

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: Průmyslové inženýrství a management
N0715A270012

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh automatizovaného plazmovacího pracoviště

Autor: **Bc. Monika MILATOVÁ**

Vedoucí práce: **Ing. Tomáš BROUM, Ph.D.**

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika MILATOVÁ**
Osobní číslo: **S19N0144P**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Návrh automatizovaného plazmovacího pracoviště**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Výroba a doprovodné logistické procesy
2. Automatizace výroby
3. Analýza současného stavu
4. Návrh pracoviště
5. Závěr a vyhodnocení

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0 výkresů**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
2. TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby: od operačního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
3. CHLEBNÝ, Jan a kol. *Automatizace a automatizační technika: Prostředky automatizační techniky*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3747-5.
4. BUREŠ, Marek. *Toorba a optimalizace pracoviště*, ebook. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Broum, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Miroslav Vomáčka**
Shape Corp. Czech Republic, s.r.o. , Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **21. září 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Broumovi, Ph.D. za cenné rady, důležité informace, pomoc a vedení při vytváření této práce. Zároveň děkuji konzultantovi Ing. Miroslavu Vomáčkovi, IWE a zaměstnancům ze společnosti Shape Corp. za pravidelné konzultace a předání cenných rad v oblasti automatizace, robotizace a procesu řezání plazmou. V neposlední řadě děkuji své rodině, blízkým a kamarádům za to, že mi byli oporou při psaní této diplomové práce a během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Milatová	Jméno Monika	
STUDIJNÍ OBOR	N0715A270012 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Broum, Ph.D.	Jméno Tomáš	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh automatizovaného robotického pracoviště		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	97	TEXTOVÁ ČÁST	81	GRAFICKÁ ČÁST	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce se zaměřuje na vytvoření návrhu automatizovaného robotického plazmovacího pracoviště pro společnost Shape Corp.. Pracoviště bude využito pro řezání otvorů na ocelových náraznících do aut. Obsahem této práce je teoretická část zaměřena na výrobu, logistiku, automatizaci a robotizaci. Praktická část se zabývá analýzou současného stavu, řešením kritických bodů návrhu, popisem návrhu nového pracoviště, vytvoření 2D a 3D vizualizace, technicko-ekonomickým hodnocením a celkovým zhodnocením přínosů pracoviště.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Výroba, logistika, automatizace, robotizace, plazma, řezání, návrh, pracoviště</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Milatová	Name Monika	
FIELD OF STUDY	N0715A270012 „Department of Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Broum, Ph.D.	Name Tomáš	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of automated plasma workplace		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2021
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	97	TEXT PART	81	GRAPHICAL PART	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This diploma thesis is focused on designing an automated robotic plasma workplace for the company Shape Corp.. The workplace will be used to cut holes in steel car bumpers. The content of this thesis is the theoretical part which focuses on production, logistics, automatization and robotization. The practical part follows up with the analysis of the current state, solving critical points of the design, description of creating a new workplace, making of 2D and 3D visualization, technical-economical evaluation, and overall evaluation of workplace benefits.
KEY WORDS	Production, logistics, automation, robotics, plasma, cutting, design, workplace

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam zkratk	11
Úvod.....	12
1 Výroba	13
1.1 Typy výroby	13
1.2 Výrobní proces	14
1.3 Výrobní systém	15
1.4 Výrobní technologie	16
1.5 Zhodnocení první kapitoly	16
2 Logistika	18
2.1 Členění logistiky	18
2.2 Zásoby	19
2.3 Zásobování výroby	20
2.4 Tok materiálu	23
2.5 Prvky logistického systému.....	24
2.6 Skladování	31
2.7 Zhodnocení druhé kapitoly.....	31
3 Automatizace	33
3.1 Typy a stupně automatizace	33
3.2 Industry 4.0.....	34
3.3 Robotizace	35
3.4 Zhodnocení třetí kapitoly	38
4 Analýza současného stavu	40
4.1 Charakteristika společnosti Shape Corp.....	40
4.2 Analýza současného stavu plazmovacího pracoviště.....	42
4.3 Zhodnocení čtvrté kapitoly.....	52
5 Návrh automatizovaného plazmovacího pracoviště	54
5.1 Specifikace požadavků	54
5.2 Posouzení vhodnosti pracoviště plazmování pro robotizaci	54
5.3 Dodavatel	55
5.4 Návrh pracoviště-řešení kritických bodů	58
5.5 Nabídka a dodané podklady od dodavatele.....	73
5.6 Návrh pracoviště	76
5.7 Zhodnocení páté kapitoly	84
6 Technicko-ekonomické vyhodnocení.....	85

6.1	Technické hodnocení.....	85
6.2	Ekonomické vyhodnocení	88
6.3	Zhodnocení přínosů nového pracoviště.....	90
Závěr		92

Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Výrobní Proces (Zdroj vlastní).....	15
Obr. 2.1 - Válečkový dopravník [10].....	21
Obr. 2.2 - Zásobník [11]	22
Obr. 2.3 - Regál [12].....	22
Obr. 2.4 - Skluz [13]	22
Obr. 2.5 - Regálový zakladač [16].....	25
Obr. 2.6 - Vysokozdvihný vozík elektrický [17]	25
Obr. 2.7 - Vysokozdvihný vozík se spalovacím motorem [18]	25
Obr. 2.8 - Vysokozdvihný vozík ručně ovládaný [19].....	26
Obr. 2.9 - Ruční nízkozdvihný vozík (Paletový) [20].....	26
Obr. 2.10 - Elektrický nízkozdvihný vozík [21]	26
Obr. 2.11 - Logistický vláček [24].....	27
Obr. 2.12 - Bedna [25]	27
Obr. 2.13 - Přepravky [26].....	28
Obr. 2.14 - Paleta plastová [27]	28
Obr. 2.15 - Paleta dřevěná [28].....	28
Obr. 2.16 - Roltejner [29]	29
Obr. 2.17 - Přepravník [30].....	29
Obr. 2.18 - Stojan na díly [31]	30
Obr. 2.19 - Kontejner [32]	30
Obr. 2.20 - Klec (Zdroj vlastní)	31
Obr. 3.1 - Typy robotických zařízení (Upraveno dle [35]).....	36
Obr. 3.2 - Víceúčelový průmyslový robot [43]	36
Obr. 3.3 - Kolaborativní robot [45].....	38
Obr. 4.1 - Cross-sekce Monoleg nárazníku (Zdroj vlastní)	40
Obr. 4.2 - Nárazníky Shape Corp. (Upraveno) [47]	41
Obr. 4.3 - Deformační prvek nárazníku (Zdroj vlastní).....	42
Obr. 4.4 - Ocelový nárazník (Zdroj vlastní)	42
Obr. 4.5 - Nárazník zepředu (Zdroj vlastní)	42
Obr. 4.6 - Nárazník zezadu (Zdroj vlastní)	43
Obr. 4.7 - Plazmovací pracoviště WELD003 (Zdroj vlastní)	43
Obr. 4.8 - Bližší pohled na přípravek (Zdroj vlastní)	44
Obr. 4.9 - Schéma pracoviště zachycující ideální pohyb pracovníků (Zdroj vlastní) ...	45
Obr. 4.10 - Spaghetti diagram-1 operátor (Zdroj vlastní).....	46
Obr. 4.11 - Spaghetti diagram-2 operátoři, 1 brusič (Zdroj vlastní).....	47

Obr. 4.12 - Zjednodušená mapa toku hodnot (Zdroj vlastní)	49
Obr. 4.13 - Kontejner se vstupním materiálem (Zdroj vlastní)	50
Obr. 4.14 - Kontejner na kolečkách (Zdroj vlastní).....	50
Obr. 5.1 - Schéma toku materiálu (Zdroj Shape Corp.-upraveno)	57
Obr. 5.2 - Fanuc M-710iC/50 [55].....	60
Obr. 5.3 - Způsob uložení dílů v kontejneru (Zdroj vlastní).....	61
Obr. 5.4 - Model kontejneru (Zdroj vlastní)	61
Obr. 5.5 - Magnetický efektor SCHUNK GSW-M [49].....	62
Obr. 5.6 - Paralelní efektor PGN+P 200-2 [50].....	62
Obr. 5.7 - Poziční tolerance otvoru (Zdroj vlastní).....	64
Obr. 5.8 - Možnosti umístění otvoru v rámci tolerančního pole (Zdroj vlastní)	64
Obr. 5.9 - Datumová struktura otvorů včetně příslušných kónických kolíků (Zdroj vlastní)	65
Obr. 5.10 - Datumová struktura dílu (Zdroj vlastní).....	65
Obr. 5.11 - Díl ustavený v přípravku (Zdroj vlastní).....	66
Obr. 5.12 - Natočení dílu vůči plazmovému hořáku (Zdroj vlastní)	66
Obr. 5.13 - Zákaznický kontejner (Zdroj vlastní).....	67
Obr. 5.14 - Interní kontejner (Zdroj vlastní).....	68
Obr. 5.15 - Způsob uložení dílů v zákaznickém kontejneru (Zdroj vlastní).....	68
Obr. 5.16 - Příklad odřezku (Zdroj vlastní)	69
Obr. 5.17 - Červená bedna na odřezky [51].....	69
Obr. 5.18 - Model odřezku s kótami (Zdroj vlastní).....	70
Obr. 5.19 - Vidlicový snímač WFL [52]	73
Obr. 5.20 - Svařovací plenta [53]	73
Obr. 5.21 - 3D vizualizace od dodavatele (Zdroj ARC-Robotics)	75
Obr. 5.22 - Rozmístění prvků na novém pracovišti-bedna na odřezky (Zdroj vlastní) .	77
Obr. 5.23 - Rozmístění prvků na novém pracovišti-Automatický dopravník (Zdroj vlastní)	78
Obr. 5.24 - 3D návrh pracoviště-bedna na odřezky-1. pohled (Zdroj vlastní)	79
Obr. 5.25 - 3D návrh pracoviště-bedna na odřezky-2. pohled (Zdroj vlastní)	79
Obr. 5.26 - 3D návrh pracoviště-automatický dopravník-1. pohled (Zdroj vlastní).....	80
Obr. 5.27 - 3D návrh pracoviště-automatický dopravník-2. pohled (Zdroj vlastní).....	81
Obr. 5.28 - Detail automatického dopravníku (Zdroj vlastní).....	81
Obr. 5.29 - Zobrazení svařovacího závěsu na plotu (Zdroj vlastní)	82
Obr. 5.30 - Tok materiálu na novém pracovišti (Zdroj vlastní).....	83

Seznam tabulek

Tabulka 4.2 - Změřené časy cyklu.....	48
Tabulka 4.3 – Technická kritéria hodnocení	52
Tabulka 5.1 - Přehled činností prováděných na pracovišti a jejich možná robotizace ..	55
Tabulka 5.2 - Přehled definovaných požadavků z RFQ	56
Tabulka 5.3 - Upřesněné požadavky na dokumentaci	56
Tabulka 5.4 - Přehled projektů	57
Tabulka 5.5 - Disponibilní čas	58
Tabulka 5.6 - Přehled časů cyklu.....	58
Tabulka 5.7 - Disponibilní čas na výrobu.....	58
Tabulka 5.8 - Parametry robota FANUC.....	59
Tabulka 5.9 - Koncepce nástroje robotů.....	62
Tabulka 5.10 - Způsob uchopení dílu	63
Tabulka 5.11 - Ustavení dílu v předávacím místě	65
Tabulka 5.12 - Přehled logistických prvků.....	69
Tabulka 5.13 – Způsoby odvodu odřezků	71
Tabulka 5.14 - Kontrola přítomnosti otvorů.....	72
Tabulka 5.15 - Cenová nabídka	74
Tabulka 5.16 - Přehled položek nezahrnutých v cenové nabídce.....	75
Tabulka 5.17 - Seznam položek na novém pracovišti	76
Tabulka 6.1 - Kritéria hodnocení seřazená sestupně dle důležitosti.....	85
Tabulka 6.2 - Párové porovnání kritérií.....	86
Tabulka 6.3 – Výsledné hodnocení variant	87
Tabulka 6.4 – Položky zajišťující společnost Shape Corp.	88
Tabulka 6.5 - Celkové náklady na pořízení nového pracoviště.....	88
Tabulka 6.6 - Přehled nákladů pracoviště.....	89
Tabulka 6.7 - Přehled nákladů pracovišť	89

Seznam zkratk

JIT	Just In Time
QR	Quick Response
VSM	Value Stream Mapping
MFA	Material Flow Analysis
CT	Cycle Time
OEE	Overall Equipment Effectiveness
VZV	Vysokozdvížený vozík
FIFO	Fisrt In Fisrt Out
CIM	Computer-integrated manufacturing
FMS	Flexible Manufacturing Systém
IoS	Internet of Service
IoP	Internet of People
SaaS	System as a Service
CAE	Computer Aided Engineering
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
RFQ	Request For Quote
DPH	Daň z přidané hodnoty

Úvod

Tato diplomová práce pojednává o návrhu automatizovaného robotického plazmovacího pracoviště pro americkou společnost Shape Corp. se sídlem v Plzni na Borských polích. Společnost se zabývá zpracováním oceli, a hlavně výrobou nárazníků do aut, což je jejím hlavním produktem. Nové pracoviště bude sloužit pro řezání otvorů právě na těchto ocelových náraznících, přičemž otvory slouží pro umožnění našroubování tažného oka na auto. Důvodem vytvoření návrhu je zavedení automatizace do výrobního portfolia společnosti a také zefektivnění výroby, odstranění monotónních lidských činností využitím robotů, snížení nákladů na výrobu, zvýšení kvality výrobků a celková optimalizace průběhu procesu.

V současnosti se stále více dostává do popředí automatizace výrobních procesů a jednotlivých operací v průmyslových podnicích. Tento rozvoj produktivity práce a automatizace výrazně změnil vztah mezi zákazníkem a výrobcem, a to převážně ve prospěch zákazníka, kdy dochází k podpoře plnění jeho přání a požadavků a nedochází pouze k výrobě standardních produktů. Také dochází například ke zkracování průběžných dob dodání. Již několik let dochází stále více k nahrazování lidské síly roboty, a to převážně pokud se jedná o jednoduché monotónní činnosti, které zvládne robot rychleji a efektivněji. Jejich výhodou je, že jsou neunavitelní, a tudíž mohou pracovat nepřetržitě a stále stejnou rychlostí, na rozdíl od člověka.

Hlavním požadavkem společnosti je plná automatizace pracoviště, které je schopné provádět celý proces řezání otvorů plazmou na dílech samo, bez lidské pomoci. Člověk zasáhne pouze v případě neočekávané poruchy, nastavení robotů, či plazmového hořáku, údržby a při zásobování pracoviště vstupním materiálem a odvozem hotových dílů. Od nového pracoviště se očekává vyšší produktivita, nižší zmetkovitost, vyšší kvalita a malé požadavky na údržbu, zrychlení času cyklu a eliminace lidského faktoru.

Součástí práce je analýza současného stavu a zjištění případných nedostatků, které bude potřeba eliminovat právě na novém pracovišti. K tomu budou využity metody průmyslového inženýrství, jako je například mapování toku hodnot neboli Value Stream Mapping, Spaghetti diagram pro sledování pohybu materiálu a osob, multikriteriální hodnocení návrhu v porovnání se současným stavem, či REFA pro měření času cyklu a jejich následné vyhodnocení.

Cílem práce je vytvoření 2D návrhu prostorového uspořádání nového plně automatizovaného pracoviště spolu se soupisem veškerých potřebných položek, které bude potřeba pořídit a náklady s tím spojené. Dále bude návrh doplněn jednoduchou 3D vizualizací s veškerými položkami pro lepší představu a znázornění procesu. To vše bude vybráno s ohledem na požadavky od zadavatele. Součástí práce bude také technické hodnocení dle stanovených kritérií spolu s ekonomickým hodnocením dané investice zahrnující výpočet doby návratnosti. Obsahem práce bude také shrnutí výhod a přínosů, které bude mít pracoviště pro společnost. Rozpočet na pracoviště nebyl předem určen, nýbrž tento návrh bude představen společnosti Shape Corp. ke schválení.

1 Výroba

Obecně lze pojem výroba popsat jako proces, při kterém dochází k přeměně (transformaci) vstupů na výstupy a tím samotné vytváření hmotných statků, nebo služeb. Transformace přidává v průběhu ke zdrojům přidanou hodnotu. Jako statky se považují hmotné vyráběné produkty, které uspokojují existující poptávku. Základním předpokladem jsou výrobní činitelé neboli zdroje. Mezi takové zdroje patří například materiál, energie, či informace. Součástí výroby je také pracovní síla v podobě pracovníků, prostředky, jako jsou stroje, zařízení a budovy. Pro každý průmyslový podnik je výroba základem pro naplnění jeho strategie a cílů. Za úspěšnou výrobu se považuje taková, kde výsledná prodejní cena výrobku je vyšší než náklady na transformaci. [1]

1.1 Typy výroby

Výroba se dělí z několika různých hledisek, a to například podle množství vyráběných kusů, počtu nabízených výrobků, četnosti opakování výrobku, či spojitosti výrobního toku a dalších hledisek.

1.1.1 Dělení dle vztahu k odbytu

Zakázková výroba

Základ této výroby tvoří poptávka, což znamená, že se bude vyrábět právě to, co zákazník požaduje. Produkt je specifikován přímo zákazníkem. [1]

Výroba pro trh

Vyrábí se trhem požadované výrobky v dostatečném množství. Na základě analýzy trhu se určí, co se bude vyrábět. Není znám konkrétní zákazník. [1]

1.1.2 Dělení dle spojitosti výrobního procesu

Přerušovaná výroba

Pro strojírenské odvětví s montážními procesy je typická nespojitá (diskrétní) výroba, kdy vzniká produkt na základě kusovníku. V tomto typu výroby lze kdykoliv proces přerušit, bez ohledu na použitou technologii. Pozastavení procesů sebou nese vysoké náklady. Tato výroba je poměrně složitá, jelikož se zde nachází různorodé operace a velký počet produktů, které se vyrábějí současně. [1]

Spojité výroba

Tento druh nepřetržité plynulé výroby je typický pro potravinářský, textilní, hutní či chemický průmysl. Veškeré procesy, které probíhají během výroby nejsou přerušeny. Jedná se o výrobu, která je zaměřená na nízkou cenu výrobku, a velký objem produkce. Tato výroba představuje ideální podmínky pro automatizaci. [1]

1.1.3 Dělení dle množství vstupního materiálu a výstupního produktu

Výroba typu A

Počet druhů materiálu vyráběných komponent značně převyšuje počet finálních výrobků. Jsou zde různé technologické postupy pro různé finální výrobky. Typickým odvětvím je letecký a strojírenský průmysl. [1]

Výroba typu V

Opačný princip výroby typu A je V, kde je malý počet nakupovaných materiálů oproti velkému množství finálních výrobků. Mezi takové obory patří textilní, farmaceutický a ocelářský průmysl. [1]

Výroba typu T

Tento druh výroby představuje omezený počet komponent, ze kterých se skládá finální výrobek. Patří zde výroba spotřebního zboží a elektrotechnika. [1]

1.1.4 Dělení dle počtu vyráběných kusů a rozmanitosti výroby

Kusová

Tato výroba je typická menším množstvím vyráběných kusů, ale zato se mohou vyrábět v mnoha různých variantách. Jedná se o nízkou četnost opakování výrobního procesu. Na základě požadavků zákazníka dojde k výrobě daného specifického výrobku většinou ve vysoké kvalitě, proto je někdy tato výroba nazývána jako zakázková. Plánování a řízení výroby je náročné, stroje a zařízení jsou univerzální a pracovníci musí být kvalifikovaní. [1]

Sériová

Tento typ výroby lze ještě dále rozdělit na malosériovou, středně sériovou a velkosériovou podle počtu vyráběných kusů a rozmanitosti výroby. Jedná se o výrobu určitého množství stejných produktů, které se liší svou konstrukcí a průběhem výroby. Používají se standardizované součástky, které se dají zaměnit. Dochází zde k využití moderních technologií, montážních linek, robotizace a automatizace procesů, kdy se nahrazuje lidská síla roboty. [1]

Druhová

Typ výroby, při které se vyrábí stovky až tisíce druhů výrobků při velkém počtu kusů a mají podobný způsob výroby a konstrukci. Výrobní zařízení jsou specializované a někdy se využívá výrobních linek umístěných do skupin či proudové výroby. Nároky na kvalifikaci pracovníků nejsou vysoké, doba výroby je několik dní a celkové řízení je snadné. [2]

Hromadná

Základem hromadné výroby je produkce jednoho, či pár druhů výrobků, které se vyrábí ve velkém množství, až stovek milionů kusů. Charakteristickými rysy je nepřetržitá výroba, pevný výrobní program, dílna je uspořádaná předmětně a nachází se zde jednoúčelové stroje a linky. Výroba nepodléhá požadavkům zákazníka, ale důležitá je cena, výrobky se málokdy inovují. Průběžná doba výroby je krátká a plánování snadné. Typickým příkladem je výroba šroubů. [1]

1.2 Výrobní proces

Proces je přeměna vstupů na konkrétní výstupy. U výrobního procesu je pak jeho hlavní funkcí tvorba užitkových hodnot, jelikož je rozhodující částí hodnototvorného řetězce a zároveň je hlavní činností daného průmyslového podniku. Mezi tři základní prvky výrobního procesu patří materiál, pracovníci a výrobní zařízení. Mezi činnosti, které patří do procesu se řadí správná formulace vstupních požadavků, transformace vstupů za použití dostupných technologií a zařízení, dosažení požadovaných výstupů, metody řízení procesu, využívání zdrojů a získání zpětné vazby pro následné zlepšování dalších procesů. [2] [3]

Cílem výrobního procesu je vytvoření konkrétního produktu či služby, která bude dále nabízena na trhu a podnik za ní obdrží očekávané výnosy. Důležité je, aby přeměna vstupů na

výstupy probíhala co nejefektivněji při optimálním využití všech zdrojů za nízkých nákladů a za využití vhodných pracovních postupů. [3]

Každý výrobní proces je hodnocen pomocí ukazatelů, které jsou kvantitativním odrazem skutečnosti, ale nejsou s ní absolutně totožné. Slouží pro sledování minulosti a na základě jejího vyhodnocení poté pro plánování budoucího období. Grafické znázornění výrobního procesu je na Obr. 1.1.



Obr. 1.1 - Výrobní Proces (Zdroj vlastní)

V podniku probíhá výrobní proces třemi fázemi. Nejprve se jedná o tzv. před zhotovující fázi, kdy se zajistí veškeré potřebné výrobní prostředky a síly, dále nastává zhotovující fáze, kde dochází k přeměně surovin a materiálu na finální výrobky. Poslední fáze je dohotovující, ve které odchází výrobek z výroby a následují logistické toky v podobě balení, skladování, expedice a následnému odvezení zákazníkovi. [2]

Podnikové procesy se dělí na základní, které vytváří přidanou hodnotu a podpůrné, které slouží pro poskytnutí služby pro základní procesy. Existuje také jiný způsob rozdělení procesů, a to na obchodní, podpůrné, vývojové (existenční) a provozní. [4]

1.3 Výrobní systém

Pod pojmem systém se rozumí uspořádání množiny prvků, které mají dané vlastnosti a existují mezi nimi vazby. Tyto prvky určitým způsobem spolupracují a navzájem se ovlivňují. Změna jednoho prvku se může odrazit na změně celého daného systému, který pak působí na své okolí odlišným způsobem.

Ve výrobním systému se nachází prvky v podobě pracovní síly řídicí, což je management a pracovní síly řízené jimiž jsou operátoři, obsluha, údržba a dále stroje, nástroje a zařízení, pracovní předmět neboli materiál a finální produkt. [2]

Základní vlastnosti, které charakterizují výrobní systém jsou kapacita a elasticita. Kapacita určuje výkon daného systému v určitém časovém úseku neboli představuje maximální rozsah výkonů, které může v daném období kapacitní jednotka podat. Elasticita neboli pružnost výrobního systému určuje, jak snadno reaguje systém na změnu při přechodu na nové pracovní úkoly, nebo při změně objemu dané výroby. [2]

Prostřednictvím výrobního systému se realizuje výrobní proces. Hledá takové cesty, pomocí kterých je řídit, vykonává, organizuje a zjednodušuje. Vytvoření výrobního systému se děje za účelem dosažení strategie a cílů podniku při zajištění požadovaného chování systému. Jedná se o soubor technických prostředků, které obsluhují lidé a jeho řízení je podporováno metodami, principy a postupy pro řízení výrobních systémů. [2]

1.4 Výrobní technologie

Součástí každé výroby jsou výrobní technologie, mezi které patří obrábění, slévání, tváření, svařování, tepelné zpracování, povrchové úpravy, plazmování a další. Je to obor, který se zabývá přípravou a tvorbou výrobních postupů, nebo také věda o technických zákonitostech výrobních procesů. Pojem může také představovat souhrn prostředků potřebných pro danou činnost neboli výrobu produktů, nebo souhrn prostředků dané organizace a její know-how. Určuje základní způsoby výroby produktů. [5]

Pro tuto diplomovou práci je důležitá technologie plazmování, která je popsána v následující kapitole.

1.4.1 Technologie plazmování

Pojem plazma vznikl již v roce 1932, kdy nazval L. Langmuir speciální stav plynů jako čtvrtý stav hmoty. Samotné řezání plazmou vzniklo v 50-tých letech dvacátého století. V současnosti se plazmou řezou kovové i nekovové materiály, které nahrazuje řezání kyslíkem, jelikož má vyšší rychlost řezání a méně tepelně ovlivňuje materiál. [6]

Princip plazmy

Při dělení materiálu se využívá soustředění tepelné energie v místě řezu. Jako zdroj tepla se u plazmování využívá zúženého stabilizovaného elektrického oblouku. Na materiál působí současně tepelný účinek a dynamický účinek plazmatu. V místě řezání dochází k lokálnímu ohřevu materiálu nad tavicí teplotu a za působení ionizovaného plynu o vysoké teplotě v plazmovém hořáku je odstraňován roztavený materiál. [7]

K tomu, aby vznikla plazma je potřeba ionizovat plyn při čemž dochází k uvolnění elektronů z vnějších valenčních orbitů atomů. K úplné ionizaci dochází při teplotách okolo 100 000 K, ale při řezání jsou tyto teploty nižší, jelikož nedojde k úplné ionizaci a část plynu, která není ionizovaná je chladnější a tím stabilizuje plazmový paprsek v ose hořáku, aby nedošlo k doteku plazmy o stěnu trysky. Díky tomu, že mají uvolněné elektrony záporný náboj, dokážou v plazmě vést elektrický proud. Jádro atomu, které je ionizované má kladný náboj, přičemž plazma působí navenek jako elektricky neutrální. Principem řezání je průchod ionizovaného plynu elektrickým obloukem. [6]

Existují typy plazmy jako je vzduchová, kyslíková, plynová a dusíková kombinovaná s vodou.

Řezání plazmou

Samotné řezání plazmou je tavný proces, kdy se materiál roztaví pomocí oblouku vysokoteplotního ionizovaného plynu a je vyfouknutý z řezné mezery díky narůstajícímu tlaku. Výhodou plazmového řezání je vysoká rychlost, kdy se využívá rychlosti proudění plazmy 1500 až 2300 m.s⁻¹. Rychlost řezání je pak závislá na výkonu zdroje, fyzikálních vlastnostech materiálu, jeho tloušťce a druhu. Vysoká teplota umožňuje řezání všech kovových vodivých materiálů o tloušťce až 250 mm. Při řezání tenkých plechů se může rychlost pohybovat okolo 9-12 m.min⁻¹. Velkou výhodou je malé tepelné ovlivnění materiálu. Možnost řezat materiály jako jsou běžné druhy oceli, nerezová ocel, hliník a další. [7]

1.5 Zhodnocení první kapitoly

V první kapitole byla provedena rešerše o průmyslové výrobě, jelikož se diplomová práce zabývá návrhem automatizovaného plazmovacího pracoviště v podniku v odvětví automotive, který vyrábí ocelové nárazníky do aut. Na základě této rešerše budou využity informace v další

části práce. Došlo k popsání výroby jako takové, její rozdělení a členění podle daných kritérií, základní charakteristika jednotlivých druhů a popis technologie výroby. Zaměření bylo hlavně na technologii plazmování. Poté byl vysvětlen pojem výrobní proces a výrobní systém, jednotlivé složky a spojitost mezi nimi. Pro další postup jsou důležité informace o principu průmyslové výroby a transformačním procesu vstupů na výstupy a jeho činitelích, popis sériové, zakázkové a diskrétní výroby, na které se předložená práce bude soustředit. Následující kapitola se bude zabývat logistikou, a to zejména ve vazbě na výrobu.

2 Logistika

Existuje hned několik definic pojmu logistika, které vznikali v průběhu let a byli postupně obměňovány a doplňovány, ale v principu vyjadřují všechny to stejné. Jedná se o vědeckou disciplínu, která se zabývá plánováním, řízením a kontrolou pohybu osob, informací, materiálu a energie v daném systému. Zahrnuje činnosti, které vedou k zajištění, aby bylo na správné místo dodáno správné množství materiálu, v daný čas, v požadované kvalitě a za správnou cenu. Základem je zajistit hladký tok produktu z místa jeho vzniku do místa spotřeby. [4]

Co se týká konkrétně výrobní logistiky, na kterou je předložená práce zaměřena, a která je více popsána v další části práce, pak veškeré činnosti, které zde patří jsou zásobování výroby materiálem, skladování materiálu, řízení zásob, vyskladňování, manipulace s nedokončenými výrobky mezi pracovišti, řízení zásob nedokončených a hotových výrobků a jejich skladování, balení a expedice hotových výrobků k zákazníkovi. Patří zde také zákaznický servis, plánování poptávky, vyřizování objednávek, podpora servisu, náhradních dílů a řešení případných reklamací, nákup a přeprava. [4]

S logistikou je úzce spjatý pojem logistický řetězec. Jedná se o souhrn organizačních jednotek uvnitř, nebo vně podniku, které vykonávají činnosti jako jsou nákup, prodej, přeprava, skladování, třídění, či poskytování marketingových informací za účelem realizovat distribuční tok. Každá taková jednotka se stává jedním článkem celého řetězce. Jedná se o princip dynamického propojení trhu spotřeby s trhy zdrojů z hmotného i nehmotného hlediska. Vychází z poptávky od zákazníka s cílem naplnění všech jeho požadavků jakožto konečného článku řetězce. [8]

Logistický řetězec je tak silný, jako jeho nejslabší článek, proto je důležité zajistit základní cíle hospodářské logistiky, jimiž jsou zajištění plynulého zásobování materiálem a nakupovanými komponenty stejně tak provozními a energetickými materiály. S tím souvisí řízení výrobního procesu, aby byl plynulý a veškerá manipulace s materiálem v souladu s prostorovým a časovým rozvržením při hospodárné spotřebě zdrojů. V neposlední řadě je potřebné vhodné zajištění dodání výrobků zákazníkovi pro uspokojení jeho požadavků. [4]

2.1 Členění logistiky

Z hlediska procesního pohledu řízení podniku lze logistiku rozčlenit na hospodářskou, kam patří makrologistika zabývající se logistikou celého hospodářství, mikrologistika řešící interní logistické procesy a činnosti v rámci jednoho podniku a metalogistika, která obstarává odběratelsko-dodavatelské vztahy. [4]

Druhým typem je podniková logistika, která se člení následujícím způsobem:

Zásobovací

Zabývá se nákupem materiálů, polotovarů a režijních materiálů a zároveň řeší jejich skladování a dodávání na jednotlivá výrobní pracoviště. Dále realizuje zakázky, poptávky a obchodní případy. [2]

Výrobní

Výrobní logistika řeší optimální způsob toku materiálu výrobou od polotovaru přes proces zpracování až po finální výrobek, který je zaskladněn. Také se zabývá manipulačními systémy a využitím prostoru a pracovních podmínek. [2]

Distribuční

Logistika distribuce zahrnuje oblast po dokončení hotového výrobku, který je zaskladněn. Následně řeší způsob balení dílů a jejich kompletaci, vychystání zboží k expedici a dopravy k zákazníkovi. [2]

Reverzní

Zpětná logistika je součástí zákaznického servisu, kdy se zabývá zpětným tokem použitých výrobků, jejich obalů a také reklamovanými produkty. Také se zaměřuje na odpady a jejich odvoz a řeší otázku vlivu logistiky a dopravy na životní prostředí. [2]

S logistikou je neodmyslitelně spjata problematika zásob, která je popsána dále.

