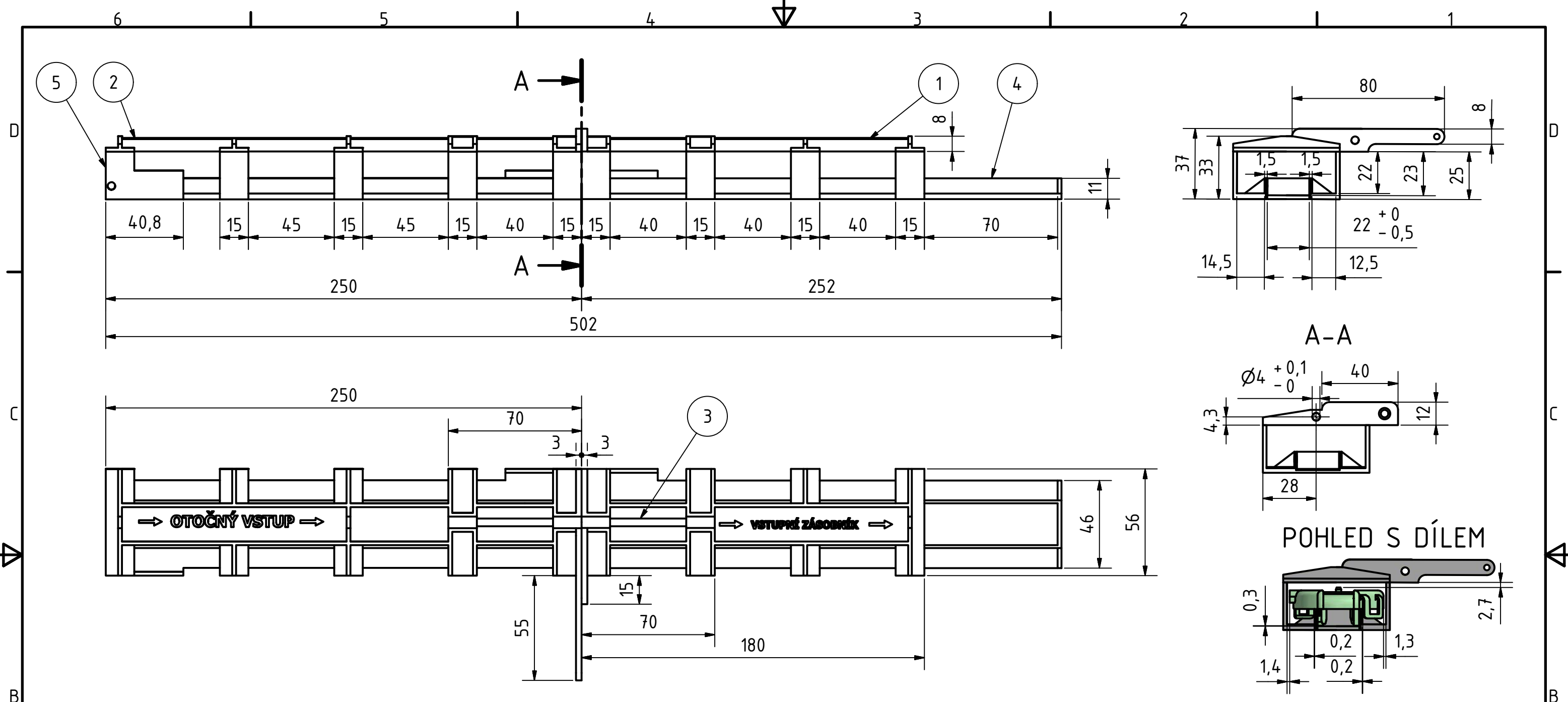


POHLED SE 4 DÍLY (1 : 2)

PRÁZDNÝ (1 : 2)

