

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Výrobní systémy

Zaměření: Pružné výrobní systémy pro strojírenskou výrobu

NÁVRH LOGISTICKÉHO USPOŘÁDÁNÍ SVAŘOVACÍHO PRACOVISTĚ

DESIGN OF LOGISTIC ORGANIZATION OF WELDING WORKPLACE

Diplomová práce

KVS - VS - 231

Bc. Martin Laco

Vedoucí práce: doc. Ing. Dr. František Manlig

Počet stran: 71

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 41

Počet tabulek: 3

Počet modelů: 0

nebo jiných příloh: 0

V Liberci 2. 1. 2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Bc. Martin L a c o
studijní program	N2301 Strojní inženýrství
obor	2301T030 Výrobní systémy
zaměření	pružné výrobní systémy pro strojírenskou výrobu

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Návrh logistického uspořádání svařovacího pracoviště

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

Cílem diplomové práce je porovnat různé koncepce robotizovaného svařovacího pracoviště včetně způsobů zakládání plechů.

Doporučený postup řešení:

1. Definování dílčích cílů a postupu řešení.
2. Zmapování současných způsobů zakládání plechu a odkládání dílů včetně jejich porovnání.
3. Návrh variant uspořádání svařovacího pracoviště.
4. Porovnání jednotlivých variant řešení a volba výsledné varianty řešení.
5. Zhodnocení, porovnání se současným stavem.



Forma zpracování diplomové práce:

Rozsah průvodní zprávy 50 - 60 stran textu včetně příloh, rozsah grafických prací dle potřeby.

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

- [1] Liker, J.: Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007, s. 390. ISBN 978-80-7261-173-7
- [2] Warnecke, H.-J., et al.: Fraktálový podnik. Bratislava: Slovenské centrum produktivity, 2000, s. 208. ISBN 80-968324-1-7
- [3] Sixta, J. - Mačát, V.: Logistika. Brno: CP Books a.s., 2005, s. 315. ISBN 80-251-0573-3
- [4] Tuzemské a zahraniční časopisy
- [5] Elektronická databáze článků ProQuest (knihovna.tul.cz)
- [6] IPA slovník (www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník)

Vedoucí diplomové práce:

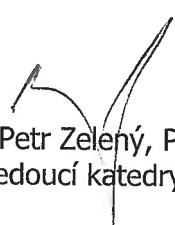
doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant diplomové práce:

Ing. Jan Vavruška

Martin Pitr – Aufeer Design s.r.o. Mladá Boleslav




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 15.října 2012

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ).
Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

**TÉMA: NÁVRH LOGISTICKÉHO USPOŘÁDÁNÍ SVAŘOVACÍHO
PRACOVISTĚ**

Práce mapuje současný trend při návrhu robotické svařovací linky - nástup automatizace. Práce porovnává manuální a robotické zakládání, dále různé možnosti svařování s důrazem na čas, cenu, technickou náročnost a zástavbové prostory. To vše pomocí nejmodernějších SW, které se v automobilovém průmyslu používají.

**THEME: DESIGN OF LOGISTIC ORGANIZATION OF WELDING
WORKPLACE**

The work approaches actual trend for design of robotics welding line – onset of automation. It compares manual and robotics insertion then different options of combination welding with emphasis on time, price, technical ambitious and space requirements. That is with the most modern SWs which are used in automotive industry.

Desetinné třídění:

Klíčová slova: ROBOT, SVAŘOVÁNÍ, ZAKLÁDÁNÍ

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2014-01-02

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 71

Počet příloh: 1

Počet obrázků: 41

Počet modelů: 0

Počet tabulek: 3

Nebo jiných příloh: 0

Prohlášení

Byl (a) jsem seznámen (a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval (a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi umožnili zpracovat mojí diplomovou práci. Jednalo se především o firmu Aufeer Design, s.r.o., v čele s p. Martinem Pitrem, vedoucím oddělení svařovacích přípravků. Všem kolegům z tohoto oddělení a to především Petru Černochovi, ale také výkonnému řediteli p. Ing. Martinu Zabadalovi, který mi umožnil tuto práci ve firmě vypracovat. Velké díky také patří vedoucímu mé diplomové práce p. doc. Ing. Dr. Františku Manligovi.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Proces vývoje automobilu.....	11
2.1	Fáze plánování a koncepčního řešení	11
2.2	Fáze sériového vývoje	11
2.3	Fáze stavby prototypů a zkoušek.....	11
2.4	Realizace.....	11
2.5	Výrobní linka karosérie při vývoji automobilu	12
3	Současné trendy při stavbě svařovacích linek pro automobilový průmysl.....	13
3.1	Plánovací proces, proces realizace svařovací linky	14
3.2	Nástroje digitální továrny	18
3.2.1	Process Designer	18
3.2.2	Process Simulate	19
3.2.3	Robcad.....	19
3.2.4	Microstation	20
3.2.5	Catia V5.....	20
3.3	Způsoby zakládání dílů do automatického pracoviště.....	21
3.3.1	Zakládání dělníkem	21
3.3.2	Zakládání robotem z dopravníku.....	22
3.3.3	Zakládání robotem ze zakládací věže s paletou	23
3.3.4	Zakládání robotem přímo z palety – Bin Picking	24
4	Návrh pracoviště	25
4.1	Zadání – vstupní informace	25
4.2	Tvorba pracoviště pomocí SW digitální továrny.....	26
4.2.1	Popisování	27
4.2.2	Plánování výrobní svařovací linky	27

5	Manuální a robotické zakládání	30
5.1	Návrh pracoviště – zakládání dělníkem.....	30
5.1.1	Plánování operací	33
5.1.2	Technické nároky při manuálním zakládání	37
5.2	Návrh pracoviště – zakládání robotem ze zakládací věže s paletou.....	37
5.2.1	Plánování operací	40
5.2.2	Technické nároky při automatickém zakládání.....	43
5.3	Porovnání manuálního zakládání dělníkem s automatickým zakládáním robotem ..	44
5.3.1	Takt linky	44
5.3.2	Prostor linky	44
5.3.3	Cenové náklady na linku	46
5.3.4	Technická náročnost.....	48
5.3.5	Závěr.....	49
6	Svařování a odebírání dílů dvěma a jedním robotem	51
6.1	Návrh pracoviště – svařování a odebírání dílů dvěma roboty	51
6.1.1	Plánování operací	54
6.1.2	Technické nároky při svařování a odebírání dílů dvěma roboty	58
6.2	Návrh pracoviště – svařování a odebírání dílu jedním robotem.....	58
6.2.1	Plánování operací	62
6.2.2	Technické nároky při svařování a odebírání dílu jedním robotem.....	66
6.3	Porovnání svařování a odebírání dílů dvěma roboty a jedním robotem.....	67
6.3.1	Takt linky	67
6.3.2	Prostor linky	67
6.3.3	Cenové náklady na linku	67
6.3.4	Technická náročnost.....	68
6.3.5	Závěr.....	68
7	Závěr	69

Seznam použité literatury	70
Seznam Příloh	71

Seznam symbolů a zkratk

VFF	(Vorläufig Fertigungsfahrzeug) Vozidla pro ověření montáže
PVS	(Produktion Versuchsserie) Zahájení ověřovací série
0S	Nultá série
SOP	(Start of Product) Start sériové výroby
PLM	(Product Lifecycle management) Řízení životního cyklu výrobku
CAD	(Computer Aided Design) Počítačem podporované konstruování
CAE	(Computer Aided Engineering) Počítačem podporované inženýrské práce
CAM	(Computer Aided Manufacturing) Počítačem podporovaná výroba
CAPE	(Computer Aided Production Engineering) Počítačová podpora výrobního inženýrství
MTM	(Methods Time Measurement) Metoda analýzy pohybů
RIP	(Roboter Installation Plate) Robotová instalační deska
HIP	(Halle Installation Plate) Halová instalační deska

1 Úvod

Automobilový průmysl se pomalými krůčky opět probouzí z velké krize, která začala v roce 2008. Každá automobilka se tak tedy nyní snaží získat své potencionální zákazníky novými modely. Vývoj těchto nových automobilů začíná několik let předtím, než dané auto poprvé spatří koncový zákazník, a tento vývoj je pro automobilky velmi nákladný.

K vývoji nového automobilu a především k jeho výrobě patří i vývoj a stavba výrobních linek. Ve své práci bych se chtěl zaměřit na vývoj a stavbu svařovací linky. Právě svařování karosérií je jedna z nejnákladnějších operací při výrobě automobilů, a proto je při vývoji svařovacích linek kladen velký důraz na šetření nákladů. Náklady plynou jak z ceny pořízení jednotlivých komponent, tak z produkce výrobní linky, zástavbových prostorů linky a použité technologie.

A z tohoto důvodu jsem se rozhodl na toto téma vypracovat diplomovou práci. Ve své práci zmapuji současné trendy při stavbě svařovacích linek, plánovací postupy, SW a další. Porovnáám technologie zakládání dílu do svařovací linky robotem a dělníkem pro dva různé typy výrobku s důrazem na aspekty, které jsou při plánování svařovací linky klíčové. Právě více typové výrobní linky jsou velmi rozšiřujícím se požadavkem. Také porovnáám technologii svařování a odebírání dílu ve svařovací lince dvěma roboty a svařování a odebírání dílu jedním robotem.

Ke své práci využiji nejmodernější SW nástroje, které se při stavbě svařovacích linek v automobilovém průmyslu používají. Jedná se především o Process Designer, Catii, Microstation a další.

Cílem mé práce je zmapovat současné trendy v automobilovém průmyslu při stavbě svařovacích linek, porovnat různé metody zakládání a svařování. Definovat výhody a nevýhody při daném způsobu zakládání dílu do linky, či svařování dílu a jeho následném odebírání. Stanovit podmínky použití dané metody pro plánování výrobního svařovacího pracoviště.

2 Proces vývoje automobilu

Vývoj zcela nového automobilu, jak je uvedeno v [1], trvá přibližně 4 roky. Proces vývoje automobilu se dělí na 4 části:

- Fáze plánování a koncepčního řešení
- Fáze sériového vývoje
- Fáze stavby prototypů a zkoušek
- Realizace

2.1 Fáze plánování a koncepčního řešení

Na začátku je třeba nejdříve zodpovědět otázku, co chci vyrábět a pro koho, tedy definovat trh a potencionální zákazníky, seznámit se s jejich požadavky, nároky. Definovat svoji konkurenci. Vytvoření konceptu auta, jeho design a definovat technické specifikace automobilu včetně motorizace. Definovat náklady a kapacity na realizaci projektu.

2.2 Fáze sériového vývoje

V této fázi vývoje dochází především k:

- Rozhodnutí o realizaci projektu
- Založení technického kusovníku
- P – uvolnění dílů
- Změnové řízení (SET struktura)
- B – uvolnění dílů

2.3 Fáze stavby prototypů a zkoušek

- Výroba prototypového nářadí
- Montáž předních částí vozu s komponenty platformy
- Stavba prototypů
- Provádění zkušebních a srovnávacích jízd s prototypy, jejich vyhodnocení a zapracování výsledků do stavu vývoje

2.4 Realizace

- Příprava stavby PVS v pilotní hale
- Naplánování a příprava náběhové křivky dle zakázek SOP
- Provedení typování a uvolnění pro stanovené trhy

- Výroba vozů na výrobní lince v daných specifikacích v podmínkách sériové výroby (OS)
- Provádění školení pro odbyt a servisní služby
- Zahájení sériové výroby

2.5 Výrobní linka karosérie při vývoji automobilu

Vývoj výrobní svařovací linky vstupuje do procesu vývoje již ve fázi vývoje sériového vozu. Jedná se především o naplánování výrobních míst, kapacit, nákladů, míry automatizace, pracnosti, logistiky, nových směrnic a požadavků, míry inovace a dalších. Nedílnou součástí jsou také analýzy vyrobitelnosti jednotlivých dílů a sestav karosérie.

3 Současné trendy při stavbě svařovacích linek pro automobilový průmysl

Automobilový průmysl se po krizi opět dostal do popředí a každá automobilka se snaží získat zákazníky právě svým novým modelem. Při stavbě svařovací linky je kladen velký důraz na automatizaci, pružnost výroby a to vše s co nejmenšími náklady. Obrazem tohoto trendu jsou více typové svařovací linky, tyto linky jsou schopné produkovat díly stejného modelu různé karoserie (hatchback, kombi, sedan a jiné), ale i různé modely aut různých značek.

Realizace projektu svařovací linky prochází postupně několika důležitými milníky. Prvním je výrobní místo, kde se bude daný projekt realizovat. Na toto rozhodnutí má vliv několik důležitých aspektů:

- Infrastruktura
- Lidské zdroje (volná pracovní síla, vzdělání)
- Politika
- Kvalita života (centrum blízko závodu, nízké životní náklady)
- Motivovanost
- Logistika (přímé železniční spojení)

Pokud je vybrané místo, na každou část linky se stanoví potřebný prostor pro jednotlivé části karosérie, ta se dělí:

- Podlahy
 - UB1
 - Podskupiny UB1
 - Svařenec UB1
 - Dovářka UB1
 - UB2
 - Podskupiny UB2
 - Svařenec UB2
 - Dovářka UB2
- Postranice
 - Podskupiny postranice
 - Svařenec vnitřní + vnější postranice

- Svařená karosérie
 - Aufbau 1
 - Svařenec
 - Dovárka
 - Aufbau 2
 - Svařenec
 - Dovárka
 - Aufbau 3 – střecha
 - Aufbau 4 – svařenec
- Panelové díly
 - Boční dveře
 - Zadní víko
 - Motorová kapota
 - Blatníky
- Montáž panelových dílů
- Finiš

Dalšími důležitými aspekty jsou cenový budget na projekt, který velmi ovlivňuje míru automatizace a inovace, politická rozhodnutí jako stanovená pracovní síla na projekt, ale také počet typů automobilů v jedné lince a požadované počty kusů aut, které musí být schopny linky vyprodukovat - takt linky.

3.1 Plánovací proces, proces realizace svařovací linky

Při realizaci jednotlivé podskupiny karoserie, např. motorové kapoty jsou vstupními informacemi:

- Daná plocha na hale
- Logistika (typ zásobování, přístupnost)
- Takt linky
- Míra automatizace, pracnost (robotizace)
- Sestava produktu (3D data dílů, svařovací body, lepení a ostatní technologie)
- Pružnost linky (více typovost)

Realizace projektu probíhá až do výroby přípravků, manipulátorů a dalších zařízení pouze digitálně, používají se programy jako Process Designer, CatiaV5, Microstation, ROBCAD a další.

Projekt tedy začíná stavbou linky v 3D digitální podobě na příslušný prostor na výrobní hale, k tomu se používá SW Process Designer. Navrhuje se:

- Výrobní prostředek
 - 3D model pracoviště (roboti, svařovací kleště, přípravky atd.)
- Produkt
 - Sestava dílů
 - Svařovací body
 - Lepidla
 - Nýty, šrouby atd.
- Proces výroby
 - Zakládání
 - Svařování
 - Lepení
 - Logistika
 - Časová analýza (GANT Diagram)

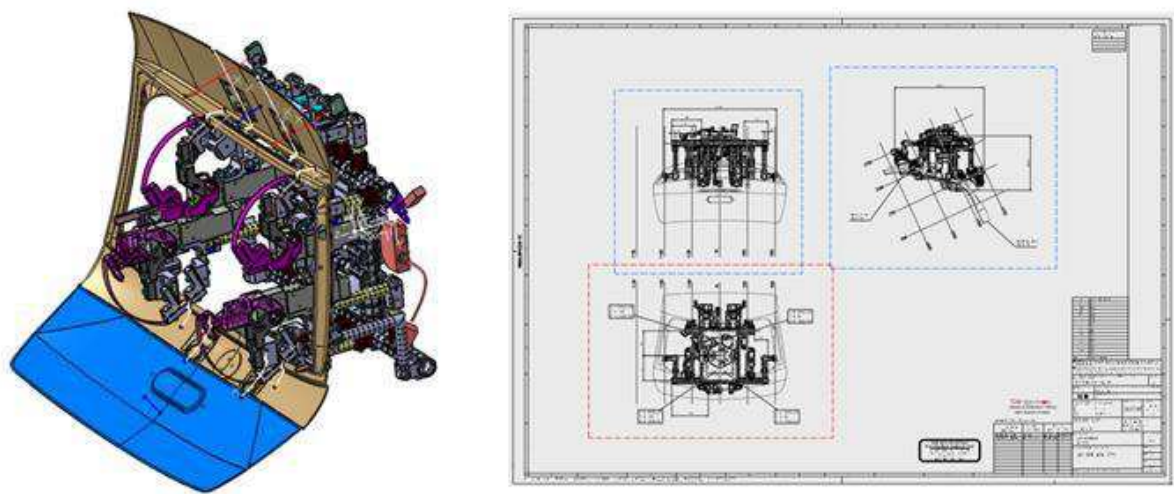
V Process Designeru se hrubě naplánují dosahy robotů, rozdělení posloupnosti zakládání plechů do jednotlivých operací, rozdělení bodů, lepidel do operací, přívody médií. Process Designer disponuje kalkulacemi, kde lze vyčíslit náklady na stavbu linky. Pro přehlednější plánování svařovací linky se používá layout, v koncernu VW se používá SW Microstation. Přehledně se zde plánují komunikace, zásobování mezi jednotlivými linkami, rozvody médií a další.

Dalším krokem při realizaci svařovací linky je simulace. V koncernu VW se používá SW ROBCAD. Do popředí se však již dostává SW Process Simulate. V simulaci se doladí dosahy robotů, svařitelnost dílů, bezkoliznost jednotlivých vstupujících prvků, typy robotů, typy svařovacích kleští, délky sedmých os pro robota, hadicové svazky pro robota, lepidla, ocelové žlaby, přívody médií, takt linky a další.



Obr. 1: Simulace v SW Robcad[2]

Po plánování a simulaci konceptu svařovací linky následuje digitální konstrukce nástrojů, svařovacích přípravků, efektorů (manipulátorů), lemovacího zařízení, stříhacího zařízení a dalších. Ke konstrukci se používá standardně v koncernu VW SW CATIA. Nakreslené přípravky už při samotném návrhu putují zpět do simulace. Po souslednosti kooperace 3D konstrukce a simulace tak vzniká svařovací linka v digitální podobě. Její digitální obraz je jak v Process Designeru, Microstationu, tak v Robcadu shodný.

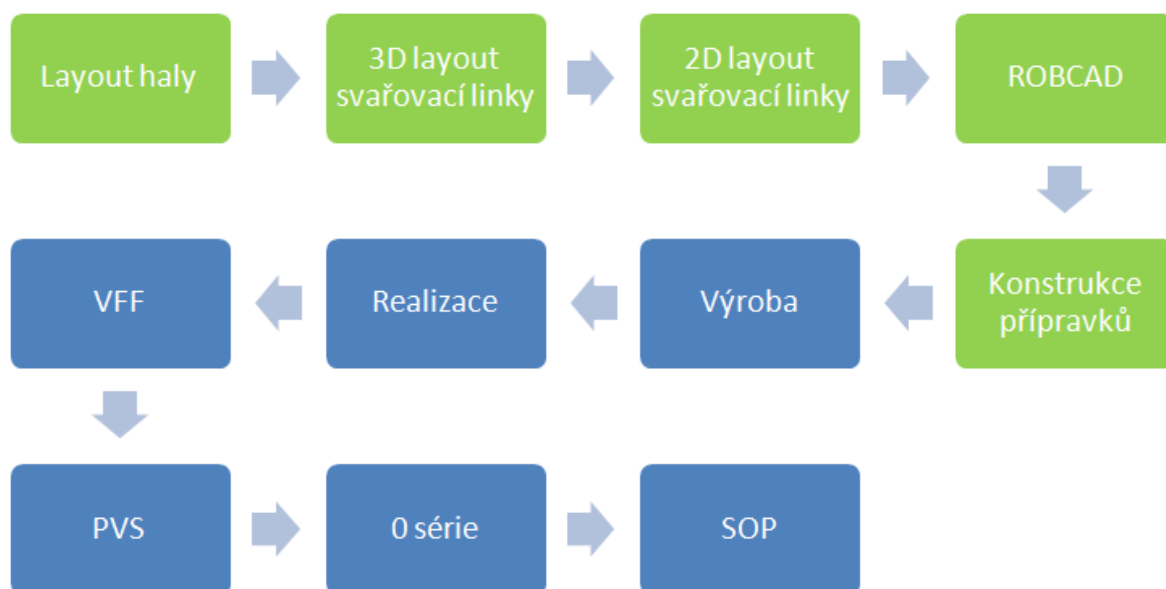


Obr. 1: Konstrukce manipulátoru v SW Catia

Je kladen velký důraz, aby se co nejvíce technických problémů doladilo právě ještě v digitální podobě. V digitální podobě jsou náklady na změnu minimální, kdežto změny ve fázi realizace by již mohly být velmi nákladné. K co nejnižším nákladům nám mají pomoci právě nástroje digitální továrny jako Process Designer, Catia, Robcad, Microstation a další.

