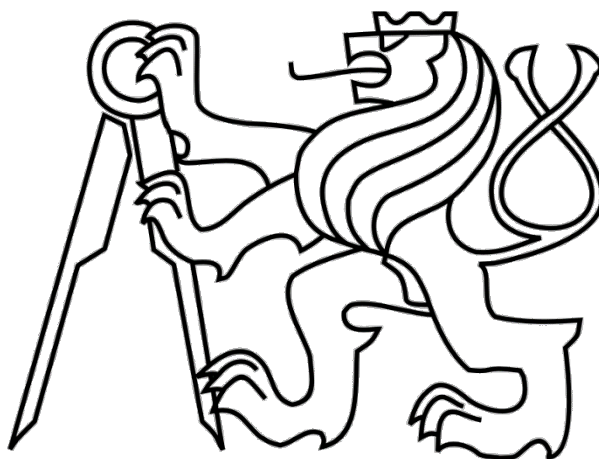


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Bakalářská práce

Návrh robotizovaného svařovacího pracoviště s otočným stolem typu H

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Nágl** Jméno: **Rudolf** Osobní číslo: **465927**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh robotizovaného svařovacího pracoviště s otočným stolem typu H

Název bakalářské práce anglicky:

Design of a robotic welding workplace with a rotary table type 'H'

Pokyny pro vypracování:

Popis tématu: Návrh robotizovaného svařovacího pracoviště s otočným stolem typu H ve spolupráci se společností YASKAWA Czech s.r.o.. Vytvoření návrhu robotizovaného svařovacího pracoviště pro díl o rozměrech 600mm x 200mm x 250mm „Zarážka“. Vytvoření modelu pracoviště v simulačním programu společnosti YASKAWA MotoSim. Seznámení se s problematikou návrhu robotizovaných pracoviště včetně požadavků na zabezpečení pracoviště. Návrh konceptu svařovacího přípravku. Vytvoření pracovního postupu svařování, společně se stanovením času cyklů. Vytvoření řídicího programu pro robota v off-line simulačním softwaru MotoSim; Osnova práce: Uvedení do řešené problematiky; provedení rešerše; návrh řešení, návrhové výpočty, zhodnocení; Rozsah grafické části: Potřebné obr., graf., tab., 3D modely, výkres sestavy včetně kusovníku, výrobní výkresy dle zadání. Rozsah textové části: 40-60 stran.

Seznam doporučené literatury:

Z. Kolíbal, Roboty a robotizované výrobní technologie, BRNO: Nakladatelství VUTIUM, 2016; J. Novotný, J. Šanovec, B. Bednář a V. Kreibich, Technologie I, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006; Interní podklady společnosti YASKAWA.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc., ústav výrobních strojů a zařízení FS

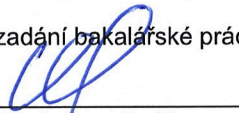
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

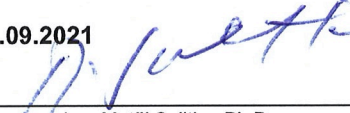
Ing. Libor Bernášek, Yaskawa Czech

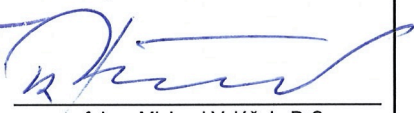
Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**


doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce


Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

24.6.2021

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 25. 7. 2021

.....

podpis

Poděkování

Chci poděkovat všem, kteří mi pomáhali s mou prací. V první řadě vedoucímu mé práce panu doc. Ing. Vladimírovi Andrlíkovi, CSc., poté konzultantovi ze společnosti YASKAWA panu Ing. Liborovi Bernáškoví. Všem, kteří mi poskytli podklady potřebné k vyhotovení této práce. Chci poděkovat své rodině, mé mamince a mému tatínkovi za jejich pomoc a podporu při tvorbě této práce.

Anotace

Autor:	Rudolf NágI
Název BP:	Návrh robotizovaného svařovacího pracoviště s otočným stolem typu H
Rozsah práce:	71 str., 51 obr., 6 tab.,
Školní rok vyhotovení:	2021
Škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	Ú12135– Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí bakalářské práce:	Doc. Ing. Andrlík Vladimír CSc.
Konzultant:	Ing. Libor Bernášek
Zadavatel:	Yaskawa Czech s.r.o.
Využití:	Příprava konceptu svařovacího pracoviště pro svařování podobných dílů.
Klíčová slova:	Robotické svařování, automatizace, návrh, svařovací přípravek, čas cyklu, off-line simulace.
Anotace:	Bakalářská práce se věnuje návrhu konceptu svařovacího pracoviště s díly od společnosti Yaskawa. Použito je polohovadlo typu H a robot umístěný na polohovadle. Je provedena simulace pracoviště a provedení návrhu programu robota.

Annotation

Author:	Rudolf NágI
Title of Bachelor Dissertation:	Design of a Robotic Welding Workplace with a Rotary Table Type H
Extent:	71 p., 51 fig., 6 tab.
Academic year:	2021
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	Ú12135- Department of Production Machines and Equipment
Supervisor:	Doc. Ing. Andrlík Vladimír CSc.
Consultant:	Ing. Libor Bernášek
Submitter of Theme:	Yaskawa Czech s.r.o.
Application:	Preparation of the concept of a welding workplace for welding similar parts.
Key Worlds:	Robotic welding, automation, design, welding jig, cycle time, off-line simulation
Annotation:	The bachelor's thesis deals with the design of a welding workplace concept with parts from Yaskawa. An H-type positioner and a robot placed on the positioner are used. The workplace is simulated and the robot program is designed.

Obsah

OBSAH	7
1 ÚVOD	11
2 CÍLE PRÁCE	12
3 AUTOMATIZACE	13
3.1 HISTORIE AUTOMATIZACE.....	13
3.2 PRINCIPY AUTOMATIZACE.....	14
4 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY	15
4.1 HISTORIE ROBOTŮ	15
4.2 ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	16
4.2.1 Průmyslové roboty se sériovou kinematikou	16
4.2.2 Roboty s paralelní kinematikou	19
4.3 POHON ROBOTŮ	20
4.4 KONCOVÉ EFEKTORY	21
4.5 ŘÍZENÍ A PROGRAMOVÁNÍ ROBOTŮ	21
4.6 ROBOTY PRO SVAŘOVÁNÍ	22
5 POLOHOVADLA U ROBOTICKÝCH PRACOVÍŠŤ	23
5.1 TYPY POLOHOVADEL.....	23
5.1.1 Jednoosé polohovadlo	23
5.1.2 Otočné stoly.....	24
5.1.3 Víceosá polohovadla.....	24
5.1.4 Víceosá polohovadla s více stanicemi	25
5.1.5 Robot na pojezdu.....	25
5.1.6 Portály pro robota	26
5.2 PODROBNĚJI O POLOHOVADLU TYPU H	26
6 SVAŘOVÁNÍ A ROBOTICKÉ SVAŘOVÁNÍ	27
6.1 HISTORIE SVAŘOVÁNÍ	27
6.2 DEFINICE A ROZDĚLENÍ SVAŘOVÁNÍ	27
6.3 ELEKTRODY	28
6.3.1 Tavné obalované elektrody.....	28
6.3.2 Tavné elektrody	28
6.3.3 Netavné elektrody	30
6.4 ROBOTIZOVANÉ OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÉ ATMOSFÉŘE	30