2.2 Zásoby

Jedná se o velice významnou součást podniku, která zahrnuje nakupované zásoby od dodavatelů a produkty vyrobené vlastní činností podniku. Zásoby podniku tvoří více než 20 % celkového jmění tudíž na sebe váží kapitál. Proto je cílem každého podniku udržovat zásoby co nejnižší. Jedná se o tu část užitných hodnot, která nebyla spotřebována. V podniku se udržují zásoby z důvodu vyrovnání nabídky a poptávky, krytí nepředvídaných situací, slouží i jako tzv. buffer v rámci celého logistického řetězce. [4]

2.2.1 Rozdělení zásob

Jednotlivé druhy zásob mají svůj účel, za kterým jsou v podniku udržovány. Podle toho se dělí do kategorií. Jedním z možných způsobů rozdělení zásob je na následující zásoby: zásoba běžná, pojistná, maximální, minimální, technologická, havarijní a objednávací. [4] Pro další práci je však důležitější následující dělení, které je více popsáno:

Materiál

Zde se řadí veškeré suroviny, které jsou vstupy výrobního procesu a zároveň jsou součástí finálního výrobku. Jedná se o pomocný materiál, náhradní díly, obaly a veškeré položky, co umožňují realizovat výrobní proces. [4]

Nedokončená výroba

Jedná se o již zpracovaný materiál, který ale nelze považovat za hotový výrobek, jelikož je to tzv. mezistupeň mezi těmito dvěma fázemi. [4]

Výrobky

Jakmile je výrobek dokončen a již odchází z výrobního procesu, dá se považovat za finální výrobek. Je to konečná fáze materiálu prošlém transformací, který je určený k prodeji. [4]

Zboží

Pokud jsou produkty zakoupené podnikem, ale nedojde u nich k žádné změně či opravování, jedná se o zboží a je určené k následnému prodeji v nezměněném stavu. [4]

2.2.2 Řízení zásob

Cílem řízení zásob je určení a zajištění plynulého toku a pohybu zásob výrobou, tím zajistit nepřerušenu výrobu a následný prodej. Zároveň je součástí řízení aktiv podniku, čímž je dlouhodobý a oběžný majetek a je podkladem pro finanční a kapitálové krytí zásob. Na základě analýzy minulého a současného stavu prognózuje budoucí vývoj zásob. [4]

Existují tři strategie řízení zásob:

Pull systém

Tažný systém funguje na principu doplňování zásob v případě potřeby, kdy množství na skladě klesne pod stanovenou minimální mez. Ve výrobě si pracoviště předávají materiál právě v čas potřeby, nebo si o něj jedno pracoviště zažádá, aby byl dovezen ze skladu. Výhodou je okamžité zpracování materiálu, nevytváří se zbytečné zásoby a tím pádem nemusí existovat prostor pro mezisklad. [4]

Push systém

Princip tlaku se řídí podle předem daného časového plánu, kdy se vyrábí dané množství kusů do zásoby nehledě na skutečné poptávky. Zároveň je ve výrobě materiál dodáván z jednoho pracoviště na druhé pod tlakem, což může znamenat, že se materiál začne hromadit, jakmile navazující pracoviště nebude stíhat vyrábět, a to má za následek vytváření zbytečných zásob. [4]

Kombinovaný systém

Spojením výše uvedených systémů vzniká kombinovaný systém, který využívá obou principů, přičemž každý z nich je dobré použít na jinou oblast trhu a v určitém časovém období. Vhodné využití při nutnosti pružné reakce na měnící se prostředí. [4]

Ať už je zvolen jakýkoli ze zmíněných systémů, probíhá pohyb zásob výrobou, a tedy zajištění jejího zásobování. Zásobování výroby je pak předmětem následující podkapitoly.

2.3 Zásobování výroby

Pro zajištění plynulého výrobního procesu je důležité řízení materiálového toku, aby se materiál efektivně dostal z místa vzniku na místo potřeby, mnohdy ze skladu na pracoviště. Jedná se o přepravu materiálů, surovin, polotovarů, hotových výrobků, aj. Při řízení pohybu materiálu se řeší, prostřednictvím čeho bude přemístován, v jakém množství a čase. Spolu s tím jsou plánovány logistické aktivity a poskytování informačních dat. [4] Zásobování pak vychází z následujících principů.

2.3.1 Principy zásobování výroby

Jednotlivé principy zásobování výroby jsou následující:

Just In Time

Metoda JIT, v překladu „právě včas“ představuje způsob řízení výroby tak, že se vyrábí určené množství v daném čase a kvalitě dle požadavků zákazníka. Eliminují se tím nadbytečné zásoby jak v nedokončené výrobě, tak ve finálních výrobcích a zároveň se tím sníží kapitál, který je v nich vázaný. Hlavními podmínkami je vyrobit napoprvé dobrý kus v požadované kvalitě ve správný čas, tudíž musí být zajištěn správný a včasný přísun materiálu a komponent na pracoviště dle operativního plánu, aby se snížily zásoby. Materiál je dodáván v malém množství, ale často. [4]

Kanban

Známý japonský systém Kanban fungující na systému tahu představuje rozdělení pracovišť výroby na tzv. zákazníky a dodavatele, kdy na základě požadavku od zákazníka dostane dodavatel pokyn dodat potřebné množství daného materiálu na určené pracoviště v konkrétním čase. Každé pracoviště je jak dodavatelem, tak zákazníkem, jelikož od jednoho pracoviště bere polotovary, suroviny a do dalšího sám dodává rozdělané výrobky. Stejným principem funguje

Kanban i u externích zákazníků, či dodavatelů společnosti, kteří zásobují podnik materiály a komponenty. Řízení logistického procesu probíhá na základě oběhu kanbanových karet. Tyto karty určují objednávky pro jednotlivá pracoviště, což zajistí výrobu pouze toho, co je potřeba a přesné množství. V dnešní moderní době jsou tyto fyzické karty nahrazovány například QR kódy a čárovými kódy, které se načtou pomocí čtečky do informačního systému a obsahují veškeré potřebné informace. [4]

Milkrun

Metoda vychází z původního principu vyzvedávání prázdných sklenic od mléka na zápraží domů v Anglii a vyměnění za plné, vždy ve stejný čas každý den. Díky tomu, že lidé věděli přesně, kdy auto přijede, mohli s tím dopředu počítat a prázdné sklenice připravit. Stejně tak funguje zásobování výroby, kdy jezdí podle stanoveného jízdního řádu vláček, který z určených pracovišť vyzvedne prázdné boxy a doplní vstupními komponenty. Jezdí tak s přesně danými zastávkami a co nejefektivnější trasou. Jde ruku v ruce s metodou Kanban. Hlavním úkolem je cyklické zásobování výroby materiálem. [4]

2.3.2 Prostředky zásobování pracoviště

Při dovezení materiálu skladníkem na pracoviště je důležité, aby bylo efektivně dostupné buďto operátorovi, který s materiálem následně pracuje a zakládá ho do stroje, nebo aby si ho v případě automatizovaného pracoviště robotická ruka mohla brát sama. K umístění a podávání materiálu slouží různé prostředky jako jsou dopravníky, podavače, zásobníky, regály, či skluzy, které zajistí, že bude materiál snadno dostupný. Tyto prostředky jsou pak podrobněji popsány dále.

Dopravníky

Zařízení, které slouží pro nepřetržitý pohyb materiálu, obvykle kusového zboží, sypkého, či jednotlivých manipulačních jednotek. Je možná vzájemná kombinace několika dopravníků různých druhů, které jsou doplněny o další mechanické segmenty a tím se vytvoří celý systém. Vyrábí se paletové dopravníky, pásové, válečkové, destičkové, či řetězové akumulární. (viz Obr. 2.1) [9]



Obr. 2.1 - Válečkový dopravník [10]

Zásobníky

Pro uložení drobnějšího, či sypkého materiálu slouží zásobníky, do kterých se vše nasype volně bez nějakého uspořádání a člověk si z nich poté odebírá kusy, nebo je materiál dávkován automaticky. Vyrábí se z plastu, hliníku, či jiného kovu pro zvýšení odolnosti a mají různý tvar. Některé zásobníky jsou tvaru trychtýře pro snadnější doplňování materiálu shora a jednoduchého dávkování dle potřeby na dolní straně. (viz Obr. 2.2)



Obr. 2.2 - Zásobník [11]

Regály

Policové regály slouží k uložení materiálu a beden do několika výškových úrovní dle velikosti daného zařízení. Vyrábí se celokovové, nebo v kombinaci se dřevem. Mohou být na pevno, nebo s kolečky pro jejich snadné přemístění. Police jsou rovné, či nakloněné pro snazší vyndání materiálu z bedýnek a z ergonomického hlediska. (viz Obr. 2.3)



Obr. 2.3 - Regál [12]

Skluzy

Modulární skluzy z hliníku jsou jednoduché konstrukce, které slouží pro ukládání beden s materiálem. Díky nakloněné rovině s válečky se bedny snadno sklouznou na místo odkud se materiál odebírá pro další použití. Z jedné strany skluzu je vstup a na konci výstup tudíž se může pracoviště zásobovat zvenku, aniž by byla přerušena výroba. (viz Obr. 2.4)



Obr. 2.4 - Skluz [13]

2.4 Tok materiálu

Při vykonávání výrobního procesu dochází k manipulaci s materiálem, proto je velice důležité zajistit jeho efektivní řízený tok výrobou. Materiálový tok je řízený pohyb materiálu, surovin, polotovarů, náhradních dílů, rozpracované výroby, či hotových výrobků, který je určený směrem, frekvencí, délkou, výkonem, intenzitou, strukturou, vlastnostmi přepravovaného materiálu a manipulační technikou. Ovlivňuje ho především layout, což představuje rozmístění pracovních jednotek, uspořádání výrobních zařízení, dále pak budov, skladů a strojů. Jde o uspořádaný pohyb materiálu od místa vzniku surovinových zdrojů přes jeho zpracování, zhodnocení, skladování, exportu a dodání hotového výrobku zákazníkovi. [14] [2]

Sledování interního toku materiálu se považuje od momentu vyložení na území firmy, přes jeho skladování, použití při samotné výrobě v operacích, meziskladech a ve finále skladech hotových výrobků a následné expedici zákazníkovi. Zohledňuje se také odpad, který doprovází daný materiál (balení, odřezky). Důležitý je také informační tok, spojený s řízením, plánováním a organizací logistických procesů. [2]

S tokem materiálu je úzce spojena jeho analýza, která mimo jiné využívá layoutu pracoviště, což je uvedeno v následujících podkapitolách stejně tak jako mapování toku hodnot, jinak zvané Value Stream Mapping.

2.4.1 Analýza materiálového toku

Metoda MFA z anglického *Material Flow Analysis*, představuje způsob zkoumání materiálového toku, kdy se sledují nejdůležitější přesuny mezi místy vstupu a výstupu materiálu. Dále pak sběr informací o manipulaci s produkty, pohybu, množství a době trvání jednotlivých operací, kterými materiál prochází. Zkoumá se hlavně efektivnost průchodu materiálu etapami výrobního procesu, kdy se odhalují úzká místa za účelem jejich eliminace. [2]

2.4.2 Layout pracoviště

Pro vytvoření optimálního uspořádání pracoviště, které zajistí plynulý, efektivní tok materiálu slouží různé metody a pravidla. Mezi nejznámější patří Sankeyův diagram, I-D diagram, nebo Spaghetti diagram. Pro další využití bude podrobněji rozepsána poslední zmíněná metoda. [4]

Spaghetti diagram

Tento diagram slouží jako grafické znázornění materiálových toků a pohybu pracovníka v předem určeném časovém úseku. Cílem je sledovat a najít zbytečné pohyby a manipulaci, která představuje plýtvání. Na základě toho dojde k optimalizaci procesu a layoutu a tím zvýšení efektivity.

Pro vytvoření diagramu je zapotřebí tužka a papír, na kterém je zobrazeno pracoviště, či celá výroba. Postupuje se tak, že se zvolí proces, který se často opakuje a dojde ke sledování pracovníka, který ho vykonává. Možností je dát pracovníkovi krokoměr pro změření počtu ušlých kroků a následného dopočítání vzdálenosti, kterou nachodil. Záznam probíhá tak, že se vezme počet tužek různé barvy, kdy každá barva představuje buďto jednotlivé pracovníky, nebo různé druhy materiálů a zaznamenává se čarami přesný pohyb z místa na místo. Vizualně lze poté vidět, jakým směrem chodil nejčastěji, jelikož tam bude nejvíce čar. Po sběru dat následuje jejich analýza, kdy se rozeberou pohyby, ušlá vzdálenost, směr trasy, či manipulace s materiálem. Poté dojde k odstranění nadbytečného pohybu a kroků a případná změna layoutu pracoviště se zakreslí do nového návrhu, který bude implementován. Po schválení potřebnými

osobami dojde k realizaci vytvořeného návrhu do praxe a zaškolení pracovníků. Od nich se poté získává zpětná vazba, zda byly změny přínosné a popřípadě, co udělat jinak a lépe pro zvýšení efektivity procesu. [4]

2.4.3 Value Stream Mapping

Metoda zabývající se analýzou a zlepšováním průmyslových procesů, která se zaměřuje na hodnotový tok daného výrobku. Ten představuje řetězec všech činností, které je potřeba vykonat pro splnění požadavků zákazníka. Obsahuje také tok materiálu a informací. Cílem analýzy je zlepšení výchozího stavu hodnotového toku, redukce plýtvání a zvýšení jeho efektivity a výkonnosti. Principem je mapování cesty výrobku všemi jeho procesy od objednání materiálu po dodání finálního výrobku zákazníkovi, kdy se všechny procesy zakreslují do jedné mapy na jednu stránku papíru, který obsahuje odpovídající znaky, symboly a podstatné informace. V takové mapě se většinou vyskytují informace jako je název projektu, číslo dílu, obrázek dílu, názvy pracovišť, jejich označení, doba výroby dané podsestavy, počet kusů, čas cyklu, OEE, počet pracovníků na danou operaci, potřebný materiál s veškerým označením, časový fond, obsah jednoho balení a další potřebné informace. [15]

Následující kapitola se bude zabývat jednotlivými prvky logistického systému, které jsou úzce spjaty se zásobováním výroby.

2.5 Prvky logistického systému

V logistice ať už se jedná o vnitropodnikovou, nebo mezipodnikovou existují dva typy prvků, a to pasivní a aktivní. Obě tyto skupiny zajišťují manipulaci s materiálem a jejich přemístování z místa skladu na pracoviště a zpět, nebo z jednoho pracoviště na druhé. [4]

Pasivní prvky

Takové prvky jsou ty, které jsou přepravované a je s nimi manipulováno. Jedná se o materiál, obaly, přepravní jednotky v podobě krabic, boxů, kontejnerů, dále zde patří odpad a v neposlední řadě informace. Kusy, jednotky, nebo také zásilky jsou skladovatelné, přepravitelné v čase a prostoru. Tento pohyb je zajištěn pomocí aktivních prvků. [4]

Aktivní prvky

Mezi aktivní prvky, které slouží pro zajištění přepravy pasivních prvků patří manipulační a dopravní prostředky. Tyto prvky provádí netechnologické operace, což znamená, že nedochází k změně fyzikální podstaty pasivních prvků, čímž může být změna fyzická, chemická, či změna počtu kusů. Patří zde operace skladování, balení, vytváření manipulačních jednotek a jejich přeprava, kontrola a práce s informacemi. Aktivní prvky se dělí na manipulační prostředky a zařízení, dopravní prostředky a skladovací systémy. [4]

2.5.1 Manipulační prostředky

Při volbě vhodného manipulačního prostředku pro interní logistiku a přepravu materiálu ve výrobě je třeba brát ohled na omezující prvky, mezi které patří typ přepravovaného materiálu, jeho váha, objem, velikost a způsob balení a uložení v přepravních jednotkách, velikost manipulační uličky, samotné uspořádání obsluhovaného pracoviště a rozmístění regálů pro vstupní a výstupní komponenty. Jedná se o technická zařízení sloužící pro přemístování materiálu ve vertikálním i horizontálním směru na krátkou vzdálenost. [4]

Regálové zakladače

Pro sklady jsou určeny regálové zakladače, kde dochází k manipulaci s paletami, bednami, či krabicemi. Výška skladování může být až 40 m, kdy šířka uličky je úzká okolo 1-1,8 m.

Provoz může být automatizovaný, ale v případě ovládní člověkem se zde nachází kabina, která se pohybuje ve vertikálním směru nahoru a dolů. (viz Obr. 2.5) [4]



Obr. 2.5 - Regálový zakladač [16]

Vysokozdvížené vozíky

Jinak také slangově nazývané ještěrka, zdvižka, nebo VZV jsou vysokozdvížené vozíky, které se používají pro přepravu palet, kontejnerů a dalších těžkých a velkých materiálů. Slouží k zaskladňování palet do výšky dle možnosti zdvihu vidlí, nakládání a vykládání zboží do kamionu, či dopravě materiálu na pracoviště. Díky nastavitelné šířce vidlí lze převážet široké množství přepravních jednotek. Existují elektrické, motorové, nebo ručně vedené vozíky s různou nosností až do 40 tun, které mají 3-4 kola a řidič může sedět v kabině buďto čelně, nebo bokem k vidlicím. K těmto vozíkům lze přidat delší vidle. (viz Obr. 2.6, Obr. 2.7, Obr. 2.8) [4]



Obr. 2.6 - Vysokozdvížený vozík elektrický [17]



Obr. 2.7 - Vysokozdvížený vozík se spalovacím motorem [18]



Obr. 2.8 - Vysokozdvihový vozík ručně ovládaný [19]

Nízkozdvihové vozíky

Mezi nízkozdvihové vozíky se řadí i tzv. paletové vozíky, které slouží pro ruční manipulaci s materiálem po hale. Výška zdvihu může být až 1 metr. Vozíky mají nosnost až 3,3 tuny, přičemž se dá zdvih ovládat hydraulicky. Ruční elektrické vozíky jezdí samy při vedení člověkem, a i ovládání zdvihu je elektrické. Existují také nízkozdvihové elektrické vozíky, kdy člověk stojí přímo na vozíku čelem, nebo bokem k vidlím a ovládá ho pomocí řídicích. (viz Obr. 2.9, Obr. 2.10)



Obr. 2.9 - Ruční nízkozdvihový vozík (Paletový) [20]



Obr. 2.10 - Elektrický nízkozdvihový vozík [21]

Automatické vozíky

Již existuje na trhu velké množství automatických vozíků o různé nosnosti a výšce zdvihu, které nepotřebují být ovládané člověkem a zároveň není potřeba vodičích kolejnic v podlaze, či laserových reflektorů. Vozík používá navigační systém, díky kterému jede po stanovené trase a v případě výskytu překážky se zastaví a čeká, dokud nedojde k jejímu odstranění. Lze zajistit

snadnou komunikaci s dalšími zařízeními jako jsou automatická vrata nebo různé dopravníky a jednoduchým způsobem lze vozík převést na ručně ovládaný, když je potřeba. [22]

Logistický vláček

V případě pravidelného zásobování výroby materiálem je vhodné využití logistických vláček, které se skládají z tahače a přívěsů, do kterých lze připojit například roltejnery a pojízdné nosiče, které lze nakládat a vykládat z obou stran. Dále lze za tahač připojit jiné kontejnery na kolečkách a až 6 přívěsů, kdy každý může přepravovat materiál o hmotnosti až 2 tuny. (viz Obr. 2.11) [23]



Obr. 2.11 - Logistický vláček [24]

2.5.2 Přepravní prostředky

Pro uložení materiálu a jeho následného přemístění z místa na místo slouží přepravní prostředky různých tvarů, velikostí, materiálů a vzhledu. Díky těmto prostředkům lze přepravovat větší množství dílů najednou. [4]

Bedny

Nejjednodušší přepravní a skladovací prostředek pro přepravu materiálu mezi pracovišti a následné zaskladnění. Vyrábí se z plastu, plechu, či lepenky (viz Obr. 2.12). Hodí se pro skladování malých součástek ve velkém množství, jako jsou matice, šrouby, či nýty. Svým ergonomickým tvarem jsou uzpůsobené pro ruční manipulaci. Obsahují úchytky a madla pro snazší uchopení a zároveň se dají ukládat na sebe, nebo zasouvat jako šuplík díky svému tvaru. Pro označení materiálu, který se v bedně nachází je na přední straně rámeček s klipsem pro uchycení štítku s čárovým, či QR kódem. [4]



Obr. 2.12 - Bedna [25]

Přepravky

Hodně podobné bednám jsou přepravky, které slouží hlavně k převozu spotřebního zboží ze skladu výroby do prodejen. Design přepravek je opět uzpůsobený pro ruční manipulaci. Mohou mít všechny stěny plné, či perforované a vnitřek lze rozdělit pomocí přepážek na menší části pro oddělení produktů. Některé přepravky obsahují víko. (viz Obr. 2.13) [4]



Obr. 2.13 - Přepravky [26]

Palety

Pro skladování, mezioperační manipulaci, či kompletní operace se využívají palety různých rozměrů určených normou. Většinou se vyrábí ze dřeva, nebo plastu (viz Obr. 2.14, Obr. 2.15). Jejich tvar je uzpůsobený pro vidlicový způsob manipulace pomocí nízko a vysokozdvíhových vozíků a také umožňuje jejich stohování a ukládání do regálů. Dělí se na prosté, sloupkové, ohradové, skříňové a speciální. Pro upevnění zboží na paletě se používá fólie či páska. [4]



Obr. 2.14 - Paleta plastová [27]



Obr. 2.15 - Paleta dřevěná [28]

Roltejnery

Jednoduché přepravní prostředky na kolečkách, které mohou obsahovat několik polic pro uložení více dílů, či krabic, nebo mají pouze postranní stěny, aby z nich nevypadl přepravovaný materiál a byl zároveň snadno přístupný. Jsou určeny pro ruční manipulaci díky kolečkům a příslušným madlům, ale mohou být i taženy pomocí podlahových dopravníků, nebo vidlicových vozíků. Vyrábí se kovové s drátěnými stěnami a odnímatelným podvozkem (viz Obr. 2.16). [4]



Obr. 2.16 - Roltejner [29]

Přepravníky

Pro přepravu kapalných, sypkých, kašovitých materiálů slouží přepravníky. Jedná se o uzavřenou jednotku buďto zcela, nebo částečně, a to z důvodu, aby nedošlo k úniku materiálu při převozu. Vyrábí se z kovu, nebo polyetylenu pro zvýšení jejich odolnosti vůči opotřebení a vlivu převáženého materiálu. Jsou uzpůsobené pro manipulaci vysokozdvížnými vozíky, ale některé mohou obsahovat kolečka pro ruční manipulaci (viz Obr. 2.17). [4]



Obr. 2.17 - Přepravník [30]

Stojany

Konstrukčně jednoduché a praktické jsou patrové stojany na kolečkách pomocí kterých lze snadno a rychle přemísťovat díly po výrobě, nebo je lze zde jen odkládat. Vyrábí se z kovu, aby byla zvýšena jejich odolnost vůči opotřebení. (viz Obr. 2.18)



Obr. 2.18 - Stojan na díly [31]

Kontejnery

Jedná se o rozměrově velký přepravní prostředek sloužící pro přepravu větších, těžších součástí a dílů. Vyrábí se převážně kovové pro lepší pevnost a odolnost vůči opotřebení opakovaným používáním. Určené jsou výhradně pro mechanizovanou manipulaci kvůli své váze a rozměrům. Velkou výhodou je jejich kapacita (viz Obr. 2.19). [4]



Obr. 2.19 - Kontejner [32]

2.5.3 Balení

Mezi pasivní prvky se řadí veškeré obaly, které mají několik funkcí jako je ochrana baleného materiálu, výrobků a produktů, usnadnění manipulace s nimi a snazší doprava. Obaly plní funkci manipulační jednotky, jelikož doprovází materiál celým jeho materiálovým tokem. Správně označená balení poskytují i další informace o daném obsahu. Z hlediska rychle rostoucího množství obalů je cílem využívat takové, které se dají používat opakovaně, aby se zmírnily dopady na životní prostředí a nemusela se řešit jejich následná likvidace. To se také nazývá zpětná logistika. Existují tři základní druhy obalů, jimiž jsou přepravní, skupinové a spotřební. [4]

Mezi obalový materiál patří obaly z papíru a lepenky, plastu, skla, dřeva, kovu a fólie z kombinovaných materiálů. V rámci diplomové práce bude pozornost zaměřena na kovový obalový materiál.

Kovové obaly

Velice odolné vůči opotřebení jsou kovové obaly a klece, jinak nazývané gitterboxy, které slouží pro přepravu například ocelových výrobků. Vyznačují se robustností a dlouhou životností, jelikož vydrží i v náročných provozních podmínkách. Výhodou je možnost stohování a ochrana zboží před poškozením. Nevýhodou může být větší váha a nutnost manipulace pomocí manipulačních prostředků. Skládají se z pevného dna, silného kovového

rámu a stěnami z drátěného pletiva. Stěny se dají sklápět buďto celé, nebo jen v polovině výšky pro snazší vkládání dílů. Na boku většinou obsahují kapsu na vložení štítku s údaji o obsahu. (viz Obr. 2.20) [33]



Obr. 2.20 - Klec (Zdroj vlastní)

2.6 Skladování

Ruku v ruce s logistikou jde skladování a celkový způsob uložení materiálu. Existují čtyři technologie skladování, mezi které patří uložení materiálu volně na zemi, což vychází z těchto čtyř jako nejméně výhodné, jelikož zabírá nejvíce plochy a nelze běžně používat metodu FIFO kvůli obtížnému vyskladnění materiálu.

Druhým způsobem jsou paletové regály, kdy je pevně daný regál s několika úrovněmi, do kterých se ukládají palety s materiálem. Výhodou je jednoduchá konstrukce, která není moc nákladná a možnost skladovat do výšky. Nevýhodou je potřeba široké uličky pro pohyb manipulační techniky.

Dobrou alternativou je pohyblivý regál, který jezdí po kolejnicích, a tudíž není potřeba pevné uličky mezi každým regálem, jelikož se vytvoří vždy při přesunu z jedné části na druhou. Nevýhodou je však nutná výstavba kolejiště, po které se regály pohybují a zvýšené prvky bezpečnosti, aby nedošlo k zmačknutí osoby mezi regály. Mezi ně patří senzory a světelné označení, případně další výstražné značky. S tím jsou spojené vyšší pořizovací náklady a také nutnost pořízení speciálního zakladače.

Posledním způsobem jsou spádové regály, které mají vyšší náklady na pořízení, možnost stohovat do výšky, kdy se ale musí brát zřetel na místo na straně nakládky a vykládky, jelikož dráha regálu obsahuje rotující válečky, po kterých se posouvají palety. Je zde plně využita metoda FIFO, kdy se musí přesně dodržovat sekvence naskladněných palet dle jejich pořadí vyskladnění. [4]

Obecně lze říct, že má skladování hlavní funkce, a to přesun produktů, jejich uskladnění a přenos informací. Pod přesunem produktů se dá představit příjem zboží a jeho uložení, kompletace dle objednávky, překládka a expedice. Do uskladnění spadá přechodné a časově omezené zaskladnění materiálů. S tím vším je spojen přenos informací, který sleduje pohyb každého materiálu, stav zásob, přehled zboží v pohybu, umístění zásob, zákazníků, personálu a využití skladových prostor. [4]

2.7 Zhodnocení druhé kapitoly

V kapitole o logistice došlo k jejímu popisu a definování hlavních funkcí logistiky a jakým způsobem se člení. Dále byly popsány zásoby jejich dělení, způsoby řízení zásob a v návaznosti na to bylo popsáno zásobování výroby a jaké metody se na to využívají, jako je Just In Time,

Kanban nebo Milkrun, přičemž podstatné pro další práci je právě princip Kanban. Zmíněny byly také prostředky zásobování pracoviště, kde došlo k popisu zařízení jako jsou regály, skluzy, či zásobníky, které jsou důležité při návrhu nového pracoviště spolu se samotným layoutem, který byl také popsán. S tím je spojený tok materiálu, informací a hodnot, který se řeší pomocí metody Value Stream Mapping. Následně byly popsány aktivní a pasivní prvky logistického systému, jejich rozdělení a podrobný popis. Využité budou hlavně manipulační prostředky pro převoz kontejnerů a gitterboxů a dále pak způsob balení dílů do kovových klecí. Na závěr bylo popsáno skladování, což je nedílnou součástí logistického řetězce. V následující kapitole bude pozornost zaměřena na automatizaci a robotizaci výrobních činností.

3 Automatizace

V dnešní době je termín automatizace stále více používaný pojem, který proniká do spousty odvětví a oborů od potravinářského průmyslu po obrábění, a hlavně do průmyslových podniků a automobilu. Opakující se činnosti, které mohou být pro člověka monotónní z důsledku jejich stále stejné sekvence úkonů a pohybů bývají automatizované, a to i z důvodu úspory nejen času, ale i energie a peněz. Lidská činnost se automatizuje i tam, kde přinese i zvýšenou kvalitu výroby. Jedna definice říká, že z pohledu industrializace je automatizace nástupcem mechanizace, což znamená, že lidská činnost je nahrazena technickými zařízeními neboli stroji a automaty. Automat většinou využívá umělé inteligence k vykonávání předem stanovených úkonů. Výrobní procesy se automatizují z důvodu zvýšení produktivity práce, zlepšení kvality výrobků a bezpečnosti pracovníků. [34]

Při automatizaci technologických procesů je zapotřebí pohlížet na problematiku komplexně, a ne se soustředit pouze na automatizaci stroje. Důležité je i zajištění automatizované dopravy, manipulace s materiálem, kontroly a měření, či výměny nástrojů. Každá automatizace by se měla zabývat celkovou optimalizací procesu a navržené řešení by mělo být posouzeno z dalších hledisek, kterými je ekonomická stránka věci, rychlost dodání zařízení, prostorové uspořádání pracoviště, zajištění výroby a zásobování, či energetická náročnost. [35]

Existuje několik typů automatizace, které jsou popsány v následující kapitole.

3.1 Typy a stupně automatizace

Automatizaci lze členit dle jejích jednotlivých typů a stupňů, což je obsahem této podkapitoly.

3.1.1 Typy automatizace

Z hlediska rozdělení automatizace podle jejího zaměření se dá mluvit o následujících typech automatizace:

Automatizace výrobních procesů

Mezi výrobní procesy se řadí ty, které probíhají například v odvětví hutním, strojírenském, důlním, stavebním, potravinářském, elektronickém, papírenském, dřevozpracujícím nebo automobilovém a dalších. Zde dochází k výrobě produktů pomocí transformačního procesu. Existuje automatizace výroby, procesu a jednotlivých výrobních operací, kdy jsou předmětem hlavní a obslužné procesy. Produktem výrobní automatizace jsou automatizované linky, pružné výrobní buňky a systémy, robotizovaná pracoviště, či systémy CIM. [34]

Automatizace nevýrobních procesů

Nevýrobní procesy jsou z oblasti služeb, a to jak veřejných, tak soukromých. Patří zde například automatizace v oblasti zdravotnictví, vzdělání, obrany, bezpečnosti státu, ústavy a další. Do soukromých služeb lze zařadit telekomunikační prostředky, či média, procesy spojené s provozem bytových a nebytových prostor, ochrana osob a institucí. V domácnosti lze také najít automatizaci funkcí výrobků každodenního používání, kam patří rádiové přijímače, televize, fotoaparáty, myčky, pračky, sušičky a veškeré kuchyňské spotřebiče. [34] [36]

Mezi nevýrobní procesy patří i ty, které podporují ty výrobní. Jsou to procesy sdělovací, bezpečnostní, infomační, přípravné, konstrukční, plánovací, diagnostika strojů, dopravy, skladování, nebo proces technologické přípravy výroby. [36]

Z hlediska komplexnosti automatizace se automatizace dělí na komplexní a částečnou automatizaci.