V průběhu projektu spolu jak plánování, simulace a konstrukce neustále úzce spolupracují. Realita svařovací linky by měla být z 99 % kopií té digitální.

Po realizaci projektu v digitální podobě přichází čas na fyzickou realizaci svařovací linky. Konstruované přípravky putují do výroby, přicházejí objednané komponenty jako roboti a další. Geodeti zaměří body na svařovací lince dle layoutu a začne stavba svařovací linky.



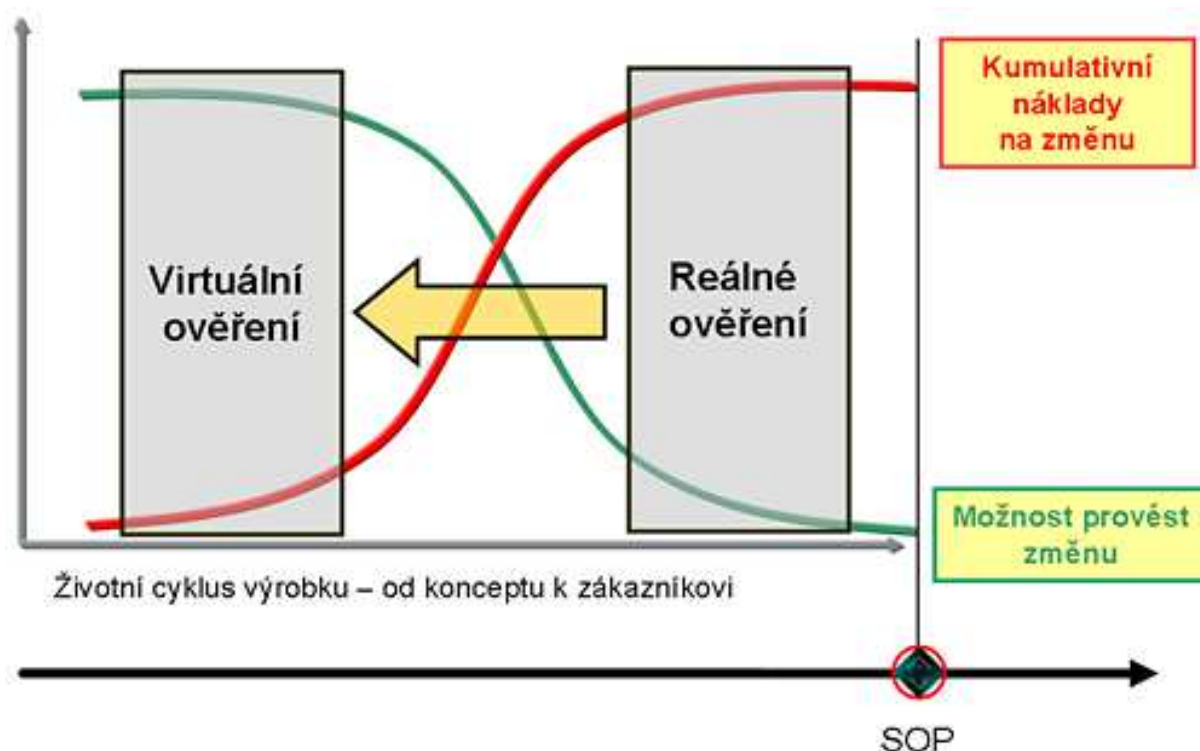
Obr. 2: Grafický postup při návrhu svařovací linky. Digitální realizace - zeleně, fyzická realizace - modře.

Důležité termíny dle [1] při plánování výrobní svařovací linky:

- VFF – Vorläufig Fertigungsfahrzeug = Vozidla pro ověření montáže
- PVS – Produktionsversuchsserie = Zahájení ověřování série
- 0S – 0 – série = Zahájení nulté série
- SOP – Start of production = Zahájení sériové výroby

3.2 Nástroje digitální továrny

Při realizaci projektu návrhu výrobního pracoviště se v automobilkách běžně používají SW nástroje digitální továrny, které mají za úkol co nejdetailněji naplánovat a simulovat celý výrobní proces a co nejvíce tak omezit možný vznik chyb a s ním spojené náklady. Nástroje digitální továrny nabízejí trojrozměrné řešení výrobní svařovací linky, včetně jejího výrobního postupu, výrobního času a výrobních prostředků.



Obr. 3: Graf závislosti nákladů na změnu v digitálním a v reálném prostředí[3]

Ve světových automobilkách se především používají SW jako Process Designer, Process Simulate, Robcad, Catia, Microstation a další.

3.2.1 Process Designer

Process designer je dle [4] ucelený nástroj pro návrh (design) výrobních procesů. Umožňuje souběžné plánování technologických týmů, analýzy v 3D grafickém prostředí, potvrzení platnosti postupů a optimalizaci výroby.

Plánovač a technolog vyhodnotí čas výroby, náklady, vytížení zdrojů, logistiku a další důležité informace. Základním stavebním kamenem práce plánovače v Process Designeru je: Co, Čím a Jak. Tedy, co se bude vyrábět, čím se to bude vyrábět a jakými procesy. Do prostředí Process Designeru se importuje kusovník a 3D modely dílů a sestav produktu ve

formátu *.jt nebo *.co. Z knihovny výrobních prostředků (zdrojů) se sestaví 3D model budoucího pracoviště s modely strojů, robotů, přípravků, lidí, dopravníků, kontejnerů a 3D nebo 2D modelů hal. Plánovač nebo technolog pak vytvoří detailní výrobní proces – technologický sled operací a k těmto operacím přiřadí příslušné díly, které do operace vstupují (např. dveře auta), výrobní prostředky, které se na operaci podílejí (např. robotická buňka, pracovník, nástroj) a MFG body (např. body svarů).

Process Designer je dnes nasazen v předních průmyslových podnicích, v oblasti automobilové výroby, např. ve Ford Motors v rámci projektu C3P. V koncernu VW a Škoda Auto běží projekt digitální továrny již od roku 2004 a Process Designer se používá např. na odděleních ViKab (svařovna), ViLog (logistika) a ViAgg (agregáty).

3.2.2 Process Simulate

Process Simulate je dle [4] soubor nástrojů pro simulace a verifikace výrobních procesů. Je možné jej plně integrovat s Process Designer nebo PLM řešením Teamcenter, což umožní hladký přenos naplánovaných dat k jejich ověření simulací. Process Simulate obsahuje moduly Human, Spot, Robotics a Assembler.

Modul Process Simulate Human (PS Jack) je určen pro simulace a analýzy manuálních výrobních operací z hlediska proveditelnosti, ergonomie a zatížení pracovníků.

Process Simulate Spot a Robotic je určen pro ověření svářecích, lakovacích a dalších robotických operací, kdy se vytvoří statická nebo dynamická simulace dosahu robotů, najdou se kolize, vyhodnotí se umístění svářecích bodů, čas operací, přiřadí se vhodné kleště, optimalizuje se rozmístění robotů atd.

3.2.3 Robcad

Robcad je dle [4] soubor nástrojů CAPE (Computer-Aided Production Engineering) pro interaktivní návrh, simulace, optimalizace, analýzy a off-line programování automatizovaných výrobních systémů. Robcad lze buď integrovat s nástrojem Process Designer, nebo 3D model pracoviště (např. výrobní linka nebo robotická buňka) vytvořit nezávisle. Vyhodnotí se umístění robotů, z knihovny vybavení a komponent se vyhledají nejvhodnější kleště, provedou se analýzy dosahu, naplánují se trajektorie, simuluje se kinematika robotů, manipulátorů, upínek a dalších operací v buňce a naleznou se případné kolize. Rozhraní RRS RCS slouží pro přesné off-line programování robotů. Díky analýzám se

významně sníží čas a náklady na plánování, zvýší se produktivita pracoviště a zkrátí prostoje robotů.

3.2.4 Microstation

Microstation „V8 Generace“ produktů společnosti Bentley, je dle [5] samostatná, komplexní platforma pro projektování a modelování. Mezi ostatními dostupnými SW na trhu, Microstation nejlépe ze všech podporuje 3D modelování, práci s daty různých formátů, týmovou produktivitu a vývoj specifických aplikací.

Microstation se používá při realizaci svařovací linky zejména pro tvorbu layoutů výrobních pracovišť. Velkou výhodou je také vzájemná kompatibilita mezi dalšími nástroji digitální továrny.

3.2.5 Catia V5

CATIA V5 je dle [6] software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE a nejrozšířenější CAx systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě.

CATIA V5 je systém, který je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobku (tzv. PLM), tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu.

Systém se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzálnosti, tzn., že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA V5 disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství.

Z hlediska řešení ergonomie CATIA disponuje modulem Human, který poskytuje komplexní řešení při simulaci ergonomie dělníka.

Ve VW se CATIA používá především ke konstrukci, ale také jako univerzální prezentační program, program pro předávání dat a konverzaci dat mezi nástroji digitální továrny.

3.3 Způsoby zakládání dílů do automatického pracoviště

V tvrdém boji konkurence při výrobě produktů je kladen velký důraz na efektivitu. Tedy vyrábět kvalitně, rychle a s co nejmenšími náklady. Proto je velmi častou otázkou při plánování výrobního pracoviště, jakým způsobem se bude díl zakládat do výrobní linky.

3.3.1 Zakládání dělníkem

Zakládání dělníkem je velmi rozšířený způsob zakládání udržující pracnost. Velice vhodné při zakládání malých dílů, kde není kladen velký důraz na ergonomii pracoviště. S rostoucí hmotností dílů je však tento způsob zakládání nevhodný.

Výhody:

- Technicky jednoduché
- Pružné

Nevýhody:

- Ergonomie pracovníka
- Nároky na bezpečnost
- Kvalita



Obr. 4: Manuální zakládání dílů do automatické linky

3.3.2 Zakládání robotem z dopravníku

Tento způsob zakládání dílů je vhodný pro jakékoliv velikosti dílů, avšak s požadovaným tvarem. Ne každý tvar dílů je vhodný z důvodu stohovatelnosti. Velikost a počet dílů v dopravníku musí být únosný velikosti dopravníku. Důležitým aspektem je také způsob vychystávání dílů na dopravník, což je závislé na tvaru a velikosti dílu.

Výhody:

- Vhodné pro jakékoliv velikosti dílů
- Dopravník plní funkci zásobníku

Nevýhody:

- Nelze použít pro všechny tvary dílů
- Poměrně velké zástavbové prostory
- Zásobování dopravníku



Obr. 5: Pohled na dopravník pro vstup dílů do automatické linky

3.3.3 Zakládání robotem ze zakládací věže s paletou

S přibývajícím důrazem na automatizaci je tento způsob zakládání čím dál tím více používán. Tento způsob zakládání je vhodný pro střední a velké díly. Avšak použití této technologie je podmíněno vhodným tvarem, stohovatelností a velikostí dílů.

Výhody:

- Vhodné pro větší díly
- Malé zástavbové prostory

Nevýhody:

- Drahé
- Technicky náročné



Obr. 6: Zakládací věž s paletou s díly

3.3.4 Zakládání robotem přímo z palety – Bin Picking

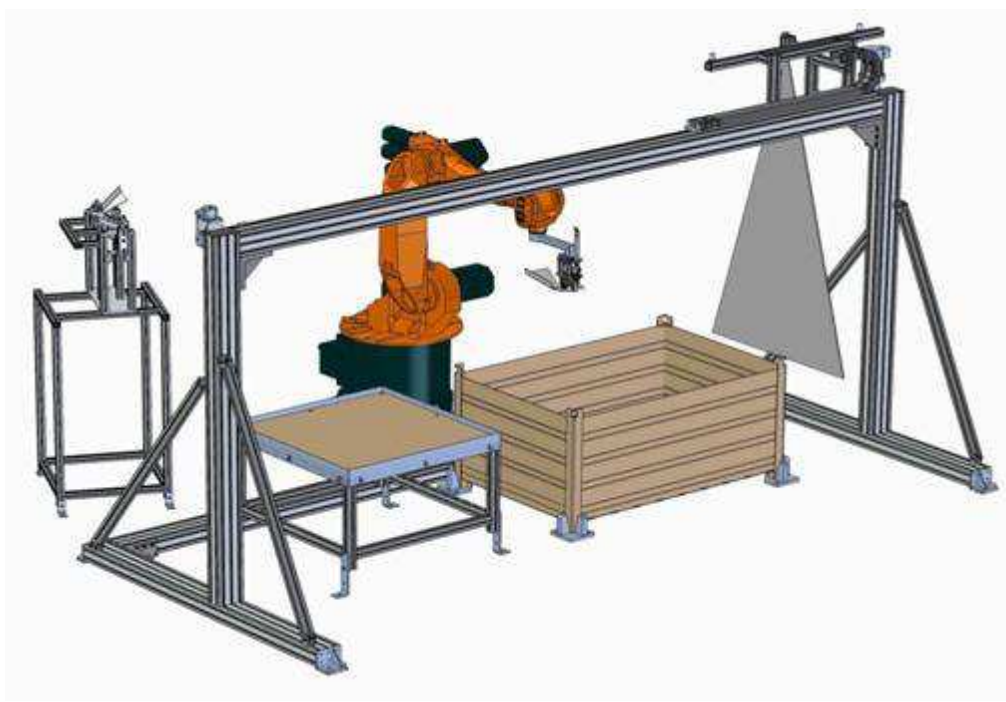
Je dle [7] technologie pro výběr neorientovaných objektů z bedny průmyslovým robotem a jejich případné přesné umístění k dalšímu zpracování.

Kamera umístěná na pohyblivém lineárním pojezdu nad scénou (3D kamera, laserové projektory po stranách, laserová triangulace, tzv. mezi-poloha pro přesné umístění dílu)

Nevýhody:

- Poměrně náročná úvodní testovací fáze pro každý jednotlivý typ objektů
- Nutný návrh a zhotovení specifického koncového efektoru pro uchopování objektů
- Strategii pro výběr vhodného objektu z bedny je nutno adaptovat dle charakteru objektů stejně jako nastavení snímacího systému a algoritmů pro zpracování obrazu.

Tuto technologii používá již například AUDI při zakládání malých dílů karosérie do svařovacích přípravků.



Obr. 7: Bin Picking[7]

4 Návrh pracoviště

Při plánování robotických svařovacích linek je častou otázkou, jakým způsobem vkládat vstupní díly do výrobní linky. S důrazem na cenu, kvalitu, čas, prostor a technické nároky je tedy důležité zvolit správný způsob zakládání dílů do výrobní linky.

Každý způsob zakládání má své výhody, nevýhody a nese určitá specifika. První část praktické diplomové práce se zabývá problematikou zakládání dílu do výrobní linky. Práce porovnává dva způsoby zakládání dílů do výrobní linky.

Dalším častým problémem je svařování a manipulace dílů v robotickém pracovišti. Při návrhu výrobní svařovací linky je nutné plánovat robotické pracoviště, s co nejmenším počtem robotů (náklady) při udržitelné vytiženosti těchto robotů. Druhá část praktické diplomové práce řeší problematiku svařování a manipulace v robotové výrobní lince.

S cílem šetřit náklady je v poslední době velký tlak na pružnost výroby, což se ve svařovnách, kde se vyrábějí karoserie, řeší více typovostí výrobních svařovacích linek. Obě výrobní svařovací linky s různými způsoby zakládání, svařování a manipulace jsou navrženy jako dvou typové výrobní linky.

Praktická část diplomové práce obsahuje:

1. Zakládání dílů
 - a. Manuální zakládání
 - b. Zakládání robotem ze zakládací věže s paletou
2. Svařování a odebrání dílů
 - a. Dvěma roboty - jeden robot sváří, druhý robot díl odebírá
 - b. Jedním robotem – robot sváří i díl odebírá

Cílem praktické části diplomové práce je porovnat způsoby zakládání, svařování a manipulaci dílů. Definovat výhody, nevýhody a stanovit podmínky, kdy danou metodu zvolit při plánování výrobních svařovacích linek.

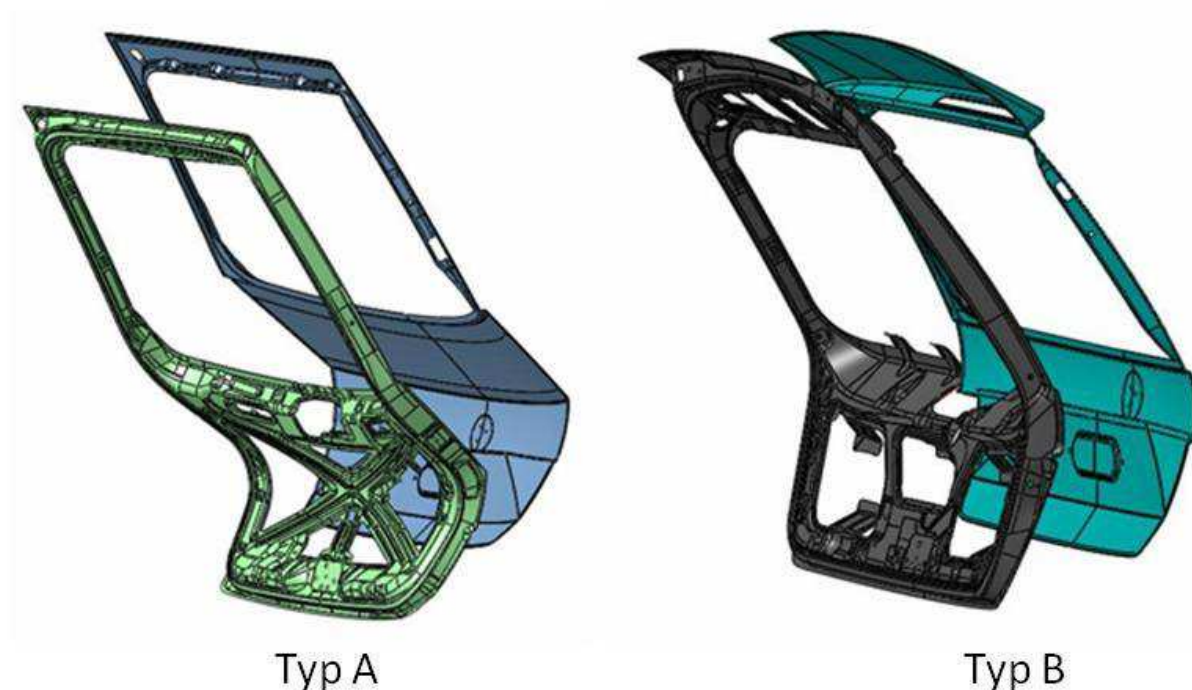
4.1 Zadání – vstupní informace

Produktem je zadní víko osobního automobilu, vstupní částí je vnitřní plech, který do linky vstupuje pomocí dopravníku. Zakládaným dílem je vnější plech, který je zakládán buď manuálně dělníkem, nebo automaticky robotem. Výstupním produktem jsou kompletní pásy

dveře osobního automobilu. Výsledný produkt vystupuje z linky opět pomocí dopravníku. Do linky vstupují díly pro dvě karoserie:

- Limo – typ A
- Kombi – typ B

Pracovní prostor je 14x12 metrů, tedy 168m². Systém logistiky je dvou-paletový. Počet svařovacích bodů je 10.