6.4.1	Svařovací zdroj.....	30
6.4.2	Podavač drátu.....	31
6.4.3	Svařovací hořák	32
6.4.4	Přívodní a komunikační kabely a hadice.....	32
6.4.5	Čistící stanice hořáku	32
6.5	PŘÍPRAVEK	33
6.5.1	Jednoúčelové přípravky	33
6.5.2	Modulární přípravky	34
6.5.3	Upínky přípravků.....	35
7	BEZPEČNOST PRACOVÍŠTĚ	36
8	NÁVRH	39
8.1	SVAŘOVANÝ DÍL	39
8.2	NÁVRH KONCEPTU PŘÍPRAVKU	40
8.2.1	Návrh přípravku 1	41
8.2.2	Návrh přípravku 2	42
9	PRACOVÍŠTĚ	43
9.1	POLOHOVADLO	44
9.2	ROBOT	45
9.2.1	Řídící systém robota.....	47
9.3	SVAŘOVACÍ VYBAVENÍ	47
9.4	ČISTÍCÍ STANICE.....	49
9.5	BEZPEČNOST	50
10	SIMULACE V MOTOSIMU	53
10.1	SESTAVENÍ PRACOVÍŠTĚ	53
10.2	PROGRAMOVÁNÍ ROBOTA	55
11	POPIS PRACOVNÍHO POSTUPU	56
11.1	PRVNÍ KROK PRACOVNÍHO POSTUPU	56
11.2	DRUHÝ KROK POSTUPU	57
11.3	TŘETÍ KROK POSTUPU	58
11.4	ČTVRTÝ KROK POSTUPU	59
12	ZÁVĚREČNÉ VÝPOČTY A VYHODNOCENÍ	60
12.1	ČAS CYKLU	60
12.1.1	Čas získaný ze simulace.....	60
12.1.2	Matematický výpočet času cyklů	60



12.2	VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTI	62
13	ZÁVĚR	63
SEZNAMY		65
	POUŽITÁ LITERATURA	65
	POUŽITÝ SOFTWARE:	69
	OBRÁZKY	69
	TABULKY	71
	PŘÍLOHY	71

Přehled použitých veličin a jednotek

Zkratka veličiny	Popis veličiny	jednotka
a	Tloušťka sváru	[mm]
d	Rozlišení senzoru světelné brány	[mm]
S	Bezpečnostní vzdálenost mezi závorou a pracovištěm	[mm]
K	Předpokládaná rychlost lidského těla	[mm/s]
l	Délka sváru	[mm]
t_1	Doba potřebná k zastavení polohovadla	[mm ²]
t_2	Reakční doba světelné závory	[mm ²]
$t_{CelkovýMat}$	Matematicky získaný čas cyklu	[s]
$t_{CelkovýSim}$	Simulací získaný čas cyklu	[s]
$t_{OtočeníStolu}$	Čas potřebný pro otočení polohovadla	[s]
$t_{Přípravek1Mat}$	Vypočtený čas potřebný pro svaření na přípravku 1	[s]
$t_{Přípravek2Mat}$	Vypočtený čas potřebný pro svaření na přípravku 2	[s]
$t_{Přípravek1Sim}$	Simulovaný čas potřebný pro svaření na přípravku 1	[s]
$t_{Přípravek2Sim}$	Simulovaný čas potřebný pro svaření na přípravku 2	[s]

1 Úvod

Robotická výroba se stává nedílnou součástí moderní průmyslové výroby a setkáváme se s ní v mnoha výrobních odvětvích.

Roboty se používají pro manipulaci, zpracování a kontrolu jednotlivých výrobků v procesu výroby. Nejčastěji používanou robotickou aplikací je svařování. Tato bakalářská práce se věnuje návrhu robotizovaného svařovacího pracoviště s použitím polohovadla typu H. Při robotickém svařování lze použít různé technologie svařování. Předmětem této práce je technologie obloukového svařování v ochranné atmosféře metodou MIG/MAG. Návrh pracoviště je vytvořen ve spolupráci se společností Yaskawa Czech s. r. o. Hlavní částí navrhovaného pracoviště jsou produkty z nabídky této společnosti. Návrh samotného pracoviště bude vypracován v simulačním softwaru určeném pro návrh pracovišť a off-line programování. Bude použit simulační software společnosti Yaskawa s názvem MotoSim.

Robotické pracoviště je komplexní strojní zařízení skládající se z mnoha částí. Části spolu spolupracují za cílem co největší efektivity výroby, při zajištění požadované kvality a bezpečnosti pracoviště.

Krátké představení zadavatele práce společnosti YASKAWA.

Yaskawa Electric Corporation je japonská společnost s více než stoletou historií. Byla založena roku 1915 v japonském městě Kitakjúšu. Yaskawa svou existenci započala jako výrobce třífázových elektromotorů, později společnost pracovala na vývoji říditelných motorů, které byly využity ve výrobě. Roku 1969 inženýr společnosti YASKAWA Tetsuro Mori přišel se slovem spojujícím mechaniku a elektroniku, a to Mechatronika. V roce 1977 přišla YASKAWA na japonský trh s prvním plně elektrickým industriálním robotem.

V současnosti se společnost věnuje vývoji a výrobě elektromotorů, pohonů a jejich řízení, řídicích systémů, výrobě průmyslových robotů. Yaskawa má také divizi pro energetiku, a to od součástí pro větrné elektrárny až po uložení elektrické energie a mnoho dalších aktivit. Použití produktů společnosti YASKAWA se netýká jen průmyslu, ale i lékařství v podobě pohonu exoskeletonů a využití robotů v laboratořích.

Společnost patří mezi největší japonské firmy a je zastoupena v japonském akciovém indexu Nikkei 225. Společnost má zastoupení po celém světě. Jedná se o jednoho z největších výrobců průmyslových robotů na světě s více než 500 000 prodanými kusy. Evropská divize společnosti má okolo 2 000 zaměstnanců a moderní výrobní závod na výrobu průmyslových robotů ve slovinském Kočevje.

2 Cíle práce

Úkolem této bakalářské práce je provést návrh robotizovaného svařovacího pracoviště se stolem typu H. Návrh je proveden ve spolupráci se společností Yaskawa Czech s. r. o., která je jedním z výrobců průmyslových robotů. Jedná se o konceptuální návrh robotizovaného pracoviště s robotem a polohovadlem vyráběnými společností Yaskawa. Cílem práce je navrhnout koncept celého pracoviště včetně svařovacích přípravků, výběru svářecího zařízení a bezpečnosti pracoviště. Návrh konceptu pracovního postupu výroby vybraného typového výrobku o rozměrech 600x200x250mm „Zarážka“. Koncept obsahuje návrh off-line svařovacího programu robota, stanovení časů cyklu potřebných pro výrobu výrobku. Provedení simulace pracoviště v simulačním softwaru Motosim a digitálního modelu pracoviště.

3 Automatizace

Podle mezinárodní společnosti pro automatizaci je automatizace definována jako: „Vytváření a aplikace technologie pro monitorování řízení výroby a dodávky produktů a služeb“ [1].