Komplexní automatizace

Při celkové automatizaci výrobního systému dochází k propojení všech prvků, které tvoří jeden automatizovaný komplex. Celý systém je automatizován a člověk přebírá roli strategického řízení a plánování a více se soustředí na administrativní činnosti a případnou údržbu automatů. Plná automatizace výroby zajišťuje přenos všech řídicích funkcí a provádí se tam, kde je výroba rentabilní, stabilní a nedochází k častým změnám režimu. [34]

Částečná automatizace

Dílčí automatizace znamená, že je jen část výrobního systému automatizována, jako jsou procesy, operace a funkce a zbytek zůstává neautomatizovaný. Automatizují se ty procesy, které jsou složité a nepřístupné lidem vzhledem ke své složitosti, nebo použité technologii. [34]

V závislosti na multifunkčnosti strojů a robotů existuje pružná a pevná automatizace výroby.

Pružná

Pružná (flexibilní) automatizace označovaná FMS (*Flexible Manufacturing System*) je charakteristická snadnou změnou výrobního programu při relativně malých nákladech. Tento způsob automatizace je vhodný do kusové a malosériové výroby, kdy se využívá vyššího stupně pružnosti při nižší produktivitě práce. [37]

Pevná

Ve výrobě, kde se vyrábí velké série výrobků se využívá pevná automatizace, jelikož přechod z jednoho programu na druhý je obtížný a finančně nákladný. Postupy jsou zpracovány pro výrobu jednoho výrobku. Stroje a linky bývají jednoúčelové a vyznačují se vysokou produktivitou práce. Zpravidla bývají automatizované NC a CNC pracoviště. [37]

3.1.2 Stupně automatizace

Existují tři stupně automatizace, kdy první nejjednodušší stupeň je automatické ovládání, druhý automatická regulace a třetí nejvyšší stupeň je automatické řízení. Pro ovládání je typický přímý otevřený řetězec a soustava, která zajišťuje ovládání nemá zprávy o skutečných následcích svého působení. Uzavřený řetězec nastává u druhého stupně, kde už se nachází zpětná vazba. Výsledkem je samočinné udržení regulované veličiny dle určených hodnot a podmínek. Nejvyšší stupeň je poté automatizací samotných řídicích procesů. [34]

Automatizace jako taková jde ruku v ruce s pojmem Industry 4.0 neboli čtvrtá průmyslová revoluce o které pojednává následující kapitola.

3.2 Industry 4.0

Z historického hlediska proběhli již tři průmyslové revoluce, kdy první průmyslová revoluce byla již v 18. století, jinak nazývaném století páry, kdy došlo k mechanizaci výroby a využívání vodní a parní energie. Druhá průmyslová revoluce začala v 19. století objevením elektrické energie a zavedením montážních linek. Významnou osobností byl Henry Ford, který ve své výrobě automobilů zavedl, že každý pracovník bude vykonávat pouze část výrobního procesu, což mělo zásadní vliv na způsoby výroby, které vidíme dnes. V 70. letech 20. století vznikla třetí průmyslová revoluce, která znamenala průlom v oblasti informačních technologií, elektroniky a začala se rozšiřovat automatizace procesů. [38]

V současnosti žijeme právě ve čtvrté průmyslové revoluci, kdy byl tento pojem představen v roce 2013 na Hannoverském veletrhu v Německu jako vize dalšího vývoje průmyslu. Jedná se o trend digitalizace, robotizace a automatizace většiny lidských činností pro zajištění větší rychlosti a efektivity výroby levnějších, spolehlivějších a kvalitnějších produktů při efektivnějším využití materiálů a menším vlivu na životní prostředí. Snahou je co nejrychlejší dodání nového produktu na trh, bez ztráty jeho kvality. Podstatou je také rozšiřování vysokorychlostního internetu, rozvoj chytrých technologií a komunikace. Průmysl 4.0 zasahuje nejen do oblasti průmyslové výroby, ale také do běžného lidského života. [38]

Digitalizace umožňuje lépe reagovat na rostoucí požadavky zákazníků a otevírá prostor pro nové inovativní oblasti podnikání. Dále digitalizace slibuje nižší náklady, vyšší kvalitu výroby, flexibilitu a efektivitu. [38]

Pojmy, které patří pod Industry 4.0 jsou Big data, internet služeb (IoS) a osob (IoP), software jako servis (SaaS), aditivní výroba, virtuální a rozšířená realita, umělá inteligence, kybernetický systém, autonomní a kolaborativní roboty a další. Zásadní koncept je IoT neboli internet věcí, který umožňuje jednotlivým entitám komunikovat mezi sebou během celého jejich životního cyklu s možností předávání dat a informací. Jedná se o síť fyzických zařízení, strojů, vozidel, či domácích spotřebičů, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory a síťovou konektivitou, která umožňuje propojení všech zařízení a následnou komunikaci a výměnu dat. [39]

V rámci zaměření této práce bude jako jeden ze způsobů automatizace a současně jako jedna z technologií Industry 4.0 podrobněji rozebrána tematika robotizace v následující kapitole.

3.3 Robotizace

Jedná se o souhrnný proces zavádění robotů jak průmyslových, tak neprůmyslových do výroby. Stále více pracovních pozic, které zastávali lidé, jsou nahrazovány roboty. Cílem robotizace je snížení výrobních nákladů, zlepšení řízení výroby a zvýšení její pružnosti a také zvýšení konkurenceschopnosti. Není pouze snahou nahradit lidskou práci robotem, ale snížit podíl práce člověka v nebezpečném, škodlivém, nepříjemném a těžko dostupném prostředí. [40]

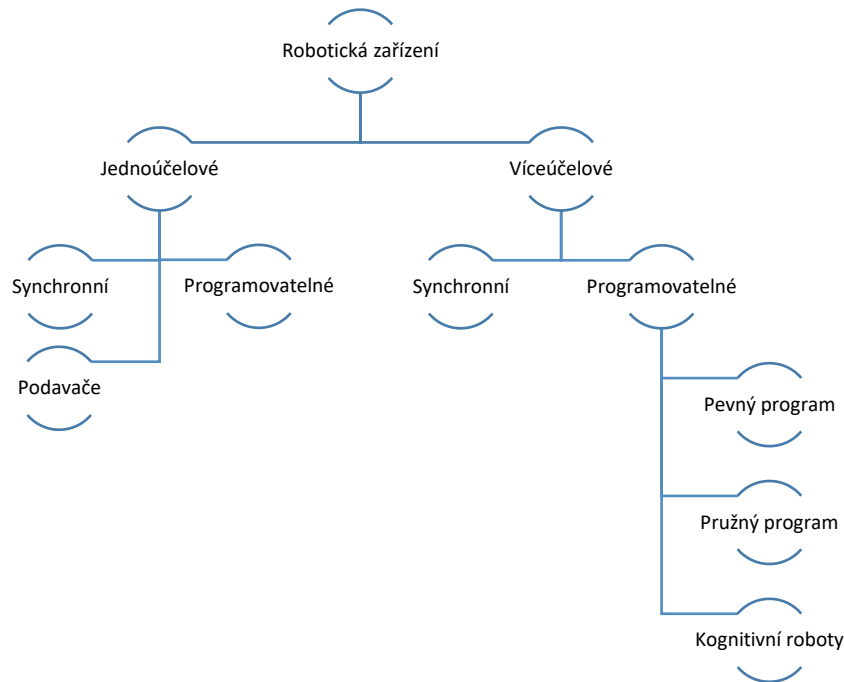
3.3.1 Robot

Dříve byl pojem robot spojovaný s umělým člověkem, ale v současnosti se tento pojem využívá pro označení systému, ve kterém jsou integrovány mechanické, elektrické a elektronické prvky na bázi informační technologie. Je řízen automaticky, nebo počítačem. Robot je schopen vykonávat většinu lidských činností, ale nemá biologické vlastnosti jako živé bytosti. [40]

Roboty slouží pro výrobu, obsluhu strojů, manipulaci i kompletaci. Mohou provádět úkony jako je zakládání a vyjímání součástí ze strojů, balení, sestavování, testování a měření, přesun dílů, manipulace s díly u obráběcích strojů, či polohování dílů a aplikace pick & place neboli „uchop a polož“. [41]

Existuje velké množství robotů, které se dělí dle použití, funkce, provedení či konstrukce ať už se jedná o ty kuchyňské, nebo napodobeniny lidí a zvířat tzv. androidy, či různé manipulátory. Neexistuje jeden způsob klasifikace robotů, ale dělí se z několika různých hledisek. Manipulační zařízení typu robotů se mohou klasifikovat například podle kinematické struktury, počtu stupňů volnosti, použitých pohonů, způsobu řízení, programování, geometrie pracovního prostoru, nebo pohybových charakteristik. Vzhledem k podstatě této práce dojde

k zaměření pozornosti na robotická zařízení a jejich způsob rozdělení, který je zobrazen na Obr. 3.1. [42]



Obr. 3.1 - Typy robotických zařízení (Upraveno dle [35])

3.3.2 Průmyslové roboty

Mezi průmyslové roboty patří ty, které se využívají za účelem výroby produktů či manipulace s produkty. Jejich konstrukce je složitější než u klasických manipulátorů a řízení je zajištěno počítačem. Tyto roboty provádí úkony buďto převážně manipulační, kdy přemísťují objekty a nástroje z místa na místo, nebo úkony výrobně-technologické jako je vrtání, soustružení, plazmování, svařování, či lakování a podobně. [35]

Robot se skládá z několika částí, které se dají rozdělit na pojezdové ústrojí, polohovací, orientační a výstupní hlavice, přičemž konstrukce bývá uložena na lineární jednotce. Další části jsou hnací ústrojí, kompaktní rameno, úchopová hlavice a zápěstí, které slouží k vedení kabelů a zároveň k připojení zařízení sloužící například pro uchopení dílů, či svařování atd. Dále obsahuje polohovadla, optická čidla polohy a klouby pro umožnění rotace (viz Obr. 3.2). [35]



Obr. 3.2 - Víceúčelový průmyslový robot [43]

Generace průmyslových robotů

Průmyslové roboty lze rozdělit do pěti generací podle úrovně inteligence počínaje nultou, kam se řadí manipulátory a roboty bez zpětné vazby, což znamená, že v případě poruchy se stroj zastaví a čeká, než přijde seřizovač. Prvá generace obsahuje roboty, které již podávají určitou zpětnou vazbu a dokážou pracovat s několika programy nastavenými člověkem a přepínat si je. Roboty druhé skupiny mají schopnosti optimalizace, kdy z daných programů vyberou ten optimální dle zadaných kritérií. Do třetí generace se řadí roboty, které si dokážou samy vytvořit program na základě získaných zkušeností. Vstupním parametrem je pouze cíl, ale cesta k jeho naplnění je přenechána na inteligenci řídicího systému. Poslední, čtvrtá generace je reprezentována roboty, které jsou autonomní a mají jisté sociální chování, tudíž si cíle i jejich naplnění volí samy. [35]

3.3.3 Jednoúčelové roboty

Základními vlastnostmi jednoúčelových robotů jsou omezené možnosti pohybu, který je přizpůsobený dané aplikaci, té odpovídá také úroveň řízení a celkové konstrukční provedení, pohony a použitá technologie. V praxi se obvykle nenachází jako samostatný automatizační prvek, ale jsou součástí obsluhovaného stroje. Zde vykonávají definovaný pohyb, čímž bývá například manipulace s předměty. Většinou nemají vlastní pohon, ale jsou závislé na stroji, na kterém jsou umístěny. [35]

Mezi jednoúčelové roboty patří nejjednodušší typ, kterým jsou tzv. podavače. S ovládaným strojem tvoří jeden celek, kdy jsou jím též ovládány. Tento typ se nejčastěji využívá v automatizaci technologických procesů. [35]

3.3.4 Víceúčelové roboty

Univerzální roboty mají na rozdíl od těch jednoúčelových vyšší úroveň řízení stejně jako širší rozsah manipulačních možností, dají se přizpůsobit různým technologiím, mají vlastní pohon a řízení. Při navrhování konstrukce se bere ohled na rozsah pohybů, počet stupňů volnosti, maximální zatížení a přesnost polohování. Mohou existovat dvě provedení víceúčelových robotů a to stacionární, kdy se robot není schopen pohybovat z místa na místo, jelikož je připevněn na pevně, ale pohyb může být umožněn jeho umístěním na jisté pojezdy. Druhé provedení je mobilní, kdy mají roboty možnost i pohybu a nejsou pevně spjaty s jedním místem. U těchto robotů se využívá prvků umělé inteligence. [35]

Do této kategorie se dají zařadit tři typy robotů, jimiž jsou roboty:

S pevným programem

Typickým znakem robotů s pevným programem je jednoduché provedení řídicí jednotky, kdy se řídicí program během pracovního procesu nemění a je stálý. [35]

S pružným programem

U tohoto typu lze řídicí program měnit během procesu a reagovat tak na určité změny, je zde také možná volba přepínání programů podle scény, ve které se nacházejí manipulační mechanismy. Většinou jsou taková zařízení s adaptivním řízením a patří mezi špičku konstrukčního provedení průmyslových robotů. [35]

Kognitivní

Mezi roboty s určitou mírou umělé inteligence patří kognitivní roboty. Jsou vybaveny možností vnímání a racionálního myšlení od toho název kognitivní, který je rovněž používán v psychologii pro označení typů poznávacích činností, kterými je vnímání, chápavost,

usuzování, paměť, či představitivost. Na základě těchto možností je robot schopen vykonávat činnosti jako je vnímání a rozpoznání prostředí, vytváření vnitřního modelu prostředí a na základě toho rozhodovat o vlastní činnosti. Také dokáže ovlivnit prostředí ve kterém se pohybuje a manipuluje s předměty a v neposlední řadě dokáže komunikovat s člověkem. Cíle, kterých má být dosaženo jsou předem vytyčeny člověkem a pozornost robota je zaměřena na jejich dosažení. [44]

Do obou kategorií, tedy jednoúčelových a víceúčelových robotů patří následující typy:

Programovatelné roboty

Jedná se o typ robotů, kde je ústrojí funkčně závislé na řídicím programu. Samotné roboty jsou zcela nezávislé na obsluhovaném stroji. Mají vlastní pohon, provedení a funkce. Řídí se dle nastaveného programu člověkem. [44]

Synchronní roboty

Jinak také nazývané teleoperátory, nebo exoskeletony jsou zařízení, kde jejich řízení provádí člověk za účelem zesílení a ulehčení pohybových veličin vyvolané právě řídicím pracovníkem. Tyto manipulátory jsou nezávislé na obsluhovaném stroji, ale přenáší na dálku příkazy člověka, který zaujímá postoj řídicí a vyhodnocující jednotky a manipulátor se poté stává výstupní jednotkou, která koná pohyb. Využití takových zařízení je v oblasti lékařství, za vědeckými účely a vojenskými, nebo v laboratořích a prostředích s nepříznivými, nebezpečnými podmínkami. Na dálku ovládané roboty mohou pracovat i s nebezpečnými, radioaktivními látkami. [44]

3.3.5 Kolaborativní roboty

Tento typ robotů je určen ke sdílení pracovního prostoru s lidmi, kdy jim pomáhají zvládat různé úkony, například ty vyžadující vysokou preciznost. Velké využití naleznou při činnostech jako je šroubování, svařování, lepení, odměřování a umístění předmětů. Na rozdíl od člověka dokážou dělat monotónní činnosti neustále, bez přestávky při stejné rychlosti a kvalitě. Velkým rozdílem od průmyslových robotů je to, že pracují v těsné blízkosti člověka a nemají kolem sebe bariéry, tudíž je zde kladen velký důraz na bezpečnost. Robot obsahuje senzory, které zaznamenají dotek cizího předmětu, či člověka a okamžitě se zastaví, aby nedošlo ke zranění člověka nebo poničení robota. Také obsahuje kameru pro snímání objektů a okolního prostředí. (viz Obr. 3.3) [34]



Obr. 3.3 - Kolaborativní robot [45]

3.4 Zhodnocení třetí kapitoly

Ve třetí části teoretické rešerše došlo k popisu automatizace a robotizace. U automatizace byl popsán její význam a důvody zavádění do průmyslových podniků, její typy a rozdělení

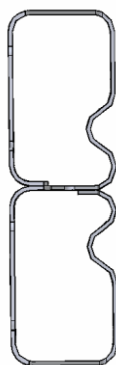
z několika hledisek a její stupně. Důležité bylo zmínit termín Industry 4.0 neboli tzv. čtvrtou průmyslovou revoluci, která jde ruku v ruce s automatizací a robotizací a je to období, které právě prožíváme. V části ohledně robotizace došlo k představení základních typů robotů, jejich rozdělení a popis parametrů, funkcí, vlastností a využití, což je důležité pro tuto diplomovou práci.

4 Analýza současného stavu

V této kapitole bude zaměřena pozornost na analýzu a rozbor současného stavu neboli způsobu plazmování otvorů na náraznících, který je ve firmě prováděn nyní. Také dojde k popisu společnosti jako takové, její historie vzniku, čím se zabývá, popis závodu v Plzni a nastínění výroby a procesů, které zde probíhají.

4.1 Charakteristika společnosti Shape Corp.

Jedná se o globální strojírenskou a výrobní společnost, která byla založena roku 1974 v americkém Grand Havenu. V tomto roce došlo k vývoji procesu specializovaného válcování a firma dostala první velké zakázky. V osmdesátých letech byl vyroben první linkově ohýbaný nárazník, došlo k získání procesu e-coatingu, což je proces lakování a byla vyvinuta první výztuha dveří. O pár let později došlo k využívání high-tech svářeček ve výrobě a vyrobení první válcované svařované trubky, čímž byla vyvinuta první trubková výztuha nárazníku. Také byla vyvinuta B-sekce nárazníku, což je jeden z několika možných profilů, které se dají vyrobít specializovaným válcováním prováděným ve společnosti. Došlo také k rozvoji vztahů s japonskou automobilkou, otevřelo se technické centrum v Grand Havenu a byla založena Shape Univerzita. Od roku 2000 začal rozvoj martenzitické oceli, což je vysokopevnostní ocel jejíž výhodou je to, že lze válcovat, což je předností společnosti Shape. Nejpevnější používaná ocel ve firmě má 1700MPa pevnost v tahu, dále se pak používá ocel s pevností 1500MPa a 1200MPa. Další oblastí rozvoje byla expanze plastů, přesněji vývoj termoplastických absorbérů energie. Také se zaměřila pozornost na vývoj příčniců a výztuh pro nákladní vozy, okenní rámy, hybridní vzpěry nárazníku a v rámci procesů došlo k vývoji práškové úpravy povrchu a rozvoji variabilního ohýbání 1D a 2D. V neposlední řadě byl otevřen závod v Japonsku, Číně a následně v Mexiku. V posledních deseti letech se rozvíjel proces na ochranu chodců, bylo přidáno velkotónážní dvoubodové vstřikování, došlo k vývoji hliníkových výztuh, 3D ohýbací technologie a vzniku MonoLeg nárazníku, což je jeden z několika firemních patentů. Jeho tzv. cross-sekce je zobrazena na Obr. 4.1. Také byl otevřen závod v ČR, Alabamě a druhý závod v Mexiku a Číně. V současnosti má společnost 14 výrobních závodů na třech kontinentech světa. [46]



Obr. 4.1 - Cross-sekce MonoLeg nárazníku (Zdroj vlastní)

Společnost se zaměřuje na komplexní řešení automobilových a průmyslových komponentů, návrh, testování a analýzu kovových, plastových a hybridních komponent a systémů. Pomocí procesů válcování, vstřikování, svařování, lisování a plazmování dochází k výrobě ocelových nárazníků (viz Obr. 4.2), výztuh a dalších konstrukčních prvků karoserie do aut. Dále nabízí technický výzkum, vývoj, produktový design, optimalizaci, CAE a další technické služby splňující požadavky zákazníka. Mezi hlavní zákazníky patří Škoda Auto, Tesla, Ford, Nissan, Renault, Toyota a další. [46]



Obr. 4.2 - Nárazníky Shape Corp. (Upraveno) [47]

4.1.1 Závod v Plzni

V roce 2011 byl založen závod v Plzni na Borských polích v jedné výrobní hale, kde se nacházela jedna válcovací linka a zbytek haly byl sklad. Postupem let společnost získala nové zákazníky a s tím spojené velké množství zakázek, proto musela pronajmout další halu, aby byla schopna vyrábět požadované množství výrobků. V současnosti se nachází ve třech halách, kdy jsou dvě v Plzni a třetí ve vesnici vzdálené několik kilometrů od Plzně. To vede ke zvýšené manipulaci a převozu materiálu z jedné haly do druhé, což je velice neefektivní. Z tohoto důvodu se společnost rozhodla pro výstavbu nové velké haly, do které se vejdou všechny stroje a zařízení spolu s kanceláři a vše bude na jednom místě, tudíž dojde k eliminaci plýtvání v podobě nadměrné manipulace a dopravy. [46]

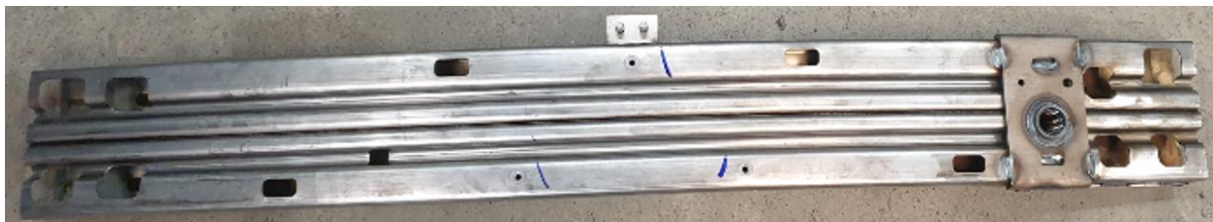
Výroba v tomto závodě je zakázková, sériová, přerušovaná typu V, což znamená, že se z malého množství druhů materiálu vyrábí velké množství výrobků. Součástí je i výroba prototypů, které se využívají hlavně v před sériové výrobě při zavádění nového projektu, kdy se testují vzorky posílané zákazníkovi. Tyto prototypy se odlaďují, dokud není zákazník plně spokojený s designem a může dojít k předání do sériové výroby. [46]

Ve firmě probíhá několik výrobních procesů, mezi které patří válcování vysokopevnostní oceli za studena, tahové ohýbání, děrování, obrábění, plazmování, nýtování, laserování, stříhání, broušení, svařování bodové, indukční, švové, MIG, MAG a TIG. Tato práce se zaměřuje hlavně na proces plazmování. [46]

Těmito procesy dochází k výrobě řady produktů, kterými jsou přední a zadní ocelové nárazníky (viz Obr. 4.3, Obr. 4.4), boční výztuhy dveří a podvozku, střešní nosiče a další komponenty, které jsou součástí kostry auta. Z hlediska plastových komponentů se vyrábí absorbery energie na přední a zadní nárazníky, střešní plastové nosiče, blatníky, dveřní panely a komponenty pod přední kapotou chránící prvky motoru. [46]



Obr. 4.3 - Deformační prvek nárazníku (Zdroj vlastní)



Obr. 4.4 - Ocelový nárazník (Zdroj vlastní)

4.2 Analýza současného stavu plazmovacího pracoviště

Pro vytvoření návrhu nového plazmovacího pracoviště musí být provedena analýza současného stavu neboli rozbor způsobu plazmování otvorů na náraznících, jakým se to dělá nyní ve společnosti. V rámci analýzy dojde ke zjištění případných nedostatků a odhalení plýtvání, kterým je se potřeba vyhnout v rámci návrhu nového pracoviště. Základem je získat co nejvíce podkladů a dat z již existujícího pracoviště a probíhajícího procesu. To vše bude sloužit jako výchozí stav pro návrh nového pracoviště.

4.2.1 Produkt

Hlavním požadavkem je návrh nového pracoviště, kde bude probíhat proces plazmování otvorů na ocelových náraznících. Tyto otvory slouží na autě pro přístup k závitu pro tažné oko, pomocí kterého se táhne automobil na laně v případě, že je nepojízdný. Jedná se o otvor vyznačený na Obr. 4.5 a Obr. 4.6 žlutým kroužkem.

Přední strana nárazníku
-Otvor pro tažné oko-



Obr. 4.5 - Nárazník zepředu (Zdroj vlastní)

*Zadní strana nárazníku
-Otvor pro tažné oko-*

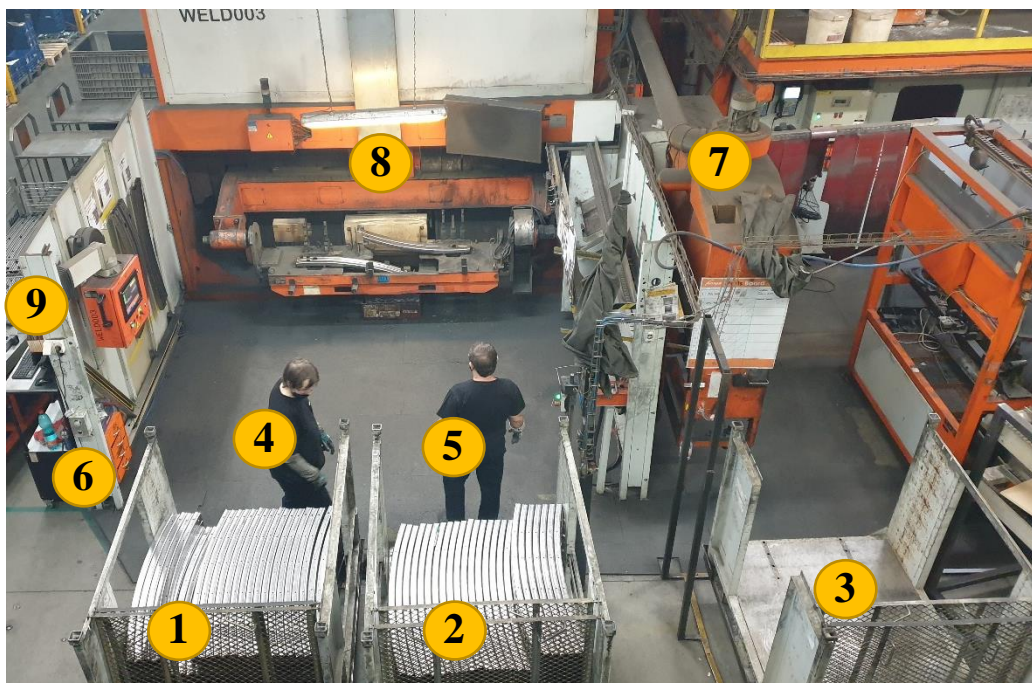


Obr. 4.6 - Nárazník zezadu (Zdroj vlastní)

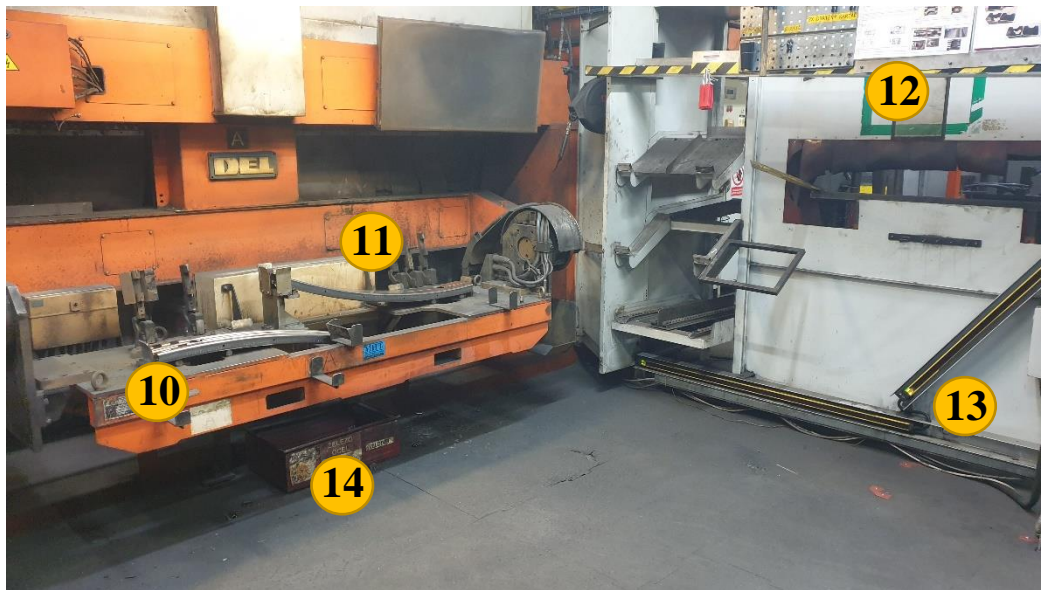
V některých případech dochází k plazmování i dalších otvorů, které slouží například pro odtok barvy při lakování dílů, nebo k protažení kabelů, či přimontování dalších dílů na nárazník, kdy jsou otvory z přední strany dílu stříženy v procesu válcování a z druhé strany jsou otvory vyplazmovány. V rámci typů dílů, které se vyrábí nyní na pracovišti, se plazmují pouze dva otvory pro tažné oko z přední a zadní strany nárazníku, přičemž průměr předního otvoru musí být menší než průměr zadního z důvodu odvodu odřezku ven z nárazníku.

4.2.2 Popis plazmovacího pracoviště

V současnosti probíhá proces plazmování otvorů na pracovišti zvaném WELD003. Plocha, kterou zabírá toto pracoviště, je 66,8 m². Vybavení tohoto pracoviště je znázorněno na Obr. 4.7 a Obr. 4.8 spolu s popisem jednotlivých prvků. Pracoviště obsluhují dva operátoři, kteří zakládají díly do přípravku a při určitých výrobních programech je zapotřebí třetí operátor, který brousí případné otřepy vzniklé po řezání plazmou v daném otvoru. Brusič proto není potřebný při každém výrobním programu. Pracuje se ve třísměnném provozu pět dní v týdnu, proto je možné pracoviště využívat 24 hodin denně s případnými přestávkami operátorů.