Obr. 9: Vstupující díly - produkt výrobního pracoviště

4.2 Tvorba pracoviště pomocí SW digitální továrny

K návrhu pracoviště, rozplánování jednotlivých kroků, přidělení časů operací, stanovení taktu linky jsou použity nejmodernější SW digitální továrny, které se používají v automobilovém průmyslu a především v koncernu Volkswagen. Jedná se především o SW Microstation a Process Designer. V Microstationu je navržen půdorysný návrh linky. 3D layout výrobní svařovací linky je vytvořen z knihovny výrobních prostředků v SW Process Designer. Struktura výrobních prostředků je vytvořena dle normy DiKab, standardně používané pro svařovny koncernu VW. Operace jsou vytvořeny z knihovny operací a provázány v GANT diagramu. Knihovny operací již obsahují přednastavené časy. SW Process Designer obsahuje moduly, jež nahrazují MTM analýzu pro manuální operace.

Provázání výrobních prostředků jako roboti, dělníci, svařovací kleště, díly, svařovací body a další je provedeno v PERT diagramu.

4.2.1 Popisování

Značení operací je dle přísných standardů VW.

Značení operací: 116431

- 1 – ARG okruh – na jeden ARG okruh se dá připojit až 10 robotů. Nutné zachovávat 20% rezervu.
- 1 – Bezpečnostní okruh – na tomto návrhu linky není nutné vytvářet více bezpečnostních okruhů.
- 64 – Označení paketu. Pro páté dveře osobního automobilu – 64.
- 3 – Číslo operace. Vždy když se díl přesouvá, číslo operace se o jedničku zvýší.
- 1 – Označení typu. Například: 1 - typ A, 2 – typ B.

Značení robotů: 116420R01+G1/G2

- 116420 – viz značení operací
- R01 – číslo robota
- + - robot má připojený nástroj. Například R01+G1+SZ1 znamená, že robot nese jak Greifer (manipulátor), tak svařovací kleště.
- G1/G2 – nástroj je zaměnitelný, například automatickým výměnným systémem.

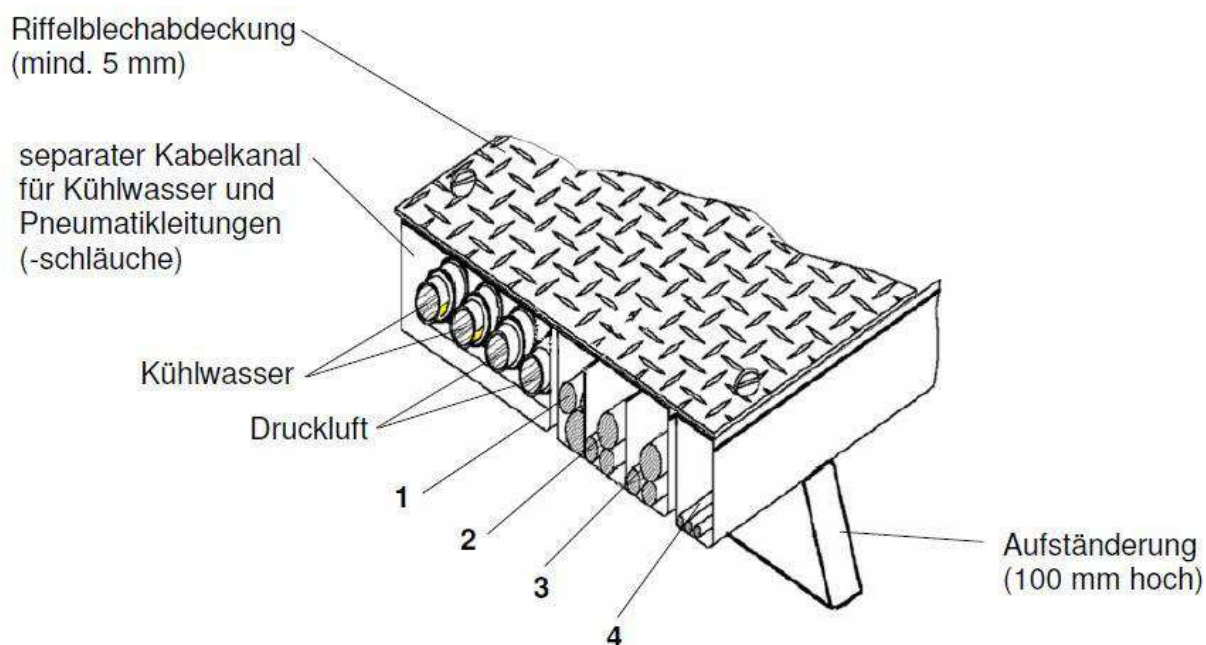
4.2.2 Plánování výrobní svařovací linky

Při plánování výrobní svařovací linky je nutné řešit projekční úkoly jako:

- Koncept výměny robotů – při poruše robota je nutné robota vyměnit do 1 hodiny z důvodu zastavení výrobní linky s co nejmenší ztrátou na produkci. Z tohoto důvodu je nutné plánovat, jakým způsobem výměnu robotů realizovat. Nejčastěji se tato výměna realizuje vysokozdvížným vozíkem, ocelovými drážkami s kočkou či jeřábem. Způsob záleží především na okolním prostoru linky včetně výšky stropu, ale také na přístupnosti robota uvnitř linky.
- Bezpečnostní koncept – při plánování výrobní svařovací linky je nutné řešit bezpečnost linky a navrhnout bezpečnostní prvky. Naplánují se bezpečnostní okruhy a stanoví typy a umístění bezpečnostních prvků ve výrobní lince. Těmito prvky jsou

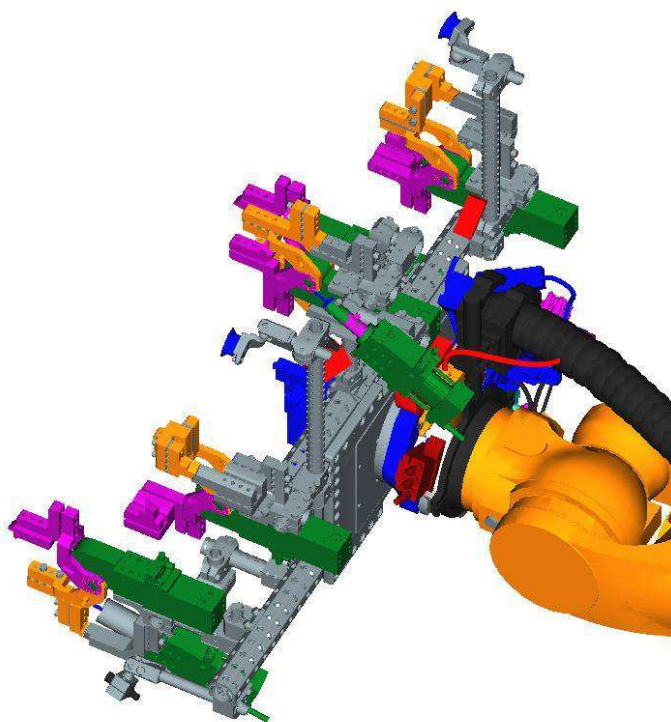
nejčastěji mechanické zábrany jako vrata, bezpečnostní dveře, ale také různé skenery a čidla.

- Trasování médií a elektřiny – mezi jednotlivými přípravky, roboty, řídicími a napájecími skříněmi je třeba navrhout kabeláž pro trasování elektrických svazků, ale také kabeláž pro rozvod médií jako jsou voda a vzduch. Média a kabely jsou uloženy v žlabu z nerezového plechu, který je z vrchní části pochozí. Výška žlabu je 200 mm. Jak elektrické kabely, tak média mají svůj vlastní žlab, kde jsou trasovány. Elektrický žlab je dále rozdělen na žlab pro napájecí kabely, svařovací kabely, robotové kabely a komunikační kabely. Média jsou rozdělena na vzduch o tlaku 6, či 12 barů a na studenou a teplou vodu. Použití dle linky. Média jsou též barevně značena. Trasování médií nesmí být vedeno v oblasti vstupních dveří. V diplomové práci bylo trasování elektřiny a médií zanedbáno.



Obr. 10: Řez kabelovým žlabem

Manipulace dílů mezi jednotlivými stanovišti zajišťují roboti. Zvoleni byli roboti KUKA KR QUANTEC extra KR210 s dosahem 2700mm. Roboti mají na šesté ose připevněn manipulátor.



Obr. 11: Pohled na manipulátor v prostředí SW Process Designer

Pružnost linky pro výrobu více modelů je nejčastěji řešena buď konstrukcí přípravků, či manipulátorů pro více typů, nebo přípravky pro každý typ zvlášť a manipulátory odkládat pomocí robotického výměnného systému. V diplomové práci je zvolen způsob automatické výměny manipulátorů pomocí robotických multi-spojkek od firmy STAUBLI.



Obr. 12: Robotová a nástrojová strana multi-spojky Staubli[8]

5 Manuální a robotické zakládání

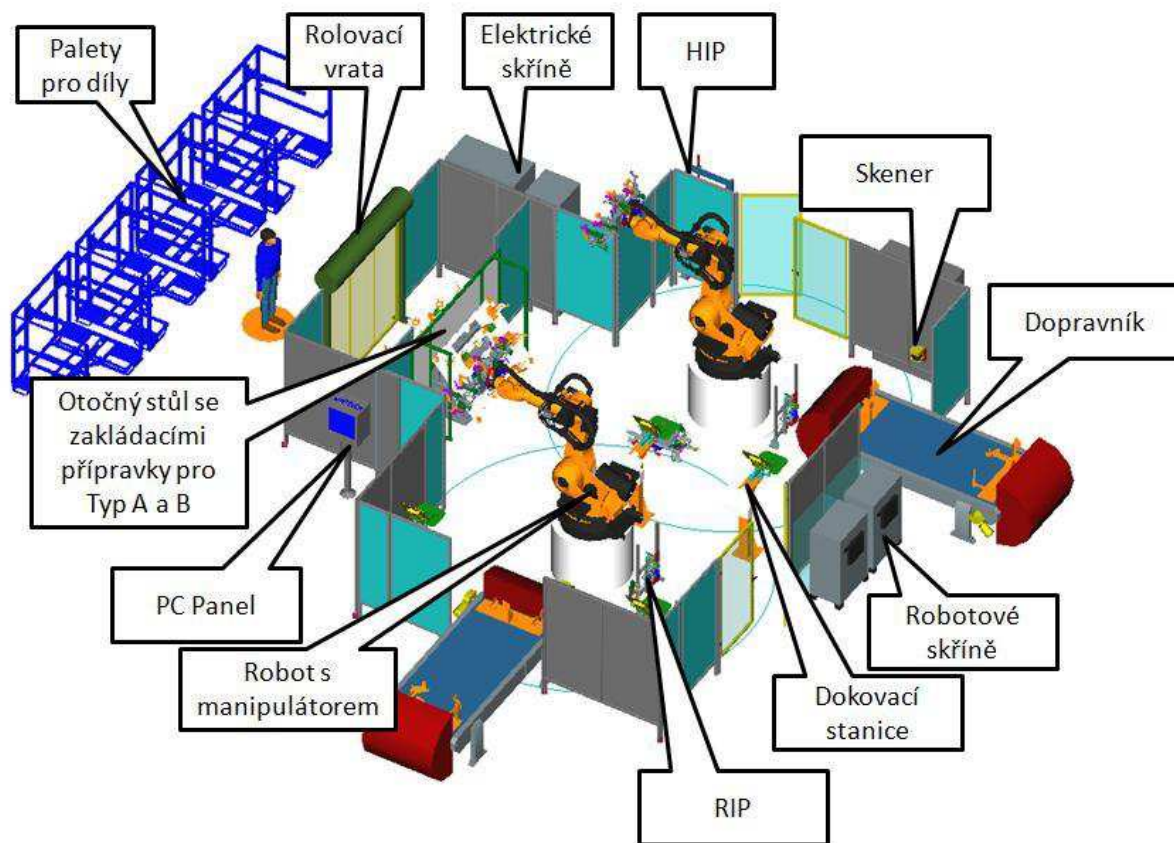
Manuální zakládání dělníkem je stále jedním z nejpoužívanějších způsobů, jak díl vstupuje do automatické výrobní linky. Avšak díky nástupu automatizace je tento způsob zakládání čím dál častěji nahrazován plně automatickým způsobem zakládání, například robotickým zakládáním dílů z palety z automatické věže. Oba způsoby mají své výhody a nevýhody. Cílem diplomové práce je definovat tyto výhody a nevýhody a stanovit, kdy lze danou metodu použít. K tomu poslouží návrh pracoviště pro oba způsoby zakládání.

5.1 Návrh pracoviště – zakládání dělníkem

Pracoviště je navrženo v SW Process Designer, kde je vnitřní díl zakládán do přípravku robotem z dopravníku a vnější díl zakládán dělníkem. Sestava dílů je odebírána opět robotem na dopravník.

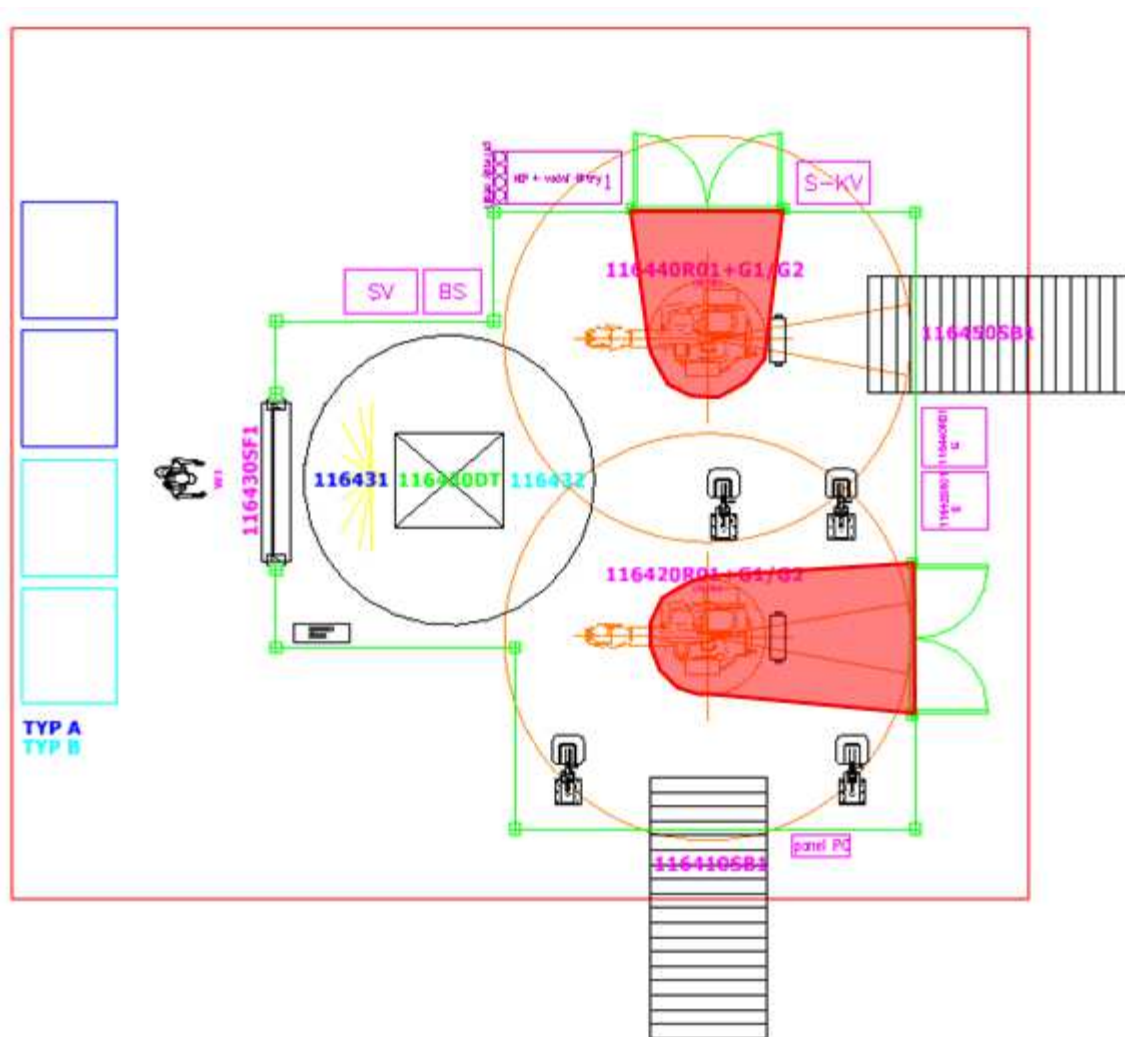
Linka se skládá z těchto částí:

- Roboti s podestami
- Manipulátory
- Multi-spojky
- RIP – instalační deska pro přívod médií pro manipulátor (robot installation plate)
- Dokovací stanice pro výměnu manipulátorů
- Otočný stůl se zakládacími přípravky pro typ A a B
- Skenery
- Rolovací vrata
- Palety pro díly
- Dopravníky
- Elektrické skříně
- HIP – instalační deska pro přívod médií pro linku (halle installation plate)
- Robotové skříně
- Oplocení



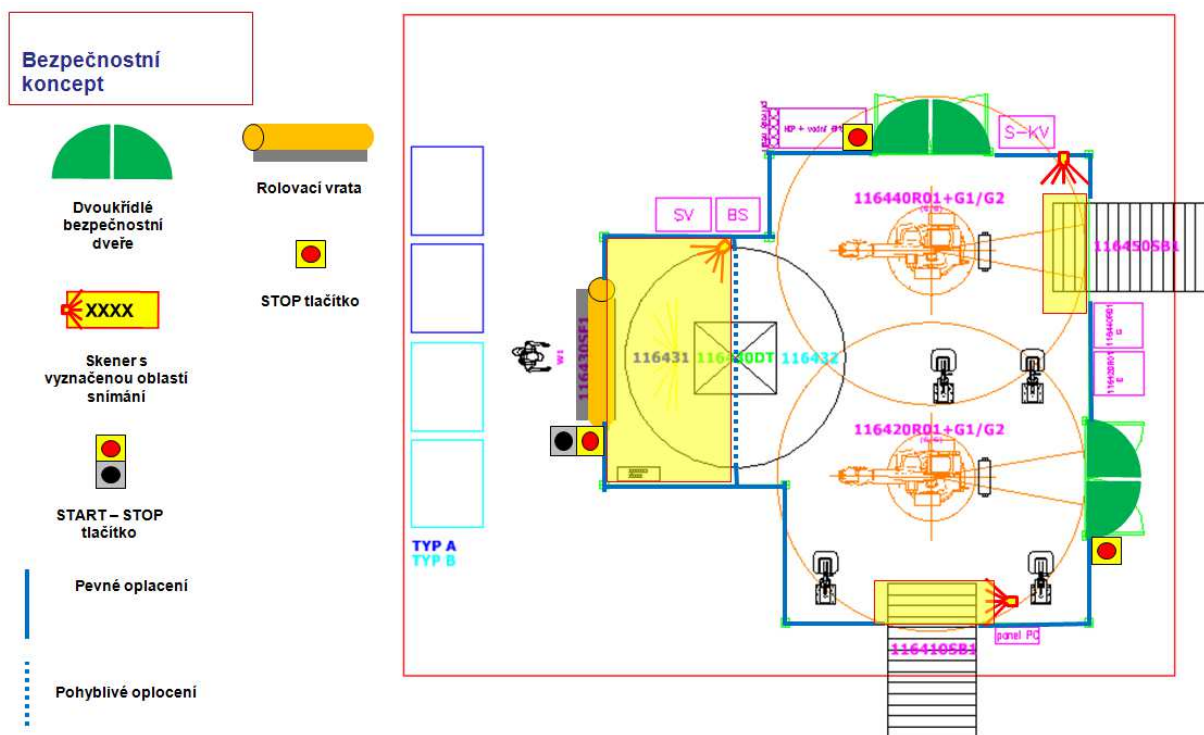
Obr. 13: Náhled na pracoviště v SW Process Designer s popisem zařízení

Půdorysný návrh pracoviště je navržen v SW Microstation a označení jednotlivých stanovišť je dle VW, viz kapitola popisování 4.2.1. Výměna robotů je plánována pomocí vysoko zdvižného vozíku, prostor pro výměnu robota a přístup do linky je označen červeně na obrázku 14.