Jak je z definice zřejmé, jedná se o nahrazení a zdokonalení lidské práce strojem. A to strojem vybaveným systémem samostatného řízení v podobě řídicího systému nebo zpětnovazebné regulace.

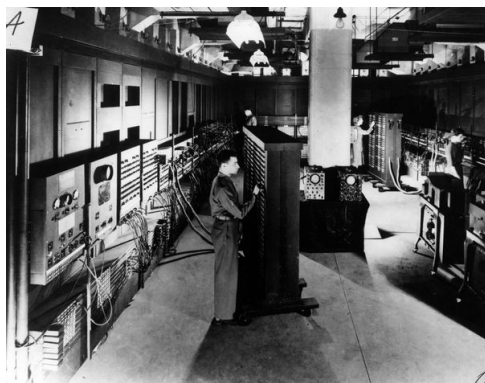
3.1 Historie automatizace

Potřeba automatizace nastala s narůstající mechanizací, která nahrazuje lidskou a zvířecí sílu ve výrobě na počátku průmyslové revoluce. Při snaze o větší zefektivnění výroby docházelo ke zlepšování již existujících strojů a zařízení a jejich postupné automatizace.

Jedním z nejdůležitějších vynálezů v oboru regulace bylo roku 1788 použití Wattova odstředivého regulátoru pro regulaci tlaku páry u parního stroje. Tento přístroj „automaticky“ reguloval tlak páry proudící z parního stroje.

Další důležitý vynález, na cestě k současným automatickým systémům, byl Jacquardův stav, který umožňoval tvorbu složitých obrazců při tkaní látky s využitím děrovaných štítků. Tyto stroje jsou brány za jednoho z předchůdců dnešních počítačů. Děrované štítky byly používány u některých počítačů až do poloviny 70. let minulého století.

Velkým skokem v rozvoji technologií bylo období druhé světové války. Z potřeby zajištění většího výpočetního výkonu a zvýšení efektivity výroby dochází k investicím velkých finančních prostředků na další vývoj. Tento vývoj v oblastech výpočetní techniky a mechanizace je důležitým krokem k automatizaci výroby a s ní spojeném rozvoji výpočetní techniky.



Obr. 3-1: Počítač ENIAC [2]

V roce 1946 dr. John W. Mauchly a dr. J. Presper Eckert z Pensylvánské univerzity dodali americké armádě počítač ENIAC, který byl prvním čistě elektrickým počítačem. Je vidět na obr. 3-1. Tento počítač zabíral plochu několika místností. [2]

Později, v padesátých letech, se objevují číslicově řízené stroje, které se začínají používat ve výrobě. V šedesátých letech se k těmto strojům přidávají i první roboty.

Řídicí systémy se v následujících dekádách zmenšovaly a zvyšovaly svůj výkon až do současného stavu. K číslicově řízeným strojům se v roce 1984 přidaly i počítačem řízené numerické systémy CNC. Tyto systémy jsou v současné době součástí většiny výrobních strojů. [3]

3.2 Principy automatizace

Automatizace je založena na samočinném řízení a samočinné kontrole průběhu určitého úkonu nebo souboru úkonů tvořících výrobní proces (umožňuje vyšší formu výroby než mechanizace).

Z definice automatizace vyplývá, že pro automatizaci výrobních procesů jsou důležité tyto hlavní části:

- senzory pro kontrolu vstupů a kontrolu prováděných operací,
- řídicí systém pro její plánování, zadávání a vyhodnocení,
- výstupy a výstupní akční členy pro jejich vykonání.

Pro automatické řízení lze použít mnoho různých zařízení. Ve výrobě je nejrozšířenější řídicí systém pracoviště označovaný jako PLC (Programmable Logic Controller). Jedná se o jednoduchý řídicí počítač, který provádí naprogramované funkce. V reakci na vstupní data vydává příkazy ostatním subsystémům, jako je například robot, vstupní a výstupní dopravníky apod. PLC jsou obvykle modulární systémy a je možno je rozšiřovat přidáním dalších periférií a subsystémů. Součástí automatizovaného systému jsou i různé druhy dopravníků a podavačů.

V případě robotického pracoviště je řídicí systém robota propojen s ostatními částmi pracoviště přes externí PLC, nebo sám řídí celé pracoviště.

PLC je modulární a lze jeho schopnosti rozšiřovat přidáním dalších periférií a subsystémů [4] [5].

Výrobou PLC se zabývá mnoho společností, například SIEMENS, PILZ, ROCKWELL AUTOMATION, MITSUBISHI ELECTRIC a ABB. Na obr. 3-2 je vidět PLC od společnosti PILZ [6].



Obr. 3-2: PLC od společnosti PILZ [6]

4 Průmyslové roboty

Robotizace je podmnožinou automatizace, kde stroj „robot“ je řízen počítačem a nahrazuje lidskou práci ve výrobě. Tato práce se věnuje průmyslovým robotům, které jsou definovány takto:

„Průmyslový robot je automaticky ovládaný a přeprogramovatelný víceúčelový manipulátor, programovatelný ve třech nebo více osách, které mohou být ukotvené na místě nebo mobilní pro použití v průmyslové aplikaci.“ [7].

Základní parametry pro průmyslového robota jsou:

- nosnost,
- dosah,
- rychlost pohybu v jednotlivých osách,
- opakovatelná přesnost.

Existují i jiné druhy robotů než roboty výrobní, které také nahrazují člověka v místech, kde je nebezpečno nebo je potřeba robota ovládat na dálku, například robotické sondy ve vesmíru.

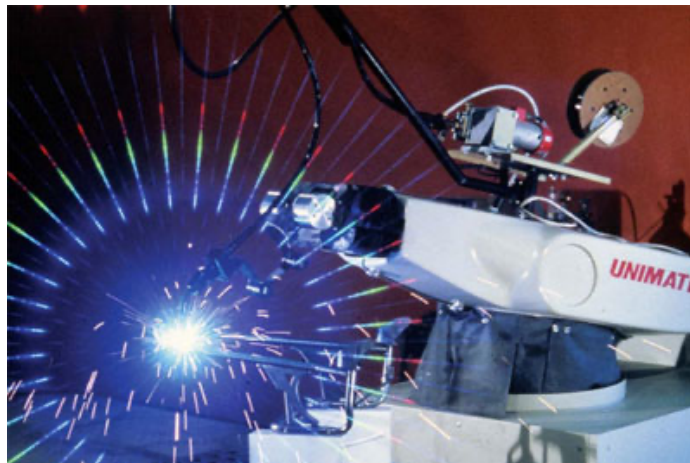
4.1 Historie robotů

Člověk měl vždy snahu vytvořit inteligentní stroj, který by za něho prováděl složité a únavné práce. Kromě různých mechanických strojů nám může být příkladem legenda o Golemovi Rabiho Löwa, který po vložení šému plnil příkazy svého pána. S technologickým vývojem se ze snahy o mechanicky řízeného robota přešlo na snahu o počítačově řízeného robota. S vývojem prvního průmyslového robota jsou spojována dvě jména: George C. Devol a Joseph Engelberger. Tito dva stáli na počátku vývoje prvního průmyslového robota UNIMATE, a to v roce 1958. Hlavním vynálezcem byl Devol. Engerberger byl ten, který navrhl tento stroj nazývat robotem, tedy slovem, které bylo prvně použito českým spisovatelem Karlem Čapkem v jeho divadelní hře R. U. R. Robot UNIMATE měl své první použití v General Motors, kde pracoval s horkými odlitky. Tento stroj využíval hydraulický pohon.