Obr. 4.7 - Plazmovací pracoviště WELD003 (Zdroj vlastní)



Obr. 4.8 - Bližší pohled na přípravek (Zdroj vlastní)

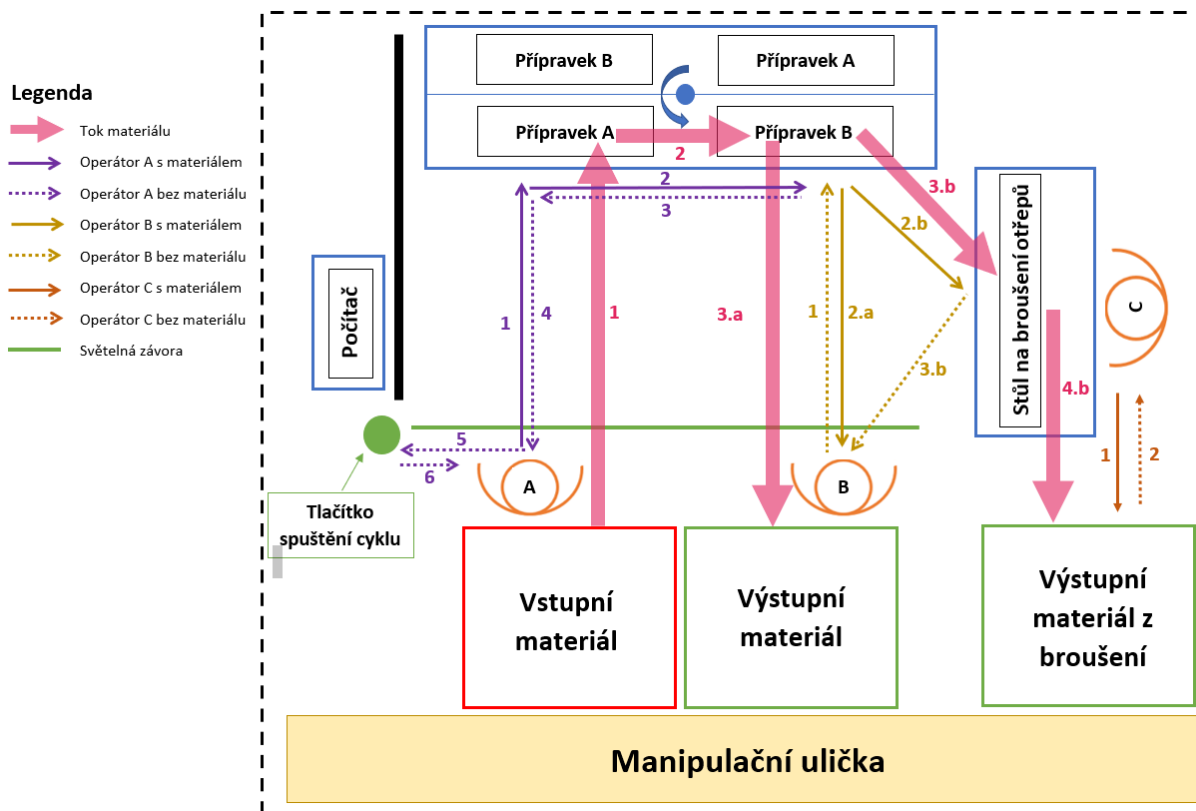
Legenda k Obr. 4.7 a Obr. 4.8:

1	Kontejner se vstupním materiálem
2	Kontejner s výstupním materiálem
3	Kontejner pro výstupní materiál po operaci broušení
4	Operátor A
5	Operátor B
6	Tlačítko pro spuštění cyklu
7	Stanoviště pro broušení
8	Plazmovací zařízení
9	Počítač
10	Přípravek A
11	Přípravek B
12	Skruz pro díly na broušení
13	Světelné závory
14	Bedna na odřezky

4.2.3 Průběh procesu plazmování

Proces se skládá z několika činností a úkonů. Operátor A vezme díl ze vstupního kontejneru, operátor B má volné ruce. Na začátku cyklu jdou oba operátoři směrem k plazmovacímu zařízení, přičemž operátor A si o něj opře vstupní díl. Dále vyndá díl z přípravku A, kde je vyříznutý otvor pouze z jedné strany nárazníku a vyklepe odřezek z dílu ven do připravené červené bedny na odřezky. Mezitím operátor B vyndá hotový díl z přípravku B, aby se zde uvolnilo místo pro založení dílu z přípravku A, který vyndal operátor A. Ten daný díl otočí o 180° a vloží ho do volného přípravku B. Poté vezme opřený vstupní díl a založí ho do přípravku A. Oba operátoři odchází od zařízení, přičemž operátor B nese hotový díl, který

založí buď do finálního kontejneru, nebo do skluzu vedoucího na brousící stůl. Zde čeká případně třetí operátor, který na něm obrousí otřepy a poté ho založí do finálního kontejneru. Tento operátor se zde nachází pouze u některých projektů, kde je potřeba brousit otřepy. Po překročení bezpečnostní světelné závory zmačkne operátor A tlačítko, čímž se spustí stroj, který otočí s celým zařízením horizontálně o 180° a směrem k operátorům se nachází druhá strana plazmovacího zařízení opět s přípravky A a B. Celý cyklus se opakuje. Na Obr. 4.9 je znázorněno rozmístění jednotlivých prvků pracoviště, operátoři A, B a C. Tečkovanými čarami je znázorněna trasa, kterou ujde každý z operátorů a plnou čarou je znázorněn tok materiálu.

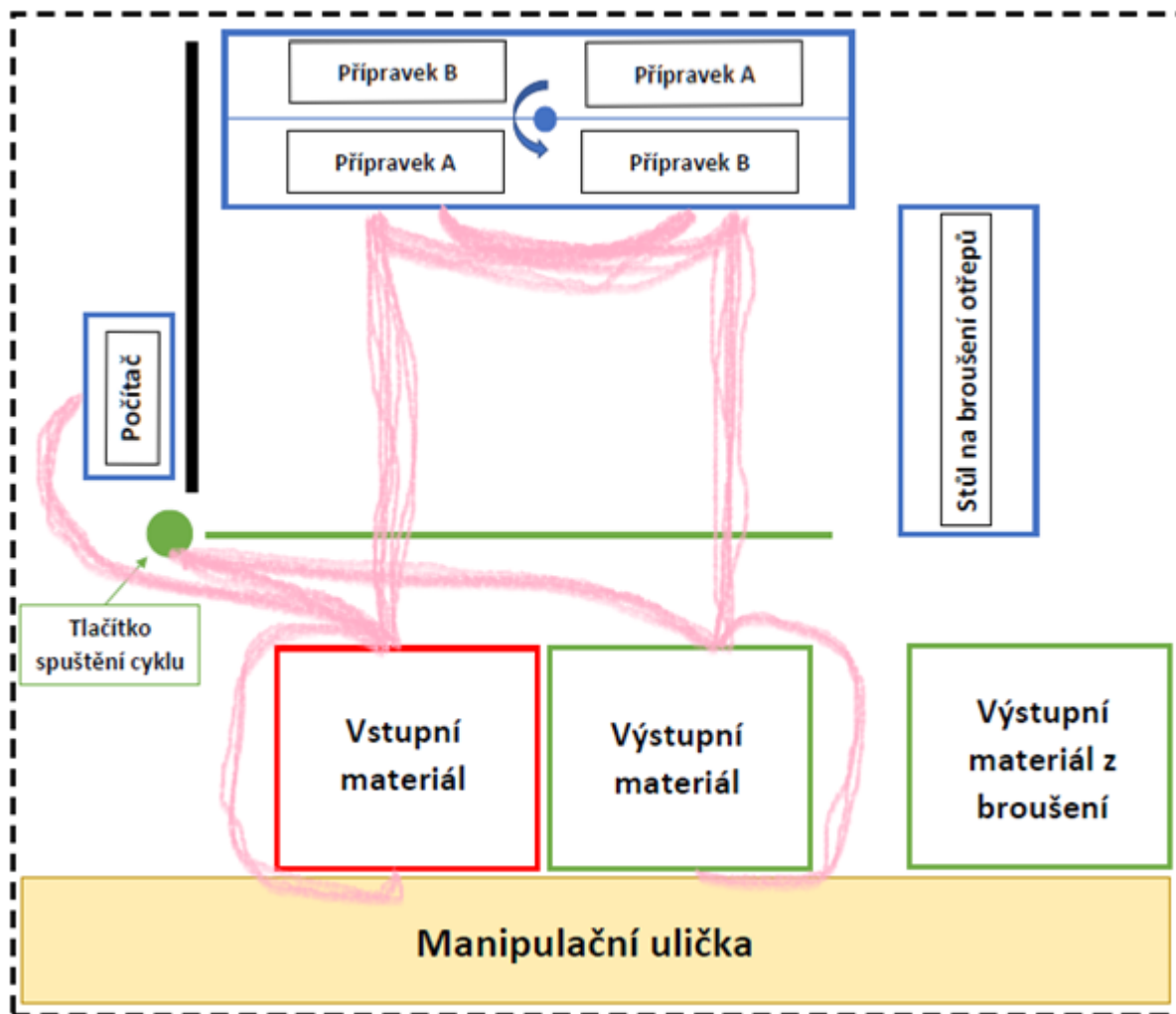


Obr. 4.9 - Schéma pracoviště zachycující ideální pohyb pracovníků (Zdroj vlastní)

4.2.4 Spaghetti diagram

Pro přesnou analýzu pohybu operátorů v čase byl použit Spaghetti diagram, což je nástroj, který slouží ke snižování plýtvání v podobě zbytečné přepravy, pohybu a čekání neboli prostojů. Tento nástroj se používá pro sledování pohybu materiálu a osob, kdy dojde k vizuálnímu zobrazení fyzického pohybu na papír spolu s detaily o směru a vzdálenosti v předem určeném časovém úseku. Jedná se o jednoduchý způsob analýzy použitelný ke snímkování průběhu práce. Vše se zaznamená do nákresu layoutu pracoviště pomocí tužky. Pro odlišení jednotlivých osob, či materiálu se používají různé barvy. [4]

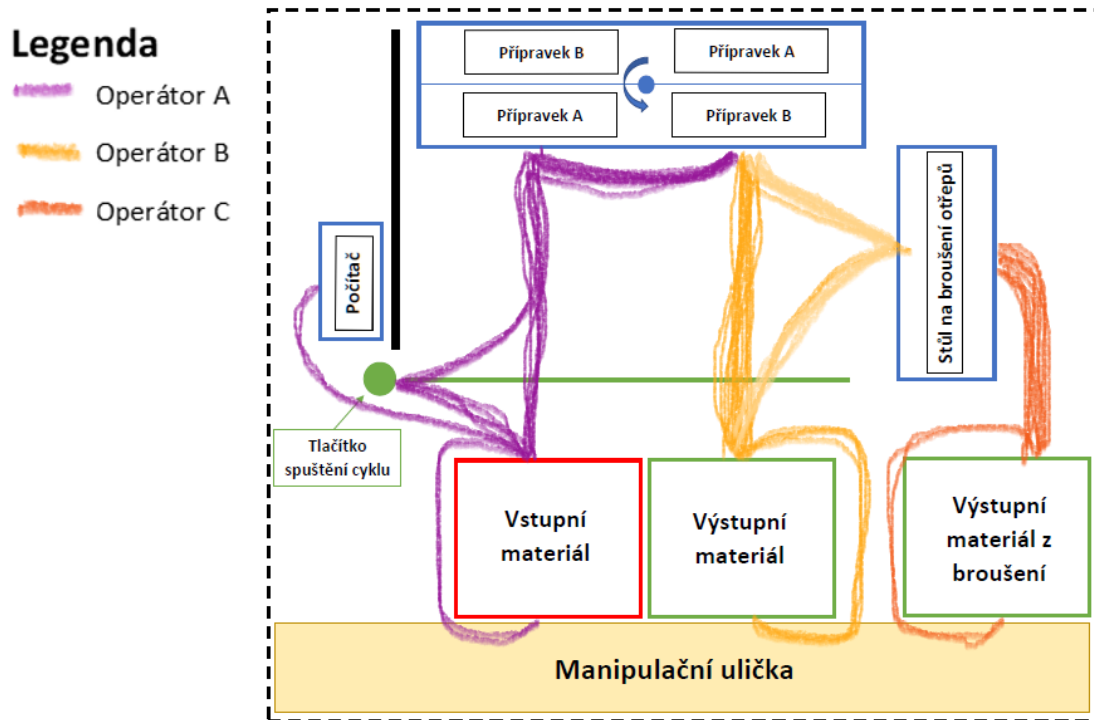
Analýza byla provedena nejprve když zakládal jeden operátor (viz Obr. 4.10) a poté dva zakladači a jeden brusič otřepů (viz Obr. 4.9). Občas nastane stav, kdy je nedostatek personálu a je potřeba, aby na pracovišti zakládal pouze jeden člověk. To má za následek nedodržení plánovaných časů, a tím pádem nedojde k výrobě požadovaného množství dílů. Pro úplnost výsledků bylo potřeba udělat analýzu obou těchto případů. Je to další z důvodů pro vytvoření automatizovaného pracoviště, kde nebude potřeba žádného operátora.



Obr. 4.10 - Spaghetti diagram-1 operátor (Zdroj vlastní)

Na Obr. 4.10 je znázorněný pohyb jednoho zakládajícího operátora. Jeho trasa vede od místa se vstupním materiálem, kde je kontejner, ze kterého vezme jeden díl a jde s ním směrem k přípravku. Zde si díl opře o plazmovací zařízení a jde vyndat hotový díl z přípravku B, aby zde mohl založit díl z přípravku A, který má zatím vyříznutý pouze jeden otvor. Po založení tohoto dílu jde vzít opřený vstupní díl a založí ho do přípravku A. Následně vezme hotový díl a jde s ním ke kontejneru pro finální výrobky, kam ho uloží. Nakonec jde zmačknout tlačítko pro spuštění cyklu.

Trasa vedoucí k počítači je v případě, že je čas na přestávku, v případě prostoje, nebo když jde operátor vytisknout štítek s počtem vyrobených kusů, který nalepí na kontejner s hotovými díly. Poté si pro něj přijede operátor s VZV a odveze ho do skladu. Zároveň přiveze kontejner s novými díly, který dá na místo pro vstupní materiál a nyní prázdný kontejner, kde byly díly se vstupním materiálem se přemístí na pozici výstupního materiálu. Čáry vedoucí za kontejnery směrem k manipulační uličce jsou z toho důvodu, že operátor musí vzít dvířka od kontejneru a dát je zepředu, aby byl kontejner uzavřený a díly nevypadly ven při převozu do skladu.



Obr. 4.11 - Spaghetti diagram-2 operátoři, 1 brusič (Zdroj vlastní)

Obr. 4.11 zobrazuje pohyb dvou zakládacích operátorů a jednoho brusiče. Fialová čára představuje operátora A, oranžová operátora B a červená brusiče. Trasa pohybu je popsána v kapitole 4.2.3 Průběh procesu plazmování s tím rozdílem, že je zde ještě znázorněn opět pohyb operátora A směrem k počítači a také cesta obou operátorů za kontejnery do manipulační uličky, kde musí vzít dvířka od kontejnerů a zavřít je. Také je zde vidět pohyb brusiče, který chodí ve směru od broušícího stolu ke kontejneru s výstupním materiálem a zpátky.

4.2.5 Vyhodnocení analýzy průběhu procesu plazmování

Po provedení analýzy pomocí Spaghetti diagramu jsou vidět trasy a vzdálenosti, které musí ujit operátoři během zakládání dílů. V případě jednoho operátora je jasné, že nachodí větší vzdálenost, jelikož celou operaci dělá sám a také se musí vracet nejprve při odložení vstupního dílu, následovně vyndáním hotového dílu a založením rozpracovaného. Poté se vrátí pro vstupní díl, který založí a ve finále jde pro hotový díl, který musí uložit do kontejneru a následovně jde spustit cyklus tlačítkem. Tyto nadbytečné pohyby jsou částečně eliminovány v případě zakládání dvou operátorů, jelikož si danou trasu rozdělí mezi sebe, tudíž toho nemusí ujit tolik a cyklus jim trvá kratší dobu.

Změřené časy cyklu v obou případech jsou znázorněny v Tabulka 4.1. Měření probíhalo na patnácti po sobě jdoucích cyklech, kdy se měřila doba od zmáčknutí do zmáčknutí tlačítka spuštění cyklu. Brusič nemá na výsledný čas cyklu vliv, jelikož nebrousí 100 % vyrobených kusů, a tudíž stíhá brousit to, co má ve skluzu, bez jakéhokoliv zdržení.

Tabulka 4.1 - Změřené časy cyklu

1 operátor		2 operátoři	
Cyklus	Změřený čas [s]	Cyklus	Změřený čas [s]
1	39,84	1	25,59
2	40,76	2	23,86
3	47,74	3	23,86
4	45,15	4	23,59
5	38,79	5	23,93
6	41,07	6	24,59
7	44,59	7	23,52
8	37,96	8	23,43
9	39,98	9	25,1
10	37,69	10	24,93
11	44,59	11	24,48
12	47,74	12	25,32
13	45,15	13	24,93
14	39,68	14	24,48
15	39,72	15	25,32
Průměrný čas	41,99	Průměrný čas	24,46
Rozdíl časů	17,53		

Čas cyklu na daném projektu při OEE=100 % má být 19,5 s. Této hodnoty se ale v praxi těžko dosahuje. K jejímu dosažení by muselo dojít ke konstantnímu, a hlavně rychlému zakládání dílů do přípravků, nesmělo by dojít k žádným prostojům, čekání a poruše stroje. Dále by nemělo dojít ke zdržení v podobě zásobování pracoviště vstupními díly a odvozu dílů hotových, pauze na pití operátorů, či výrobě tzv. zmetků a dalších prostojů.

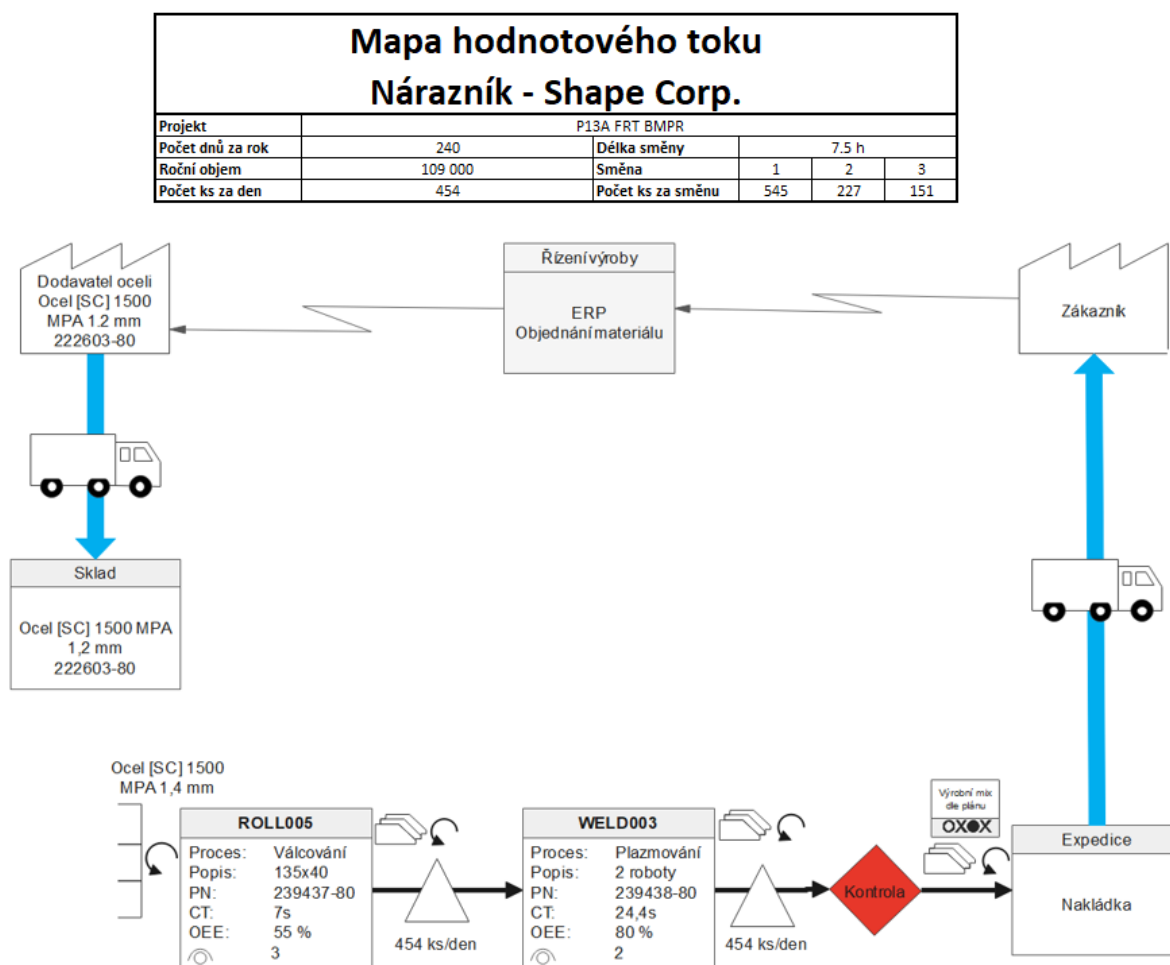
Je vidět, že při zakládání jednoho operátora vychází průměrný čas cyklu na 41,99 s a u zakládání dvou operátorů na 24,46 s, což je rozdíl 17,53 s. Při přepočtu časů cyklu na OEE je zjištěno, že jeden operátor dosahuje OEE pouhých 46 % a dva operátoři 80 %.

Při určení času, který je míněný čistě pro výrobu kusů, se počítá se 7,5 hodinami za směnu, což ve skutečnosti není splněné, a to z několika důvodů. Jedním z nich je čas potřebný na výměnu přípravků tzv. changeover, který mnohdy zabere i dvě hodiny, což je ve firmě ale běžným průměrem. Dále mají operátoři kromě pauzy na oběd i dvě menší přestávky trvající po deseti minutách a na konci směny končí o dalších 15 minut dříve, aby mohli uklidit pracoviště a připravit ho na předání další směně. Proto je potřeba od původního času odečíst přestávky a průměrný čas na výměnu přípravků, aby se zjistil skutečný disponibilní čas pro výrobu. Ten vychází na 5,7 hodiny. To ovlivní finální počet vyrobených kusů za den, který má činit při OEE=100 % celkem 4 153ks, což je teoretická maximální kapacita pracoviště, ale při zakládání jednoho operátora se vyrobí 1 466 ks a při dvou operátorech 2 516 ks. V současnosti se nedodržení výrobního plánu řeší nařízenými přesčasy, nebo se výroba přesune na další směnu, kdy se musí změnit výrobní plán a upřednostní se ty díly, které jsou důležité na vývoz.

4.2.6 Logistické zajištění procesu plazmování

Celá cesta vzniku nárazníku je popsána pomocí zjednodušené Value Stream Mapy neboli mapy toku hodnot, která popisuje pomocí grafických značek, symbolů a pravidel cestu od dodání ocelové cívky dodavatelem, přes proces válcování, plazmování a následnou kontrolu kvality, zabalení a posílání hotových výrobků zákazníkovi. Value Stream Mapping je zde ve

zjednodušené formě využít pouze k základnímu popisu současného stavu toku hodnot. Cílem jeho použití je pochopitelnější znázornění vazby procesu plazmování na ostatní procesy s ohledem na základní informace o logistickém zajištění týkající se zejména tohoto procesu. Není tedy hodnocen VA index ani uvedeny další údaje o hodnotovém toku (průběžná doba výroby atd.), které jsou standardně součástí metody Value Stream Mapping. Mapa obsahuje informace o jednotlivých relevantních pracovištích a způsobu předávání dílů mezi pracovišti pomocí kanbanových štítků. Jsou zde informace jako je název pracoviště, typ prováděného procesu, číslo dílu, čas cyklu výroby jednoho kusu, celková efektivnost zařízení (OEE) a počet potřebných operátorů na každém pracovišti. To vše je znázorněno na Obr. 4.12.



Obr. 4.12 - Zjednodušená mapa toku hodnot (Zdroj vlastní)

Je zřejmé, že činnosti, které přidávají hodnotu výrobku jsou válcování a plazmování. Zbytek jsou činnosti, které hodnotu nepřidávají, proto je potřeba je minimalizovat. Patří mezi ně veškeré logistické činnosti, manipulace a přenášení dílů, prostoje a čekání. V rámci samotného procesu plazmování je činností přidávající hodnotu pouze doba řezání otvorů, zbytek činností hodnotu nepřidává. Je to hlavně přenášení dílů z kontejneru do přípravku, jejich zakládání a také doba, co jen díly leží v kontejneru, ať už se vstupním materiálem, nebo výstupním. Tato diplomová práce se však zaměřuje pouze na část procesu plazmování.

Prostředky a proces zásobování plazmovacího pracoviště

Z hlediska logistiky je potřeba zajistit, aby na pracoviště byl dovážen vstupní materiál v podobě nárazníků, které vyšly z procesu válcování spolu s prázdným kontejnerem na díly, které budou vyrobeny na plazmovacím pracovišti a odvezen výstupní materiál. Tyto díly jsou

uloženy v kontejneru a přepravovány několika možnými způsoby. Jedním z nich je přeprava pomocí vysokozdvížných vozíků ze skladu na pracoviště. Pokud se kontejner nachází na vozíku s kolečkami, je možné, aby ho za sebou táhl zásobovací vláček, což je druhý způsob. Třetí možný způsob odvozu kontejneru z pracoviště je ručním tažením, ale to pouze v případě nedostatku pracovníků ve skladu, kteří nestíhají v daný čas odvézt kontejner. Zásobování je zajištěno metodou Kanban, tudíž se na pracovišti nachází vždy pouze kontejner se vstupním materiálem a druhý prázdný kontejner na hotové díly (viz Obr. 4.13). Oba kontejnery jsou díky své vysoké váze umístěny na vozíku s kolečkami, který zajistí jejich snadnou manipulaci (viz Obr. 4.14). V takové podobě může kontejnery přemisťovat člověk sám tažením, bez pomoci vysokozdvížných vozíků.



Obr. 4.13 - Kontejner se vstupním materiálem (Zdroj vlastní)



Obr. 4.14 - Kontejner na kolečkách (Zdroj vlastní)

4.2.7 Zhodnocení současného stavu

V rámci daného procesu plazmování jsou vypočítané potřebné časy cyklu (Cycle Time) při určené efektivnosti zařízení tzv. OEE, které se musí dodržet pro splnění výroby požadovaného počtu kusů za směnu. Z těchto výpočtů vychází i požadavky na počty operátorů, které jsou v tomto případě dva zakládací operátoři. Brusič se zde nachází pouze u některých výrobních programů. Vzhledem k nedostatku pracovní síly občas dojde k tomu, že je na pracovišti pouze jeden operátor místo dvou, a tudíž nezvládá sám dodržovat dané CT. Dalším faktem je to, že vznikla opakovaná reklamacie od zákazníka na nevyříznutý otvor na nárazníku z jedné jeho strany, což znamená, že daná operace nebyla dokončena a operátor vložil nedodělaný díl do finálního kontejneru. To také značí, že je nedostatečná kontrola např. pomocí Poka-Yoke, která měla zabránit úniku takového dílu.

Celkový čas operace je poměrně dlouhý vzhledem k způsobu zakládání dílů, kdy je potřeba jeden díl založit dvakrát, nejprve do jedné části přípravku a poté přeložení do druhé, aby došlo k vyříznutí otvoru na druhé straně. Také samotné otáčení celého přípravku o 180° zabere 7 vteřin, což je doba, která představuje čisté plýtvání. Vzhledem k těmto nedostatkům by mělo dojít k celkové optimalizaci procesu, a proto je požadováno vytvoření návrhu nového pracoviště, kde bude snaha eliminovat všechny tyto faktory.

Vedením společnosti Shape Corp. bylo rozhodnuto o vytvoření návrhu nového pracoviště s využitím moderních technologií – konkrétně robotizace, který by zmíněné nedostatky měl odstranit. Tímto návrhem, včetně jeho výsledného hodnocení v rámci porovnání se současným stavem, se pak zabývá tato diplomová práce.

Cílem je tedy navrhnout automatizované plazmovací pracoviště s využitím robotizace, kde budou podchyceny všechny zmíněné nedostatky, které se nachází v současnosti na pracovišti WELD003.

4.2.8 Stanovení kritérií pro hodnocení

Jelikož dojde k porovnání současného stavu s navrhovaným, je nutné určit kritéria, podle kterých se bude hodnotit. Kritéria budou použita pro pozdější technickou oblast technicko-ekonomického hodnocení. Jejich určení vychází z poznatků a výsledků analýzy současného stavu a zároveň ze zjištěných nedostatků na daném pracovišti. Tato technická kritéria jsou popsána v Tabulka 4.2.

Tabulka 4.2 – Technická kritéria hodnocení

Název	K	Popis
Počet vyrobených kusů	K ₁	Maximalizační kritérium. Čím více bude vyrobeno kusů za hodinu, tím lepší.
Počet operátorů	K ₂	Minimalizační kritérium. Čím méně bude pracovníků, tím lepší.
Délka materiálového toku	K ₃	Minimalizační kritérium. Čím kratší bude délka materiálového toku, tím lepší.
Způsob odvodu odřezků	K ₄	Minimalizační kritérium. Čím efektivnější bude odvod odřezků, tím lepší.
Míra automatizace	K ₅	Maximalizační kritérium. Čím více bude automatických prvků, tím lépe.
Způsob kontroly přítomnosti otvorů	K ₆	Maximalizační kritérium. Čím přesnější způsob kontroly přítomnosti otvorů, tím lepší.
Způsob zásobování	K ₇	Minimalizační kritérium. Čím snazší bude zásobování, tím lepší.
Plocha pracoviště	K ₈	Minimalizační kritérium. Čím menší bude plocha pracoviště, tím lepší.

Stanovená kritéria se dělí na měřitelná, jejichž vyjádření je jednoznačné a zbylá jsou neměřitelná, u kterých je potřeba kvalitativního hodnocení. Také se rozdělují podle charakteru na maximalizační, kde je cílem dosáhnout co nejvyšší hodnoty daného kritéria pro zajištění dobrého výsledku a naopak minimalizační, kde je snahou dosáhnout co nejnižší hodnoty pro získání nejlepšího výsledku.

Ekonomická oblast technicko-ekonomického hodnocení bude provedena samostatně v poslední kapitole práce. Bude vycházet z informací uvedených dále v práci jako je například cenová nabídka, či náklady na pořízení všech položek pracoviště a další. Hlavní zaměření tohoto ekonomického hodnocení pak bude na hodnocení návratnosti investice, které je požadováno společností Shape Corp.

4.3 Zhodnocení čtvrté kapitoly

Ve čtvrté kapitole byla představena společnost Shape Corp., její historie, čím se zabývá a jaké služby a produkty nabízí. Poté došlo k popisu jednoho z jejích závodů, který sídlí na Borských polích v Plzni. V tomto závodě se bude nacházet nové plazmovací pracoviště, které má být výsledkem této práce. Dále byly zmíněny procesy, pomocí kterých jsou vytvářeny výrobky firmy a došlo k popisu výroby jako takové na základě informací nabytých v teoretické části práce. Následovně byla pozornost zaměřena na současný způsob plazmování otvorů na náraznicích, který se provádí na pracovišti zvaném WELD003. Pomocí reálných fotografií bylo toto pracoviště znázorněno a popsáno spolu s vyznačením důležitých prvků ze kterých se skládá. To vše bylo doprovázeno půdorysným náčrtem pracoviště pro lepší představu. V rámci náčrtu pracoviště byl znázorněn pohyb jednotlivých operátorů a také tok materiálu pomocí grafických šipek. Poté došlo k popisu samotného procesu plazmování a způsobu, jakým operátoři zakládají díly do příslušného přípravku. Díky použité metodě Spaghetti diagram byl zakreslen přesný pohyb jednotlivých operátorů a trasy, které musí každý z nich ujit během vykonávání procesu. Také došlo k změření reálných časů a jejich srovnání v případě, kdy zakládá jeden operátor a poté dva, což je důležité pro následovné porovnání s pracovištěm, které bude zcela automatizované. Na základě toho bylo vypočítané dosahované OEE. Ve finále

došlo k určení technických kritérií důležitých pro multikriteriální hodnocení. Dále bude práce zaměřena na vytváření samotného návrhu vycházejícího z požadavků zákazníka a poznatků z analýzy současného stavu.

5 Návrh automatizovaného plazmovacího pracoviště

V této kapitole dojde k popisu kroků, které vedly k vytvoření návrhu nového automatizovaného plazmovacího pracoviště s využitím robotických zařízení. Návrh vychází jak z požadavků vedení společnosti Shape Corp., tak z analýzy současného stavu a odhalených nedostatků na existujícím pracovišti.

5.1 Specifikace požadavků

Obsahem celého návrhu má být vytvoření 2D prostorového uspořádání pracoviště, tzv. layout neboli rozmístění jednotlivých komponent a prvků, jimiž jsou manipulační roboty, plazmovací robot, kontejnery se vstupním a výstupním materiálem, bedna na odřezky a další potřebné věci důležité pro zajištění funkčnosti pracoviště. Tento návrh bude doplněn 3D vizualizací pracoviště a robotů pro lepší představu.

Na novém pracovišti by mělo dojít k plazmování otvorů na několika referencích, tudíž bude docházet ke změně programu dle výrobního plánu a je nutné počítat s tím, že se zde nebude plazmovat pouze jeden druh výrobku.

Jelikož se ve firmě nachází pracoviště, kde se plazmují otvory, je požadavkem srovnání současného stavu a budoucího s případnými výhodami, nevýhodami a přínosy. Důležité je mít informace podloženy vypovídajícími daty. Dále je požadováno ekonomické zhodnocení a výpočet návratnosti investice. Rozpočet na daný projekt nebyl předem určen, ale po vytvoření návrhu doprovázeného cenami jednotlivých položek a celkového vytvoření nového pracoviště, bude představen vedení společnosti ke schválení.