Obr. 14: Půdorysný návrh pracoviště s vyznačenou oblastí pro výměnu robota

Bezpečnost linky je řešena mechanicky a elektricky. Prostor u dopravníků je snímán pomocí snímačů od firmy SICK. Skenery plní bezpečnostní funkci, když robot díl zakládá do dopravníku, skener se sepne a dopravník v tu chvíli stojí. Zakládací okno je mechanicky chráněno rolovacími vraty a zakládací prostor je oddělen od robotového prostoru také mechanicky – plotem, který je na otočném stole. V době otáčení otočného stolu s přípravky jsou rolovací vrata zavřená a skener sepnutý. Zakládací prostor je navíc snímán skenerem, aby se vrata nezavřela, když se dělník nachází v tomto prostoru. Pro zastavení a rozběh linky je START-STOP tlačítko u rolovacích vrat a STOP tlačítka u servisních dveří.



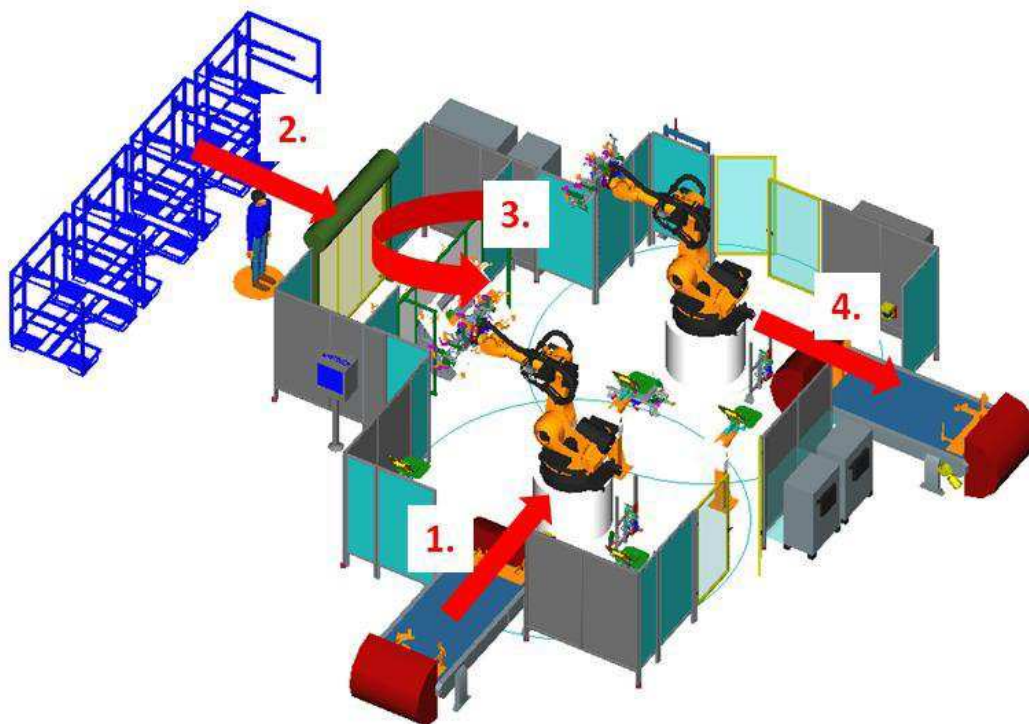
Obr. 15: Bezpečnostní koncept

5.1.1 Plánování operací

Postup:

1. Robot 116420R01+G1/G2
 - 1.1. Robot 116420R01+G1 odebírá vnitřní díl pro typ A z dopravníku 116410SB1
 - 1.2. Robot 116420R01+G1 čeká na otočení stolu 116430DT s dílem vnějším pro typ A založeným v přípravku 116431 – krok 3.1
 - 1.3. Robot 116420R01+G1 zakládá díl vnitřní pro typ A do přípravku 116431
 - 1.4. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
 - 1.5. Robot 116420R01+G2 odebírá vnitřní díl pro typ B z dopravníku 116410SB1
 - 1.6. Robot 116420R01+G2 čeká na otočení stolu 116430DT s dílem vnějším pro typ B založeným v přípravku 116432 – krok 3.4
 - 1.7. Robot 116420R01+G2 zakládá díl vnitřní pro typ B do přípravku 116432
 - 1.8. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
2. Dělník
 - 2.1. Dělník zakládá díl vnější pro typ A do přípravku 116431, stůl se může otočit – krok 3.1
 - 2.2. Dělník čeká, dokud se stůl neotočí zpět – krok 3.3

- 2.3. Dělník zakládá díl vnější pro typ B do přípravku 116432, stůl se může otočit – krok 3.4
3. Otočný stůl 116430DT
- 3.1. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
- 3.2. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 4.1
- 3.3. Otočný stůl se otáčí směrem k dělníkovi
- 3.4. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
- 3.5. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 4.4
4. Robot 116440R01+G1/G2
- 4.1. Robot 116440R01+G1 odebírá komplet dílů pro typ A z přípravku 116431
- 4.2. Robot 116440R01+G1 zakládá komplet dílů pro typ A do dopravníku 116450SB1
- 4.3. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
- 4.4. Robot 116440R01+G2 komplet dílů pro typ B z přípravku 116432
- 4.5. Robot 116440R01+G2 zakládá komplet dílů pro typ B do dopravníku 116450SB1
- 4.6. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor



Obr. 16: Chod linky při manuálním zakládání dílů

Časová analýza dělníka je provedena v SW Process Designer, jenž obsahuje modul nahrazující MTM analýzu. V tomto modulu je pro analýzu nutné vyplnit:

- Délka chůze v metrech
- Váha dílu
- Složitost dílu
- Složitost zakládání do přípravku

Properties - 'EIN01' 'Vymout díl z palety a založení do 116431' - 9.9

Algem... Zeiten Kosten u... Produkte Ressour... Verbindun... Montag... Fixier... Anhänge TiCon... Reports Nomenk... Attrib

Zeit-Berechnung

Bezeichnung: Vymout díl z palety a založení do 116431

Code:

Gesamtzeit: 9,90 s ☐ Mit Zuschlag

Faktor: 1 1

Eingegebene Zeit: 0,00 s

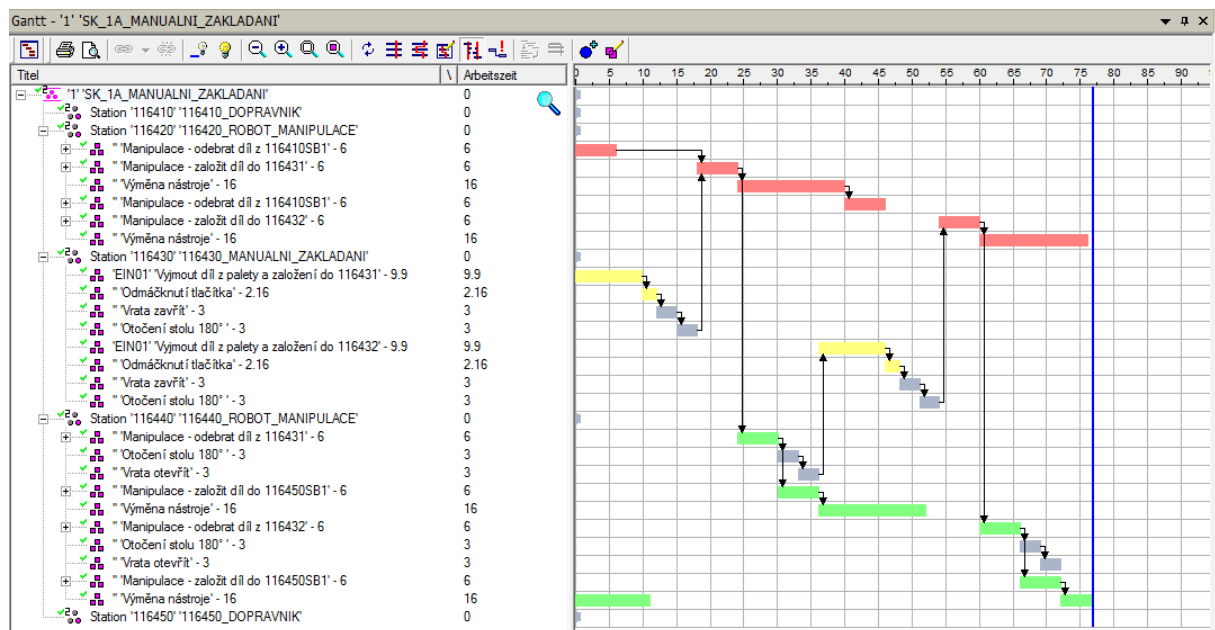
Berechnete Zeit: 9,90 s

Parameter-Definition

	Bemerkung	Wert	Einheit	Typ
		3,60	M	
		6,50	KG	
	0-nicht sperrig, 1-sperrig	1,00	BOOL	
	0-einfaches Aufnehmen, 1-schwieriges Aufnehmen	1,00	BOOL	
nur Teile <=1kg)	1, 2, 3	1,00		
nehmen und Platzieren des Bauteiles		0,00		
änge beim Einlegen		0,00		
älter beim Aufnehmen		0,00		
		3,60	M	
		0	TEXT	

Obr. 17: Plánování času operace dělníka při manuálním zakládání v SW Process Designer

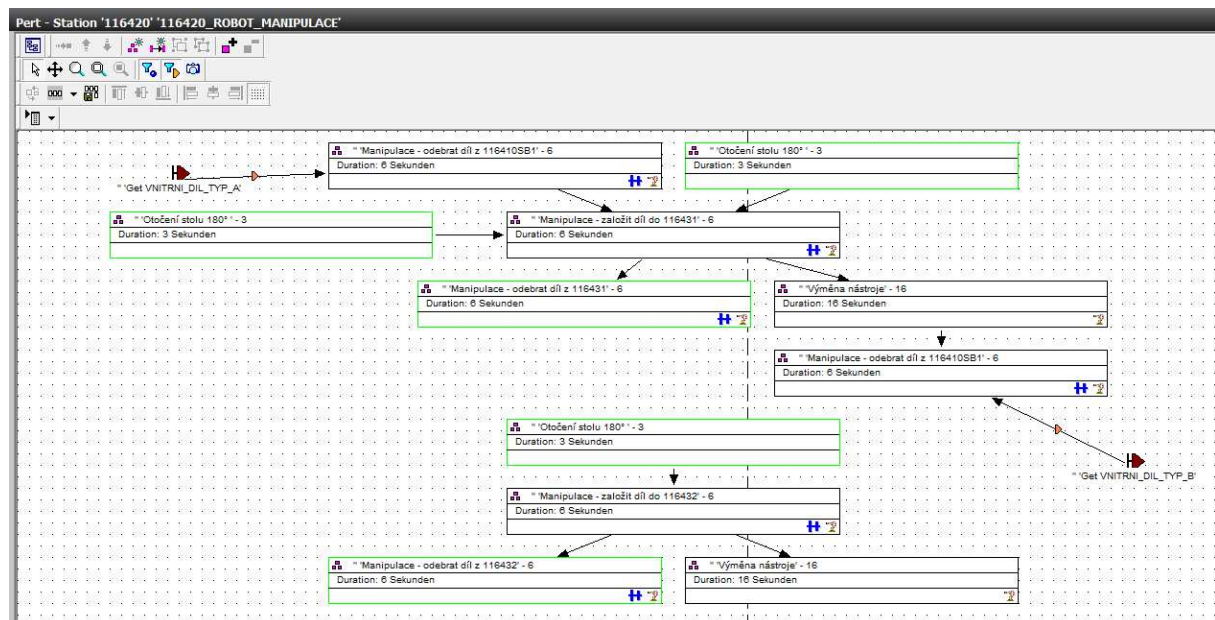
Provázání jednotlivých kroků operací do jednoho funkčního celku je navrženo v SW Process Designer v modulu GANTT. Jednotlivé operace jsou vytvořeny z knihovny operací standardně používané při plánování svařoven v koncernu Volkswagen. Tyto operace již obsahují přednastavené časy. Po provázání jednotlivých operací a stanovení taktu linky je výsledný takt linky s manuálním zakládáním dílů 77 vteřin.



Obr. 18: Provázání jednotlivých operací v GANTT diagramu v SW Process Designer

Přiřazení výrobních prostředků je navrženo v SW Process Designer v modulu PERT. K jednotlivým operacím (jak budu vyrábět) jsou přiřazeny:

- Produkty (co budu vyrábět) – díly.
- Zdroje (čím budu vyrábět) – robot, dělník, manipulátor.



Obr. 19: Přiřazení výrobních prostředků v PERT diagramu v SW Process Designer

5.1.2 Technické nároky při manuálním zakládání

Při manuálním zakládání jsou největší nároky kladeny na ergonomii pracoviště a dělníka. Například při manipulaci s těžšími díly jsou již nutné manipulátory nebo jiné pomůcky. Pracoviště musí být navrženo tak, aby dělník vykonával, co nejméně pohybu, například chůze, ale i různých předklonů atd. Při konstrukci zakládacích míst do svařovací linky je tedy kladen důraz na zakládací přípravek, aby při zakládání dílů byly díly pro dělníka přístupné, nemusel se natahovat, založení dílů bylo jednoduché. Při konstrukci přípravku je také nutné počítat s minimalizací možnosti lidské chyby při zakládání dílů. To se řeší například obarvením jednotlivých částí přípravku, konstrukcí naváděcích jazyků, přidáním čidel a dalšími řešeními. Během návrhu zakládacího pracoviště je též nutné řešit bezpečnost pracoviště.

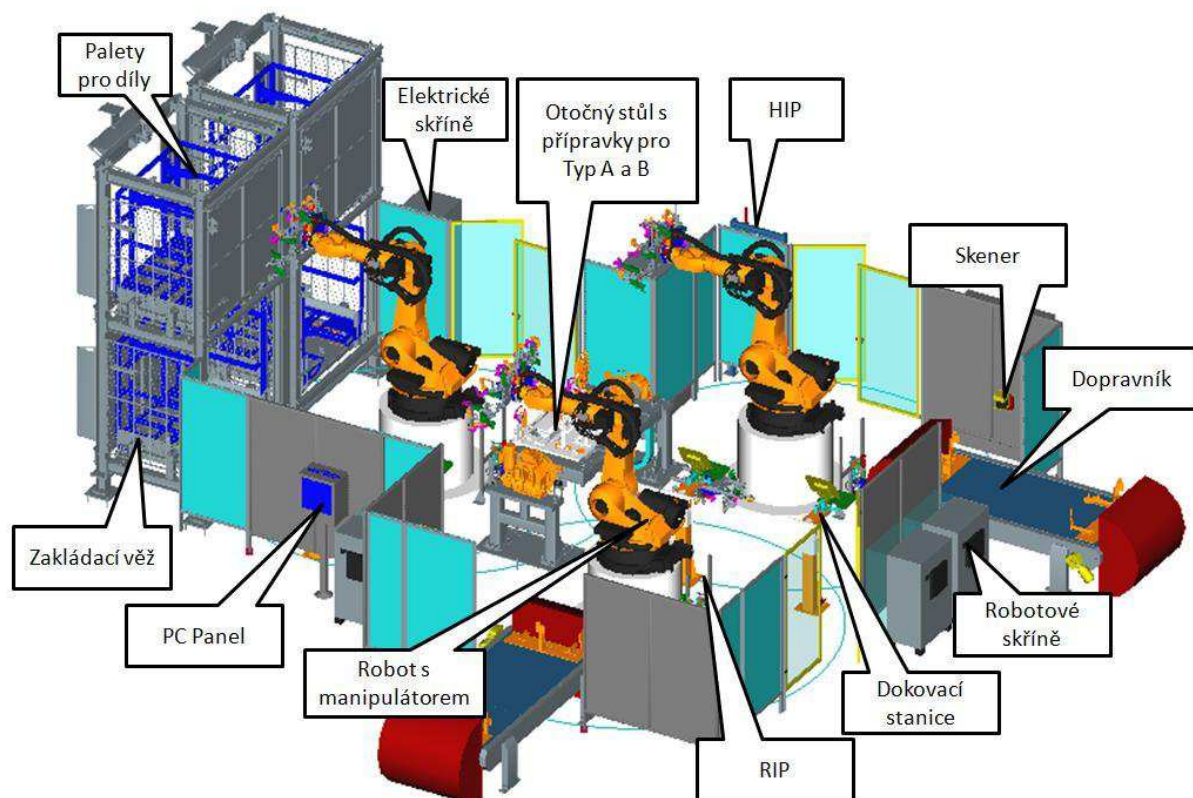
5.2 Návrh pracoviště – zakládání robotem ze zakládací věže s paletou

Pracoviště je navrženo v SW Process Designer, kde je vnitřní díl zakládán do přípravku robotem z dopravníku. Vnější díl je zakládán do přípravku robotem z palety, jež je umístěna v zakládací věži. Otočný stůl s vertikální osou otáčení byl z důvodu ušetření místa nahrazen otočným stolem s horizontální osou otáčení. Sestava dílů je odebírána opět robotem na dopravník.

Linka se skládá z těchto částí:

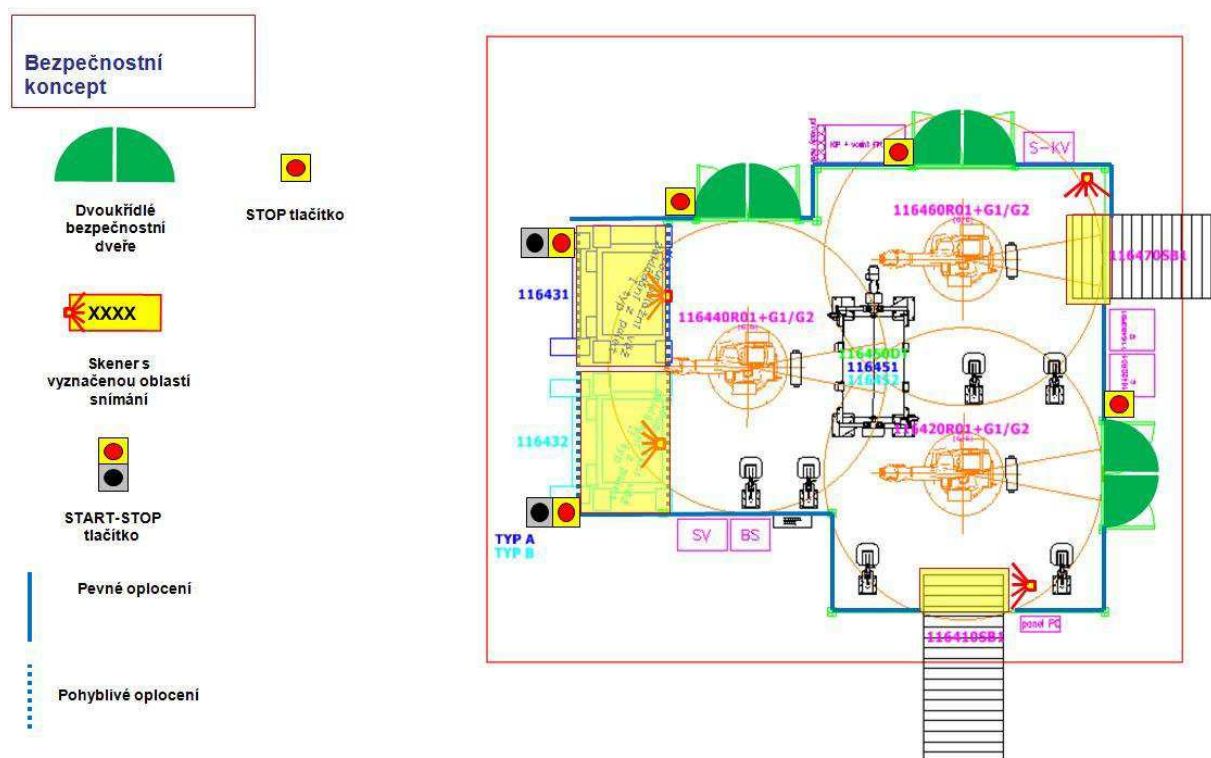
- Roboti s podestami
- Manipulátory
- Multi-spojky
- RIP – instalační deska pro přívod médií pro manipulátor (robot installation plate)
- Dokovací stanice pro výměnu manipulátorů
- Otočný stůl s přípravky pro typ A a B
- Skenery
- Palety pro díly
- Dopravníky
- Elektrické skříně
- HIP – instalační deska pro přívod médií pro linku (halle installation plate)
- Robotové skříně
- Oplocení

- Zakládací věž pro palety



Obr. 20: Náhled na pracoviště v prostředí SW Process Designer s popisem zařízení

Půdorysný návrh pracoviště je navržen v SW Microstation a označení jednotlivých stanovišť je dle VW. Výměna robotů je plánována pomocí vysoko zdvižného vozíku, prostor pro výměnu robota a přístup do linky je označen červeně na obrázku 21.