Její firma Unimation, založená roku 1961, byla v prvních letech robotizace největším a nejsilnějším výrobcem robotů. Na obr. 4-1 je vidět robot UNIMATE při svařování.

S rostoucí konkurencí, hlavně japonských firem, byla společnost odkoupena firmou Westinghouse, která ji nakonec prodala firmě Stäubli. [8] [9] [10]

V současné době se vývoj průmyslových robotů ubírá směrem kolaborativních robotů, které mohou s člověkem přímo spolupracovat.



Obr. 4-1: Robot UNIMATE svařující [6]

4.2 Rozdělení průmyslových robotů

Hlavní rozdělení, které se užívá u průmyslových robotů, je dělení podle jejich kinematiky. To znamená podle toho, jak jsou jejich pohybové prvky poskládány. Pohyby, které robot provádí, jsou rotační nebo translační. [11]

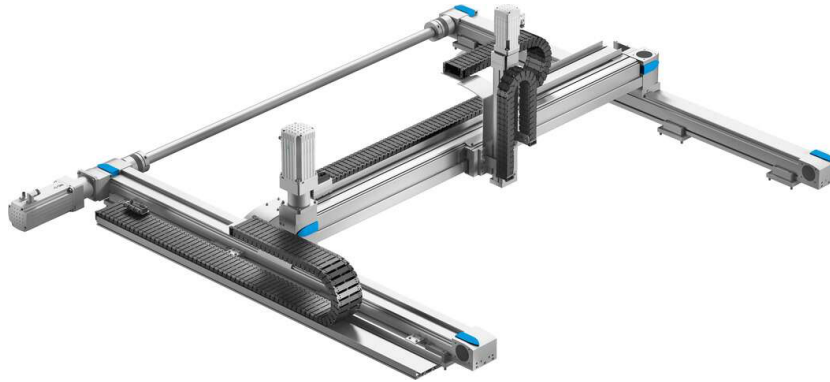
4.2.1 Průmyslové roboty se sériovou kinematikou

Většina průmyslových robotů je tvořena sériovou kinematikou. To znamená, že kinematické dvojice tvořící pohyb robota jsou umístěny za sebou (sériově). Řada kinematických dvojic svými postupnými pohyby mění polohu koncového bodu robota.

Základní rozdělení robotů je dáno třemi kinematickými dvojicemi, které určují základní vlastnosti pohybu. Roboty se dají také dělit podle tvaru pracovní oblasti.

a) Tři translační pohyby

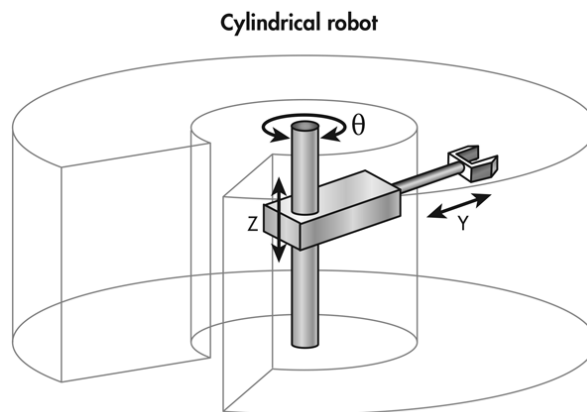
Koncový bod robota se pohybuje v kartézských souřadnicích, pracovní oblastí je hranol. Jejich použití, stejně jako u ostatních robotů, závisí na nainstalovaném koncovém efektoru. Hlavní použití těchto robotů je při podávání a přemísťování materiálu. Velmi často jsou tyto roboty, díky své pevné konstrukci, používány pro měřicí stroje, které měří rozměry výrobků. Zajímavé využití této kinematické soustavy jsou plottery, které se používají na tvorbu výkresů. Tyto roboty se mohou stavět modulárně a tedy dosahovat velkých rozměrů. Stavbu modulárního robota se třemi translačními kinematickými dvojicemi od společnosti FESTO je možné vidět na obr. 4-2.



Obr. 4-2: Kartézský robot od společnosti FESTO [12]

b) Roboty se dvěma translačními a jedním rotačním pohybem

Tyto roboty pracují v cylindrickém souřadném systému. Vyznačují se možností použití v malých prostorech, kde je potřeba manipulace. Hlavní použití je manipulace s výrobky a obsluha slévárenských strojů. Na obr. 4-3 je vidět pracovní cylindrický prostor.



Obr. 4-3: Náčrt robotu s dvěma translačními a jedním rotačním pohybem [13]

c) Roboty se dvěma rotačními a jedním translačním pohybem

U tohoto typu se nedá říci, že by se všechny roboty pohybovaly po stejném systému souřadnic. Roboty tohoto typu je možné rozdělit na dvě podskupiny. Jedna se pohybuje podle polárních souřadnic a druhá podle již zmíněných cylindrických.

Roboty s polárním souřadnicovým systémem jsou takové, které mají první dvě kinematické dvojice rotační, zde jsou na sebe kolmé osy, a poslední dvojice je translační. Jejich pracovní dosah je velký. Příkladem tohoto typu robotů byl již v historii zmíněný UNIMATE. Jedná se o univerzální roboty, které jsou schopny manipulace, svařování i jiných úkonů. Oblast, do které mají tyto roboty přístup, se dá měnit i tak, že robot je zavěšen nebo připevněn na zdi.

Roboty UNIMATE byly pro trhy, mimo USA, vyráběny pod licencí a příkladem je robot na obr. 4-4 vyrobený společností Kawasaki.



Obr. 4-4: Robot UNIMATE licenčně vyroben společností KAWASAKI [14]

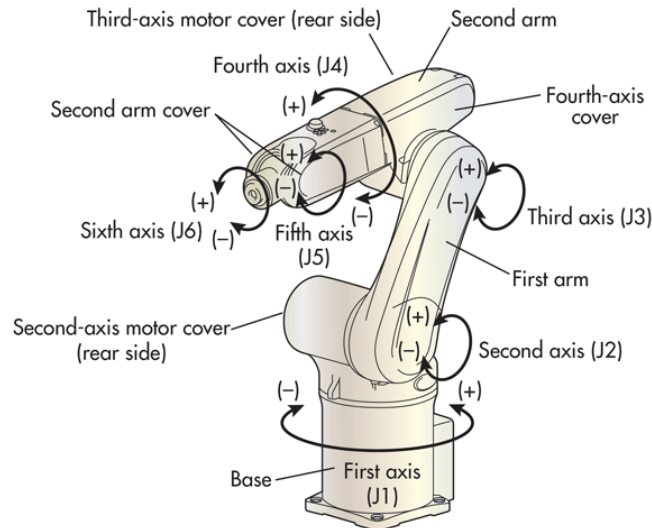
Dalším systémem jsou cylindrické souřadnice. Oproti sférickým jsou zde osy rotací rovnoběžné. Nejdůležitějším typem těchto cylindrických robotů jsou roboty typu SCARA viz obr. 4-5 SCARA roboty jsou určeny pro montáže a manipulaci. Velkou výhodou těchto robotů je jejich rychlost.