Jako dodavatel robotů, zařízení a dalších komponent potřebných pro vznik nového pracoviště byla vedením společnost nominována firma ARC-Robotics s.r.o. s jejichž zástupci byl konzultován návrh pracoviště co se týká rozmístění strojů, výběr potřebných robotů a zařízení a rozvržení rozmístění dalších prvků pracoviště.

Nové pracoviště se navrhuje z několika důvodů, mezi které patří například eliminace lidského faktoru, kdy bude člověk nahrazený robotem, čímž se předejde potenciálnímu nedostatku pracovníků na pracovišti. Dále se předpokládá snížení zmetkovitosti a tím docílení výroby většího počtu dobrých kusů za směnu. Při nahrazení lidí roboty se předpokládá rovněž snížení nákladů na provoz. Jelikož je robot stroj, je teoreticky neunavitelný na rozdíl od člověka, proto by při žádné poruše či přerušení chodu mohl pracovat 24 hodin denně. Dalším důvodem je samotné zavedení automatizace do výroby, kdy je proces řízen stroji za minimální zásahu člověka, tudíž se předpokládá zefektivnění výroby a daného procesu.

Do tohoto návrhu nebude zohledněn proces broušení, jelikož se jedná o další operaci, která je prováděna pouze v případě vyhodnocení dílů jako NOK, což znamená, že obsahují ostré otřepy, které je potřeba obrousit. Kontrola dílů se provádí odbornými pracovníky při zahájení výroby na prvních kusech, dále pak v předem určených intervalech například každé dvě, nebo čtyři hodiny. V případě nalezení dílů s otřepy, či upálenou hranou, dojde k nastavení parametrů plazmového hořáku, aby se daný defekt neopakoval a celý kontejner s NOK díly bude posláný na operaci broušení, která se provádí na samostatném pracovišti.

5.2 Posouzení vhodnosti pracoviště plazmování pro robotizaci

Při rozhodování, zda je plazmovací pracoviště vhodné pro zavedení robotizace, byl brán ohled na analýzu současného stavu a na jednotlivé činnosti, které provádí operátoři na pracovišti WELD003. Při výběru činností, které budou nahrazeny roboty, došlo k jejich podrobné analýze a zkoumání. V Tabulka 5.1 jsou znázorněny prováděné činnosti s vyznačením, které budou

nahrazeny robotem a které ne. V současnosti jsou všechny tyto činnosti vykonávané člověkem, snahou ale je většinu z nich nahradit robotem. Počítá se s tím, že některé činnosti, které jsou vykonávané člověkem budou na novém pracovišti probíhat jiným způsobem, i když jejich účel a výstup bude stejný. Například vyndání dílu z kontejneru bude mít stejný výsledek, ale bude to prováděno jiným způsobem. Cílem je, aby tyto činnosti trvaly maximálně stejně dlouhou dobu, jako to trvá člověku, aby tedy bylo zavedení robotizace přínosné.

Tabulka 5.1 - Přehled činností prováděných na pracovišti a jejich možná robotizace

Činnosti prováděné na plazmovacím pracovišti	Současný stav	Nový stav	
	Operátor	Operátor	Robot
Otevření kontejnerů	X	X	
Vyjmutí dílu z kontejneru	X		X
Přenos dílu k přípravku	X		X
Založení dílu do přípravku	X		X
Přendání dílu z jednoho přípravku do druhého	X		X
Vyndání hotového dílu z přípravku	X		X
Uložení dílu do finálního kontejneru	X		X
Zavření kontejnerů	X	X	
Odvoz kontejnerů z pracoviště do skladu	X	X	

Pokud by se jednalo o složitou manipulaci s díly a komplikované zakládání drobných součástí do přípravků, přišlo by na zvaženou, zda jsou takové činnosti nezbytně nutné nahradit prací robotů. Někdy je možné, že díky složitosti zakládání dílů je práce člověka rychlejší než práce robota. V případě WELD003 se ale jedná o poměrně jednoduchý způsob zakládání dílů, proto tyto činnosti mohou být nahrazeny roboty. Toto rozhodnutí bylo stanoveno na základě konzultací s odborníky ze společností ARC-Robotics i Shape Corp. a také díky informacím a poznatkům získaných v oblasti automatizace a robotizace výroby a výrobních procesů.

5.3 Dodavatel

Společností Shape Corp. byl vybrán dodavatel robotů a zařízení ARC-Robotics, s.r.o. se kterým má dlouholeté zkušenosti a již v minulosti pro firmu dodával robotická zařízení a další automatizovaná pracoviště. Jedná se o firmu se sídlem v Plzni na Borských polích, která má více než desetiletou zkušenost s integrací robotů do výroby. Nabízí celou řadu služeb, které zahrnují návrh celkové koncepce pracoviště, naprogramování robotů, vytvoření efektivního automatizovaného pracoviště a osobní přístup k problémům a požadavkům zákazníka. Spolupracují s předním dodavatelem robotů FANUC, který nabízí roboty do automatizovaných provozů v oboru strojírenském, elektrotechnickém či potravinářském. Strategii firmy je zajištění vysoké kvality a spolehlivosti ve vývoji produktů, proto třetina zaměstnanců firmy pracuje právě na výzkumu a vývoji svých produktů. [48]

V rámci vytváření samotného návrhu týkajícího se vybavení, layoutu a průběhu procesu na daném pracovišti probíhaly konzultace mezi zástupci firmy Shape Corp., ARC-Robotics a autorem této práce. Právě autorem byla vytvořena představa a návrh, jak by mělo dané pracoviště vypadat, co by mělo obsahovat a jak by měl daný proces probíhat. To vše bylo představeno dodavateli a zároveň popsáno v dokumentu *Žádost o nabídku*. Na něm bylo poté přijat s návrhem technického řešení pracoviště, návrhem konkrétních manipulačních robotů pro zajištění procesu a cenovou nabídkou. Obsahem tohoto návrhu je 3D vizualizace robotů a jejich manipulace s díly, které jsou prvním robotem vyndány ze vstupního kontejneru, založeny do

vyrovnávacího přípravku, kde si díl převezme druhý manipulační robot, který díl přiblíží k plazmovému hořáku a zde dojde k vyříznutí otvorů. Poté díl vrátí opět do vyrovnávacího přípravku, aby si ho mohl vzít první robot a založil ho do kontejneru s finálními výrobky. Dále návrh obsahuje rozměry plochy pracoviště a umístění kontejnerů a vyrovnávacích přípravků.

Dodavatel se zavazuje, že dodání zařízení bude trvat 20 týdnů od objednávky a samotná instalace na hale 14 dní. Nastavení a naprogramování strojů proběhne na začátku při instalaci a poté už to nebude teoreticky potřeba, jelikož se jedná o manipulační roboty, které budou mít pokaždé stejnou úlohu. V případě požadavku na změnu se kontaktuje společnost a ta roboty přeprogramuje. Na rozdíl od svářecích a plazmovacích robotů, které se musí nastavovat a upravovat pravidelně podle parametrů vstupních dílů. K tomu je potřeba proškolení zaměstnanců firmy.

5.3.1 Podklady pro dodavatele

Dodavatel dostal od společnosti Shape Corp. podklady pro vytvoření návrhu automatizovaného plazmovacího pracoviště. Součástí podkladů byl dokument zvaný *Request For Quote*, v překladu *Žádost o nabídku*, ve standardizovaném formátu se soupisem všech požadavků. Výčet položek z žádosti je zobrazený v Tabulka 5.2 a Tabulka 5.3.

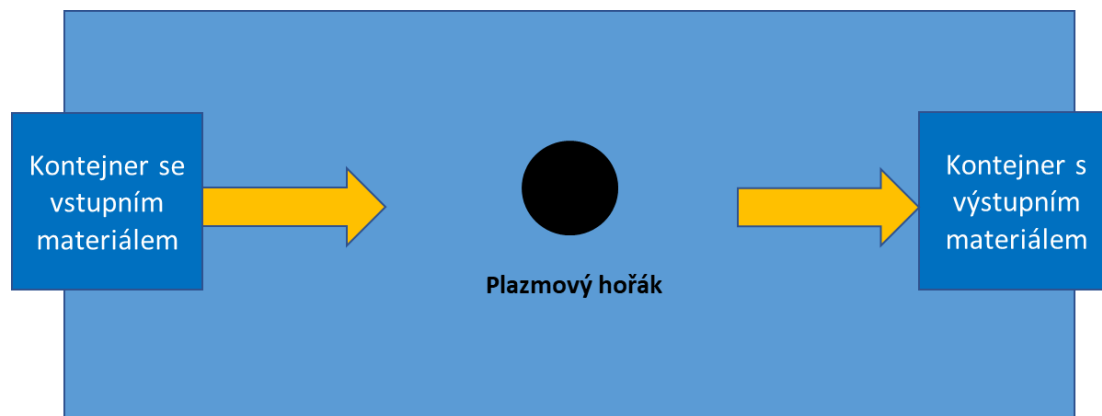
Tabulka 5.2 - Přehled definovaných požadavků z RFQ

Všeobecné požadavky
Roboty značky FANUC
Plazmový zdroj energie Hypertherm XPR170
Statický plazmový hořák-pohyb obrobku vůči hořáku
Plně automatický proces
Řídící stanice GE RX3i PLC
Řídící systém GE HMI
Čas cyklu na každý kus 21 s
Poka-Yoke pro zabránění smíchání referencí a ověření dokončeného procesu plazmy
Integrace do výroby ve společnosti Shape Corp.
Dokumentace, provozní školení
Odstraňování problémů 6 měsíců po konečném přijetí
Ergonomie, ochrana a bezpečnost zajištěno dle standardů společnosti Shape Corp.
Záruka jeden rok po konečném přijetí objednávky

Tabulka 5.3 - Upřesněné požadavky na dokumentaci

Požadavky na dokumentaci
Návod k sestavení
3D modely ve formátu STEP, nebo Solidworks
Detailní 2D výkres ve formátu .dxf a .pdf
Hlavička výkresů dle formátu Shape Corp.
Kusovník dle vzorového dokumentu

Součástí dokumentu bylo také jednoduché schéma zobrazující tok materiálu na pracovišti. Toto schéma je na Obr. 5.1.



Obr. 5.1 - Schéma toku materiálu (Zdroj Shape Corp.-upraveno)

Na základě těchto podkladů vytvořil dodavatel cenovou nabídku a hrubý návrh technického řešení pracoviště. Celkový návrh pracoviště byl úkolem autora této práce a s dodavatelem došlo pouze k upřesnění jednotlivých požadavků a bodů, které jsou podrobně vysvětleny v kapitole 5.4. Návrh pracoviště - řešení kritických bodů.

Podstatnou částí žádosti o nabídku byl návrh času cyklu robotizovaného pracoviště. Z toho důvodu je jeho výpočet uveden detailním způsobem ve zbytku této podkapitoly.

Bylo cílem, aby se na pracovišti řezaly otvory na dílech dvou různých projektů, kde každý z projektů obsahuje jeden přední a jeden zadní nárazník, celkem tedy čtyři typy dílů v různém ročním objemu produkce viz Tabulka 5.4.

Tabulka 5.4 - Přehled projektů

Projekt	Název	Objem roční produkce [ks]
P33C	FRT BEAM	250 000
P33C	RR BEAM	250 000
HHM	FRT BEAM	128 000
HHM	RR HS	25 000
Celkem		653 000

Je tedy potřeba vyrobit celkem 653 000 ks nárazníků za jeden rok, který má 240 pracovních dní, což je standardní hodnota uvažovaná společností Shape Corp., která zahrnuje odstávky, které jsou dvakrát v roce. Jednoduchým podílem těchto dvou hodnot se získá počet kusů, který je potřeba vyrobit za jeden den (viz rovnice (1)).

$$PK = \frac{653\,000}{240} = 2\,721 \text{ ks/den} \quad (1)$$

Pro další výpočty se na základě domluvy s konzultantem práce určilo, že se bude počítat s 2,5 směny za den, a ne se třemi, jelikož je zde odečten čas na údržbu strojů, výměnu nástrojů, kontejnerů, vysypání bedny s odřezky a další. Tabulka 5.7 ukazuje přehled disponibilního času v hodinách a vteřinách potřebného pro výrobu požadovaného množství kusů za směnu, den neboli 2,5 směny a za jeden rok.

Tabulka 5.5 - Disponibilní čas

	Počet hodin [h]	Počet vteřin [s]
Směna	7,5	27 000
Den	18,8	67 500
Rok	4 500	16 200 000

Čas cyklu potřebný pro výrobu jednoho kusu se získá jako podíl disponibilních vteřin za den a potřebný počet kusů za den znázorněný v rovnici (2).

$$CT = \frac{67\,500}{2\,721} = 24,81\,s \quad (2)$$

Tento čas nesmí být překročen, tudíž zde není prostor na žádné prostoje, či chyby, což je ale v praxi nereálné, jelikož by nedošlo k výrobě požadovaného množství kusů za dané období. Z toho důvodu je tento čas cyklu uvažován jako čas při OEE=85 %, což je standardní uvažovaná hodnota podnikem. Proto, je potřeba čas přepočítat pro zjištění délky času při OEE=100 %. K tomu postačí vypočítaný CT vynásobit hodnotou 0,85 zobrazeno v rovnici (3).

$$CT_{100\%} = 24,8 * 0,85 = 21,09\,s \quad (3)$$

Výsledný čas je 21,09 s při 100% OEE. Tento čas byl stanoven dodavateli jako hodnota, které se musí držet při navrhování pracoviště, v případě prostojů či chyb bude tedy určitá rezerva pro jejich řešení. Tento čas je o něco delší než na původním pracovišti, ale zde dojde k výraznému ušetření celkového disponibilního času na výrobu, a to v podobě rychlejší výměny přípravků. Ty jsou jednodušší a manipulace s nimi bude rychlejší. Zároveň nebude potřeba VZV a několika pracovníků údržby. Přehled výsledků výpočtů je v Tabulka 5.6.

Tabulka 5.6 - Přehled časů cyklu

Potřeba vyrobit ks/den	CT na 1ks při 85% OEE [s]	CT na 1ks při 100% OEE [s]
2 721	24,81	21,09

Tabulka 5.7 obsahuje přehled zmiňovaných hodnot a zároveň výpočet kusů, které se vyrobí za dané období při OEE 85 %.

Tabulka 5.7 - Disponibilní čas na výrobu

	Počet hodin [h]	Počet vteřin [s]	Počet kusů OEE=85 %
Směna	7,5	27 000	1 093
Den	18,8	67 500	2 732
Rok	4 500	16 200 000	655 605

5.4 Návrh pracoviště-řešení kritických bodů

Při vytváření návrhu nového plazmovacího pracoviště se vyskytly důležité body, nad kterými bylo potřeba se zamyslet a vybrat vždy nejlepší možnou variantu z několika nabízených. Tyto body byly probírány jak s konzultantem této práce neboli zaměstnancem

společnosti Shape Corp., tak s dodavatelem robotického zařízení, který potvrdil správnost návrhu a pomohl s některými detaily.

Vzhledem k danému procesu bylo jasné, a i dodavatelem navrhnuté, že bude zapotřebí dvou manipulačních robotů, aby zvládli danou operaci v určený čas. Také byl určený způsob manipulace s materiálem, kdy jeden robot musí vyndat ze vstupního kontejneru díl, který si předá s druhým robotem a ten ho dopraví k plazmovému hořáku, kde se uskuteční daná operace řezání otvoru. Dále vrátí druhý robot díl tomu prvnímu, který ho založí do výstupního kontejneru. Tím se nabízí první otázka a to, jaké bude rozmístění těchto pěti položek na co nejmenší ploše, aby došlo k ušetření místa? Dalšími body k ujasnění byl způsob uchopení a vyndání dílu z kontejneru, jeho předání druhému robotu tak, aby došlo následovně k vyříznutí otvoru na správném místě a ověření přítomnosti tohoto otvoru. Také bylo důležité určit místo a způsob předání hotového dílu a jeho následné uložení do výstupního kontejneru. V průběhu navrhování se vyskytly také otázky typu, co s NOK díly, kam přijdou uložit, jak se budou dovádět odřezky pryč z prostoru plazmy a jak často, jakým způsobem se bude zásobovat pracoviště, jaký typ robotů bude nejlepší na danou práci a jaké budou mít efekty sloužící pro uchopení dílů, jak bude zajištěna bezpečnost a celková automatizace pracoviště. Odpověď na tyto otázky a jednotlivé body jsou podrobněji rozebrány v této kapitole.

Počet robotů

Z hlediska plné automatizace a robotizace pracoviště bylo dodavatelem navrženo, že budou na pracovišti dva manipulační roboty, a to z několika důvodů. Mezi hlavní důvod patří manipulační dosah robotických ramen, který je omezen jejich délkou. Došlo totiž k výběru robotů, které se nachází v současnosti ve firmě Shape Corp. na pracovišti, které nebude nadále používáno, a právě tyto manipulační roboty budou dedikovány na nové pracoviště. Dalším důvodem je úspora času, kdy mohou pracovat oba roboty najednou. První vyndá kus z kontejneru a ustaví ho do vyrovnávacího přípravku, poté si ho vezme druhý robot a nese ho k plazmovému hořáku, kde dojde k řezání otvorů. Mezitím první robot uchopí hotový díl z překládacího stanoviště a uloží ho do výstupního kontejneru. Poté si jde pro nový díl do vstupního kontejneru, který opět ustaví do vyrovnávacího přípravku.

Typy robotů

Dodavatel navrhnul na základě zkušeností a odborných znalostí využití dvou stejných manipulačních robotů (Obr. 5.2) značky FANUC typ M-710iC/50 díky svým specifickým vlastnostem a parametrům. Tyto roboty se nebudou kupovat nové, ale využijí se stávající, které jsou na pracovišti WELD003. Výčet těchto parametrů je v Tabulka 5.8.

Tabulka 5.8 - Parametry robota FANUC

FANUC M-710iC/50	
Počet os	6
Dosah	2050 mm
Nosnost	50 kg
Maximální rychlost pohybu	355 °/s
Rozměr zabrané plochy	535 x 550 mm
Elektrické připojení	380-575 V
Úroveň hluku	71.3 dB
Teplota prostředí	0-45 ° C



Obr. 5.2 - Fanuc M-710iC/50 [55]

Roboty se budou lišit svými efektory a to tak, že první robot bude mít nástroj s magnetickým efektozem, který bude pneumaticky posuvný a druhý bude mít pneumatický efektor a čelisti na míru tvaru profilu dílu. Efektozy obou robotů se budou muset poříditi nové.

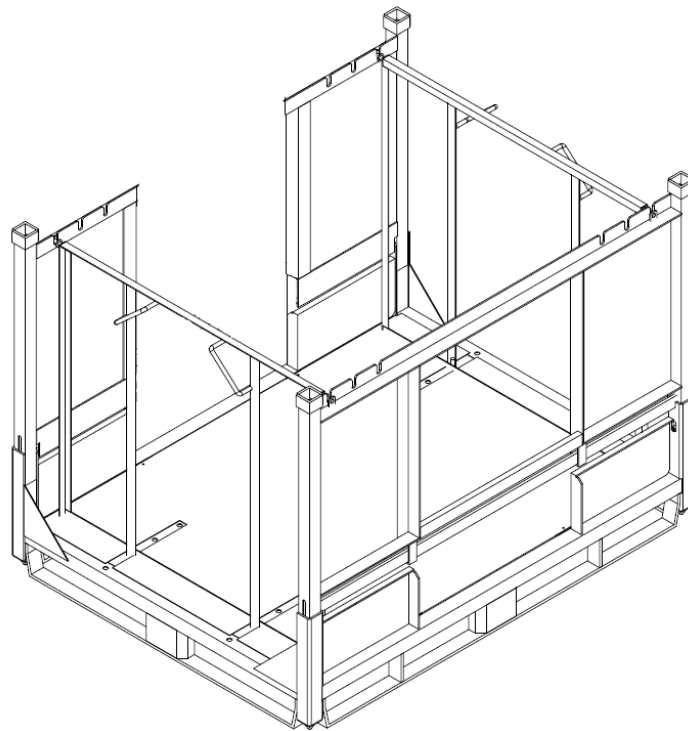
Jednou z možností bylo zařadit na pracoviště kolaborativního robota. Jelikož se ale jedná o plně automatizované pracoviště, kdy je cílem eliminace lidské síly na novém pracovišti, byl tento návrh zamítnut. Dalším důvodem je rychlost kolaborativních robotů, která je značně nižší než rychlost průmyslových robotů, a to právě z důvodu spolupráce s člověkem. Kolaborativní robot nemůže pracovat v blízkosti člověka v plné rychlosti, takže by jejich použití nedávalo smysl, jelikož firma požaduje maximální možnou rychlost robotů pro co nejkratší časy cyklu. Průmyslový robot nepotřebuje přístup operátorů, proto může být zahrazen a také může dosahovat vyšších rychlostí při pohybu, čímž se zkracuje i čas cyklu. Pořízení kolaborativních robotů by vyžadovalo větší investici, zatímco použití stávajících robotů nevyžaduje dodatečné investice. Při použití kolaborativních robotů může dojít k ušetření za oplocení, ale v návrhu nového pracoviště být oplocení musí už jen z důvodů záření, které vychází z plazmového hořáku.

Nástroj robotů k uchopení dílů

Nárazníky jsou uloženy v kontejneru, do kterého musí mít robotická ruka přístup, aby mohla uchopit díl a vyndat ho ven. Způsob uložení dílů v kontejneru je znázorněn na Obr. 5.3. Omezujícím faktorem v tomto směru je tvar kontejneru, který je neměnný a kterému se musí návrh a způsob vyndávání dílů přizpůsobit. Model kontejneru je znázorněn na Obr. 5.4. Je to z toho důvodu, že firma používá tento typ kontejnerů ve své výrobě pro přepravu dílů mezi jednotlivými operacemi a nechce investovat do nákupu nových typů kontejnerů. To by totiž představovalo další náklady a potřebu vytvoření místa pro jejich skladování.



Obr. 5.3 - Způsob uložení dílů v kontejneru (Zdroj vlastní)



Obr. 5.4 - Model kontejneru (Zdroj vlastní)

Vzhledem k vykonávání různých činností obou robotů došlo k návrhu, že bude mít každý jiný efektor. První robot nepotřebuje dosáhnout takové poziční přesnosti jako druhý, proto bude mít magnetický efektor typu SCHUNK GSW-M (Obr. 5.5) sloužící pro uchopení dílu v kontejneru, jeho vyndání a ustavení do přípravku na předávacím místě. Efektor bude mít příčný posun pomocí pneumatického válce k zajištění dostupnosti dílů v kontejneru. Ovládání bude pomocí pneumatických ventilů na třetí ose robota.



Obr. 5.5 - Magnetický efektor SCHUNK GSW-M [49]

Druhý robot již musí dosahovat vysoké přesnosti, jelikož drží díl vůči plazmovému hořáku v přesné poloze určené pozičními tolerancemi otvoru. Z toho důvodu bude mít pneumatické paralelní efektor značky SCHUNK PGN+P 200-2 pro zajištění úchopu dílu v přesné poloze (Obr. 5.6). Konkrétní typy chapadel byly zvoleny na základě konzultace se společností ARC-Robotics, s.r.o.



Obr. 5.6 - Paralelní efektor PGN+P 200-2 [50]

Přehled typů chapadel je znázorněn v Tabulka 5.9.

Tabulka 5.9 - Koncepce nástroje robotů

Koncepce nástroje robotů		
Robot	Druh efektoru	Typ
Robot 1	Magnetické	SCHUNK GSW-M
Robot 2	Pneumatické	SCHUNK PGN+P 200-2

Vyndání dílů z kontejneru

Vzhledem k orientaci uložených dílů v kontejneru je možné vyndávat díly několika způsoby. Například vyndat dvířka na jedné nebo druhé straně a díly vysouvat po jednom ven, dále pak uchopit díl shora a vyndat ho, nebo ho uchopit z boku kontejneru na straně, která sice nejde sklopit, ani vyndat, ale je uprostřed své šířky volně přístupná (Obr. 5.4).

Způsob vysunutí dílu ze strany byl zavrhnut z důvodu složitosti manipulace, jelikož by musela být otevřena obě dvířka, robot by z jedné strany strčil do dílu, aby vyjel do poloviny

své délky ven a poté ho mohl uchopit. Jelikož jsou díly zaoblené a ne rovné, jejich trajektorie vysouvání by byla po kružnici a tím pádem by nešly vyndat ty díly, co by byly přímo u stěny kontejneru, které by se zde zarazily. Celý tento proces by trval dlouho a také by byla potřeba většího místa na stranách kontejnerů pro manipulaci s dílem.

Vyndání dílů uchopením shora zní jednodušeji, avšak robotické magnetický efektor potřebuje co největší plochu pro uchopení dílu tak, aby nespádnul a zároveň aby ho mohl snadno ustavit do vyrovnávacího přípravku za datumové otvory (technologické otvory pro ustavení dílů do přípravků).

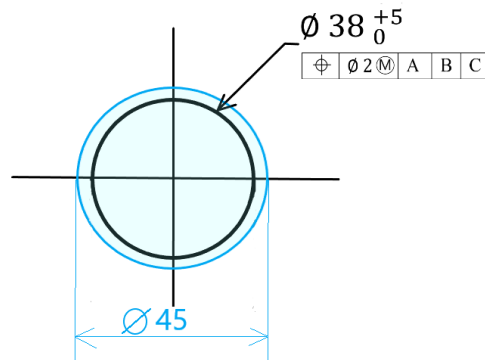
Nabízí se tedy způsob uchopení dílu ze strany (z boku kontejneru) a vyndání směrem nahoru z kontejneru. Tato varianta byla vybrána jako nejlepší. Porovnání jednotlivých variant a následný výběr vhodné varianty je uveden v Tabulka 5.10.

Tabulka 5.10 - Způsob uchopení dílu

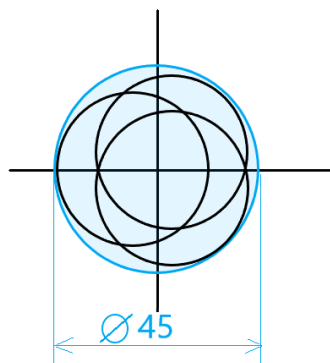
Uchopení dílu	+	-	Výběr varianty
Bez uchopení (vysunutí ven)	-	<ul style="list-style-type: none"> - dlouhá doba manipulace - nutno otevřít obě dvířka kontejneru - složitá manipulace - nelze vyndat všechny díly v řadě - potřeba prostoru okolo kontejnerů 	✗
Ze strany dílu	<ul style="list-style-type: none"> - rychlá manipulace - možnost vyndat všechny díly - není potřeba otevírat dvířka kontejneru 	-	✓
Shora za menší plochu	<ul style="list-style-type: none"> - rychlá manipulace 	<ul style="list-style-type: none"> - malá úchopová plocha - nelze vyndat díly u stěny kontejneru kvůli rozměrům efektoru 	✗

Ustavení dílu do přípravku

Při vyndání dílu prvním robotem z kontejneru je potřeba ho přesunout a ustavit do vyrovnávacího přípravku v přesné poloze, ze kterého si ho převezme druhý robot, který ho dopraví k plazmovému hořáku. Je důležité, aby došlo k vyříznutí otvorů na správné pozici daného dílu a zároveň, aby byly dodrženy poziční tolerance na otvor. Takové tolerance jsou v rozmezí $\pm 0,5-1,5$ mm. Pro představu je znázorněno toleranční pole pro pozici otvoru o rozměru $\varnothing 38^{+5}_0$ na Obr. 5.7 modrou barvou. Tento obrázek znázorňuje umístění otvoru přesně ve středu tolerančního pole. Otvor se však může nacházet i na kraji tolerančního pole, což znázorňuje Obr. 5.8. Průměr tolerančního pole se vypočítá přičtením tolerance na pozici, v tomto případě 2 mm, k horní toleranci rozměru otvoru. Výsledný průměr je $\varnothing 45$ mm. V této oblasti se může vyskytovat požadovaný otvor o rozměru $\varnothing 38-43$ mm.



Obr. 5.7 - Poziční tolerance otvoru (Zdroj vlastní)

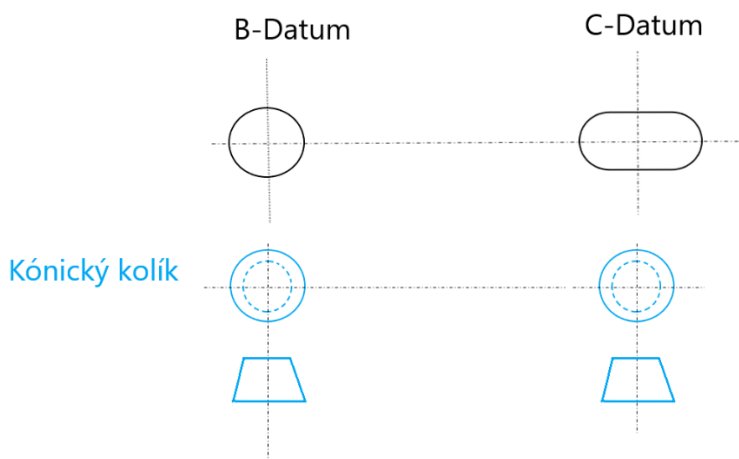


Obr. 5.8 - Možnosti umístění otvoru v rámci tolerančního pole (Zdroj vlastní)

Na základě těchto podmínek je důležité, aby byl každý díl ustaven vždy ve správné pozici, tím pádem by nedošlo k vyřiznutí otvorů mimo pozici tolerančního pole.

Prvním návrhem bylo ustavení dílu do přípravku tak, že se díl položí na rovnou plochu, posunutím se opře jednou stranou o zarážku a tím by došlo k jeho vyrovnání. Poté si ho převezme druhý robot. Tento způsob je poměrně nepřesný, kvůli tomu, že jsou velké tolerance na délku dílu, která se může pohybovat v řádu milimetrů. Někdy se také na koncích dílů nachází otřepy po předchozím procesu, což by mohlo způsobit, že bude vyřiznutý otvor pokaždé na jiné pozici a nebude splněna požadovaná poziční tolerance otvoru.

Jako druhý návrh bylo navrženo ustavení za tzv. datumové díry, nebo také RPS otvory, což jsou technologické otvory na zadní straně dílu, které slouží právě pro ustavení dílů do přípravků například pro svařování, nýtování, stříhání a další. Jedná se o otvor ve firmě nazývaný B-Datum, který má kruhový rozměr a C-Datum, který má tvar oválu, což je vidět na Obr. 5.9.



Obr. 5.9 - Datumová struktura otvorů včetně příslušných kónických kolíků (Zdroj vlastní)

Tyto tvary otvorů jsou z toho důvodu, že kruhovým otvorem projde kónický kolík a tím odebere dílu dva stupně volnosti z šesti celkových. Jeden stupeň volnosti umožňuje dílu otáčení kolem středu kruhového otvoru. Proto se zde nachází oválný otvor, který této rotaci dílu zabrání právě odebráním jednoho stupně volnosti. Jelikož nejsou otvory vůči sobě pokaždé ve stejné vzdálenosti, ale pohybují se v rámci pozice a rozměru, je tento otvor oválný a tím umožní založení dílu do přípravku. Na díle se také nachází A-Datumy, což jsou body, o které se díl opře a tím dojde k odebrání zbývajících stupňů volnosti. Na těchto náraznících se nachází většinou tři A-Datumy, jelikož určují rovinu (Obr. 5.10).