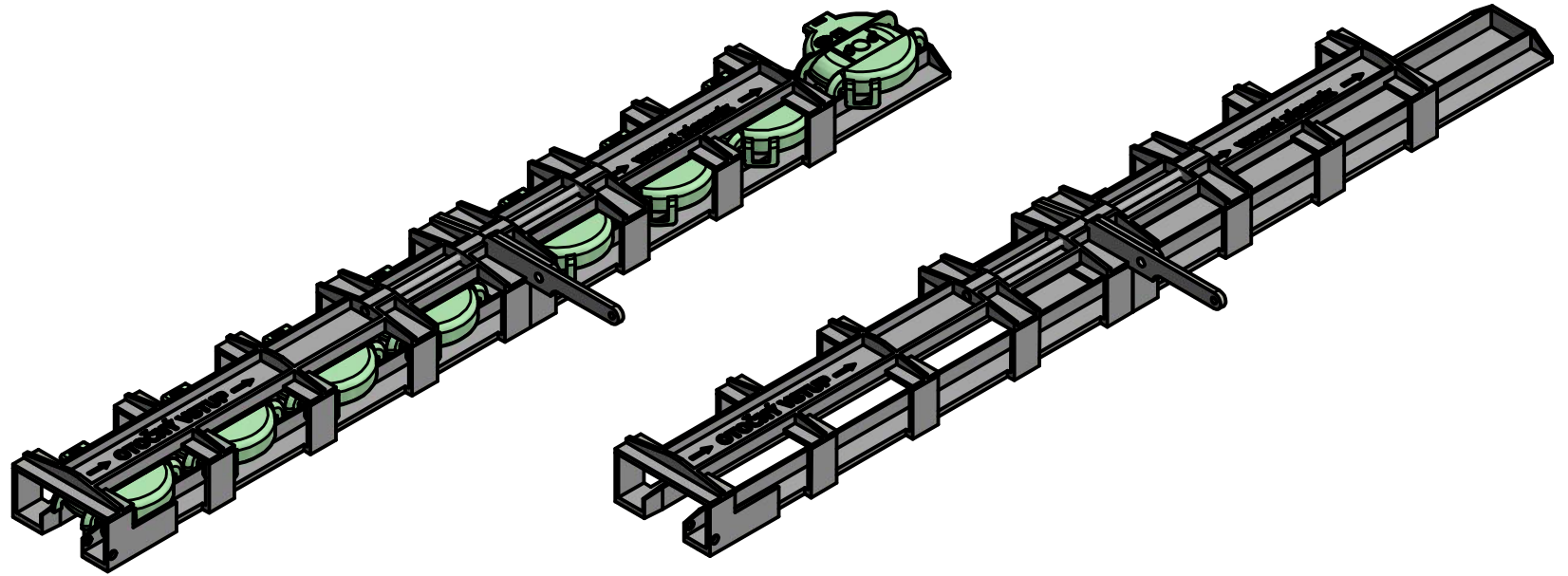


KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	POPIS	NÁZEV SOUBORU
1	1	podstava zásobníku pro 4 ks	podstava pro vstup i výstup.ipt
2	1	vrchní krytka zásobníku s textem	vrchní krytka vstup.ipt
Měřítko	1:1	Hmotnost (kg)	Promítání
		Kreslil	Mgr. Martin Fazekaš
		Datum	18.5.2019
		Schválil	
		Datum	
KKS		Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY
Název Vstupní zásobník pro robotickou ruku			Formát A3
Číslo dokumentu 139-6X1033-NEU1			



POHLED S 8 DÍLY (1 : 3)

PRÁZDNÝ (1 : 3)



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	POPIS	NÁZEV SOUBORU
1	1	vrchní kryt vstupního zásobníku	vrchní krytka vstup k otočné.ipt
2	1	vrchní kryt otočného vstupu	vrchní krytka otočná vstup.ipt
3	1	ocelová kulatina průměr 4 mm	osa.ipt
4	1	vstupní zásobník pro 4 ks	podstava vstup k otočné.ipt
5	1	otočný vstup pro 4 ks	podstava otočná vstup.ipt

Měřítko	1:2	Hmotnost (kg)	Promítání	Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Mgr. Martin Fazekaš		Název	
	Datum	18.5.2019		Vstupní zásobník otočný	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu	
	Datum			139-6X1033-NEU2	
Druh dokumentu			VÝKRES SESTAVY		List 3 Listů 3