Obr. 4-5: SCARA od společnosti YASKAWA [15]

d) Roboty se třemi rotačními kinematickými dvojicemi

Těmto robotům se také říká angulární. Jedná se o nejrozšířenější typ průmyslových robotů. Pracovní prostor je sférický. Roboty mají nejuniverzálnější využití. Používají se pro manipulaci, svařování, lakování a v řadě dalších aplikací. Tyto roboty se v některých případech užívají i jako polohovadla při výrobě. Oblast, do které mají tyto roboty přístup, se dá měnit i tak, že robot je zavěšen na stropu nebo upevněn na zdi.



Obr. 4-6: obrázek angulárního robota [16]

Jak je vidět na obr. 4-6, v současné době se angulární roboty neskládají pouze ze tří os pohybu. Je pro ně nejčastěji použito 6 os pohybu. Těmto robotům se také říká robotická ruka pro rozložení os podobné lidské ruce.

4.2.2 Roboty s paralelní kinematikou

Roboty s paralelní kinematikou jsou speciálním typem robotů, kde pohyb koncového bodu je zajištěn třemi nebo šesti mechanismy, které paralelně pohybují s koncovým bodem robota. Umožňují mu velmi rychlý pohyb. Používají se pro manipulaci, montáž a s použitím kamery i na třídění. Mechanismy mohou být řízeny translačním nebo rotačním pohybem. Příklad typu tohoto robota je na obr. 4-7.



Obr. 4-7: Robot s paralelní kinematikou od společnosti YASKAWA [17]

4.3 Pohon robotů

Pohony robotů se dělí do tří typů: hydraulické, pneumatické a elektrické.

U starších robotů se používaly hydraulické pohony. Ty využívaly rotační hydraulické motory a písty k ovládní pohybů robota. Tyto pohony se vyznačovaly velkou účinností a spolehlivostí s možností plynulého a pomalého pohybu zajišťujícího přesnost a vysokou tuhost. Nevýhodou je potřeba externího zdroje energií a nemožnost dosažení vyšších rychlostí. [11]

Pneumatické pohony se také již moc pro pohon robotů nepoužívají. Jejich hlavní použití je u manipulátorů, kde se využívá menších tlaků. Příkladem užití pneumatických motorů mohou být přísavky a různá specializovaná chapadla. Díky malým výkonům je pneumatický pohon pro pohyb celého robota nevhodný. [11]

V současné době jsou hlavním typem pohonu robota elektrické servomotory. Jedná se o synchronní servomotory s absolutním rotačním snímačem polohy. Servomotor je motor, který má zpětnou vazbu, jež pomáhá s jeho ovládním.

Servomotory se používají v mnoha výrobních odvětvích. Například s malými motory se můžeme setkat u autíček na dálkové ovládní. Servomotory jsou velice kompaktní. Na obr. 4-8 je vidět servomotor, který se používá u robotů a jiných automatizačních strojů. Díky absolutnímu senzoru polohy je schopen řídicí systém robota určit, v jaké poloze se robot právě nachází. Součástí motoru je také elektromagnetická brzda, která v případě výpadku proudu zajistí okamžité zastavení robota. Rotační pohyb, vytvořený motorem, je převáděn pomocí převodovky dále na robota. Převodovky, které jsou u robotů použité, musí splňovat přísné požadavky pro účinnost, malé rozměry, malou hmotnost a velký převodový poměr. U robotů se převážně používají harmonické převodovky, planetové a cykloidní převodovky. [11]



Obr. 4-8: Rotační Servomotor společnosti YASKAWA [18]

4.4 Koncové efekторы

Robot bez koncového efektoru je robot nepotřebný. Koncový efektor je připojen na koncový bod robota a provádí práci, pro kterou byl robot určen. Koncové efekторы, hlavice, se u průmyslových robotů dají rozdělit do čtyř druhů, a to na technologické, manipulační, kombinované a speciální. [16]

Technologické jsou hlavice, které používají nějakou technologii pro provedení práce. Nejpoužívanější jsou hlavice pro svařování různými metodami: WIG/TIG, MIG/MAG, laserové svařování a další metody. Efekторы pro řezání, broušení, leštění a také pro nanášení barev, laků a tmelů. Zde jsou započítány měřicí hlavice pro měření dotykem nebo optikou. [11]

Manipulační, jak název napovídá, slouží k manipulaci s díly a materiálem ve výrobě. Do této skupiny patří chapadla, která využívají mechanické sevření, vakuové přísavky a magnetická chapadla. Příklad mechanického dvouprstého chapadla je vidět na obr. 4-9 [11].



Obr. 4-9: Dvouprsté chapadlo od společnosti SCHUNK [19]

Speciální jsou efekторы, které se nedají zařadit do předchozích dvou kategorií. Jedná o velice specializované efekторы.

Kombinované, spojují dva a více různých druhů efektorů.

4.5 Řízení a programování robotů

Roboty jsou řízeny robotickým řídicím systémem, který je součástí robota a zpravidla dodán jeho výrobcem. Řídicí systém robota se skládá z řídicího počítače, jednotlivých servopohonů, komunikačních rozhraní, ovládacího panelu a bezpečnostního vybavení.

Program robota, pro plánování pracovního výkonu, může být vytvořen dvěma způsoby, a to pomocí off-line a on-line programování.

Program pro off-line programování robota se vytváří ve speciálních programovacích softwarech s využitím přesných modelů pracoviště a dílů. Návrh může být vytvořen před samotným zhotovením pracoviště.

Oproti tomu on-line programování probíhá přímo u robota pomocí teach pendatu, který je připojen k řídicímu systému robota. Robota je možné také vést ručně a provést umístění jeho koncového bodu. Program, který je vytvořen off-line, může být ještě v případě potřeby upravován on-line. Před spuštěním robota je program přeložen do strojového kódu, který provádí samotný pohyb.

Důležité při tvorbě programu jsou souřadnice, ve kterých se bude koncový bod (TCP) nástroje pohybovat. Používají se kartézské souřadnice, se světovým souřadnicovým systémem se středem v patě robota, a souřadnicový systém báze, který je možné si určit. Řídicí systém používá informace získané z absolutních snímačů polohy umístěných v motorech robota k tomu, aby vypočítával polohu TCP bodu robota a prováděl naprogramované úkony.

Řídicí systém zajišťuje také komunikaci mezi robotem a ostatními periferiemi pracoviště. [11]

4.6 Roboty pro svařování

Robot pro obloukové svařování je principiálně standardní angulární robot, s požadovanou nosností 6-15 kg a dosahem 700 mm až 3500 mm. Pro svařovací roboty jsou důležité rychlost, přesnost pohybu a kinematika vhodná pro svařování. Moderní svařovací roboty jsou přizpůsobeny pro snadný přívod potřebných kabelů a hadic s použitím „dutého“ zápěstí robota. Robot je přizpůsoben pro instalaci vhodného podavače drátu. Řídicí systém robota komunikuje se svařovacím systémem napřímo pomocí komunikačního rozhraní. Robota je možné vidět na obr. 4-10.