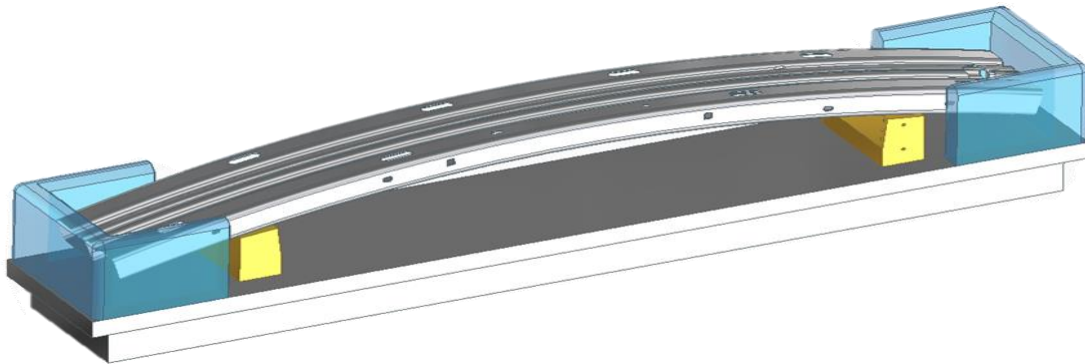
Obr. 5.10 - Datumová struktura dílu (Zdroj vlastní)

K těmto otvorům jsou vztahovány poziční tolerance zbylých otvorů na díle. Druhý návrh byl vybrán pro ustavení dílu ve vyrovnávacím přípravku. Porovnání jednotlivých variant a následný výběr vhodné varianty je uveden v Tabulka 5.11.

Tabulka 5.11 - Ustavení dílu v předávacím místě

Ustavení dílu v předávacím místě	+	-	Výběr varianty
Zapření dílu o zarážku	- jednoduchá konstrukce přípravku - rychlá manipulace	- nepřesnost ustavení dílu - velké tolerance na délku dílu - otřepy na díle	✗
Datumové otvory	- velmi přesné ustavení	- pomalejší manipulace - složitější přípravek - dražší	✓

Pro to, aby robot nasadil díl na dva kolíky odpovídající B-Datumovému a C-Datumovému otvoru je potřeba, aby tyto kolíky byly na pružině. Postup je takový, že robot přijede s dílem k přípravku a zastaví se v určité poloze. Díky nestálé pozici otvorů na díle nebudou vždy přímo nad kolíky, proto je potřeba, aby je robot „našel“. To bude probíhat tak, že bude sunout díl směrem ke kolíku pro B-Datum a jakmile čidlo zaznamená, že kolík prošel skrz otvor, natočí díl tak, aby prošel i kolík druhým otvorem pro C-Datum. Přípravek má také na stranách dva výklenky, které slouží pro přesné vymezení prostoru pro uložení dílu. Tímto bude díl ustaven v přípravku, kde si ho převezme druhý robot a dopraví ho k plazmě. Příklad takového přípravku je zobrazen na Obr. 5.11.



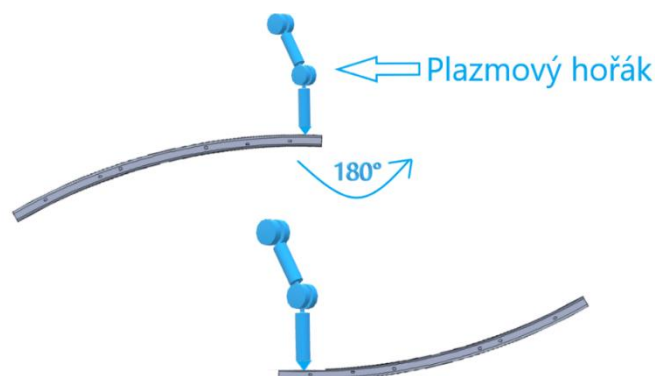
Obr. 5.11 - Díl ustavený v přípravku (Zdroj vlastní)

Je důležité, aby byl na každý typ dílu odlišný ustavovací přípravek, jelikož se typy dílů liší v rozložení datumové struktury. Tyto přípravky se budou měnit při každé změně výrobního programu a robot se poté zkalibruje na základě jejich pozice.

Na pracovišti se bude nacházet ještě jeden přípravek, do kterého přijde uložit hotový díl po řezání plazmou. Položí ho zde druhý robot, aby si ho mohl převzít první, který ho uloží do výstupního kontejneru. Přípravky se budou nacházet těsně vedle sebe, aby na ně dosáhla ramena obou robotů. U tohoto přípravku již nebude třeba hledat kolíky pro ustavení dílu do přesné pozice, jelikož robot díl drží v přesné pozici a stačí ho tedy pouze uložit na místo. Proto tento přípravek bude o něco jednodušší.

Řezání otvorů

Robotické rameno natočí díl kolmo vůči plazmovému hořáku v přesné poloze za dodržení pozičních tolerancí otvoru a ten začne řezat materiál. V tomto případě se pohybuje díl vůči pevně ustavené konzole plazmového hořáku. Jakmile je jeden otvor hotový, otočí robot díl o 180° a dojde k řezání druhého otvoru (viz Obr. 5.12).



Obr. 5.12 - Natočení dílu vůči plazmovému hořáku (Zdroj vlastní)

Plazmou se na těchto dílech prořezává maximálně do hloubky 15 mm, proto se řeže z obou stran. Oblast mezi otvory je předstřížena v procesu válcování z toho důvodu, aby se ubralo co nejvíce možného materiálu, čímž se zkrátí následná doba řezání plazmou. Samotné řezání otvorů trvá v součtu 8 s neboli 4 s jeden otvor.

Po skončení procesu se vrátí robot s dílem k přípravku, kde si ho předá s prvním robotem, který ho založí do kontejneru s hotovými díly. Zároveň si robot číslo dva vezme vstupní díl z ustavovacího přípravku.

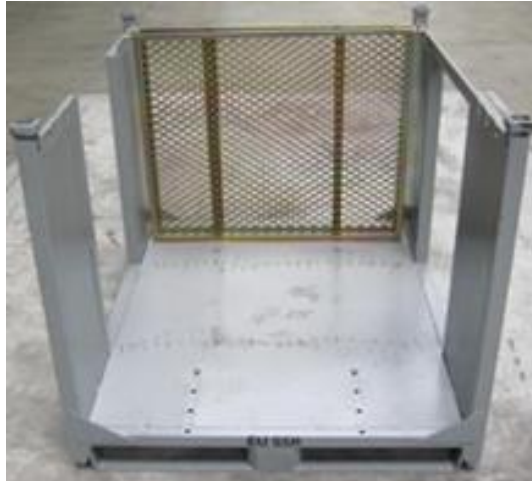
Tento způsob otočení dílu o 180° na délku je z toho důvodu, že kloub robotického ramene nedokáže otočit dílem na šířku tak, aby byl díl poté kolmý na plazmový hořák. Také by to trvalo delší dobu.

Uložení dílu do finálního kontejneru

Každý projekt má jiné finální balení neboli tvar a rozměry kontejneru do kterého se skládají hotové díly. To se liší dle zákazníka. Je proto důležité, aby byl robot, který díly ukládá do kontejneru naprogramovaný podle různých druhů projektů. Ve firmě je využíváno několik druhů kontejnerů, ale na novém pracovišti budou používány pouze dva typy, a to interní a zákaznický společnosti NISSAN zobrazený na Obr. 5.13. V zásadě se liší balení v počtu kusů v jedné řadě, jejich orientace, počet vrstev a celkový počet kusů v balení. Snahou je, aby díly byly skládány ve finálním balení stejně, jako byly uloženy ve vstupním kontejneru. Některé díly jsou baleny do stejných kontejnerů jako ve kterých přijely na pracoviště (Obr. 5.14), tudíž zde nevzniká žádný problém a díly jsou uloženy stejným způsobem jako na vstupu.

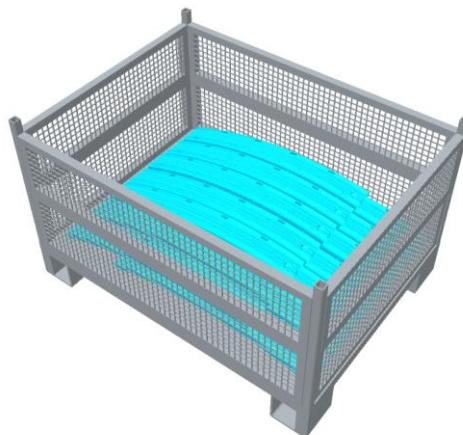


Obr. 5.13 - Zákaznický kontejner (Zdroj vlastní)



Obr. 5.14 - Interní kontejner (Zdroj vlastní)

Pokud jsou díly baleny do zákaznického kontejneru, jsou skládány na šířku do řady vedle sebe. To ale nebude pro robota problém, jelikož bude díl držet zepředu a jen ho do kontejneru položí naležato, jako je zobrazeno na Obr. 5.15. Jakmile bude kontejner na kolečkách, bude potřeba sklopit boční stěnu pro to, aby mohl robot jednoduše ukládat díly dovnitř. To zajistí skladník.



Obr. 5.15 - Způsob uložení dílů v zákaznickém kontejneru (Zdroj vlastní)

Výběr aktivních a pasivních logistických prvků

Mezi pasivní prvky, které budou využity na novém pracovišti patří hlavně kovové klece neboli kontejnery. Firma má své vlastní kontejnery, ve kterých převáží díly mezi pracovišti z jedné operace na další a poté má různé druhy kontejnerů od zákazníků, kteří vyžadují, aby jim díly byly dováženy pouze v nich. Pokud se budou vyrábět díly, které jdou na další operaci v rámci firmy, bude použit stejný kontejner na výstupu jako na vstupu (Obr. 5.14). V případě, že jdou díly přímo zákazníkovi, přijdou uložit do příslušného zákaznického balení (Obr. 5.13).

Tyto kontejnery budou na pracoviště zaváženy pomocí aktivních prvků. Využitý bude primárně VZV, kdy skladník položí kontejner na kolečka, pomocí kterých se poté přemístí na přesně vyznačené místo se vstupním materiálem a na místo s výstupním materiálem umístí prázdný kontejner. Na podlaze budou ližiny, které vymezí určený prostor pro kontejnery spolu se zarážkou, která zabráni jejich pohybu. Na pracovišti se bude nacházet další kontejner na vyražené NOK kusy, který bude mít červenou barvu pro vizuální rozlišení, že se zde nachází

špatné kusy. Optické čidlo zaznamená přítomnost všech kontejnerů a zajistí kontrolu jejich správné polohy. Pokud se zde nebudou nacházet, nepůjde spustit cyklus operace.

Další možností je zavézt kontejnery na pracoviště pomocí nízkozdvížného vozíku, který také umožňuje zvednout a položit kontejner na kolečka, nebo pomocí zásobovacího vláčku, který přiváží díly ze skladu rovnou na kolečkách. Skladník ho bude muset pokaždé dotlačit na přesně vyznačené místo. Přehled logistických prvků je v Tabulka 5.12.

Tabulka 5.12 - Přehled logistických prvků

Logistické prvky	
Aktivní	Pasivní
VZV	Interní kontejner
Nízkozdvížný vozík	Zákaznický kontejner
Zásobovací vláček	Kovová bedna na odřezky

Odvod odřezků

Při řezání materiálu dochází k jeho odstraňování a tím pádem vzniká přebytečný materiál v podobě odřezků. Tyto odřezky mají různý tvar a velikost, dle řezaného otvoru viz Obr. 5.16.



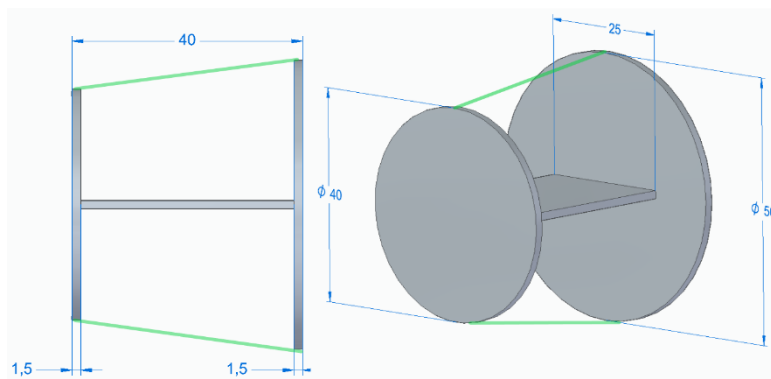
Obr. 5.16 - Příklad odřezku (Zdroj vlastní)

V případě řezání otvorů pro tažné oko se jedná o kruhový, válcový, či obdélníkový tvar. Otvor se nachází na dvou stranách nárazníku. Někdy vzniknou dva odřezky, pokud se řeže v místě, kde je jen jedna stěna bez jakékoliv přepážky. Jindy zase vznikne jeden odřezek, což je ovlivněno právě přepážkou na díle. Příklad tohoto odřezku je na Obr. 5.16. Ty je potřeba nějakým způsobem zachytit a odstranit z místa řezání. Jednoduchý způsob je umístit bednu přímo pod plazmový hořák, kam by odřezky spadly hned po jejich vyříznutí z dílu. Bedna musí být kovová, jelikož budou odřezky horké a například plastový materiál by mohly roztavit. Také musí být dostatečně velká, aby se nemusela vyvážet tak často. Příklad takové bedny je na Obr. 5.17.



Obr. 5.17 - Červená bedna na odřezky [51]

Pro hrubé určení, jak často by se musela bedna s odřezky vyvážet slouží následující výpočty. Rozměr bedny je 40x60x40 cm, což činí objem 96 000 cm³. Určení objemu, který bude zabírat jeden odřezek z jednoho nárazníku, vychází z jeho zjednodušeného tvaru zobrazeného na Obr. 5.18, kde jsou vidět i jednotlivé rozměry v milimetrech.



Obr. 5.18 - Model odřezku s kótami (Zdroj vlastní)

Určení objemu jednoho odřezku se vypočítá jako objem potenciálního komolého rotačního kužele, který je naznačený na obrázku zelenými čarami dle rovnic (4) a (5). Jde o to, že je potřeba počítat s nejhorší možnou variantou, jelikož odřezky díky svému tvaru budou při ukládání vytvářet spoustu vzdušného prostoru.

$$V = \frac{\pi * v}{3} * (r_1^2 + r_1 * r_2 + r_2^2) \quad (4)$$

$$V = \frac{3,14 * 40}{3} * (20^2 + 20 * 25 + 25^2) = 63\,879 \text{ mm}^3 \approx 63,9 \text{ cm}^3 \quad (5)$$

r_1, r_2 - poloměr

v - výška

Vyrábět se bude 2732 ks za den, proto bude objem odřezků za den vypočítaný dle rovnice (6).

$$V_{Den} = V * 2732 = 63,9 * 2732 = 174\,574,8 \text{ cm}^3 \quad (6)$$

Při vydělení objemu odřezků objemem bedny je výsledkem při přepočtení na procenta, část bedny, jakou zaplní denní objem odřezků, viz rovnice (7).

$$\frac{174574,8}{96000} * 100 = 181 \% \quad (7)$$

Z výpočtu vyplývá, že se za tři směny neboli 22,5 hodin naplní bedna z 181 %. Jednoduchou trojčlenkou znázorněnou v rovnici (8) se vypočítá čas v hodinách T, za kterou bude bedna naplněna ze 100 %.

$$T = 22,5 * \frac{100}{181} = 12,4 \text{ hod} \quad (8)$$

Na základě výpočtů se zjistilo, že bedna bude plná za 12,4 hodiny. Bude tedy potřeba, aby jí skladník vyvážel po skončení každé směny v rámci zásobování pracoviště a přípravy na výrobu. Je zřejmé, že se odřezky budou překrývat díky svému tvaru, a proto se jich vejde do bedny víc. To znamená, že se nebude muset bedna vyvážet tak často.

Nabízí se i druhá varianta, a to automatický magnetický dopravník, který by na pásu odváděl odřezky ven z prostoru plazmového hořáku, kde by padaly opět do bedny. Jeho výhodou je nepřetržitý provoz a také by mohla být bedna s odřezky venku za plotem, což by usnadnilo její výměnu, když by byla plná. Nemuselo by se chodit dovnitř pracoviště, ale odvázet jednoduše bednu zvenku. Tato varianta je ale podstatně dražší než ostatní a to za 200 010 Kč.

Třetí variantou je jednoduchý skluz, po kterém by se sunuly odřezky přímo do bedny, která by byla vně pracoviště. Jedná se o poměrně levnou variantu, která má však hned několik nevýhod. Jednou z nich je nutný úhel naklonění skluzu, který by byl potřeba k tomu, aby odřezky sjely až dolů do bedny a nezastavily se v půlce jeho délky. Takového úhlu však nelze dosáhnout, jelikož je potřeba, aby pod plazmovým hořákem byl dostatečný prostor pro manipulaci robota s dílem. Zároveň tento úhel ovlivňuje i výška umístění bedny na odřezky, která musí být na kolečkách.

Souhrn výhod a nevýhod všech variant odvodu odřezků je v Tabulka 5.13.

Tabulka 5.13 – Způsoby odvodu odřezků

Odvod odřezků	+	-	Výběr varianty
Kovová bedna	- nízká pořizovací cena	- nutno pravidelně vyvážet - delší doba výměny	✘
Automatický dopravník	- nepřetržitý provoz - snazší manipulace	- vysoká pořizovací cena - zabírá větší pracovní plochu	✔
Skluz	- nízká pořizovací cena - jednoduchá konstrukce	- nutný velký úhel sklonu - zasahuje do manipulačního prostoru hořáku	✘

V tomto případě nedošlo k jednoznačnému výběru jedné z variant, ale budou zahrnuty dvě do finálního návrhu, a to bedna a automatický dopravník. Management si bude moci sám vybrat, kterou cestou půjde. Skluz do návrhu zahrnutý není z důvodu nevýhod.

Kontrola přítomnosti otvorů

Po dokončení procesu řezání otvorů je důležité, aby se ověřilo, zda se zde opravdu otvory nachází. Je totiž možné, že cyklus proběhl, ale neúplně, nebo že vyříznuté otvory mají jiný než požadovaný tvar. Také se může stát, že vyříznutý materiál nevypadl ven, ale zasekl se v otvoru. Proto je potřeba, aby došlo ke kontrole přítomnosti těchto otvorů, jelikož firma dostala v minulosti několik reklamací na nevyříznutý otvor pro tažné oko a na novém pracovišti by mělo být toto riziko eliminováno.

První způsob je nasazení dílu na trn, který by prošel skrz otvory a simuloval by tak průchodnost tažného oka. Tím by se jasně ověřila přítomnost otvorů a jejich správná pozice. Tato varianta je poměrně finančně nenáročná, ale z hlediska délky času cyklu by to vliv mělo, jelikož by se mohl znatelně prodloužit, když by robot musel přesně nasadit díl na daný trn.

Druhou variantou je použití kamery, která by snímala otvory a vyhodnotila by jejich přítomnost pomocí obrysových senzorů. Ty fungují na principu srovnání předem definovaného tvaru s reálným. Tento způsob kontroly je rychlejší než první varianta i když výrazně dražší.

Také je potřeba, aby bylo zajištěno dostatečné osvětlení prostředí k dosažení správných výsledků. Dále je nutná pravidelná kalibrace kamery. Zároveň se kamera musí nacházet v čistém prostředí, aby vyhodnotila správně výsledky, tudíž by se měla nacházet co nejdál od plazmového hořáku, ze kterého jdou při řezání nečistoty. To má za následek prodloužení času cyklu, jelikož by se robotu prodloužila manipulační trasa s dílem.

Třetí možností je využití laserového paprsku, který by zkontroloval přítomnost otvorů tak, že by paprsek zasvítit na dané místo a musel by projít skrz. Jedná se o rychlý a kvalitní způsob vyhodnocení přítomnosti otvoru i když poměrně dražší než první varianta. Další výhodou je velká vzdálenost měření a dostatečná přesnost.

Pro všechny tři typy kontroly přítomnosti otvoru na díle je potřeba vytvořit místo na pracovišti, kam s dílem přijede robotické rameno a zde bude moci kontrola proběhnout. Toto místo musí být v dosahové vzdálenosti robotického ramena. Je zřejmé, že se kamera bude muset nacházet co nejdál od plazmového hořáku, což je nevýhodou.

V případě vyhodnocení, že díl nemá správně vyříznuté otvory, uloží ho druhý robot do separátního kontejneru na NOK díly označeného červenou barvou, které poté půjdou na kontrolu kvality a zde se rozhodne, zda se vyhodí nebo opraví. Robot si bude sám počítat NOK kusy, které vkládá do kontejneru, aby když bude plný, přivolal by obsluhu, která by kontejner vyprázdnila.

Porovnání jednotlivých variant a následný výběr vhodné varianty je uveden v Tabulka 5.14. Byla zvolena varianta kontroly pomocí laseru, jelikož je to nejpresnější a poměrně rychlý způsob kontroly přítomnosti otvorů i když za vyšší pořizovací náklady.

Tabulka 5.14 - Kontrola přítomnosti otvorů

Kontrola přítomnosti otvorů	+	-	Výběr varianty
Napichovací trn	- nízká pořizovací cena - jednoduché na konstrukci	- složitá manipulace s dílem - nutná přesnost umístění dílu na trn - prodloužení času cyklu	✗
Kamera	- vyšší přesnost kontroly - kontrola i kvality řezu	- nutná pravidelná kalibrace - nutnost osvětlení - vysoká cena - čisté prostředí - velká vzdálenost od hořáku	✗
Laser	- vysoká přesnost kontroly - rychlá kontrola	- vyšší pořizovací cena	✓

Typ vidlicového snímače s laserem pro kontrolu přítomnosti otvorů byl vybrán značky SICK, typ WFL80-40B41CA00, který je zobrazený na Obr. 5.19.



Obr. 5.19 - Vidlicový snímač WFL [52]

Bezpečnost pracoviště

Jelikož má být návrhem plně automatizované pracoviště, kde budou pracovat roboty samostatně, bez zásahu člověka, je důležité ho zajistit z hlediska bezpečnosti. K tomu poslouží jednoduché oplocení celé plochy, kterou bude pracoviště zabírat, aby se zabránilo vniknutí osob do pracovního prostoru robotů. Součástí oplocení budou vstupní dveře dostatečné šířky v místě zavážení kontejnerů, aby zde mohl projet VZV. Tyto dveře budou posuvné, aby zabíraly minimální prostor. Celkem se zde budou nacházet troje dveře stejné velikosti pro zpřístupnění všech tří kontejnerů a jedny menší dveře sloužící pro přístup k plazmovému hořáku a možnosti vyvezení bedny s odřezky. Zároveň se zde budou nacházet optická čidla, která budou detekovat případné vniknutí osob do prostoru. Pokud k tomu dojde, zastaví se stroje, aby nedošlo ke kolizi.

Z důvodu záření, které vzniká při chodu plazmového hořáku a řezání otvorů je zapotřebí zabezpečit pracoviště svařovací průhlednou červenou plentou, která bude chránit ostatní pracovníky právě před tímto zářením. Funguje na stejném principu, jako sklo, které mají svářeči ve své svářečské helmě, které chrání jejich zrak. (viz Obr. 5.20) Tato plenta je vyrobena z PVC a bude připevněna na plot po celém jeho obvodu.



Obr. 5.20 - Svařovací plenta [53]

5.5 Nabídka a dodané podklady od dodavatele

Na základě poptávky a konzultací byl dodavatelem ARC-Robotics, s. r. o. vytvořen technický návrh řešení nového pracoviště. Dodavatel také vytvořil cenovou nabídku na dodávku pracoviště, která obsahovala veškeré položky vypsané v Tabulka 5.15.

Tabulka 5.15 - Cenová nabídka

Položka	Množství
1. Hlava robota 1	
a. nástroj s magnetickým efektozem, pneumaticky přesuvný	1 ks
2. Hlava robota 2	
a. pneumatický efektor, čelisti na míru tvaru profilu	1 ks
3. Ustavovací přípravek	
a. servoelektrické ustavení za datumovou díru	1 ks
4. Překládací stanoviště	1 ks
5. Přípravek pro ustavení palety	2 ks
6. Konstrukce buňky	1 ks
a. samonosný rám	
b. manipulovatelné VZV	
c. zastřešení prostoru plazmového řezání + trychtýř pro odsávání	
7. Zabezpečení pracoviště	
a. boční servisní dveře	1 sada
b. dveře pro závoz palety, kliky EUCHNER	
8. Úprava PLC řízení GE FANUC	1 sada
a. rozvaděč, elektroinstalační materiál	
9. Zpracování, elektro projekce, konstrukce	1 ks
10. Montáž, instalace, předpřejímka v ARC-Robotics	
11. Instalace v SHAPE	
12. Naprogramování aplikace	
13. Dokumentace, CE	
Celková cena bez DPH	2 655 500,-
OPCE – Automatický magnetický dopravník	1 ks
1000 x 300 mm	200 010,-
bezúdržbový, určený pro nepřetržitý provoz	
Celková cena bez DPH	2 855 510,-

Toto je soupis všeho, co bude dodáno dodavatelem. Ceny jsou přepočítané zvolenou konstantou z důvodu udržení firemního know-how. S touto konstantou se bude počítat i v poslední kapitole práce. O zbytek položek, které je potřeba mít na pracovišti, se postará společnost Shape Corp., přičemž jednotlivé položky, co je potřeba pořídit, budou navrhnuty autorem této práce na základě konzultace se zástupci firmy.

V cenové nabídce nebylo zahrnuto několik položek, ať už se jedná o roboty, které firma použije z již existujícího pracoviště, či samotný plazmový zdroj, hořák a odsávání, který taktéž bude použito stávající.

Další položky, které nejsou obsaženy v cenové nabídce a zajistí si firma Shape Corp. sama, jsou vypsány v Tabulka 5.16.

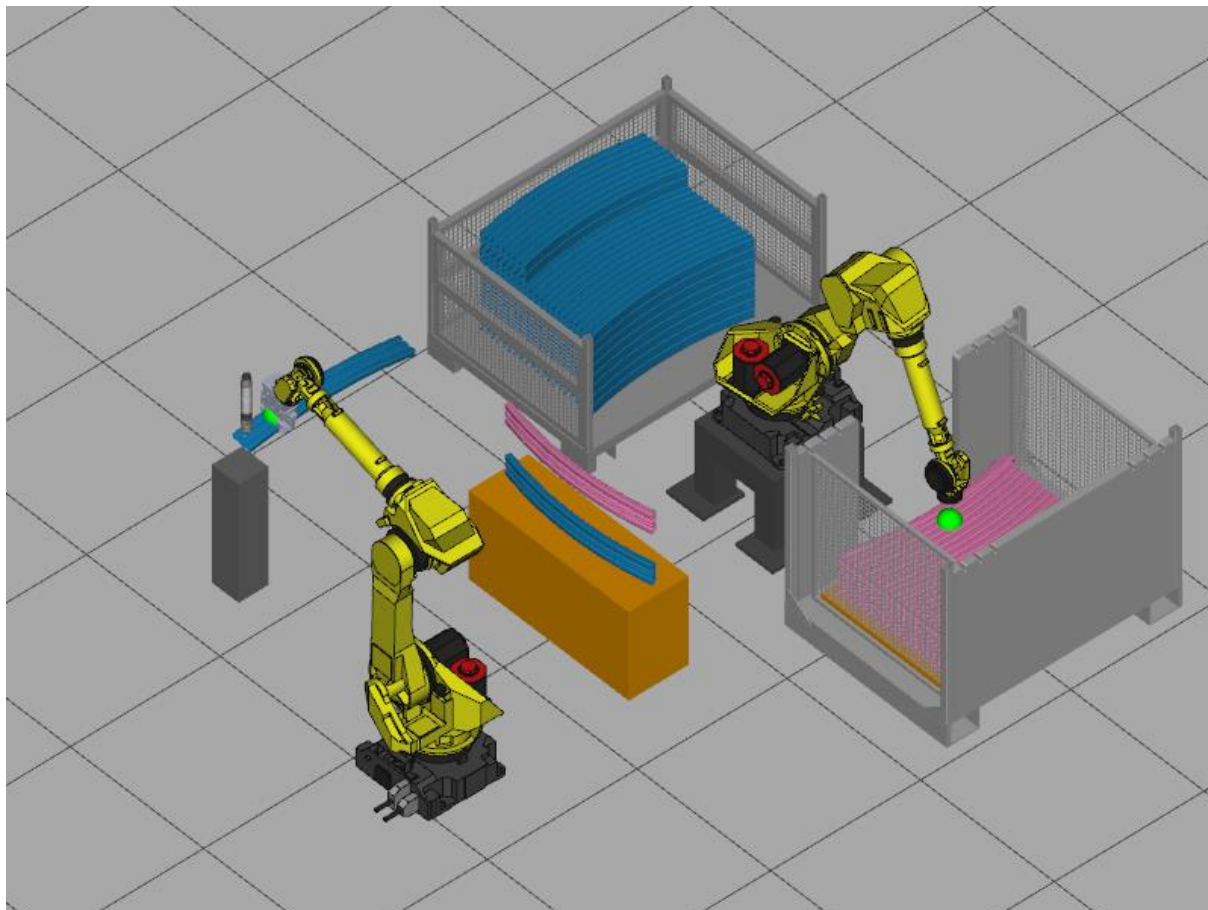
Tabulka 5.16 - Přehled položek nezahrnutých v cenové nabídce

Dodávka neobsahuje
1. 2 x Robot FANUC M-710iC
2. Plazmový zdroj + hořák
3. Školení programování robotů FANUC
4. Nastavení plazmové technologie
5. Odsávání
6. Vše, co není výslovně uvedeno v cenové nabídce

V nabídce byly obsaženy další informace, jako například termín dodání pracoviště, který činil cca 18-22 týdnů od objednání, definované platební podmínky, záruka, servisní zajištění a podrobný popis zadání a návrhu pracoviště.

5.5.1 Návrh pracoviště od dodavatele

Od dodavatele byl obdržen návrh pracoviště a seznam položek, které by mělo obsahovat. Co se týká 3D návrhu pracoviště, byla obdržena zjednodušená vizualizace pracoviště, která je zobrazena na Obr. 5.21.



Obr. 5.21 - 3D vizualizace od dodavatele (Zdroj ARC-Robotics)

Jak je vidět, nachází se zde pouze dva manipulační roboty, vstupní a výstupní kontejnery s díly, předávací pracoviště a naznačení plazmového hořáku. Tato vizualizace sloužila hlavně pro představu a vyzkoušení dosahových vzdáleností robotů a tím určení pozice jednotlivých

prvků pracoviště. Zkompletování a finální doděláná návrhu pracoviště bylo úkolem autora této práce. Celkový návrh je popsán v následující kapitole.

5.6 Návrh pracoviště

Na základě probíraných bodů na konzultacích a jejich následného výstupu byl autorem této práce vytvořen finální návrh automatizovaného robotického plazmovacího pracoviště ve 2D formátu a poté i 3D vizualizace pro lepší představu. Tento návrh je podrobně popsán v této kapitole.

Do návrhu nového pracoviště není zahrnut proces broušení otřepů, jelikož se neprovádí na všech projektech, ale jen na některých, a to pouze v případě potřeby. Tudíž bude tento proces brán jako další operace, která se bude dělat na samostatném pracovišti. Vyhodnocení, zda díly potřebují brousit provede odpovědná osoba, která odhalí NOK díly v rámci pravidelných kontrol kvality. Ty se provádí na začátku a na konci směny a také každé dvě hodiny. Takto jsou nastaveny kontroly na všech pracovištích ve firmě a odpovídají i původnímu stavu pracoviště.

Na pracovišti se budou nacházet veškeré položky zmíněné v Tabulka 5.17.