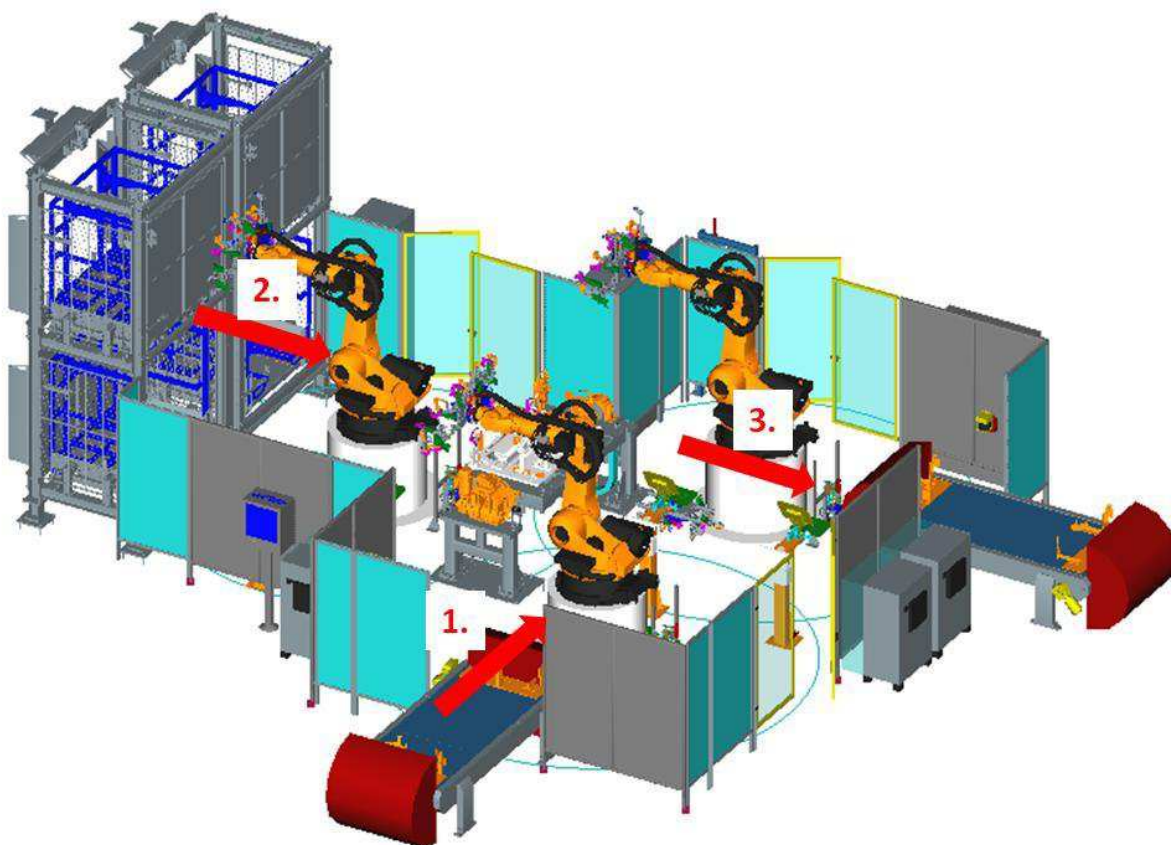
Obr. 22: Bezpečnostní koncept

5.2.1 Plánování operací

Postup:

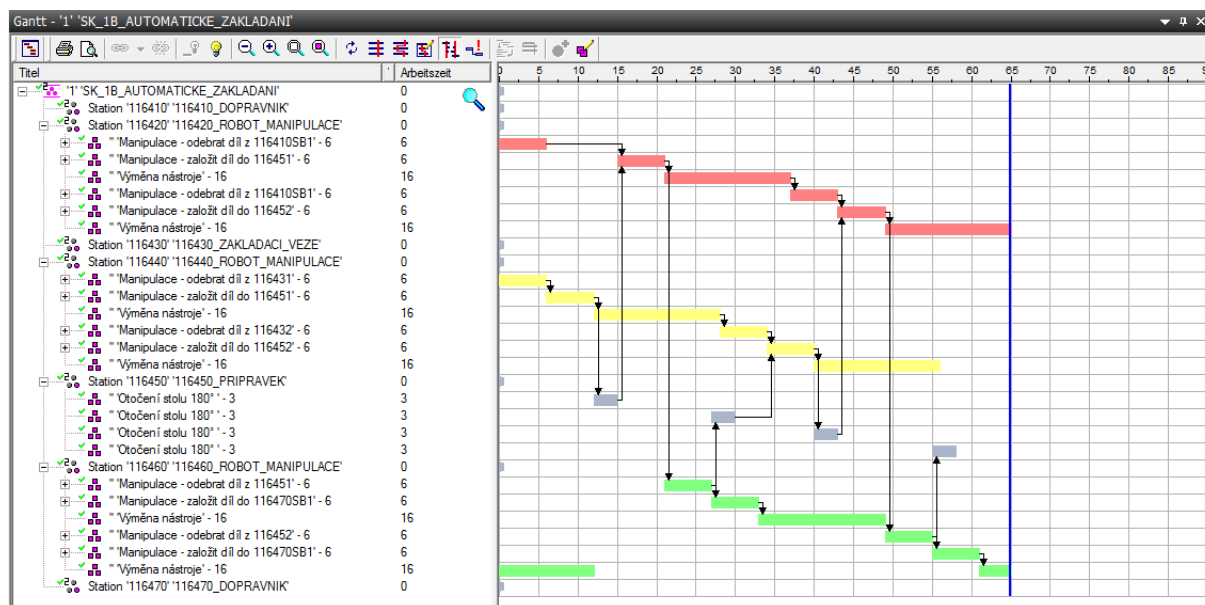
1. Robot 116420R01+G1/G2
 - 1.1. Robot 116420R01+G1 odebírá vnitřní díl pro typ A z dopravníku 116410SB1
 - 1.2. Robot 116420R01+G1 čeká na založení vnějšího dílu pro typ A do přípravku 116451 – krok 2.2
 - 1.3. Robot 116420R01+G1 zakládá vnitřní díl pro typ A do přípravku 116451
 - 1.4. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
 - 1.5. Robot 116420R01+G2 odebírá vnitřní díl pro typ B z dopravníku 116410SB1
 - 1.6. Robot 116420R01+G2 čeká na založení vnějšího dílu pro typ B do přípravku 116452 – krok 2.5
 - 1.7. Robot 116420R01+G2 zakládá vnitřní díl pro typ B do přípravku 116452
 - 1.8. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
2. Robot 116440R01+G1/G2
 - 2.1. Robot 116440R01+G1 odebírá vnější díl pro typ A z palety, jež je v zakládací věži 116431
 - 2.2. Robot 116440R01+G1 zakládá vnější díl pro typ A do přípravku 116451

- 2.3. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
- 2.4. Robot 116440R01+G2 odebírá vnější díl pro typ B z palety, jež je v zakládací věži 116432
- 2.5. Robot 116440R01+G1 zakládá vnější díl pro typ B do přípravku 116452
- 2.6. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
- 3. Robot 116460R01+G1/G2
- 3.1. Robot 116460R01+G1 odebírá komplet dílů pro typ A z přípravku 116451
- 3.2. Robot 116460R01+G1 zakládá díl pro typ A na dopravník 116470SB1
- 3.3. Robot 116460R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
- 3.4. Robot 116460R01+G2 odebírá komplet dílů pro typ B z přípravku 116452
- 3.5. Robot 116460R01+G2 zakládá díl pro typ B na dopravník 116470SB1
- 3.6. Robot 116460R01 vyměňuje nástroj – manipulátor



Obr. 23: Chod linky při automatickém zakládání dílů

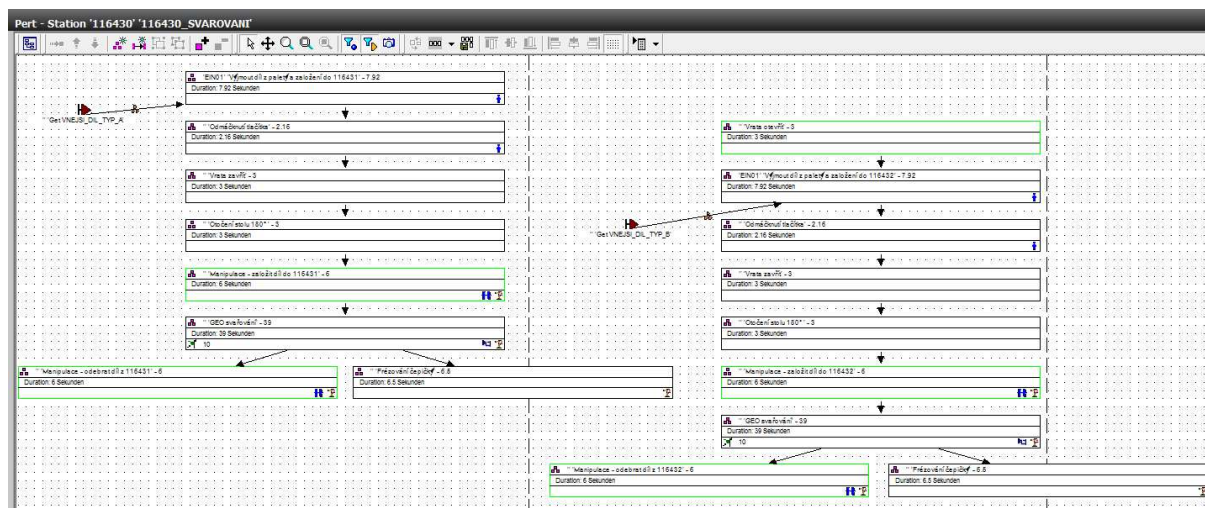
Provázání jednotlivých kroků operací do jednoho funkčního celku je navrženo v SW Process Designer v modulu GANTT. Jednotlivé operace jsou vytvořeny z knihovny operací standardně používané při plánování svařoven v koncernu Volkswagen. Tyto operace již obsahují přednastavené časy. Po provázání jednotlivých operací a stanovení taktu linky je výsledný takt linky s robotickým zakládáním dílů 64 vteřin.



Obr. 24: Provázání operací v GANTT diagramu v SW Process Designer

Přiřazení výrobních prostředků je navrženo v SW Process Designer v modulu PERT. K jednotlivým operacím (jak budu vyrábět) jsou přiřazeny:

- Produkty (co budu vyrábět) – díly.
- Zdroje (čím budu vyrábět) – robot, manipulátor.



Obr. 25: Přiřazení výrobních prostředků v PERT diagramu v SW Process Designer

5.2.2 Technické nároky při automatickém zakládání

Při plánování svařovacích linek a odebrání dílů z palet, jež jsou umístěny v základacích věžích, je třeba mít na paměti několik technických komplikací:

- Přesnost ustavení dílů v paletě - výrobci palet nejsou zatím schopni zaručit přesné ustavení dílů v paletě. S paletou s díly je při logistických operacích různě manipulováno a poloha dílů je tak nepřesná. Nejčastěji tento problém vzniká u pohledových dílů, kde nejsou otvory pro ustředění dílu manipulátorem. Z důvodu zástavbových prostor v paletě se málokdy setkáváme s technickým řešením přímo na manipulátoru robota, nejčastěji se používá tzv. centrovací stanice, kam se díl odebraný z palety položí a tato stanice tento díl ustředí. Poté může robot již v přesně dané poloze díl odebrat.
- Orientace dílů v paletě - je nejčastěji daná již z lisovny. Řešením může být překládací stanice, s níž ale stoupá cena zařízení, nutnost prostoru, zvyšuje se takt linky, což může znamenat i dalšího robota, který by tento díl překládal.
- Dosah robota do palety - při odebrání jedním robotem ze dvou věží vedle sebe je v simulaci velmi náročné vytipovat robota s požadovaným dosahem a najít vhodnou polohu vůči základacím věžím. Velmi často se musí vypomoci svařovaným dílem mezi robotem a manipulátorem. Realizace na místě a samotná kalibrace je časově velmi náročná, aby se dosáhlo požadované kvality. Jedním z nejčastějších řešení je instalace robota, který odebírá díly z palet ze základacích věží, na sedmou osu robota, která robotu výrazně pomůže s dosahem na díly.

5.3 Porovnání manuálního zakládání dělníkem s automatickým zakládáním robotem

Porovnání obou druhů zakládání je zvoleno dle aspektů, které jsou při návrhu svařovacích linek nejdůležitější a jsou to zejména:

- Takt linky
- Prostor linky
- Cenové náklady na linku
- Technická náročnost

5.3.1 Takt linky

Takt linky je jeden z nejdůležitějších, ne-li ten nejdůležitější bod při návrhu svařovacích výrobních linek. Takt linky definuje, za jaký čas nám výrobní linka vyrobí jeden kus.

Při manuálním zakládání je výrobní takt linky 77 sekund a při automatickém zakládání 64 sekund. Při jedné směně o 8 hodinách je výrobní linka schopna vyrobít 368 kusů a při automatickém zakládání 448 kusů.

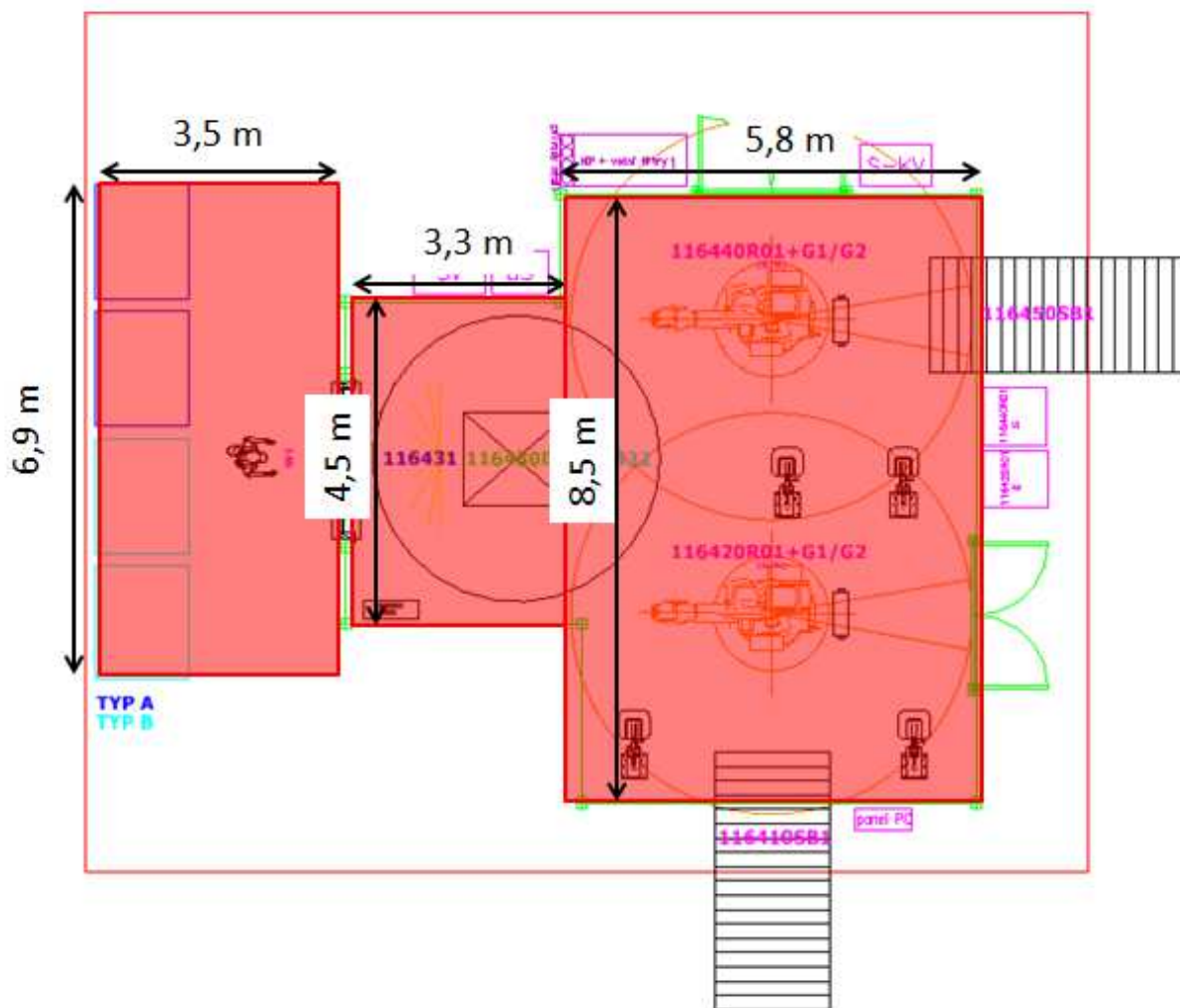
Avšak je třeba brát na zřetel, že technické komplikace při robotickém zakládání nám mohou výrazně prodloužit výrobní čas linky. Například při nutnosti ustředění dílu odebíraného z palety musíme počítat s cca 15 vteřinami navíc. Při pojezdu robota na sedmé ose počítáme vteřinu na každý metr. Odebírání dílů z palety ve věži je realizováno pomocí snímače na manipulátoru, který si odměřuje vzdálenost manipulátoru od dílu. Tedy uchopení posledního dílu v paletě bude několikanásobně časově delší než uchopení prvního dílu v paletě.

5.3.2 Prostor linky

Prostor, ve kterém se navrhuje svařovací linka, je důležitým aspektem při návrhu svařovacích linek. Volný prostor či zbytečně velký prostor stojí nemalé peníze a tak je kladen velký důraz na to, aby linky byly prostorově co nejmenší, ale zároveň dost volné pro servisní úkony, či jejich úpravy. Nejnovějším trendem při navrhování svařovacích linek je stavba více typové svařovací linky, kdy ze stejné linky sjíždějí díly pro různé druhy karosérií, či dokonce jiné značky aut.

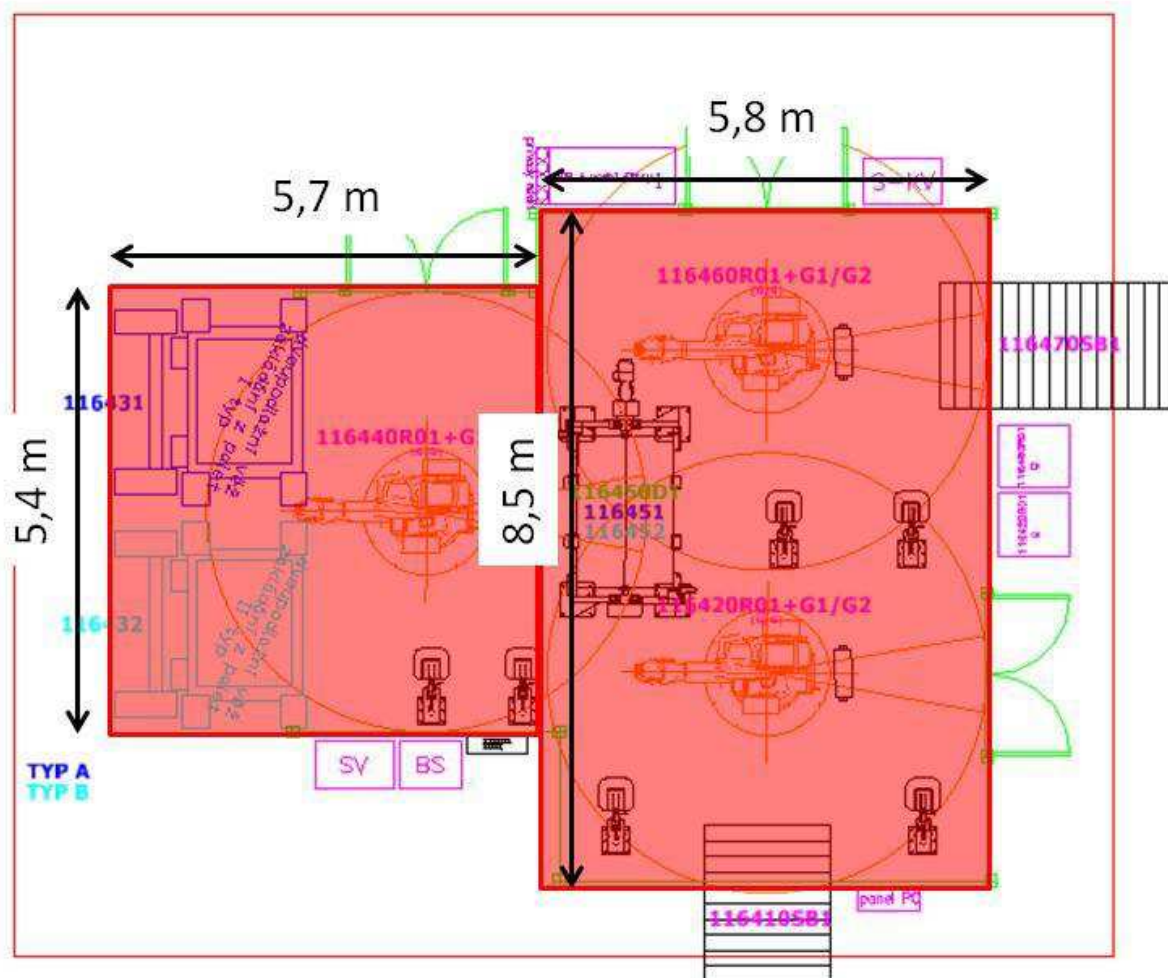
Při návrhu svařovacích linek musí projektant počítat jak s půdorysnými rozměry pracoviště, tak výškou pracoviště, sloupy, přívody médií, komunikací, logistikou, zásobováním, servisem, údržbou atd.