Obr. 4-10: Svařovací robot AR1440 od společnosti YASKAWA [20]

V současné době existuje mnoho výrobců průmyslových robotů. Nejvýznamnější, co do podílu na světovém trhu, jsou a to FANUC, YASKAWA a dále následují ostatní: ABB, KUKA, KAWASAKI, MITSUBISHI a další.

5 Polohovadla u robotických pracovišť

Hlavním úkolem polohovadel je manipulace a otáčení se svařencem s cílem zajistit, aby bylo možno svařovat v optimální pozici sváru. Vhodným polohováním svařence se zvyšuje efektivita a kvalita výroby a dále vede ke snížení času potřebného na výrobu jednotlivého výrobku. Polohovadla poskytují lepší přístup robota ke svařenci. Hlavní pohyb většiny polohovadel je rotace. Když se zabýváme polohováním, máme na mysli pozici svařence i pozici robota.

Svařenec, který je svářen, je upnut ve svařovacím přípravku, který je připojen k polohovadlu. Připojení musí být co nepřesnější a nejjednodušší pro výměnu přípravku. V robotickém pracovišti dokáže řídicí systém robota ovládat i pohyby polohovadla a řídit jednotlivé osy polohovadla jako externí osy robota. Pohonné jednotky polohovadel jsou stejné jako pohony robotů.

Jak bylo napsáno v úvodu, tato práce je vytvářena ve spolupráci se společností Yaskawa, proto výběr typů polohovadel bude vycházet z její nabídky. [21] [22] [23]

5.1 Typy polohovadel

Polohovadla se rozdělují hlavně podle počtu řízených os a jejich geometrii. První typ polohovadel je nepohyblivý stůl, na kterém je uložen přípravek se svařencem. Toto řešení je velice neefektivní a není vhodné pro všechny typy svařenců.

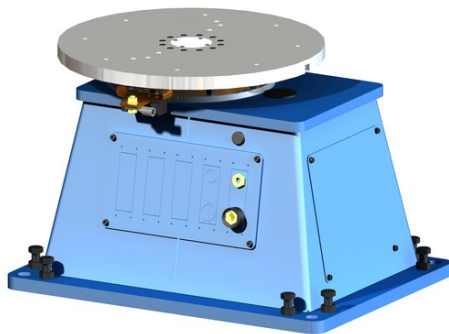
5.1.1 Jednoosé polohovadlo

Jednoosá polohovadla jsou základním typem polohovadel. Osa otáčení je horizontální. V případě, že se pracuje s menšími díly, je díl uchycený v přípravku jen na vřetení. Vřetena mohou být různých rozměrů, od malých, které se dají umístit samostatně na stůl, až po velká, která sama stojí na podlaze. V případě práce s delšími a rozměrnějšími díly je potřeba díl uchytil pomocí „koníku“ na druhé straně. Polohovadla s vřetenem a koníkem se vyrábí ve více typech. V jedno z nich jsou obě části jsou pevně propojeny. To má nevýhody kvůli silám působícím v uložení na svařenec při svařování. Nebo jako dvě oddělené části, které jsou propojeny pouze kabely, a proto umožňují větší modulárnost a zajišťují menší zatížení svařence při svařování. Obě možné varianty jednoosého polohovadla s vodorovnou osou jsou vidět na obr. 5-1.



Obr. 5-1: Jednoosá polohovadla [24]

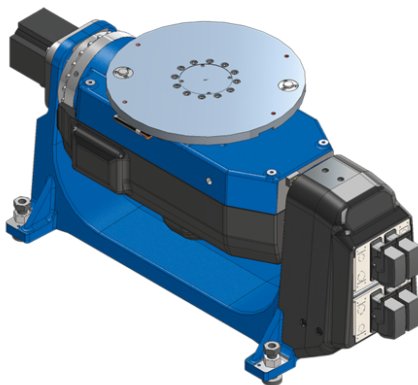
5.1.2 Otočné stoly



Obr. 5-2: Otočný stůl společnosti
YASKAWA [24]

Z principu se také jedná o jednoosá polohovadla, ale zde je hlavní rozdíl v ose otáčení, která je vertikální: viz obr. 5-2. Cílem využití těchto otočných stolů je možnost otáčení svařence a tím zajištění lepšího přístupu svařovacího robota k svárům.

5.1.3 Víceosá polohovadla



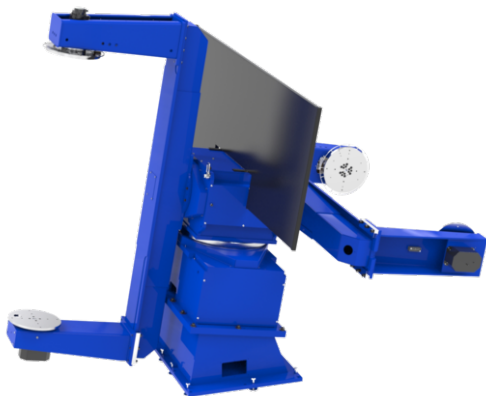
Obr. 5-3: Víceosé polohovadlo od
společnosti YASKAWA [24]

Víceosá polohovadla jsou složena z více otočných os. Tímto poskládáním je zajištěn pohyb svařence ve více osách, aby robot mohl dosáhnout i na těžce přístupná místa. Ve speciálních případech se dokonce používá jako polohovadlo druhý robot. Tento způsob použití se označuje „jigless“.

Standardní jednoduché víceosé polohovadlo je vidět na obr. 5-3.

Víceosá polohovadla se mohou vyskytovat nejen jako přímé poskládání otočných os. Pokud se mezi osy přidá konstrukce, získáme tak další druhy polohovadel. Ta mají označení odvozená od tvaru, a to L a C polohovadla.

5.1.4 Víceosá polohovadla s více stanicemi



Obr. 5-4: Polohovadlo se dvěma stanicemi typu C [24]

Pro zajištění větší efektivity jsou tato pracoviště rozdělena do několika částí. Pracovní stanice umožní například výměnu dílu v jedné stanici a zároveň sváření na další stanici nebo použití více robotů provádějících různé technologické postupy zároveň. Základním typem polohovadel je polohovadlo typu H. Podobným typem polohovadla je typ ruské kolo, které se liší od H polohovadla tím, že výměna mezi stanicemi je provedena podle osy, která je horizontální, u H je osa vertikální.

Další vícestanicová polohovadla jsou poskládána ze dvou L nebo C polohovadel, která rotují kolem osy kolmé k podlaze. Polohovadlo se dvěma stanicemi typu C je vidět na obr. 5-4.

5.1.5 Robot na pojezdu

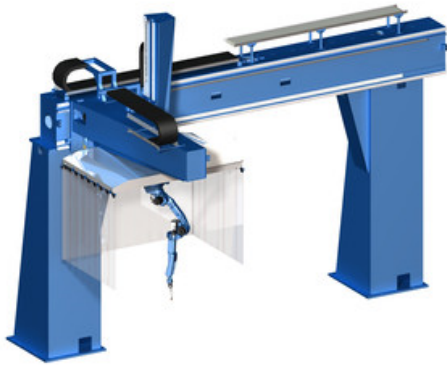


Obr. 5-5: Pojezd pro robota [24]

Jak již bylo zmíněno polohování není jen o pozici svařence, ale také o pozici robota. Robot může být za účelem lepšího přístupu nebo tvorby delších svárů umístěn na pojezdu. U pojezdů je důležité, aby bylo zajištěno bezproblémové vedení drátů a hadic k robotu. Pohyb je řízen rotačním servomotorem na jedné straně a ozubeným hřebenem na druhé. Při návrhu pracoviště posuvy zvyšují možnosti pohybu robota. Robot jezdí po pojezdech

různých délek. Pojezd pro robota je vidět na obr. 5-5.