Tabulka 5.17 - Seznam položek na novém pracovišti

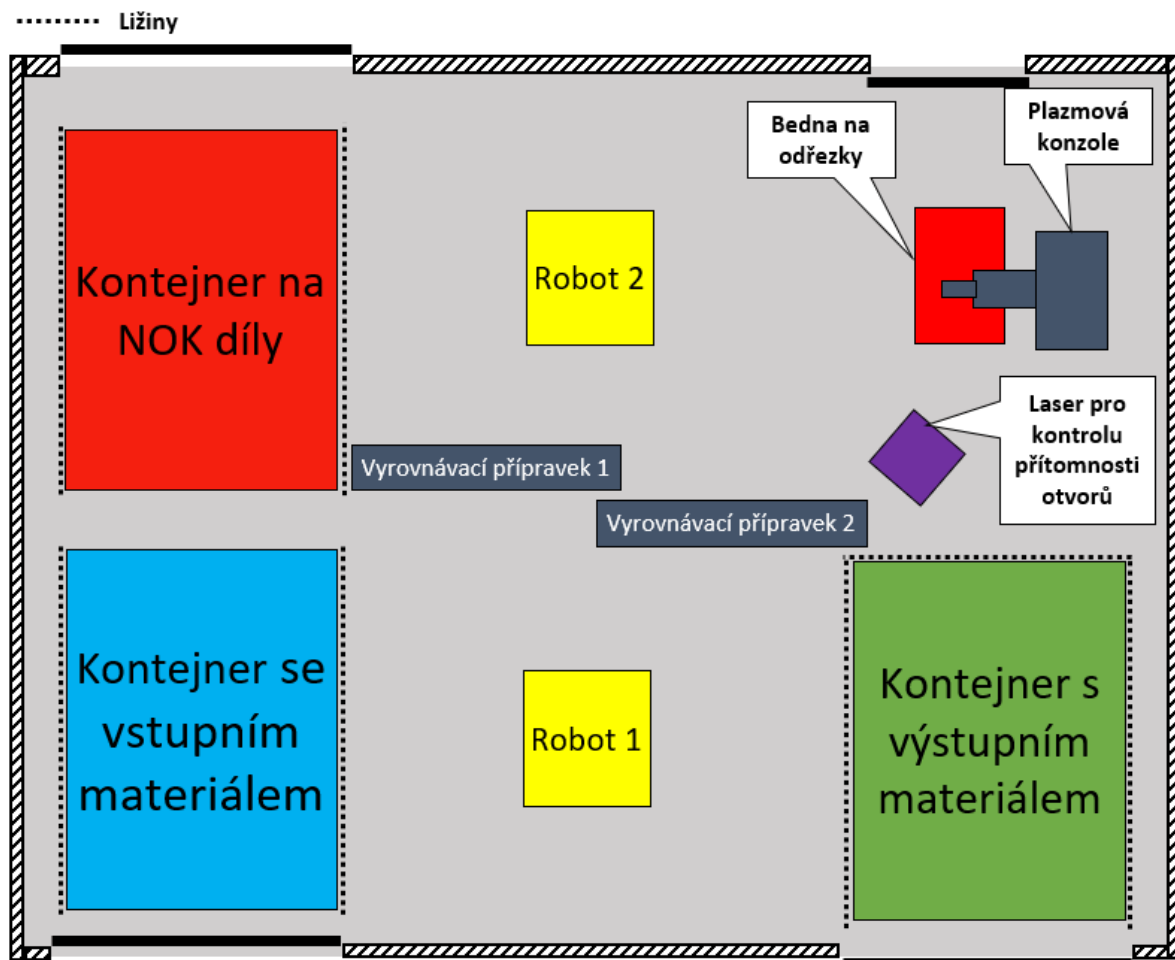
Položky
Kontejner na vstupní materiál
Kontejner na výstupní materiál
Kontejner na NOK díly
Robot 1 - manipulační
Robot 2 - manipulační
Předávací stanoviště
Přípravek 1
Přípravek 2
Plazmová konzole s hořákem
Laser na kontrolu otvorů
Bedna na odřezky (+Automatický dopravník)
Ližiny
Plot
Posuvné dveře
Odsávání
Svařovací plenta

Rozměry pracoviště vychází na 5x4 metry. Celé pracoviště musí být oplocené z důvodu bezpečnosti. Plot zajistí, že se žádný člověk nedostane do manipulačního prostoru robotů. Zároveň bude na plotu červená svařovací plenta, která bude chránit ostatní pracovníky před zářením, které vzniká při řezání plazmovým hořákem. V následujících podkapitolách jsou znázorněny 2D vizualizace dvou variant, a to jedné s bednou na odřezky a druhé s automatickým dopravníkem. Zároveň se zde nachází 3D zobrazení pracoviště, které bylo vytvořeno pomocí software *Sweet Home 3D*, do kterého šly volně vkládat modely ve formátu stp. Modely byly vytvořeny autorem práce v software *Solid Edge*, dodány společností Shape Corp., nebo stažené z volně dostupných zdrojů.

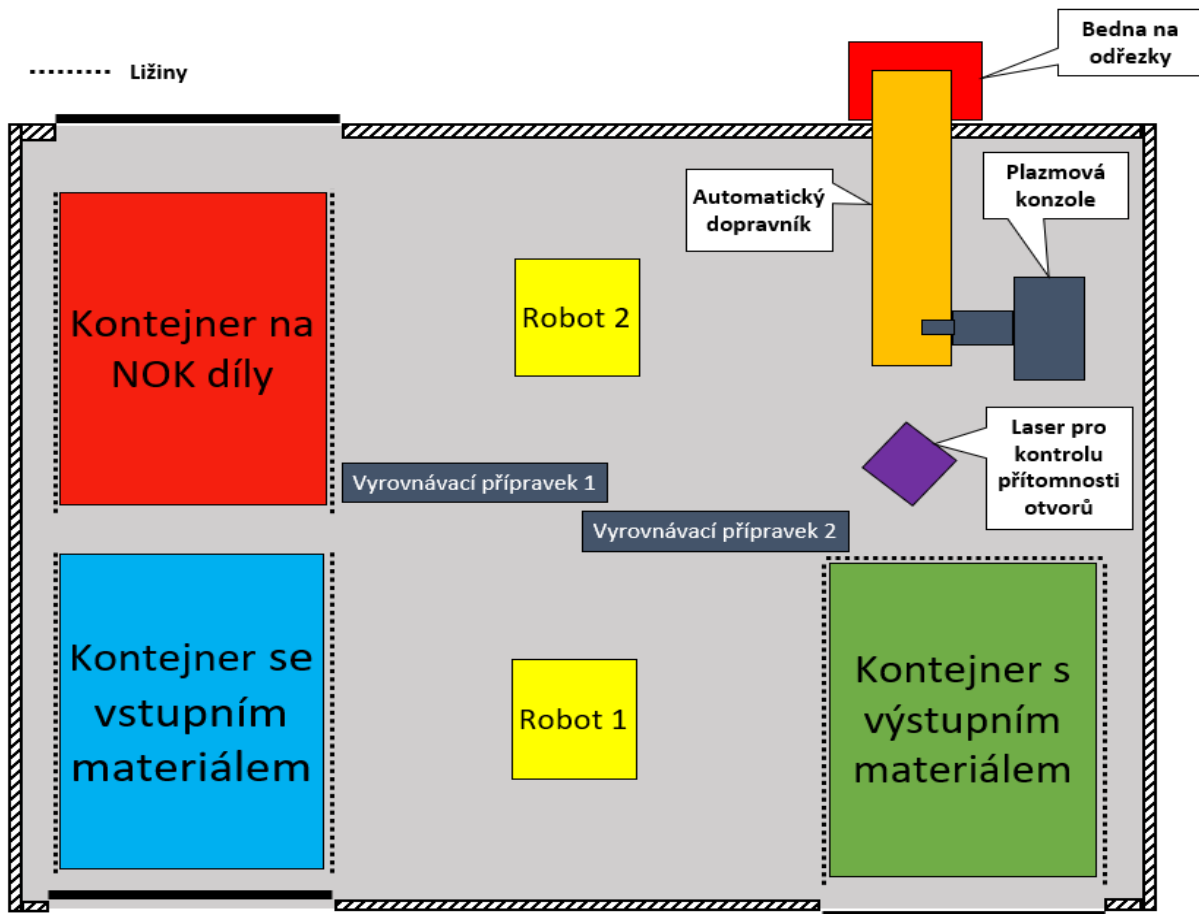
5.6.1 Půdorysné zobrazení pracoviště

Na půdorysném pohledu nového pracoviště lze vidět rozmístění všech položek zmíněných v Tabulka 5.17. Obr. 5.22 znázorňuje variantu návrhu pracoviště s bednou na odřezky a Obr.

5.23 variantu s automatickým dopravníkem. Co se týká kontejnerů, jsou umístěny na kolečkách pro jejich snazší manipulaci při přemísťování. Zároveň je na kolečkách i bedna na odřezky. Tečkovanou čarou jsou zobrazeny ližiny, které slouží pro vymezení pozice kontejnerů. Na pracovišti se nachází troje posuvné dveře pro umožnění zavezení kontejnerů na správné místo. U varianty s bednou na odřezky se nachází i jedny užší dveře, díky kterým lze bedna snáze vyvážet. U druhé varianty se na stejném místě nachází pouze vyústění pro automatický dopravník. Po celém obvodu plotu je umístěna svařovací plenta, která chrání pracovníky na hale před zářením vzniklém v plazmovém hořáku při řezání otvorů. Přímo nad hořákem se nachází odsávání, které slouží pro zachycení a odvod vzniklého dýmu a plynů. Vyrovnávací přípravky na předávacím místě robotů se nachází blízko sebe z důvodu dosahových vzdáleností robotických ramen. Vedle přípravků se nachází laser pro kontrolu přítomnosti otvorů na díle. Rozdíl mezi oběma variantami je ve způsobu odvodu odřezků. V první variantě se bedna nachází přímo pod plazmovým hořákem a v té druhé se nachází mimo pracoviště v místě vyústění automatického dopravníku.



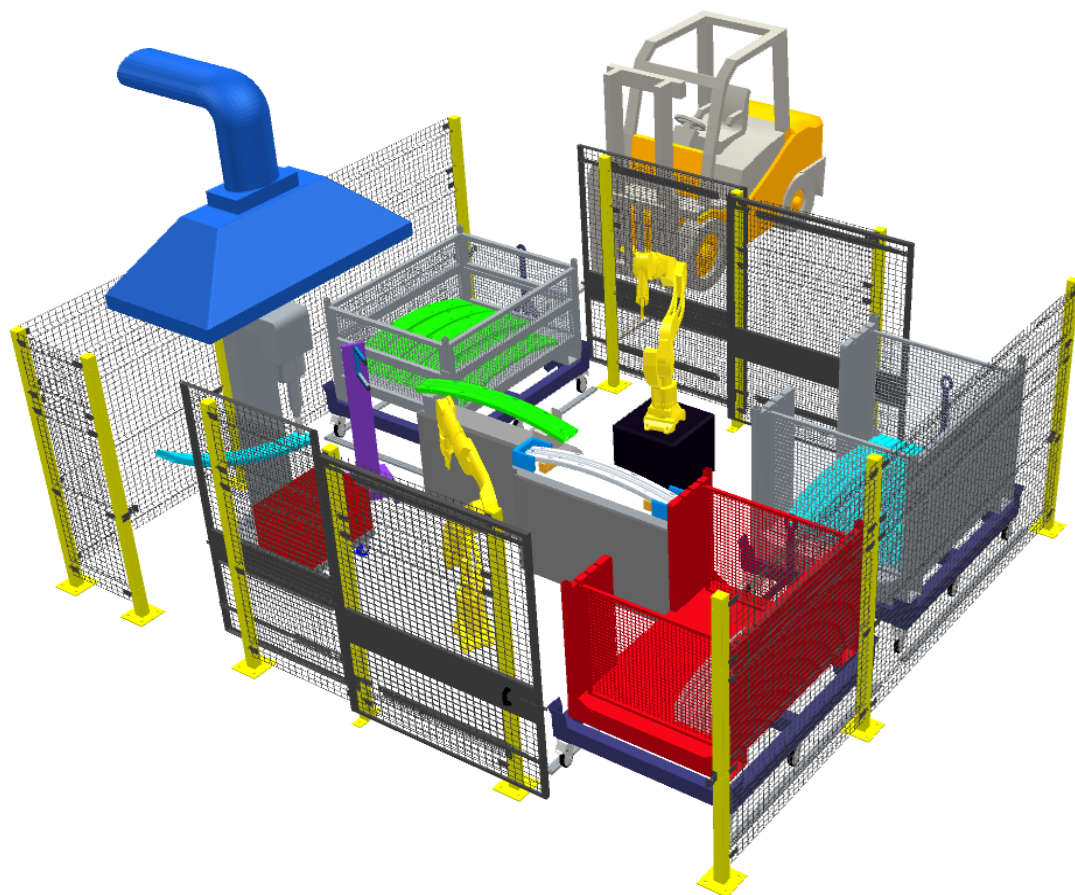
Obr. 5.22 - Rozmístění prvků na novém pracovišti-bedna na odřezky (Zdroj vlastní)



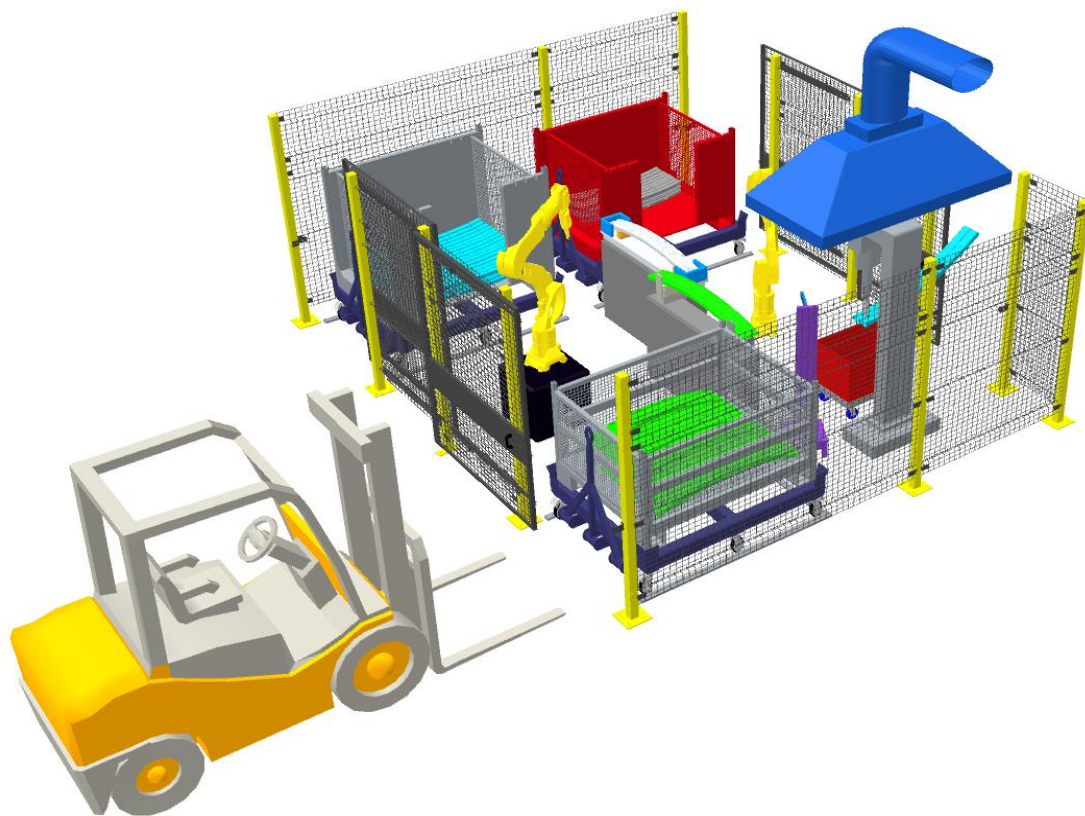
Obr. 5.23 - Rozmístění prvků na novém pracovišti-Automatický dopravník (Zdroj vlastní)

5.6.2 3D vizualizace pracoviště

Na Obr. 5.24 a Obr. 5.25 je znázorněna 3D vizualizace nového plazmovacího pracoviště, varianta s bednou na odřezky.

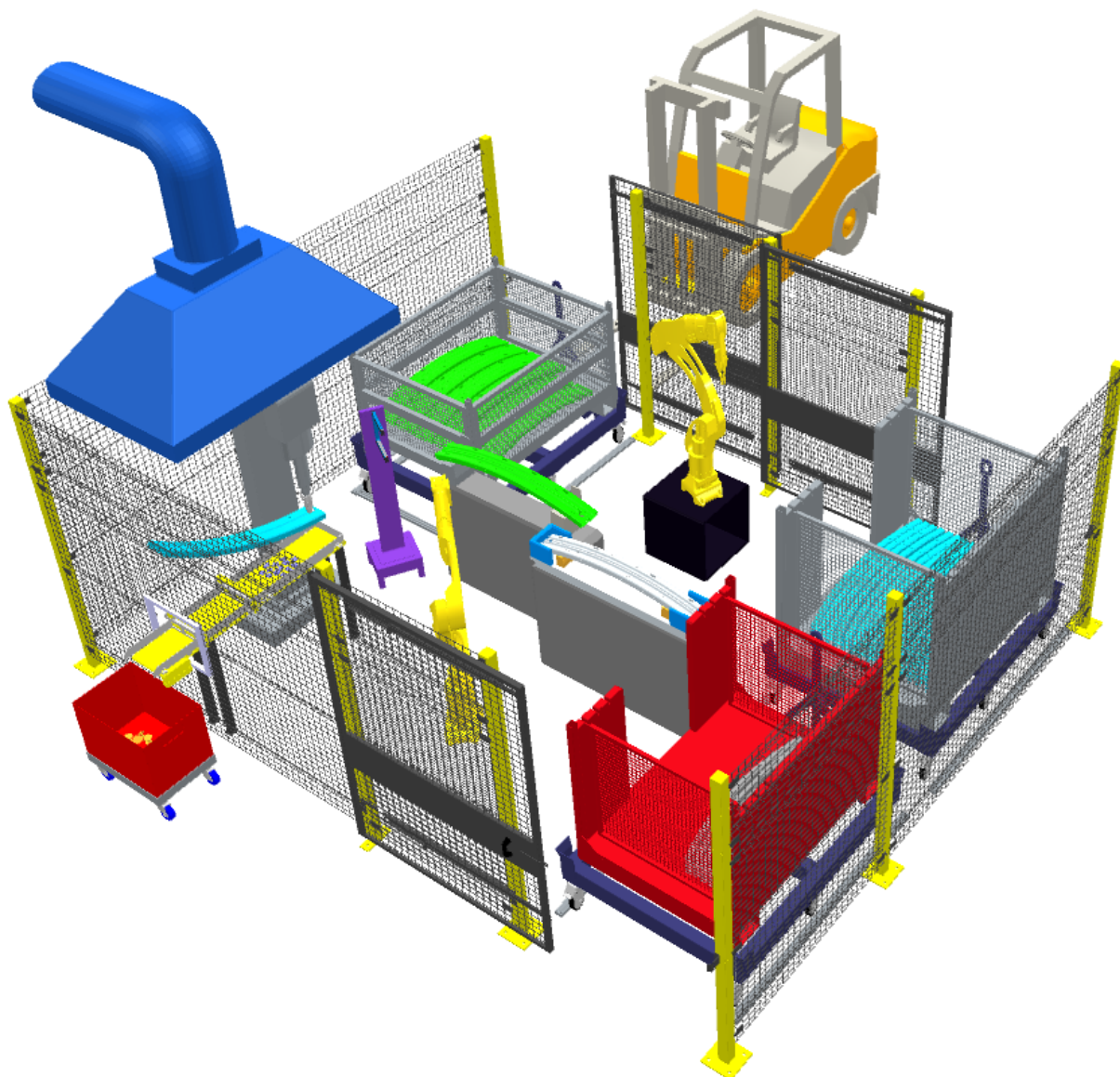


Obr. 5.24 - 3D návrh pracoviště-bedna na odřezky-1. pohled (Zdroj vlastní)

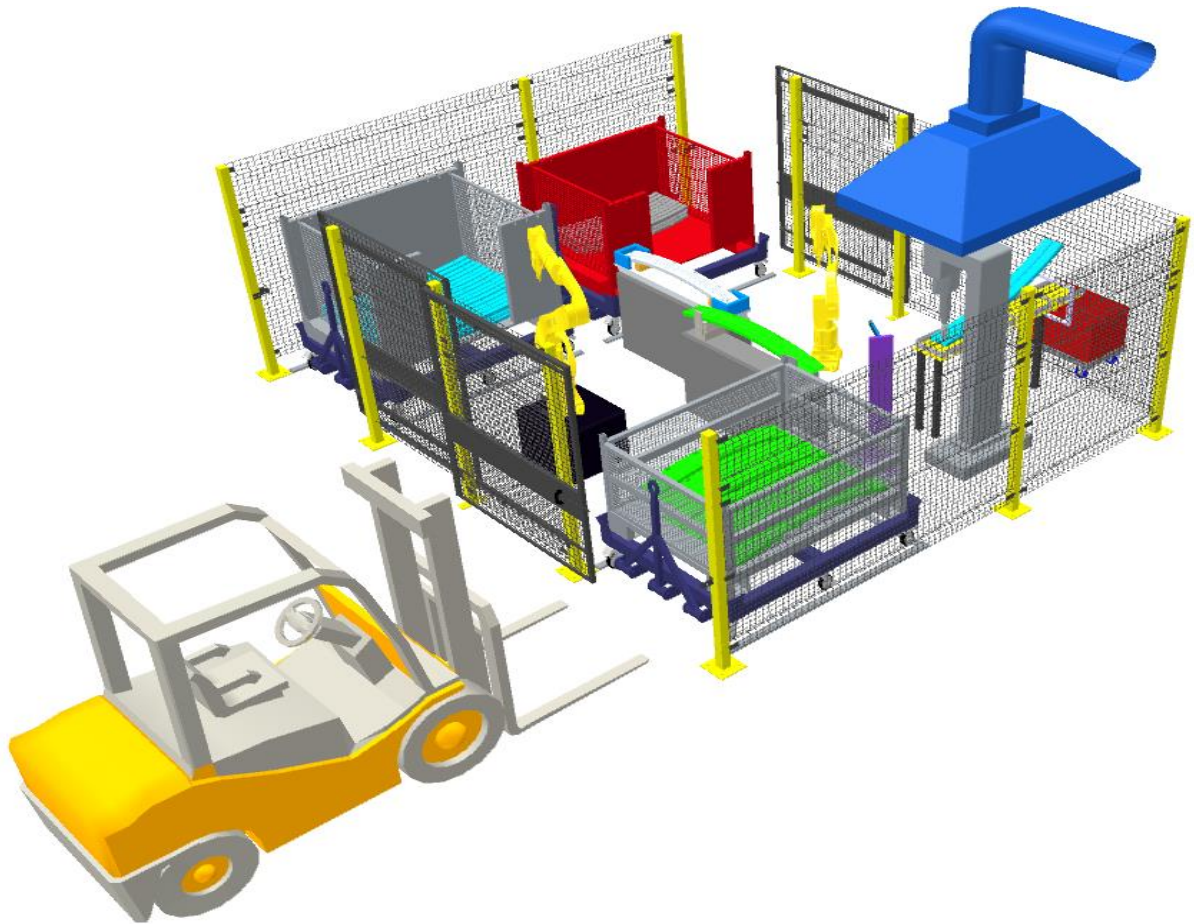


Obr. 5.25 - 3D návrh pracoviště-bedna na odřezky-2. pohled (Zdroj vlastní)

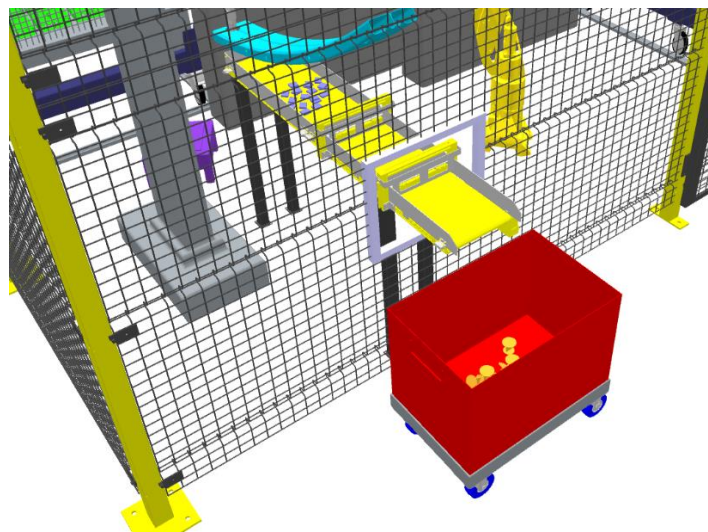
Následující Obr. 5.26 a Obr. 5.27 znázorňují 3D vizualizaci druhé varianty návrhu nového pracoviště a to s automatickým dopravníkem, který je v detailu na Obr. 5.28



Obr. 5.26 - 3D návrh pracoviště-automatický dopravník-1. pohled (Zdroj vlastní)

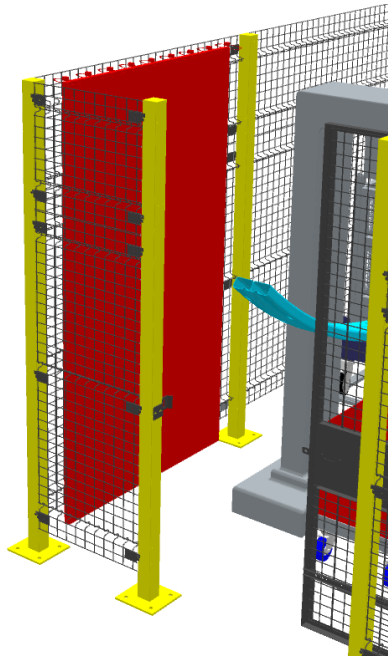


Obr. 5.27 - 3D návrh pracoviště-automatický dopravník-2. pohled (Zdroj vlastní)



Obr. 5.28 - Detail automatického dopravníku (Zdroj vlastní)

Znázornění způsobu zavěšení svařovacího závěsu na plot je zobrazeno na Obr. 5.29. Je zde umístěný pouze na části plotu pouze pro představu, jelikož v případě, že by byl znázorněný po celém obvodu plotu, nebylo by vidět zbylé vybavení pracoviště ve 3D modelu.

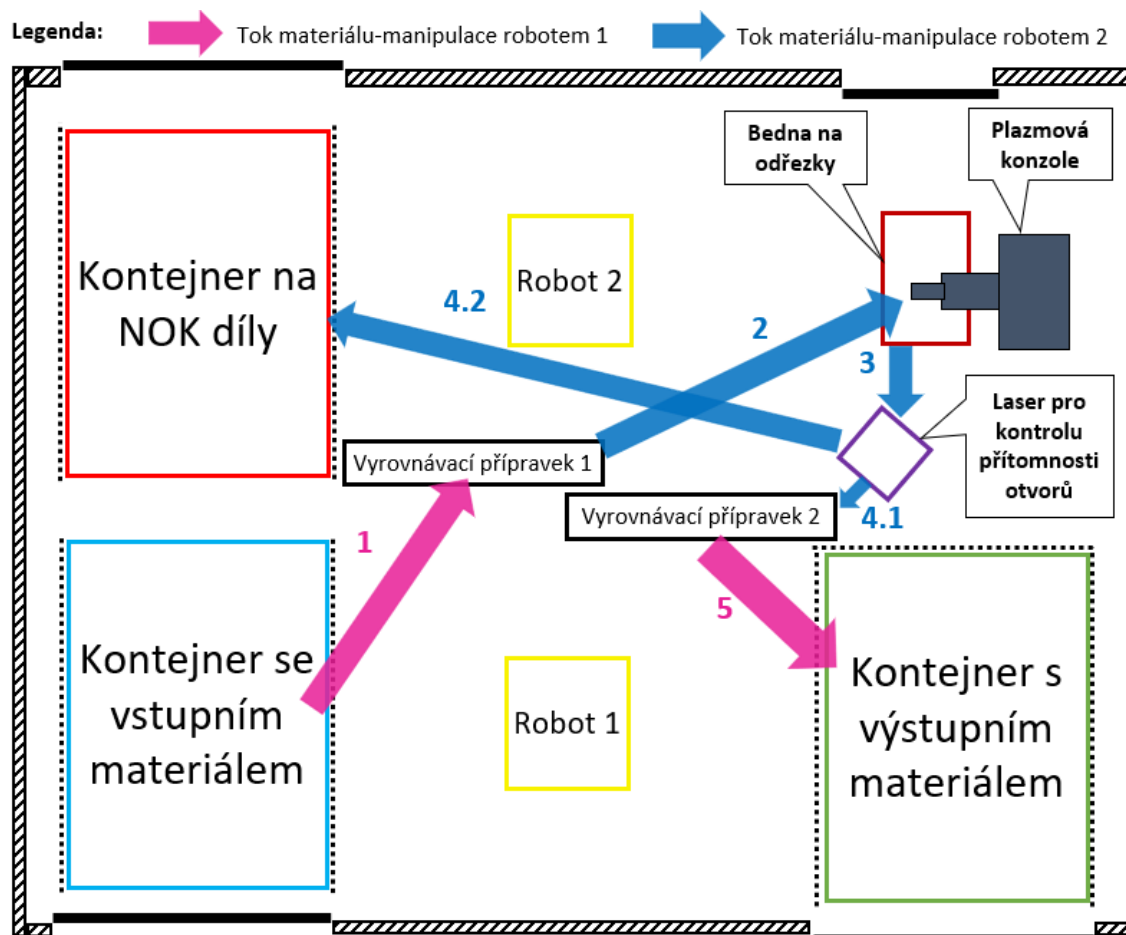


Obr. 5.29 - Zobrazení svařovacího závěsu na plotu (Zdroj vlastní)

5.6.3 Popis procesu plazmování na novém pracovišti

Proces plazmování bude probíhat v několika krocích. Na začátku směny bude pracoviště zásobeno jedním vstupním kontejnerem, ve kterém se budou nacházet díly po operaci válcování, jedním výstupním kontejnerem, který bude prázdný a jedním červeným kontejnerem, který je určený na NOK díly. Tyto kontejnery na pracoviště dopraví skladník, který zajistí, aby byly umístěné na příslušných kolečkách pro jejich snazší manipulaci. Na pracovišti je umístí do ližin tak, aby byla přesně vymezena jejich pozice. Skladník také ověří, že se zde nachází červená bedna na odřezky, která je prázdná a také na kolečkách. Nakonec uzavře posuvné dveře, čímž zajistí, že se na pracoviště nemůže dostat člověk a zároveň může být spuštěn cyklus. Pro to, aby si roboty ověřili, že jsou kontejnery přítomny a na správném místě, dojde k jejich tzv. „ořukání“ na určených bodech. Tím zjistí přesnou polohu kontejnerů, zároveň se zkalibrují a vypočítají si tak trajektorii pro následné vyndávání a zandávání dílů.

Na Obr. 5.30 je znázorněný tok materiálu na novém pracovišti, přičemž růžová šipka znázorňuje tok, kdy je s materiálem manipulováno robotem 1 a modrá šipka znázorňuje manipulaci robotem 2.



Obr. 5.30 - Tok materiálu na novém pracovišti (Zdroj vlastní)

První robot zajede ramenem ke kontejneru se vstupním materiálem a nastaví kolmo vůči prvnímu dílu ve vrchní řadě magnetický efektor, čímž ho uchopí a následně ho může pohybem nahoru vyndat ven z kontejneru. Pokračuje s ním směrem k prvnímu nastavovacímu přípravku, do kterého ho vloží otočený o 90° . Nasadí ho na trny pro B-Datum a C-Datum. Díl uvolní a ten je připravený pro to, aby si ho v této přesné pozici uchopil druhý robot pomocí tvarového efektoru, které zajistí jeho přesnou polohu. S takto uchopeným dílem pokračuje k plazmovému hořáku, kde nastaví díl do přesné polohy. Zde dojde k vyříznutí otvoru na jedné straně nárazníku, přičemž hýbe robot dílem vůči statické plazmové konzoli. Po vyříznutí prvního otvoru otočí robot díl o 180° po jeho delší straně a opět s ním zajede pod plazmový hořák, aby došlo k vyříznutí druhého otvoru. Z dílu vypadne odřezek, který v jedné variantě spadne přímo do bedny na odřezky, nebo v rámci druhé varianty spadne na pás automatického dopravníku, který ho dopraví do bedny mimo pracoviště.