Při propočtu prostoru nutného pro výstavbu svařovací linky je zanedbán prostor nutný pro svařovací skříně, rozvodové skříně, instalační desky pro hlavní rozvod médií a další.



Obr. 26: Nároky na prostor při manuálním zakládání

Prostor nutný při realizaci pracoviště s manuálním zakládáním je 88,3 m².



Obr. 27: Nároky na prostor při automatickém zakládání

Prostor nutný při realizaci pracoviště je 80 m^2 . Rozdíl v náročnosti na prostor je $8,3 \text{ m}^2$.

5.3.3 Cenové náklady na linku

Cena, nejdůležitější hledisko při projektování svařovací linky. Tabulka 5.1 porovnává rozdílné fixní náklady linek s různými způsoby zakládání dílů (ceny jsou orientační).

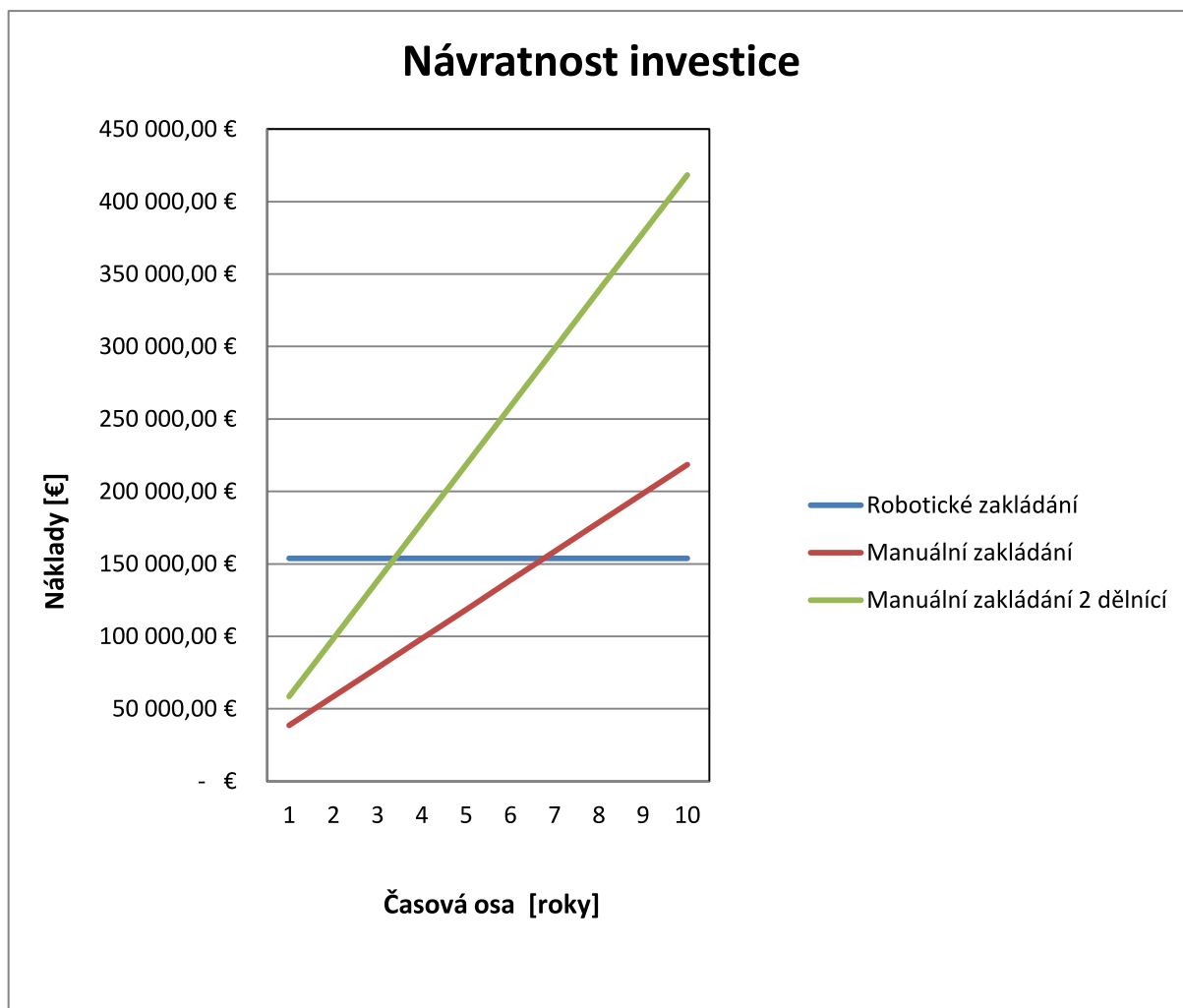
Fixní náklady			
Manuální zakládání		Robotické zakládání	
Název	Cena	Název	Cena
Rolovací vrata	13 000,00 €	Zakládací věže	72 000,00 €
Skener	2 500,00 €	Robot	20 000,00 €
Zakládací přípravek	3 000,00 €	Greifery	44 000,00 €
		Multispojky	6 400,00 €
		Dokovací stanice	1 200,00 €
		RIP	1 200,00 €
		Elektro a programování	9 000,00 €
Celkem	18 500,00 €	Celkem	153 800,00 €

Tab. 1: Fixní náklady

Fixní náklady jsou u automatické linky zákonitě vyšší. Po započítání variabilních nákladů na dělníka, které jsou 20 000 €/rok lze vidět návratnost investice na grafu 5.1.

Návratnost investice			
Roky	Robotické zakládání	Manuální zakládání	Manuální zakládání 2 dělníci
1	153 800,00 €	38 500,00 €	58 500,00 €
2	153 800,00 €	58 500,00 €	98 500,00 €
3	153 800,00 €	78 500,00 €	138 500,00 €
4	153 800,00 €	98 500,00 €	178 500,00 €
5	153 800,00 €	118 500,00 €	218 500,00 €
6	153 800,00 €	138 500,00 €	258 500,00 €
7	153 800,00 €	158 500,00 €	298 500,00 €
8	153 800,00 €	178 500,00 €	338 500,00 €
9	153 800,00 €	198 500,00 €	378 500,00 €
10	153 800,00 €	218 500,00 €	418 500,00 €

Tab. 2: Návratnost investice



Obr. 28: Návratnost investice

Z grafu lze vidět, že návratnost investice je cca 7 let, svařovací linky pro automobily mají v průměru životnost 6 let. V mnoha případech se však automatickým zakládáním neušetří pouze jeden dělník, ale například dva. Tento případ je také zanesen v grafu a lze vidět, že návratnost investice je 3,5 roku.

5.3.4 Technická náročnost

Technická náročnost je dána především tvarem a složitostí dílu. Při manuálním zakládání hraje největší roli ergonomie dělníka při zakládání dílu. Díl musí být dělníkovi přístupný s co nejmenším rozsahem a složitostí pohybu pro dělníka. Větší díly, například díly pro postranice se manuálně musí zakládat dvěma dělníky a někdy je nutné kvůli velké výšce dílu zakládací přípravky umisťovat pod úroveň podlahy. Pro těžší díly je nutné počítat s manipulátorem. Naopak u robotického zakládání hmotnost dílu není důležitým aspektem, tvar a složitost dílů kvůli ustředění dílu však ano.

U manuálního zakládání dílu se také definuje zakládací místo dělníka a musí se řešit bezpečnost dělníka. Vybírají se buď mechanická vrata, nebo otevřený prostor snímáný bezpečnostními skenery. U manuálního zakládání se také lépe zbavujeme nevhodné orientace dílů v paletě. Prostorově menší a lehčí díly může dělník přetáčet sám, u větších a těžších dílů lze tento problém řešit manipulátorem. Naopak u robotického zakládání hraje orientace dílu významnou roli.

Technicky náročnější je realizace zakládání pomocí robota. Konstrukce a bezpečnostní prvky zakládací věže jsou technicky náročné, stejně tak samotné odebrání robotem. Robot je vybaven manipulátorem, jenž má na sobě optické laserové kamery, které odměřují vzdálenost manipulátoru od dílu v paletě. Technicky nejnáročnější je on-line programování robota na místě, aby se dosáhlo požadované přesnosti opakování a kvality.

5.3.5 Závěr

Takt linky je u automatického zakládání 64 vteřin, oproti 77 vteřinám u manuálního zakládání. Automatické zakládání je tedy rychlejší. Avšak čas je závislý na ustředění dílu, zda je nutná konstrukce centrovací stanice, či zda je nutné měnit orientaci dílu v překládací stanici.

U automatického zakládání jsou palety vertikálně na sobě v zakládací věži a není nutný prostor pro dělníka, díky tomu je prostor u automatického zakládání menší. V případě návrhu pracoviště o 8,3 m². Nutný prostor je však odvislý od nutnosti použití centrovací či překládací stanice.

Fixní náklady jsou u automatického zakládání zákonitě vyšší a ještě se mohou zvýšit přidáním centrovací stanice, překládací stanice, či použitím sedmé osy pro robota. Náhrada automatického zakládání za jednoho dělníka při využití linky na 6 let se nevyplatí, protože návratnost investice je až 7 let. Při náhradě ale například za dva dělníky je doba návratnosti 3,5 roky.

Výhody a nevýhody automatického zakládání robotem vůči manuálnímu zakládání dělníkem:

- Výhody:
 - Vhodné pro velké a těžké díly
 - Spolehlivost
 - Kvalita

- Bezpečnost
 - Produkce
 - Méně prostorově náročné
 - V daných případech cenově méně nákladné
 - Servis
- Nevýhody
 - Vysoké pořizovací náklady
 - Technicky velmi náročné

6 Svařování a odebírání dílů dvěma a jedním robotem

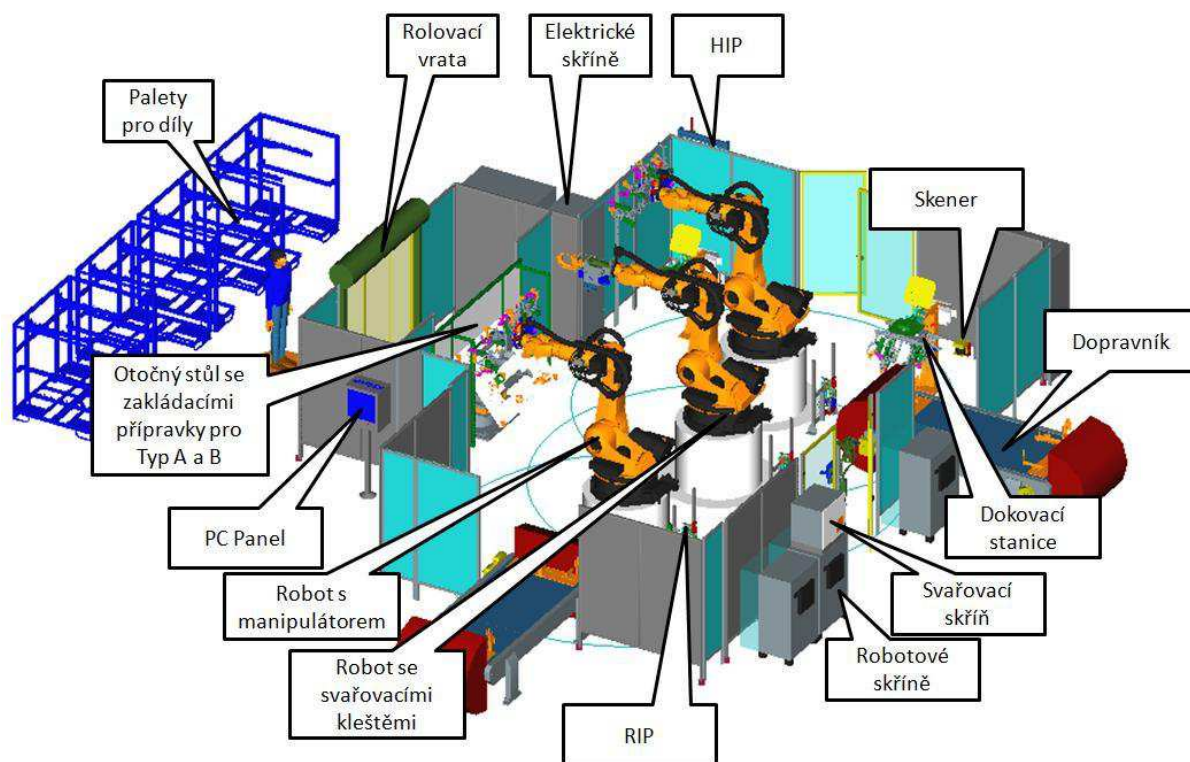
Při toku dílu svařovací linkou je stále jedním z nejčastějších způsobů, kdy jeden robot díl svařuje a druhý robot díl odebírá. S důrazem na snižování nákladů a zvyšování využitelnosti robotů v daném taktu je stále častější způsob, kdy jeden robot díl svařuje i odebírá. Oba způsoby mají své výhody a nevýhody. Cílem diplomové práce je definovat tyto výhody a nevýhody a stanovit, kdy lze danou metodu použít. K tomu poslouží návrh pracoviště pro oba způsoby svařování a odebírání dílu.

6.1 Návrh pracoviště – svařování a odebírání dílů dvěma roboty

Pracoviště je navrženo v SW Process Designer, kde je vnitřní díl zakládán do přípravku robotem z dopravníku. Vnější díl je zakládán do přípravku dělníkem. Po sestavení dílů první robot díl zavaří 10 body a druhý robot svařenec dílů odebírá na dopravník.

Linka se skládá z těchto částí:

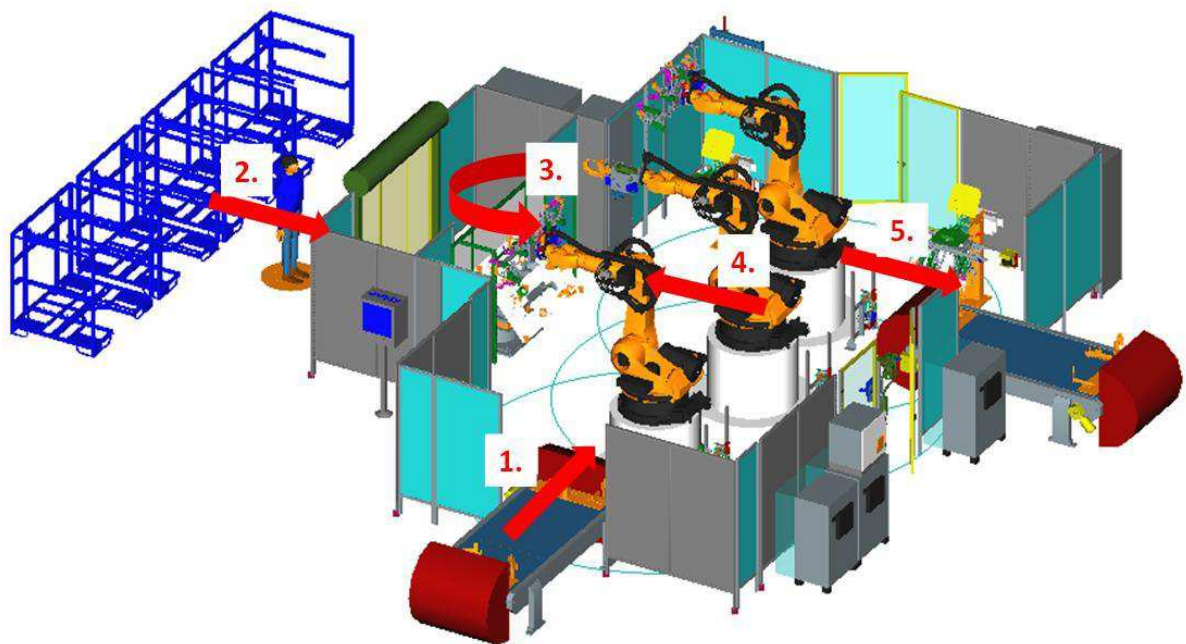
- Roboti s podestami
- Manipulátory
- Multi-spojky
- RIP – instalační deska pro přívod médií pro manipulátor (robot installation plate)
- Dokovací stanice pro výměnu manipulátorů
- Otočný stůl s přípravky pro typ A a B
- Skenery
- Palety pro díly
- Dopravníky
- Elektrické skříně
- HIP – instalační deska pro přívod médií pro linku (halle installation plate)
- Robotové skříně
- Oplocení
- Rolovací vrata
- Svařovací skříň
- Svařovací kleště



Obr. 29: Náhled na pracoviště v prostředí SW Process Designer s popisem zařízení

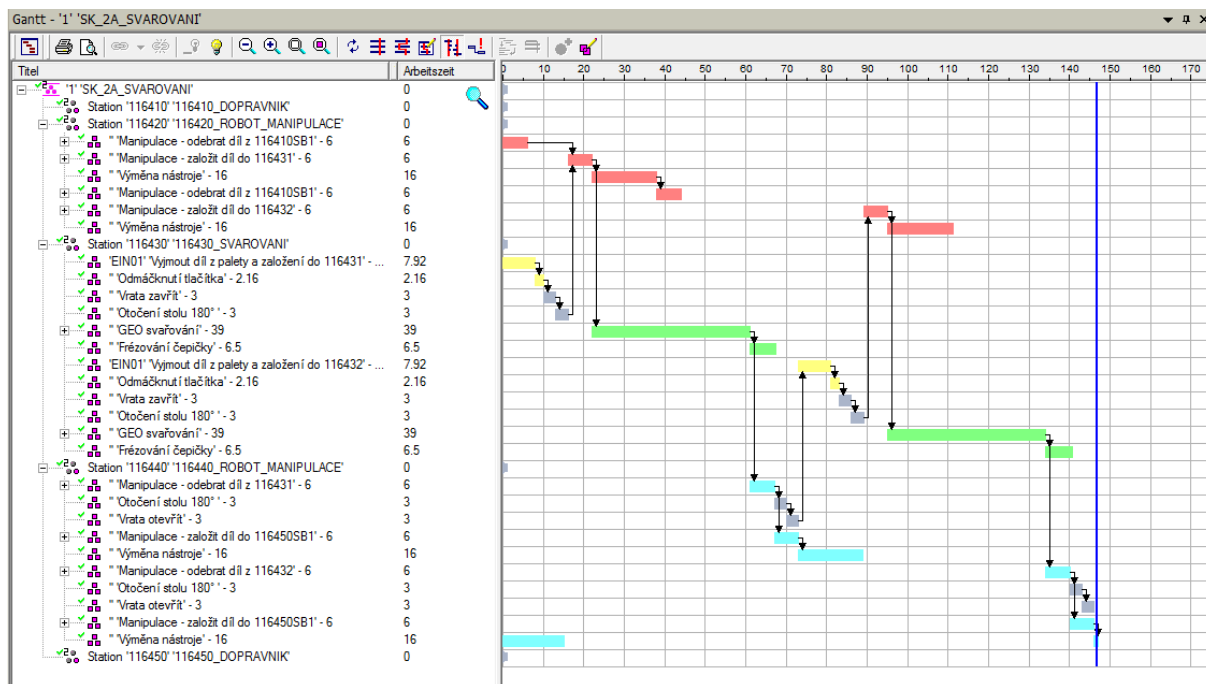
Půdorysný návrh pracoviště je navržen v SW Microstation a označení jednotlivých stanovišť je dle VW. Výměna robotů je plánována pomocí vysokozdvizného vozíku, prostor pro výměnu robota a přístup do linky je označen červeně na obrázku 30.