5.1.6 Portály pro robota

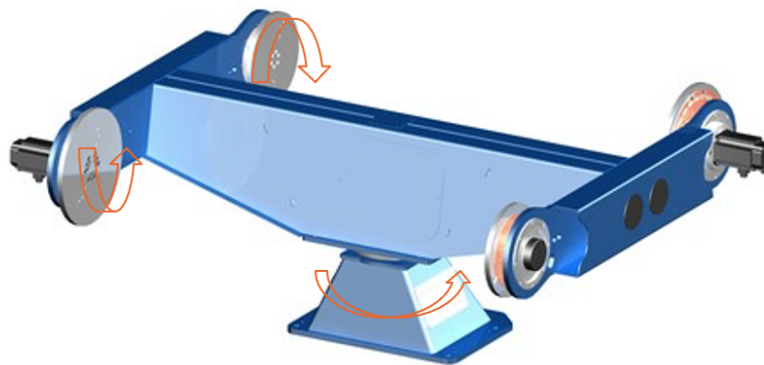


Robot je zavěšen nad svařencem na pojezdu a může provádět dlouhé sváry nebo obsluhovat více svařenců. Tento typ pojezdu je vidět na obr. 5-6.

Obr. 5-6: Portálový pojezd pro robota [24]

5.2 Podrobněji o polohovadlu typu H

Polohovadlo typu H je polohovadlo se dvěma pracovními stanicemi. V každé stanici má jednu horizontálně se otáčející osu a obě stanice se otáčejí kolem vertikální osy. Některá provedení tohoto polohovadla umožňují umístit robota na polohovadle pro lepší přístup a menší rozměry buňky. Parametry polohovadla jsou nosnost, průtočný průměr a vzdálenost mezi upínacími talíři. Polohovadla jsou přizpůsobena pro připojení do obvodu svářečky. Polohovadlo typu H i s naznačenými rotacemi je vidět na obr. 5-7.



Obr. 5-7: Polohovadlo typu H [24]

6 Svařování a robotické svařování

Svařování je spojování materiálu v nerozebíratelný celek.

6.1 Historie svařování

První metodou svařování bylo takzvané kovářské svařování, kdy dva kusy kovu byly rozežhátý v kovářské peci a spojeny pomocí kladiva. Důkazy o používání této metody pocházejí už ze starověku.

Další vývoj svařování nastal na konci 19.století, kdy se začaly objevovat první obloukové svářečky. Auguste De Meritens, francouzský vědec, roku 1881 jako první obloukově svařoval. Ve stejné době se této metodě věnovalo mnoho dalších vědců, například Nikolai N. Benardos a C.L Coffin.

Velké postupy v technologii svařování jsou spojeny s oběma světovými válkami, kdy narůstal požadavek na kvalitní spojování materiálu.

Rozvoj robotického svařování se datuje do druhé poloviny 70. let minulého století. [25]
[26]

6.2 Definice a rozdělení svařování

Svařování je spojování materiálu v nerozebíratelný celek působením:

a) tepla – tavné svařování

Tavné svařování zahrnuje především: svařování plamenem, obloukové svařování, obloukové svařování v ochranné atmosféře, svařování pod tavidlem, plazmové svařování, laserové, elektronovým paprskem a další speciální metody.

b) tepla a tlaku – svařování s použitím tlaku a tepla

Do této skupiny patří především odporové svařování, indukční svařování, svařování třením, ultrazvukem a další speciální metody.

V robotickém svařování se nejvíce používá:

- obloukové svařování v ochranné atmosféře,
- odporové svařování,
- laserové svařování,
- plazmové svařování.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na robotické obloukové svařování v ochranné atmosféře.

Obloukové svařování patří do skupiny tavného svařování za působení tepla. Zdrojem tepla je elektrický oblouk, který „hoří“ mezi základním materiálem a elektrodou,

respektive přídatným materiálem, tyto jsou napojeny na vhodný elektrický zdroj. Teplem elektrického oblouku dochází k tavení přídatného materiálu a částečnému natavení částí základního materiálu. Následně dojde ke spojení natavených částí – svaření dílů.

Takto vzniklé díly se nazývají svařence. Svařované spoje jsou velmi pevné a těsné. Svařence je možné dále obrábět a tepelně upravovat. Další výhodou svařovaných spojů je jejich nižší hmotnost. Nevýhodou svařovací technologie je skutečnost, že působením tepla dochází ke změně mechanických vlastností svařovaného materiálu v oblasti sváru a spojení je nerozebíratelné. [27]

6.3 Elektrody

Při obloukovém svařování se používají tři základní druhy elektrod:

- tavné obalované elektrody,
- tavné holé elektrody,
- netavné elektrody.

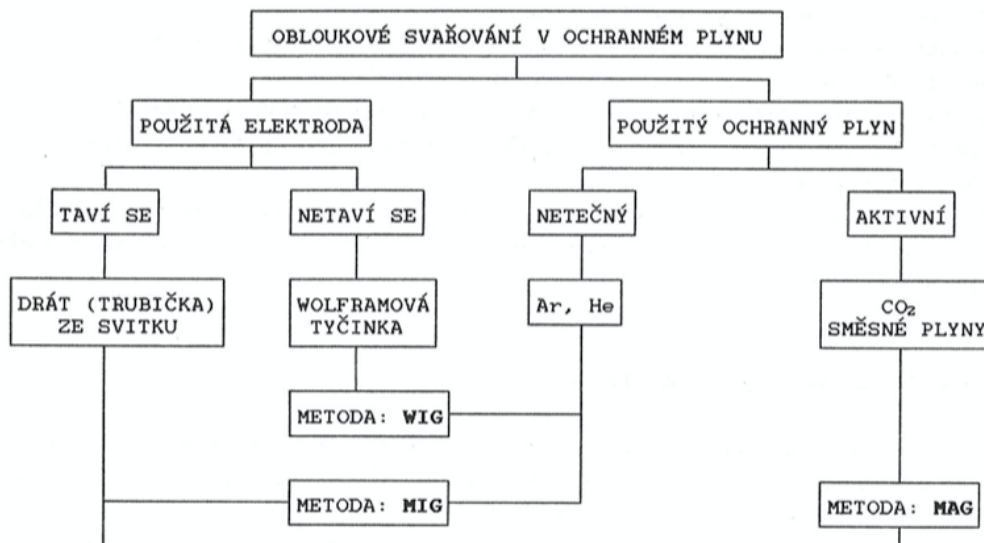
6.3.1 Tavné obalované elektrody

Obalovaná elektroda s ochranným obalem. Ten se odtavuje s elektrodou. Úkolem obalu je stabilizovat oblouk, chránit svárový kov před účinky atmosféry, zpomalit chladnutí svaru a dodat do tavné lázně některé přídatné prvky (Cr, Ni, Mo, W a jiné).