Hotový díl dopraví robot k laserovému paprsku, který zkontroluje přítomnost otvoru tím, že daný paprsek projde skrz materiál. Pokud paprsek neprojde, znamená to, že není otvor vyříznutý a díl bude vyhodnocený jako NOK. Robot má v tomto případě za úkol vložit ho do červeného kontejneru na NOK díly. Pokud budou vyhodnoceny tři díly za sebou jako NOK, vyšle pracoviště znamení na odpovědné osoby, že je potřeba zkontrolovat nastavení robotů, či plazmové konzoly, aby se nevyrobilo zbytečně velké množství NOK dílů. V opačném případě je díl vyhodnocený jako OK a robot ho může vložit do druhého nastavovacího přípravku. Zde si ho opět převezme první robot, který ho vloží do výstupního kontejneru. Každý robot si počítá, kolik kusů vložil do kontejneru, aby mohl dát jednoduché znamení do skladu, že je kontejner plný a je potřeba ho odvézt, nebo naopak prázdný v případě vstupního materiálu a je zapotřebí

dovézt nové díly. Druhý robot si také počítá, kolik dílů vložil do červeného kontejneru, aby oznámil, že je plný a je potřeba ho také vyvézt.

5.7 Zhodnocení páté kapitoly

Obsahem páté kapitoly byl podrobný popis vytváření návrhu nového automatizovaného plazmovacího pracoviště. Nejprve došlo k představení a specifikaci požadavků od společnosti Shape Corp. Dále došlo k posouzení vhodnosti pracoviště k robotizaci a výběru těch činností, které budou moci být automatizovány. Zde se vycházelo z analýzy současného stavu. Při samotném vytváření návrhu došlo k určení kritických bodů, které byly následně objektem rozhodování. U každého bodu bylo snahou vytvořit několik variant řešení, které se poté probíraly na pravidelných konzultacích, kde byla vybrána pokaždé optimální varianta na základě jejich výhod a nevýhod. Také byla vytvořena žádost o nabídku, která byla předána vybranému dodavateli ARC-Robotics. Ten měl za úkol navrhnout technické řešení pracoviště a vytvořit cenovou nabídku. Výsledkem byl 2D návrh rozmístění položek na pracovišti doprovázený o 3D vizualizaci celého pracoviště pro lepší představu. Následující kapitola se bude zabírat technicko-ekonomickým vyhodnocením návrhu.

6 Technicko-ekonomické vyhodnocení

V této kapitole bude pozornost zaměřena na technicko-ekonomické vyhodnocení návrhu pracoviště, a to z několika hledisek. Nejprve budou vyhodnoceny technické aspekty pracoviště na základě definovaných technických kritérií ve čtvrté kapitole. K tomu bude využita metoda multikritériálního hodnocení s určením vah pro jednotlivá kritéria. Posléze dojde k ekonomickému hodnocení, kde bude určena návratnost dané investice.

6.1 Technické hodnocení

Pro porovnání nového pracoviště s tím současným byla stanovena technická kritéria pro hodnocení ve čtvrté kapitole této práce v rámci analýzy současného stavu. Tato kritéria jsou vypsána v Tabulka 6.1 sestupně dle jejich důležitosti, přičemž na prvním místě se nachází nejdůležitější kritérium.

Tabulka 6.1 - Kritéria hodnocení seřazená sestupně dle důležitosti

Název	K
Počet vyrobených kusů	K ₁
Počet operátorů	K ₂
Míra automatizace	K ₅
Způsob kontroly přítomnosti otvorů	K ₆
Délka materiálového toku	K ₃
Plocha pracoviště	K ₈
Způsob zásobování	K ₇
Způsob odvodu odřezků	K ₄

Toto pořadí bylo určeno na základě konzultace s odpovědnými experty z podniku. Stanovení pořadí kritérií je součástí metody párového srovnání, která slouží k zjištění vah jednotlivých kritérií. Tato metoda funguje na principu vypsání kritérií v tomto pořadí do tabulky jak do sloupce, tak do řádky, aby mohlo dojít k jejich porovnání každého s každým (viz Tabulka 6.2). Pokud je kritérium v řádce důležitější než ve sloupci, napíše se do příslušné buňky jednička, v opačném případě nula. Následně se vypočítá číslo u_{er} pouhým součtem hodnot v každé řádce. Toto číslo říká, kolikrát je dané kritérium důležitější než ostatní. [54]

Výsledná váha každého kritéria p_r se určí dle vzorce (9).

$$p_r = \frac{\sum_{e=1}^q u_{er}}{\sum_{r=1}^s \sum_{e=1}^q u_{er}} \quad (9)$$

Příklad výpočtu pro K_3 je znázorněn v rovnici (10).

$$p_3 = \frac{3}{28} = 0,11 \quad (10)$$

Tabulka 6.2 - Párové porovnání kritérií

	K ₁	K ₂	K ₅	K ₆	K ₃	K ₈	K ₇	K ₄	u _{er}	p _r
K ₁		1	1	1	1	1	1	1	7	0,25
K ₂	0		1	1	1	1	1	1	6	0,21
K ₅	0	0		1	1	1	1	1	5	0,18
K ₆	0	0	0		1	1	1	1	4	0,14
K ₃	0	0	0	0		1	1	1	3	0,11
K ₈	0	0	0	0	0		1	1	2	0,07
K ₇	0	0	0	0	0	0		1	1	0,04
K ₄	0	0	0	0	0	0	0		0	0,00
Suma									28	1

6.1.1 Porovnání variant dle technických kritérií

Následuje porovnání variant dle jednotlivých technických kritérií, kdy je následně znázorněn výpočet a vyhodnocení variant dle technických kritérií.

Za využití metody pořadové funkce došlo k určení míry splnění kritérií u tří variant, kdy se porovnávalo současné pracoviště WELD003 se dvěma operátory (Varianta 1 – V1), s jedním operátorem (Varianta 2 – V2) a nové pracoviště (Varianta 3 – V3). Některá kritéria jsou měřitelná pomocí vypovídajících hodnot a jiná jsou popsána slovně. Srovnání všech tří variant dle jednotlivých kritérií a následné seřazení dle míry naplnění daného kritéria je zobrazeno níže.

Počet vyrobených kusů

Pro určení počtu kusů, které se vyrobí v každé variantě je důležitý čas cyklu. Průměrný změřený čas pro V1 činil 24,46 s, V2 41,99 s a v případě V3 se počítá s teoretickým časem při OEE = 85 %, což je 24,81s. Při změřených časech cyklu se pro V1 vyrobí za hodinu 147 kusů, pro V2 85 kusů a V3 145 kusů. Proto je pořadí variant V1, poté V3 a poslední je V2.

Počet operátorů

U V1 se nachází dva operátoři, V2 je jeden operátor a u V3 není žádný, proto je pořadí následovně V3, poté V2 a nakonec V1.

Délka materiálového toku

V případě V1 je materiálový tok o něco kratší, jelikož s ním manipulují dva operátoři, na rozdíl od V2, kdy musí materiál přenášet pouze jeden člověk, který ho musí opakovaně předávat. V3 má nejkratší materiálový tok. Pořadí je tedy V3, V1 a nakonec V2.

Způsob odvodu odřezků

Na WELD003 odřezky padají pod přípravek do bedny, jakmile je dokončené řezání. Někdy ale vypadnou až když se přípravek otáčí o 180° a tudíž neskončí v dané bedně, ale na zemi. V případě nového pracoviště budou odřezky padat do bedny co je přímo pod plazmovým hořákem, nebo na automatický dopravník. V3 byla vybrána jako nejlepší a V1 s V2 jsou na stejné úrovni.

Míra automatizace

V rámci pracoviště WELD003 se jedná o automatizaci v podobě robotů uvnitř plazmovací buňky, které provádí proces řezání otvorů, jinak je zbytek pracoviště obsluhován operátory.

Oproti novému pracovišti, které je plně automatizované. Varianty V1 a V2 jsou na stejné úrovni, ale V3 je lepší než obě dvě.

Způsob kontroly přítomnosti otvorů

Na novém pracovišti bude využita technologie kontroly přítomnosti otvorů pomocí laserového paprsku, která je vysoce přesná a rychlá. V porovnání s vizuální kontrolou, která je prováděna ve variantách V1 a V2 očima operátorů, kdy docházelo k občasným chybám, je jednoznačně lepší V3 a zbylé varianty jsou na stejné úrovni.

Způsob zásobování

Zásobování vychází ve všech variantách stejně, jelikož je vždy potřeba stejných aktivních i pasivních logistických prvků, a i způsob zavezení kontejnerů na místo je podobný. Všechny varianty jsou proto na stejné úrovni.

Plocha pracoviště

WELD003 zabírá plochu 66,8 m² s tím, že je zde započítaný i stůl pro broušení otřepů, což je stejné pro V1 a V2. Zároveň je zde velká plocha, kde pracovníci chodí pouze, když jdou založit díl, jinak zde nesmí stát při otáčení přípravku z důvodu bezpečnosti. Tato plocha je na novém pracovišti ušetřena, proto zabírá V3 pouze plochu 30 m². V1 a V2 jsou na stejné úrovni a V3 vychází nejlépe.

V rámci metody pořadové funkce se přidělila nejvyšší hodnota, v tomto případě 3, právě té nejlepší variantě, zbylé varianty byly poté ohodnoceny 2 a 1. V případě, že je více variant na stejné úrovni, jsou ohodnoceny příslušné varianty průměrnou hodnotou. Výsledné hodnocení se počítá dle vzorce (11).

$$w_t = \sum_{K=1}^n V_i * g_r(x_t) \quad (11)$$

w_t – hodnota pořadové funkce

V_i – váha důležitosti kritéria

$g_r(x_t)$ – hodnota přiřazené pořadové funkce

Porovnání variant a výběr té nejlepší je znázorněno v Tabulka 6.3.

Tabulka 6.3 – Výsledné hodnocení variant

		V1		V2		V3	
		WELD003 2 operátoři		WELD003 1 operátor		Nové pracoviště	
Kritérium	Váha	g_r	w_t	g_r	w_t	g_r	w_t
K ₁	0,25	3	0,75	1	0,25	2	0,50
K ₂	0,21	3	0,64	1	0,21	2	0,43
K ₃	0,18	2	0,36	1	0,18	3	0,54
K ₄	0,14	1,5	0,21	1,5	0,21	3	0,43
K ₅	0,11	1	0,11	2	0,21	3	0,32
K ₆	0,07	1,5	0,11	1,5	0,11	3	0,21
K ₇	0,04	1	0,04	1	0,04	1	0,04
K ₈	0,00	1,5	0,00	1,5	0,00	3	0,00
Celkem			2,21		1,21		2,46

Z výsledků je zřejmé, že jako nejlepší varianta dle technických kritérií vychází V3 neboli nové pracoviště.

6.2 Ekonomické vyhodnocení

Při rozhodování o výrobní investici je důležité udělat investiční propočty. Tyto propočty využívají objektivní kritéria, která jsou stanovena na základě cílů podniku a dělí se na kvalitativní a kvantitativní. Pro výpočty se využívá různých metod, mezi které patří propočet doby návratnosti, který je požadován společností Shape Corp., proto je na něj toto hodnocení zaměřeno. K jeho zjištění je využita statická metoda, která pracuje s průměrnými ročními hodnotami, tedy i s průměrnou roční úsporou. Právě se statickými hodnotami pracuje i společnost sama. Jedná se o minimalizační kritérium, kdy je cílem dosáhnout co nejkratší doby návratnosti. Využívá se k tomu všeobecný vzorec (12).

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{\text{Velikost investice}}{\text{Úspora nákladů}} [\text{roky}] \quad (12)$$

Velikost investice vychází z cenové nabídky od dodavatele zobrazené v Tabulka 5.15, do které nebyly zahrnuty veškeré položky, co budou potřebné na daném pracovišti, jelikož si je firma zajistí sama, a to buď využitím stávajícího majetku, nebo si je nakoupí zvlášť. Proto tato cena nemůže být brána jako finální. Je nutné k ní započítat ceny za položky vypsane v Tabulka 6.4. Tam, kde se ve sloupci cena nachází pomlčka se jedná o položku, která je již ve vlastnictví společnosti Shape Corp., proto za ní není potřeba vydávat další peníze.

Tabulka 6.4 – Položky zajišťující společnost Shape Corp.

Položky	Cena [Kč]
Kontejner na vstupní materiál	-
Kontejner na výstupní materiál	-
Kontejner na NOK díly	-
Robot 1 - manipulační	-
Robot 2 - manipulační	-
Plazmový zdroj+hořák	-
Svařovací plenta	13 617
Laser na kontrolu otvorů	13 804
Bedna na odřezky	1 504
Ližiny	8 305
Celkem	37 231,-

Celkové náklady potřebné na pořízení nového pracoviště jsou zobrazeny v Tabulka 6.5, přičemž jsou tyto ceny bez DPH a také jsou přepočítané určenou konstantou pro zabránění úniku firemního know-how. Nachází se zde cena pro variantu s dopravníkem a pro variantu s bednou na odřezky.

Tabulka 6.5 - Celkové náklady na pořízení nového pracoviště

	Varianta s dopravníkem	Varianta s bednou
Nabídka od dodavatele	2 855 510	2 655 500
Extra náklady	37 231	37 231
Celkem	2 892 741,-	2 692 731,-

Do nákladů pracoviště se počítají náklady na mzdy pracovníků, materiál a režijní náklady, které zobrazuje Tabulka 6.6. Úspora nákladů pracoviště je dle rozhodnutí společnosti v podobě ušetření nákladů na mzdy, jelikož na novém pracovišti nebudou operátoři. Režijní náklady a náklady na materiál zůstávají stejné. Zejména režijní náklady jsou uvažovány pro zjednodušení stejné, není uvažována na základě rozhodnutí společnosti jejich případná změna.

Výpočet návratnosti vychází z údajů v následujících tabulkách. Tabulka 6.7 znázorňuje přehled nákladů na jednotlivé typy dílů, které se budou vyrábět na novém pracovišti.

Tabulka 6.6 - Přehled nákladů pracoviště

Název projektu	Typ	Mzdy [Kč]	Režijní náklady [Kč]	Materiál [Kč]	Náklady na jeden kus [Kč]
P33C	FRT	3,51	40,06	164,18	207,75
P33C	RR	4,03	25,76	185,67	215,47
HHM	FRT	4,02	16,43	179,49	199,94
HHM	HS	3,50	16,35	152,24	172,10

Roční náklady pracoviště vychází z počtu kusů vyrobených za rok vynásobených náklady na jeden kus. Příklad výpočtu pro typ dílu P33C FRT viz (14).

$$\text{Roční náklady pracoviště}_{P33C\ FRT} = 250\ 000 * 207,75 = 51\ 937\ 625, - \quad (13)$$

V Tabulka 6.7 jsou již vypočítané roční náklady pracoviště jak se započítanými mzdami, tak bez nich.

Tabulka 6.7 - Přehled nákladů pracovišť

Název projektu	Typ	Náklady na jeden kus [Kč]	Počet kusů za rok	Roční náklady pracoviště [Kč]	Náklady na 1 ks bez mezd [Kč]	Roční náklady pracoviště bez mezd [Kč]
P33C	FRT	207,75	250 000	51 937 625	204,24	51 059 050
P33C	RR	215,47	250 000	53 866 253	211,43	52 857 728
HHM	FRT	199,94	128 000	25 592 602	195,92	25 077 683
HHM	HS	172,10	25 000	4 302 475	168,60	4 214 900
Celkem			653 000	135 698 954		133 209 361

Roční úspora se vypočítá jako rozdíl celkových nákladů pracoviště a celkových nákladů pracoviště bez mezd viz (14).

$$\text{Úspora} = 135\ 698\ 954 - 133\ 209\ 364 = 2\ 489\ 593, - \quad (14)$$

Výpočet bylo možné provést i přímo ze mzdových nákladů pracoviště, ale v tomto případě bylo snahou zdůraznit stav nákladů pracoviště před a po implementaci návrhu a také výsledná výše úspor, proto byl zvolen tento postup.

Následuje výpočet doby návratnosti dané investice v letech. Ta se počítá jak pro variantu s bednou na odřezky v rovnici (15) tak pro variantu a automatickým dopravníkem v rovnici (16).

$$Doba\ návratnosti_{Bedna} = \frac{2\,692\,731}{2\,489\,593} = 1,08\text{ roku} \quad (15)$$

$$Doba\ návratnosti_{Dopravník} = \frac{2\,892\,741}{2\,489\,593} = 1,16\text{ roku} \quad (16)$$

V přepočtu na dny vychází doba návratnosti pro variantu s bednou na 395 dní a s dopravníkem na 424 dní. Jedná se o velice krátkou dobu návratnosti, což může být pro společnost důležitým faktorem při rozhodování o jejím uskutečnění, jelikož požadovala dobu návratnosti do dvou let.

6.3 Zhodnocení přínosů nového pracoviště

Mezi přínosy, které bude mít nové pracoviště pro firmu patří zavedení automatizace do výrobního portfolia firmy spolu s využitím robotů. Zavedením robotů dojde k nahrazení lidské síly na pracovišti a zároveň k přispění problému nedostatku pracovních sil ve firmě.

Roboty jsou rychlejší v mnoha činnostech než člověk a také jsou neunavitelní a pracují stále stejnou rychlostí. Teoreticky mohou pracovat neustále, pokud nedojde k jejich nucenému zastavení, či technické poruše. Nebude se však jednat o absolutní odstranění lidí, jelikož bude potřeba, aby skladník zásoboval pracoviště, kvalitář kontroloval pravidelně kvalitu dílů během výroby a supervizor kontroloval celkový chod pracoviště. Ušetření lidí na novém pracovišti má výhodu v tom, že budou moci být využiti na jiných pracovištích, tudíž nedojde k jejich úplnému odstranění z firmy, ale uvolní se jejich kapacita.

V návrhu nového pracoviště dojde zejména k úspoře času v podobě výměny přípravků. Oproti původnímu pracovišti, kde výměna trvala desítky minut a výrazně tak zkrátila disponibilní čas na samotnou výrobu, bude výměna přípravků na novém pracovišti rychlejší. Hlavně z důvodu jednoduchosti ustavovacích přípravků bude i jejich manipulace snazší, jelikož na výměnu není potřeba VZV a několika zaměstnanců údržby.

Díky využití moderní technologie kontroly přítomnosti otvorů pomocí laserového snímače dojde k zajištění, že se z pracoviště nedostane díl, bez vyříznutého otvoru, což byl jeden z hlavních požadavků od společnosti. V minulosti na tento defekt dostala totiž opakovanou reklamaci od zákazníka, která byla způsobena lidským pochybením.

Další výhodou pracoviště je také jeho univerzálnost, čímž je myšleno, že se bude moci v budoucnu využívat na další projekty, jelikož společnost vyrábí nárazníky stále stejného typu, kdy se na nich mění pouze struktura otvorů, či rozměry. Proto bude stačit pro zavedení nového projektu nastavení správné trajektorie robotů a případné vyrobení ustavovacích přípravků se správnou roztečí kolíků na RPS otvory.

V neposlední řadě dojde také k optimalizaci celého procesu řezání otvorů oproti současnému stavu, zkrátí se vzdálenost toku materiálu a zrychlí se průchodnost materiálu procesem. Dále nebude potřeba řešit nedostatek pracovní síly.

I když se může zdát, že jde o velkou investici, její doba návratnosti je poměrně krátká, něco málo přes jeden kalendářní rok.

Nevýhody

Mezi případné nevýhody může patřit nutnost vyvážet pravidelně bednu s odřezky, která se naplní dle výpočtů každých 12,4 hodiny. To bude muset zajistit skladník, který bude zároveň zavážet kontejnery na přesně vymezená místa na pracovišti a manipulace s nimi nemusí být

úplně jednoduchá díky jejich větší váze, i když jsou na kolečkách. Dále je potřeba zajistit, aby byly díly dováženy ve správném balení neboli kleci, což musí být zajištěno na předcházející operaci válcování.

S rostoucí automatizací je také potřeba kvalifikovanější obsluhy, proto bude potřeba zaškolit zaměstnance na nové technologie, což může být spojeno s dalšími náklady.

Závěr

Na základě požadavku od společnosti Shape Corp. vznikla tato diplomová práce, která se zabývala návrhem plně automatizovaného robotického plazmovacího pracoviště. Jedná se o americkou společnost se závodem v Plzni na Borských polích, která se zaměřuje na zpracování vysokopevnostní oceli a výrobu ocelových nárazníků a výztuh do aut.

Nové pracoviště má sloužit pro řezání otvorů na několika typech ocelových nárazníků pomocí plazmového hořáku. Tyto specifické otvory slouží pro možnost připojení tažného oka na auto, pomocí kterého je auto taženo. V případě potřeby je možné, aby došlo k řezání i jiných otvorů na díle, které slouží například pro umožnění průchodnosti kabelů, či namontování dalších součástí na auto.

Hlavními důvody vzniku nového pracoviště je zavedení automatizace do výrobního portfolia společnosti, eliminace lidského faktoru a také zabránění reklamací v podobě nevyřiznutého otvoru na díle. Dále pak snížení zmetkovitosti neboli výroby špatných kusů, snížení nákladů na provoz, zlepšení kvality a celková optimalizace procesu řezání otvorů. Jelikož se na pracovišti budou nacházet roboty, které jsou teoreticky neunavitelné oproti lidem, mělo by dojít ke zvýšení produkce a lepšího využití disponibilního času pro výrobu. Požadavkem je i univerzálnost pracoviště, kdy bude moci být využito na velké množství projektů v budoucnu, jelikož společnost vyrábí stále podobné díly.

Teoretická část práce byla zaměřena na popis výroby a výrobních technologií s popisem procesu plazmování. Dále došlo k popisu rozdělení výroby podle druhů z několika hledisek, seznámení s výrobním systémem a procesem. Důležitý byl popis logistiky, aktivních a pasivních prvků, principy, členění, vysvětlení pojmů jako je logistický řetězec, zásoby a způsob jejich řízení, s tím spojený tok materiálu a skladování. Pozornost byla věnována také materiálovému toku, jeho analýze a s tím spojený layout pracoviště a nástroj pro mapování toku hodnot čímž je Value Stream Mapping. Poslední část se zaměřila na automatizaci, robotizaci a podrobný popis těchto dnes již běžně používaných termínů mezi které patří i Industry 4.0 neboli seznámení se čtvrtou průmyslovou revolucí, která jde ruku v ruce s automatizací výrobních procesů a systémů. Podstatné bylo představení existujících robotů a jejich využití dle charakteristik a daných vlastností v jednotlivých oblastech průmyslové výroby.

Praktická část práce se zabývala nejprve analýzou současného stavu, která začala seznámením se společností Shape Corp., popisem, čím se zabývá a jaké procesy využívá k vytváření svých produktů. Pozornost byla zaměřena na současné pracoviště, na kterém probíhá právě proces plazmování otvorů na ocelových náraznících. Došlo k popisu procesu a celého pracoviště co se rozložení prvků týká, a to vše bylo doprovázené reálnými fotkami. Pro analýzu byly využity metody průmyslového inženýrství, a to hlavně REFA, Spaghetti diagram, Value Stream Mapping a propočty času cyklu a celkové efektivnosti zařízení. Analýza současného způsobu plazmování otvorů byla důležitá pro samotný návrh nového pracoviště, jelikož byly odhaleny a definovány nedostatky, které měly být následně odstraněny. Také se stanovila technická kritéria pro multikriteriální hodnocení současného a nového stavu.

Nakonec došlo k vytvoření samotného návrhu pracoviště na základě požadavků od zákazníka a konzultací s dodavatelem robotického zařízení ARC-Robotics. Výsledkem je půdorysný návrh rozložení pracoviště a 3D vizualizace vytvořená pomocí software *Sweet Home 3D* a modely vytvořené pomocí *Solid Edge*. Obsahem práce je také podrobný popis jednotlivých kroků vedoucích k vytvoření finálního návrhu, popis vybraných položek a průběh procesu spolu s ekonomickou analýzou zaměřenou na finální hodnotu investice a dobu její návratnosti. Nedílnou součástí je také zhodnocení přínosů nového pracoviště pro společnost.

Citovaná literatura

- [1] System online [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/planovani-podle-typu-vyroby.htm>.
- [2] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [3] One Industry [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.one/lexikon/vyroba-vyrobni-proces/>.
- [4] ŠIMON, Michal, TRNKOVÁ, Lucie. *Logistika - teoretická část*. 1. vyd. Plzeň : SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-35-4.
- [5] Výrobní technologie [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/technologie>.
- [6] *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN isbn:80-85771-81-0.
- [7] MINAŘÍK, Václav. *Tepelné dělení materiálu*. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-01-01028-7.
- [8] Logistický řetězec [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsZUEW5pHWZYI/>.
- [9] Prostředky zásobování pracoviště [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/dopravniky>.
- [10] Válečkový dopravník [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/files/dva-7.jpg>.
- [11] Zásobník [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.boschrexroth.com/ics/cat/content/assets/Online/im/MT_35753_1_20180424_122357.web.jpg.
- [12] Regál [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://b2bpartner.vshcdn.net/galerie/1_112951/regal-se-sikmymi-policemi-200-kg-2000-x-1000-x-500-mm-zakladni-original__c1560333885.jpg.
- [13] Skluz [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/trilogiq/img/20200501/shop/solutions/logistic/1x1/17-G.jpg>.
- [14] Techportal [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrOIpd4JcaglJsVckj-qcsReboz27aFII0BA.
- [15] KNAPP, Filip. *Value Stream Mapping* [online]. In: . Plzeň, 30.9. 2020 [cit. 2020-].
- [16] Regálový zakladač [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/05_Very-Narrow-Aisle-Trucks/BR011_K/BR011_K_00001_1x1w640.png.

- [17] Vysokozdvížený vozík elektrický [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/01_E-Trucks/BR386_Dreirad_001/BR386_Dreirad_V02_00026_1x1w640.png.
- [18] Vysokozdvížený vozík se spalovacím motorem [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/02_IC-Trucks/BR1401_H120_001/BR1401_H120_001_00017_1x1w640.png.
- [19] Vysokozdvížený vozík ručně ovládaný [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/04_Pallet-Stackers/BR1173_L16_002/BR1173_L16_002_00017_1x1w640.png.
- [20] Ruční nízkozdvížený vozík [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/03_Pallet_Trucks/BR1131_MT12/BR1131_MT12_00017_1x1w640.png.
- [21] Elektrický nízkozdvížený vozík [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/3D_Product/turntables/03_Pallet_Trucks/BR1153-02_T20FP/BR1153-T20FP_00027_1x1w640.png.
- [22] Linde automatické vozíky [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/Vyrobky/Automatizovane-voziky/P-Matic/>.
- [23] Logistický vláček + tahač [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/Vyrobky/Logisticke-vlakky/LT10-LT20/>.
- [24] Logistický vláček [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: https://www.linde-mh.cz/media/Global-Content/01-Products/15_Transparent_Background/tow_truck-P30-3154_622_B_alpha_1x1w640.png.
- [25] Bedna [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: https://www.aer-packaging.com/images/products/800/RL-KLT-p%C5%99epravky-AUER--rl-kl_6280_01.jpg.
- [26] Převrácení [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: <https://www.aer-packaging.com/images/categories/banner/Reg%C3%A1lov%C3%A9-a-skladov%C3%A9-p%C5%99epravky-AUER--145.jpg>.
- [27] Paleta plastová [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: https://www.schoellerallibert.com/_assets/products/9375000.jpg?v=1.
- [28] Paleta dřevěná [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/img/S/GRP/ST/AIG2744041.jpg>.
- [29] Roltejnér [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: <https://toyota-forklifts.cz/globalassets/w1-inriver/resources/14112532.jpg>.
- [30] Převrácení [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/ojUzrReLsNEPau2kVygOiUPGapJ61MI_QFkw-OTPuCLr_V_T80oMiqLvl-QbIibtlXqLGHIc4RwFn4Mc7pJHi2msx1ftMildfw-jGhEQqtbs8HfZRrv6dOyuEmSxKXw.
- [31] Stojan na díly [online]. [cit. 2020-11-9]. Dostupné z: https://images.kkeu.de/is/image/BEG/Syst%C3%A9my_z_hlin%C3%ADkov%C3%BDch_profil%C5%AF/Syst%C3%A9mov%C3%A9_stavebnice_z_hlin%C3%ADkov%

C3%BDch_profil%C5%AF/Voz%C3%ADk_s_nosn%C3%BDmi_rameny_SUPPORT
_z_hli.

- [32] Kontejner [online]. [cit. 2020-11-8]. Dostupné z:
https://realpraktic.static.s2.upgates.com/_cache/0/1/0170f64b519bc87143c3e6bec73ba45f.png.
- [33] Kovové obaly [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.derpal-logic.cz/cs/novinka/gitterbox-palety/>.
- [34] Automatizace 2 [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
<https://factoryautomation.cz/zakladni-pojmy-z-automatizace-32-terminu-ktere-musite-znat/>.
- [35] Automatizace [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm_mechanizace_a_automatizace_roboty_rumisek.pdf.
- [36] Automatizace nevýrobních procesů [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
<https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2005-04-54.pdf>.
- [37] Pružná a pevná automatizace [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
<https://factoryautomation.cz/3-nejcastejsi-moznosti-automatizace-vyroby/>.
- [38] Průmysl 4.0 historie [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html.
- [39] Industry 4.0 Siemens [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
<https://www.siemens.cz/prumysl40/>.
- [40] Robotizace - Robot [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z:
<https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Robotizace>.
- [41] Roboty ARC Robotics [online]. [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.arc-robotics.cz/manipulace-kompletace>.
- [42] Klasifikace robotů [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z:
http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf.
- [43] Manipulační robot [online]. [cit. 2020-12-1]. Dostupné z:
<https://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/m710/generic/400x600/int-ro-pr-m71050e-1-1.jpg?w=400>.
- [44] Kognitivní roboty [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z:
<https://core.ac.uk/download/pdf/30293515.pdf>.
- [45] Kolaborativní robot [online]. [cit. 2020-12-1]. Dostupné z:
https://www.lasertherm.cz/kolaborativni-roboty-fanuc-crx_awm_min.jpg?data=cMnKs0/tya1v7IXonrmV8ea96olvcj1cXOUyhXSFlwdhycJryO3RvV9m0HAZwMjAYMBcqXBn.
- [46] Shape Corp [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z:
<https://www.shapecorp.com/cs/nase-lokace/>.

- [47] Portfolio nárazníkových systémů [online]. In: . [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.shapecorp.com/cs/produkty/>.
- [48] ARC-Robotics, s.r.o. [online]. [cit. 2021-01-01]. Dostupné z: <https://www.arc-robotics.cz/fanuc>.
- [49] Magnetický efektor [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://schunk.com/fileadmin/_processed_/csm_IM0010205_1babda5222.jpg.
- [50] Paralelní efektor [online]. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: https://schunk.com/fileadmin/_processed_/csm_IM0019072_808c7ab912.jpg.
- [51] Červený box [online]. [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: https://www.kaiserkraft.cz/nadoby-ke-skladovani/stohovaci-prepravky-a-bedny/stohovaci-prepravka-z-oceloveho-plechu/obsah-cca-25-lp/M80343/?articleNumber=517732&utm_content=Containers-for-storage%3EStac.
- [52] Vidlicový snímač WFL [online]. In: . [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://cdn.sick.com/media/150/2/52/352/IM0062352.png>.
- [53] Svařovací plenta [online]. In: . [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://www.zavarivanje.info/Repository/images/zavjesezazavarivanje/36.34.05_Mala.jpg.
- [54] KLEINOVÁ, Jana. *Inženýrská ekonomika: 03_Cvičení_IE*. Metoda párového srovnání..
- [55] CHLEBNÝ, Jan a kol. *Automatizace a automatizační technika: Prostředky automatizační techniky*. Brno: Computer Press, 2014 ISBN 978-80-251-3747-5.
- [56] BUREŠ, Marek. *Tvorba a optimalizace pracoviště*. e book. Plzeň: SmartMotion, 2013.
- [57] Fanuc M-710iC/50
<https://www.fanuc.eu/~/media/corporate/products/robots/m710/generic/400x600/intro-pr-m71050-1-1.jpg?w=400> [online]. [cit. 2021-03-03].
- [58] Modrý laserový paprsek [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://www.micro-epsilon.cz/2D_3D/laser-scanner/?gclid=Cj0KCQiA7YyCBhD_ARIsALkj54o_Q9F7beGIU2ujXZtxszGXujUC8npDZcVIKfv7_SZfT-o2Yf96SewaAj61EALw_wcB.