- 2.1. Dělník zakládá díl vnější pro typ A do přípravku 116431, stůl se může otočit – krok 3.1
- 2.2. Dělník čeká, dokud se stůl neotočí zpět – krok 3.3
- 2.3. Dělník zakládá díl vnější pro typ B do přípravku 116432, stůl se může otočit – krok 3.4
3. Otočný stůl 116430DT
 - 3.1. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
 - 3.2. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 5.1
 - 3.3. Otočný stůl se otáčí směrem k dělníkovi
 - 3.4. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
 - 3.5. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 5.4
4. Robot 116430R01+SZ1
 - 4.1. Robot 116430R01+SZ1 sváří 10 svařovacích bodů v sestavě pro typ A v přípravku 116431
 - 4.2. Robot 116430R01+SZ1 sváří 10 svařovacích bodů v sestavě pro typ B v přípravku 116432
5. Robot 116440R01+G1/G2
 - 5.1. Robot 116440R01+G1 odebírá komplet dílů pro typ A z přípravku 116431
 - 5.2. Robot 116440R01+G1 zakládá komplet dílů pro typ A do dopravníku 116450SB1
 - 5.3. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
 - 5.4. Robot 116440R01+G2 komplet dílů pro typ B z přípravku 116432
 - 5.5. Robot 116440R01+G2 zakládá komplet dílů pro typ B do dopravníku 116450SB1
 - 5.6. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor



Obr. 32: Chod linky při svařování a odebrání dílu dvěma roboty

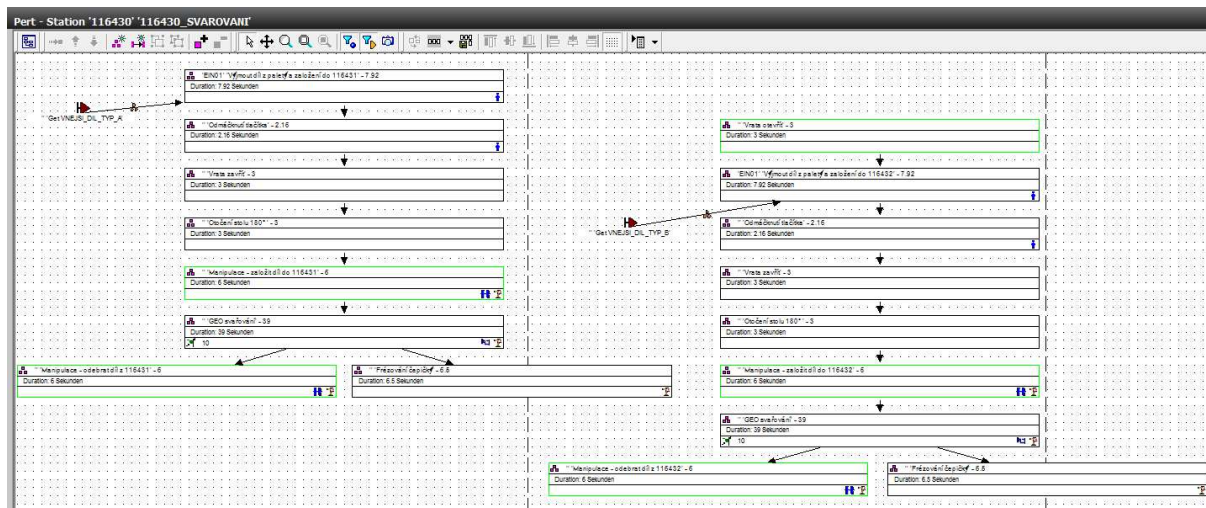
Provázání jednotlivých kroků operací do jednoho funkčního celku je navrženo v SW Process Designer v modulu GANTT. Jednotlivé operace jsou vytvořeny z knihovny operací standardně používané při plánování svařoven v koncernu Volkswagen. Tyto operace již obsahují přednastavené časy. Po provázání jednotlivých operací a stanovení taktu linky je výsledný takt linky s robotickým zakládáním dílů 147 vteřin.



Obr. 33. Provázání operací v GANTT diagramu v SW Process Designer

Přiřazení výrobních prostředků je navrženo v SW Process Designer v modulu PERT. K jednotlivým operacím (jak budu vyrábět) jsou přiřazeny:

- Produkty (co budu vyrábět) – díly, svařovací body.
- Zdroje (čím budu vyrábět) – robot, manipulátor, svařovací kleště.



Obr. 34: Přiřazení výrobních prostředků v PERT diagramu v SW Process Designer

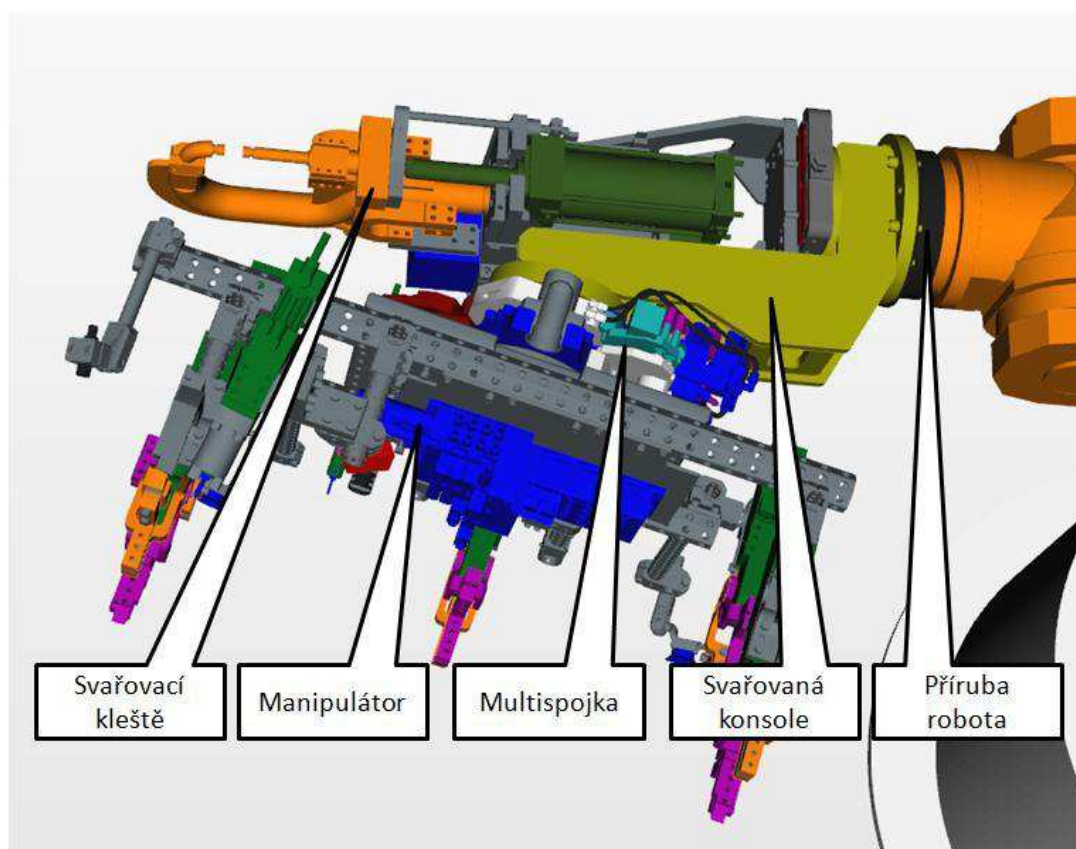
6.1.2 Technické nároky při svařování a odebírání dílů dvěma roboty

Jediným technickým problémem při svařování a odebírání dílů způsobem, kdy každý robot provádí operaci sám, je dosah všech robotů do přípravků. V simulaci je nutné se soustředit, aby šel díl jak založit, tak odebrat robotem a aby byly svařovací body dostupné.

Tato dostupnost závisí především na tvaru dílů a poloze svařovacích bodů. Tyto nedostatky lze odstranit instalací sedmé osy pod robota, či konstrukcí ocelové konstrukce mezi robota a nástroj, který robot nese.

6.2 Návrh pracoviště – svařování a odebírání dílu jedním robotem

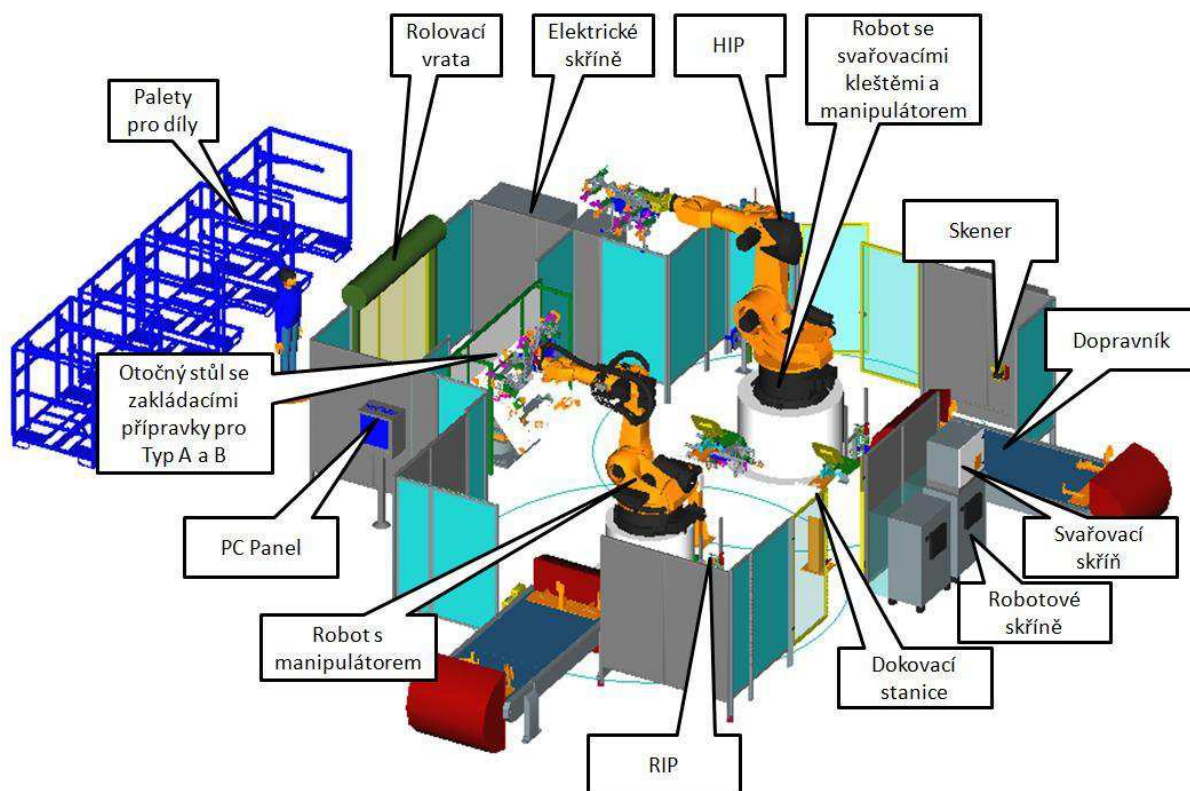
Pracoviště je navrženo v SW Process Designer, kde je vnitřní díl zakládán do přípravku robotem z dopravníku. Vnější díl je zakládán do přípravku dělníkem. Po sestavení robot díl zavaří 10 svařovacími body a stejný robot díl odebírá. Robot má na přírubě připevněny jak svařovací kleště, tak manipulátor, který pomocí multi-spojky mění na manipulátor pro typ A nebo B. Uchycení těchto dvou nástrojů je vyřešeno pomocí svařované konzole. Z důvodu většího zatížení robota je zvolen robot KUKA KR360.



Obr. 35: Manipulátor se svařovacími kleštěmi je připevněn k přírubě robota pomocí svařované konzole

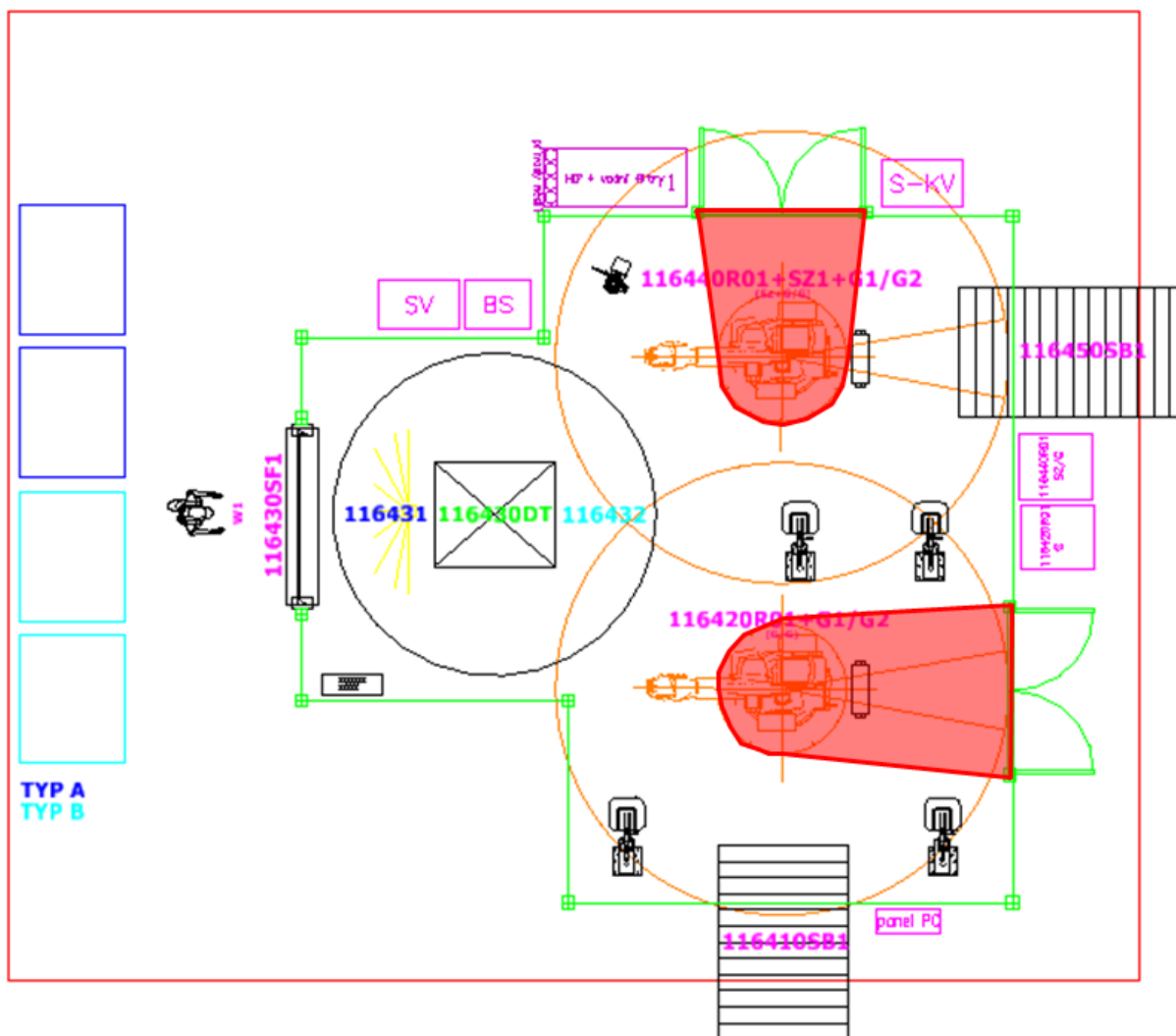
Linka se skládá z těchto částí:

- Roboti s podestami
- Manipulátory
- Multi-spojky
- RIP – instalační deska pro přívod médií pro manipulátor (robot installation plate)
- Dokovací stanice pro výměnu robotů
- Otočný stůl s přípravky pro typ A a B
- Skenery
- Palety pro díly
- Dopravníky
- Elektrické skříně
- HIP – instalační deska pro přívod médií pro linku (halle installation plate)
- Robotové skříně
- Oplocení
- Rolovací vrata
- Svařovací skříň
- Svařovací kleště



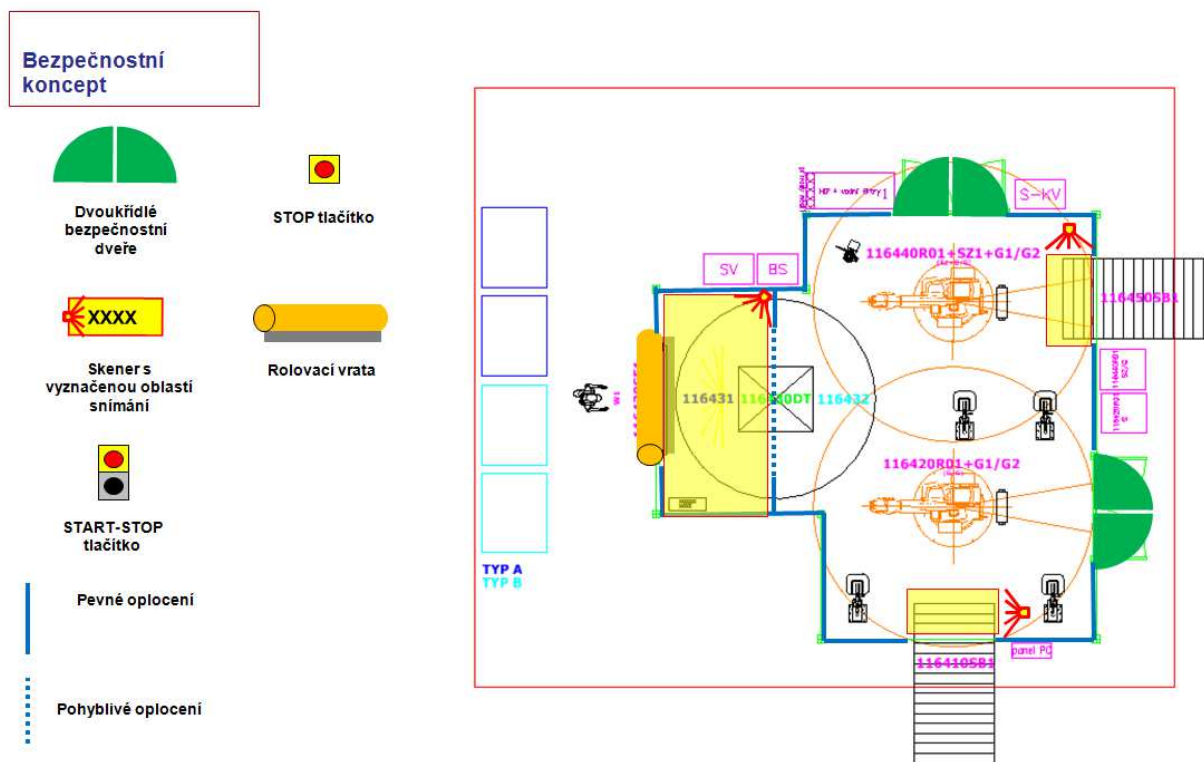
Obr. 36: Náhled na pracoviště v prostředí SW Process Designer s popisem zařízení

Půdorysný návrh pracoviště je navržen v SW Microstation a označení jednotlivých stanovišť je dle VW. Výměna robotů je plánována pomocí vysokozdvížného vozíku, prostor pro výměnu robota a přístup do linky je označen červeně na obrázku 37.



Obr. 37: Půdorysný návrh pracoviště s vyznačenou oblastí pro výměnu robota

Bezpečnost linky je řešena mechanicky a elektricky. Prostor u dopravníků je snímán pomocí snímačů od firmy SICK. Skenery plní bezpečnostní funkci, když robot díl zakládá do dopravníku, skener se sepně a dopravník v tu chvíli stojí. Zakládací okno je mechanicky chráněno rolovacími vraty a zakládací prostor je oddělen od robotového prostoru také mechanicky – plotem, který je na otočném stole. V době otáčení otočného stolu s přípravky jsou rolovací vrata zavřená a skener sepnutý. Zakládací prostor je navíc snímán skenerem, aby se vrata nezavřela, když se dělník nachází v tomto prostoru. Pro zastavení a rozběh linky je START-STOP tlačítko u rolovacích vrat a STOP tlačítka u servisních dveří.



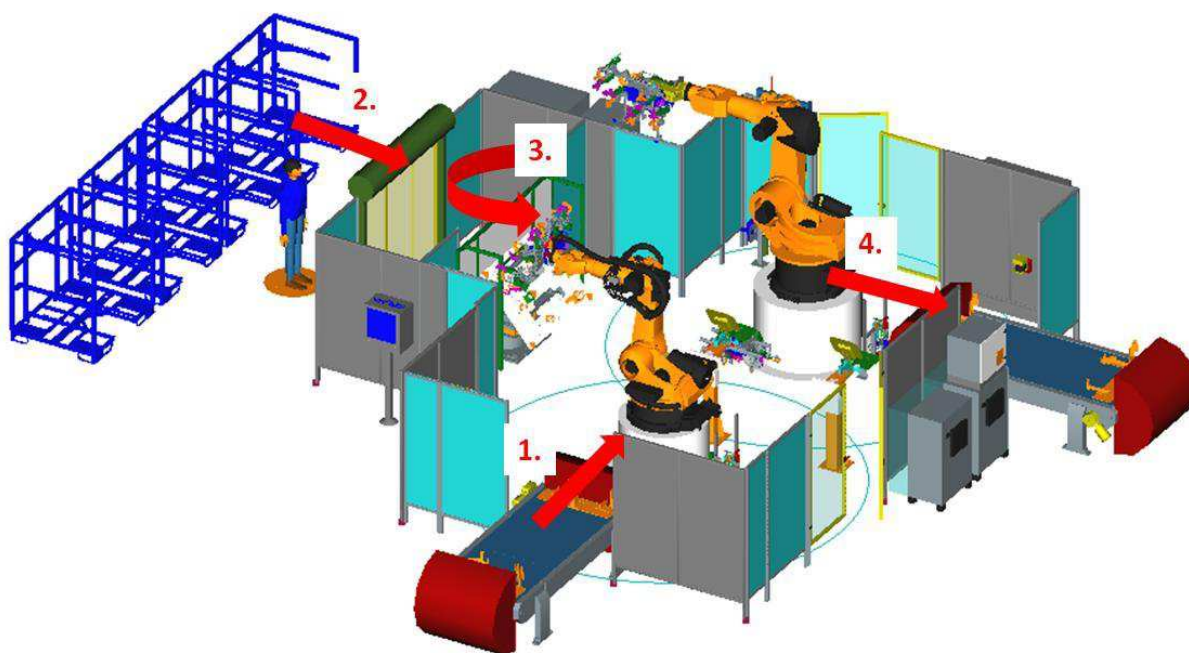
Obr. 38: Bezpečnostní koncept

6.2.1 Plánování operací

Postup:

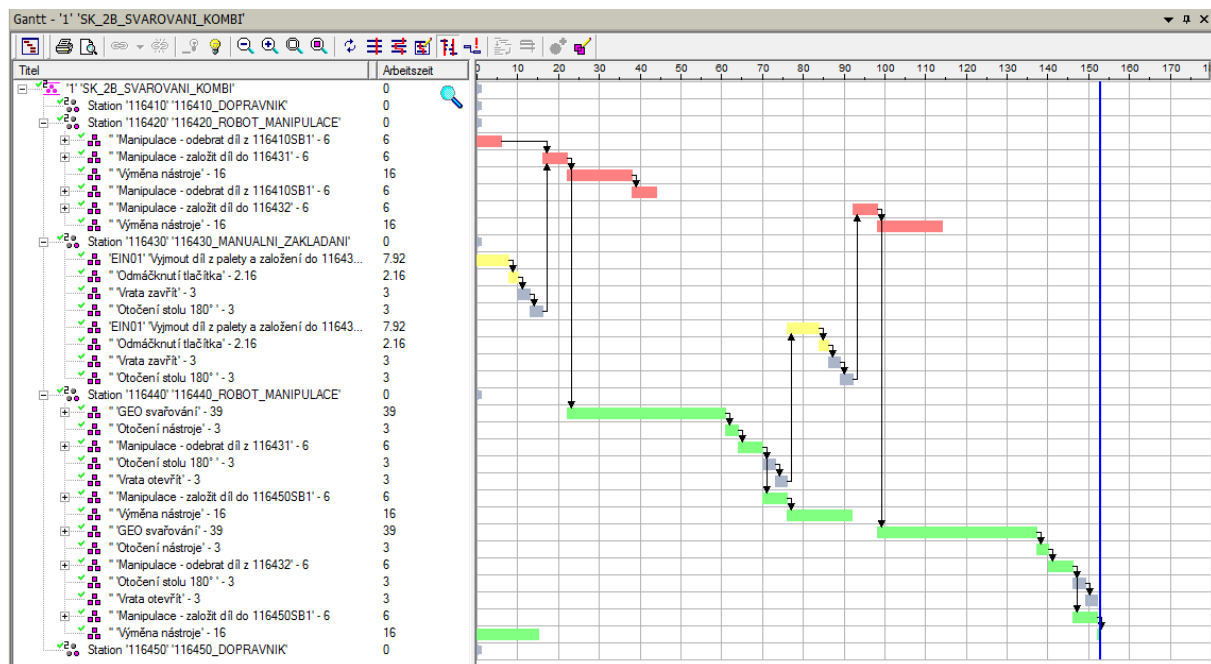
1. Robot 116420R01+G1/G2
 - 1.1. Robot 116420R01+G1 odebírá vnitřní díl pro typ A z dopravníku 116410SB1
 - 1.2. Robot 116420R01+G1 čeká na otočení stolu 116430DT s dílem vnějším pro typ A založeným v přípravku 116431 – krok 3.1
 - 1.3. Robot 116420R01+G1 zakládá díl vnitřní pro typ A do přípravku 116431 – následuje svaření dílů krok 4.1
 - 1.4. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
 - 1.5. Robot 116420R01+G2 odebírá vnitřní díl pro typ B z dopravníku 116410SB1
 - 1.6. Robot 116420R01+G2 čeká na otočení stolu 116430DT s dílem vnějším pro typ B založeným v přípravku 116432 – krok 3.4
 - 1.7. Robot 116420R01+G2 zakládá díl vnitřní pro typ B do přípravku 116432 – následuje svaření dílů krok 4.2
 - 1.8. Robot 116420R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
2. Dělník

- 2.1. Dělník zakládá díl vnější pro typ A do přípravku 116431, stůl se může otočit – krok 3.1
- 2.2. Dělník čeká, dokud se stůl neotočí zpět – krok 3.3
- 2.3. Dělník zakládá díl vnější pro typ B do přípravku 116432, stůl se může otočit – krok 3.4
3. Otočný stůl 116430DT
 - 3.1. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
 - 3.2. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 4.2
 - 3.3. Otočný stůl se otáčí směrem k dělníkovi
 - 3.4. Otočný stůl se otáčí směrem do linky
 - 3.5. Stůl je otočený směrem do linky do doby, než robot 116440R01 odebere díl – krok 4.6
4. Robot 116440R01+SZ1+G1/G2
 - 4.1. Robot 116440R01+SZ1+G1 sváří 10 svařovacích bodů v sestavě pro typ A v přípravku 116431
 - 4.2. Robot 116440R01+SZ1+G1 odebírá komplet dílů pro typ A z přípravku 116431
 - 4.3. Robot 116440R01+SZ1+G1 zakládá komplet dílů pro typ A do dopravníku 116450SB1
 - 4.4. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor
 - 4.5. Robot 116440R01+SZ1+G2 sváří 10 svařovacích bodů v sestavě pro typ B v přípravku 116432
 - 4.6. Robot 116440R01+SZ1+G2 odebírá komplet dílů pro typ B z přípravku 116432
 - 4.7. Robot 116440R01+SZ1+G2 zakládá komplet dílů pro typ B do dopravníku 116450SB1
 - 4.8. Robot 116440R01 vyměňuje nástroj – manipulátor



Obr. 39: Chod linky při svařování a odebírání dílu jedním robotem

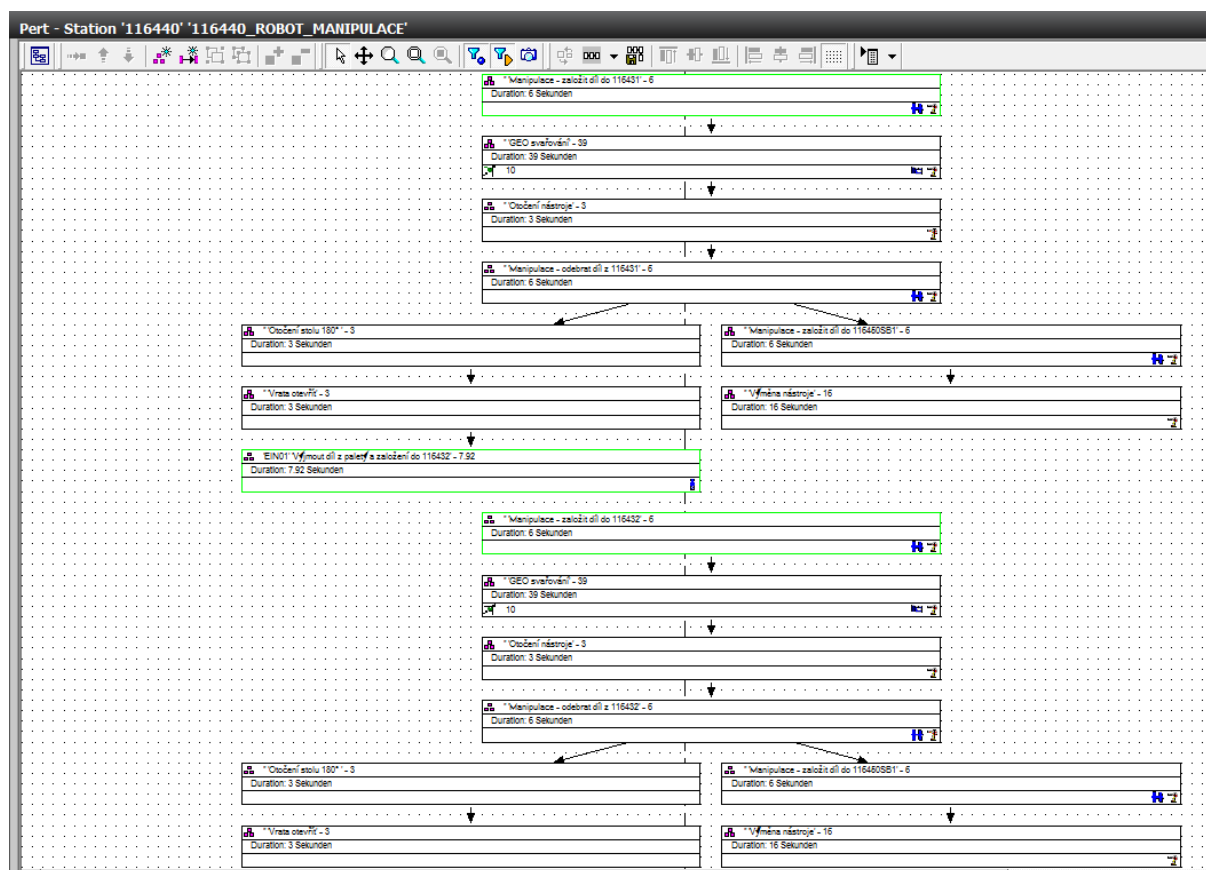
Provázání jednotlivých kroků operací do jednoho funkčního celku je navrženo v SW Process Designer v modulu GANTT. Jednotlivé operace jsou vytvořeny z knihovny operací standardně používané při plánování svařoven v koncernu Volkswagen. Tyto operace již obsahují přednastavené časy. Po provázání jednotlivých operací a stanovení taktu linky je výsledný takt linky s robotickým zakládáním dílů 153 vteřin.



Obr. 40: Provázání operací v GANTT diagramu v SW Process Designer

Přiřazení výrobních prostředků je navrženo v SW Process Designer v modulu PERT. K jednotlivým operacím (jak budu vyrábět) jsou přiřazeny:

- Produkty (co budu vyrábět) – díly, svařovací body.
- Zdroje (čím budu vyrábět) – robot, manipulátor, svařovací kleště.



Obr. 41: Přiřazení výrobních prostředků v PERT diagramu v SW Process Designer

6.2.2 Technické nároky při svařování a odebrání dílu jedním robotem

Při svařování a odebrání dílu jedním robotem je velkým problémem zatížení robota. Manipulátor pro menší díly váží cca 70 kg, svařovací kleště v průměru 120 kg a ocelová konstrukce přibližně 20 kg. K tomu ještě multi-spojka, pneumatický ostrov a různé kabely. U nesouměrné orientace či velkých manipulátorů vznikají pak velké momenty setrvačnosti a těžiště zařízení je od příruby robota již ve velké vzdálenosti, což znamená problém se zatížením robota. Z tohoto důvodu volíme robota pro větší zatížení, což vede k větším nákladům, proto je zde snaha o použití lehkých materiálů při konstrukci svařované konzole či manipulátoru.

Dalším technickým problémem je samotná orientace manipulátoru a svařovacích kleští vůči robotu. Musí být zajištěna přístupnost ke svařovacím bodům, vyjmutí dílu a jeho manipulace, výměna manipulátoru. Proto je nutné tento koncept důkladně simulovat již ve fázi přípravy.

6.3 Porovnání svařování a odebrání dílů dvěma roboty a jedním robotem

Porovnání obou druhů svařování a odebrání dílu je zvoleno dle aspektů, které jsou při návrhu svařovacích linek nejdůležitější a jsou to zejména:

- Takt linky
- Prostor linky
- Cenové náklady na linku
- Technická náročnost

6.3.1 Takt linky

U svařování a odebrání dílu dvěma roboty je takt linky 147 vteřin. Robot, který svařuje, pracuje 91 vteřin, robot, který díl odebírá, pracuje 56 vteřin. U svařování a odebrání dílu jedním robotem je takt linky 153 vteřin, robot vykonává práci 140 vteřin. Rozdíl v taktu je pouhých 6 vteřin, přičemž využití robotu u prvního způsobu je 62%, resp. 38%, a druhého způsobu 92%.

6.3.2 Prostor linky

U svařování a odebrání dílu jedním robotem dochází k ušetření prostoru pro robota a jeho zařízení jako podesta pod robota, či RIP. V návrhu pracoviště je však tento ušetřený prostor zanedbatelný.

6.3.3 Cenové náklady na linku

Při svařování a odebrání dílu jedním robotem jsou ušetřeny náklady za robota a jeho příslušenství jako RIP a podesta pod robota. Naopak se zvýšily náklady na robota, protože zpravidla je třeba pořízení robota silnější řady. Konstrukce a výroba svařované konsole jsou další náklady, které s touto metodou přibývají. Avšak celkové náklady jsou u svařování a odebrání jedním robotem nižší, v rozdílu činí 13 300 €.

Náklady - svařování a odebrání dílu			
Dvěma roboty		Jedním robotem	
Název	Cena	Název	Cena
Robot	20 000,00 €	Robot KR360	10 000,00 €
RIP	1 200,00 €	Svařovaná konsole	1 500,00 €
Podesta pod robota	3 600,00 €		
Celkem	24 800,00 €	Celkem	11 500,00 €

Tab. 3: Porovnání nákladů

6.3.4 Technická náročnost

Svařování a odebrání jedním robotem je velmi technicky náročné. Je nutné najít vhodnou orientaci svařovacích kleští a manipulátoru, které jsou pomocí svařované konzole připevněny na přírubu robota. Již ve fázi konceptu je nutné počítat s robotem ze silnější řady, kvůli vyšší míře zatížení. Při konstrukci počítat s materiály s lehkou hmotností.

6.3.5 Závěr

Při svařování a odebrání dílu jedním robotem jsou kladeny velké nároky na simulaci a stanovení polohy svařovacích kleští a manipulátoru. Také je kladen větší tlak na zatížení robota. Avšak s metodou stoupá využitelnost robota, klesají cenové náklady a nároky na prostor.

Výhody a nevýhody svařování a odebrání dílu jedním robotem oproti svařování a odebrání dílu dvěma roboty:

- Výhody:
 - Menší nároky na prostor
 - Méně cenově nákladné
 - Využitelnost robota
- Nevýhody
 - Náročné na simulaci
 - Náročné na konstrukci
 - Zatížení robota

7 Závěr

Výhody automatického zakládání robotem jsou popsány v kapitole 5.3.5, avšak použití je podmíněno především:

- Tvarem a velikostí dílů – ustředění dílu – použití centrovací stanice
- Orientací dílů v paletě – použití překládací stanice
- Ekonomickou návratností

Použitím centrovací, či překládací stanice stoupají náklady a nároky na prostor. Pokud je ale návratnost investice menší než doba životnosti výrobní svařovací linky, je doporučeno použít automatické zakládání robotem. Bez ekonomické efektivnosti nemá automatizace smysl.

Svařování a odebírání dílu jedním robotem je prostorově a cenově méně nákladné a zvyšuje využití robota, avšak technické nároky na toto řešení jsou veliké. Použití tohoto způsobu svařování a odebírání dílů je podmíněno:

- Potřebný čas pro manipulaci dílů v daném taktu – potřebný čas na manipulaci dílu je cca 15 vteřin. Pokud má robot časový prostor v daném taktu po svařování manipulovat s dílem – je vhodné řešit koncept svařování a odebírání dílu jedním robotem.
- Technické nároky:
 - Stanovení polohy svařovacích kleští a manipulátoru vůči přírubě robota
 - Stanovení zatížení robota
 - Vhodný výběr robota vůči zatížení
 - Simulace svařování a manipulace – dostupnost svařovacích bodů a bezkoliznost při manipulování s dílem

Při splnění těchto podmínek je doporučeno použít svařování a odebírání dílu jedním robotem.

Seznam použité literatury

- [1] MACHAN, J. – BRŮŽEK, P. *Proces vývoje produktu*. [online]. [cit. 2013-12-15]. URL: <http://intech2.tul.cz/dokumenty/dokumenty/03~P%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka%20%20%C5%A0koda-Auto/02-Bruzek_PEP.pdf>
- [2] RASAIHA, JP. *Tecnomatix RobCAD*. [online]. [cit. 2013-12-18]. URL: <<http://4dsysco.com/siemens-plm/tecnomatix/tecnomatix-robcad/>>
- [3] MAREČEK, P. *Digitální továrna, 1. díl*. [online]. [cit. 2013-11-20]. URL: <<http://www.designedu.cz/designtech/c/plm/digitalni-tovarna-1-dil.htm>>
- [4] BAUMRUK, M. *Digitální továrna se stává realitou*. [online]. [cit. 2013-11-25]. URL: <http://www.stech.cz/download.php?id_document=401155545&at=1>
- [5] *MicroStation*. [online]. [cit. 2013-11-25]. URL: <<http://www.hsi.cz/produkty/software-bentley/microstation>>
- [6] *CATIA V5*. [online]. [cit. 2013-11-25]. URL: <<http://www.technodat.cz/catia-v5>>
- [7] SINGULE, V. - POCHYLÝ, A. – KUBELA, T. – ČIHÁK, P. *3D obrazová analýza pro průmyslové aplikace zaměřené na výběr neorientovaných objektů z bedny průmyslovým robotem*. [online]. [cit. 2013-11-08]. URL: <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.stech.cz%2Fdownload.php%3Fid_document%3D401163258%26at%3D1&ei=cp3EUoSLBc3Hsgav6oDgAQ&usg=AFQjCNFxxwHE_8sosv4VIcGfUY1CUndXLw&sig2=0CYjaARanysSxQyvZzqSTw&bvm=bv.58187178,d.Yms>
- [8] *Increase production flexibility with a robot arm tool changer*. [online]. [cit. 2013-11-03]. URL: <<http://www.connectingindustry.com/automation/increase-production-flexibility-with-a-robot-arm-tool-changer.aspx>>

Příloha A - CD

Seznam příloh