Obalované elektrody se v robotizovaném svařování nepoužívají. [27]

6.3.2 Tavné elektrody

Tavnou elektrodou je obvykle svařovací drát (přídatný materiál). Tato technologie má v současnosti největší uplatnění v robotickém svařování. Při tomto způsobu svařování hoří elektrický oblouk mezi elektrodou, kterou je přídatný drát, a základním materiálem, přičemž z ústí svařovacího hořáku proudí malou rychlostí ochranný plyn. Svařovací hořák zůstává ve stejné vzdálenosti od svařovaného materiálu a z hořáku je pomocí podavače drátu posouván svařovací drát, který je postupně odtavován. Tato metoda je v závislosti na typu ochranného plynu nazývána „Svařování metodou MIG/MAG“. Obě metody jsou v podstatě stejné, ale liší se v druhu použitého ochranného plynu. Rozdělení metod svařování v ochranném plynu je vidět na obr. 6-1.



Obr. 6-1: Rozdělení svařování v ochranném plynu [27]

Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním ochranném plynu - MAG (Metal Active Gas).

Tato metoda je určena pro svařování konstrukčních ocelí uhlíkových a nízkolegovaných ocelí o tloušťce 0,8 až 40 mm.

Svařovací drát je posouván pomocí podávacích kladek do svařovacího hořáku. Klady jsou součástí podavače drátu. Svařovací drát je používán v průměrech 0,6 až 2,5 mm. Okolo drátu, ve svařovací hubici, proudí aktivní ochranný plyn. Nejčastěji je používán oxid uhličitý (CO₂) nebo kombinace CO₂, argonu a kyslíku.

Metoda MAG je vhodná pro svařování ve všech polohách.

Obvyklý rozsah parametrů svařování MAG.:

Svařovací proud: 40 až 500 A

Napětí na oblouku: 16 až 35 V

Rychlost svařování: 15 až 60 m/hod

Charakteristika sv. zdroje: plochá

Druh svařovacího proudu: stejnosměrný polarita obrácená [27]

Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním ochranném plynu - MIG (Metal Inert Gas)

Metoda svařování MIG je skoro stejná jako MAG. Rozdíl mezi těmito metodami je ve složení ochranného plynu. V metodě MIG se jedná o inertní plyn, který je tvořen hlavně z argonem a heliem. Metoda se používá na svařování legovaných ocelí,

hliníkových, titanových, měděných a dalších neželezných kovů. Metoda MIG je vhodná pro svařování ve všech polohách.

Obvyklý rozsah parametrů svařování MAG.:

Svařovací proud: 150 až 500 A

Napětí na oblouku: 20 až 30 V

Rychlost svařování: 6 až 90 m/hod

Charakteristika sv. zdroje: plochá

Druh svařovacího proudu: stejnosměrný, polarita obrácená. [27]

6.3.3 Netavné elektrody

Obloukové svařování s netavicí se elektrodou v inertním ochranném plynu WIG (TIG). Netavná elektroda je vyrobena z materiálu s vysokou teplotou tání a pouze zprostředkovává vznik oblouku mezi ní a svařovaným materiálem. Používají se především wolframové elektrody, tyčinky o průměru 0,5 do 6,5 mm. Jako ochranný plyn se užívá především argon. Lze svařovat bez přídavného materiálu, případně lze podávat přídavný materiál, ale ne jako elektrodu, ale pro doplnění materiálu - studený drát.

Metoda WIG (TIG) je vhodná pro svařování ve všech polohách.

6.4 Robotizované obloukové svařování v ochranné atmosféře

Svařovací systém pro robotické obloukové svařování se nejčastěji skládá ze:

- Svařovacího průmyslového robota o dosahu 700 až 3500 mm a nosnosti 6–15 kg. Svařovací robot je předmětem předchozích kapitol.
- svařovacího agregátu,
- podavače drátu – jednoho nebo více,
- svařovacího hořáku,
- přívodních kabelů a hadic,
- čistící stanice hořáku.

6.4.1 Svařovací zdroj

Zdroj pro svařování musí být schopen generovat požadované proudy a napětí s vysokou spolehlivostí. Zdroj musí být schopen dlouhodobé práce, aby nedošlo k přehřátí. Jako zdroj se v robotizovaném svařování používá především invertor se středofrekvenční měničem pracujícím na frekvencích od 20 do 100kHz. Svařovací zdroj od společnosti Fronius je na obr. 6-2.

Zdroj má svůj vlastní řídicí systém, který komunikuje se zbytkem buňky. [27] [28]



Obr. 6-2: Svařovací zdroj Fronius [29]

6.4.2 Podavač drátu

Podavač drátu dopravuje, pomocí podávacích kladek, ze zásobníku svařovací drát k hořáku, a tím i do sváru. Kladky jsou výměnné, to umožňuje podávat drát o různém průměru. Rychlost podávání je řízena řídicím systémem svařovacího zdroje. Podavače drátu jsou mechanicky upraveny tak, aby nejvhodněji zajistily podávání drátu. Jsou různých druhů, pro roboty bez dutého zápěstí, viz obr. 6-3, a pro roboty s dutým zápěstím, obr. 6-4.



Obr. 6-3: Podavač drátu umístěný na rameni robota [30]



Obr. 6-4: Podavač drátu umístěný na rameni robota s dutým zápěstím [30]

6.4.3 Svařovací hořák

Svařovací hořák je část svařovacího systému, která provádí samotné svařování. U svařovacích hořáků s tavným drátem je středem hořáku veden drát a ochranný plyn. Drát se v hořáku mění na elektrodu, je zapojen do elektrického obvodu.

Z důvodu vysokých teplot při oblouku jsou svařovací hořáky vybaveny chlazením kapalinou nebo vzduchem. Podle potřeb svařence jsou hořáky vybaveny různými koncovými hubicemi a mají různá provedení. Svařovací hořák, který je používán pro robotické svařování, je vidět na obr. 6-5, společně s různými připojovacími zařízeními pro roboty s dutým zápěstím a pro roboty bez dutého zápěstí.



Obr. 6-5: Hořák od společnosti Fronius typu CMT [31]

6.4.4 Přívodní a komunikační kabely a hadice

Nedílnou součástí každého robotického svařovacího systému je sada kabelů a hadic, kterými se k hořáku přivádí svařovací proud, drát, ochranný plyn, chladicí kapalina a komunikace. Toto příslušenství je dodáváno „na míru“ pro jednotlivé typy svařovacích robotů a svářeček. Důležitá je pevnost a pružnost tohoto příslušenství. Svařovací drát je možné přivádět z cívky, nebo z velkokapacitního zásobníku, kterému se říká Sud.

6.4.5 Čistící stanice hořáku

Nutnou součástí robotizovaného svařovacího pracoviště je automatická čistící stanice hořáku. Toto příslušenství provádí čištění hubice během svařovacího cyklu. Dodávají se mechanické čističky, čistí se frézou, elektromagneticky nebo pískováním. Součástí čistící stanice je i střihačka svařovacího drátu.

Čistící stanici lze doplnit o zařízení na automatickou kalibraci TCP bodu. [11] [32]

6.5 Přípravek

Svařovací přípravky slouží k přesnému, pevnému a jednoznačnému upnutí jednotlivých svařovaných dílů tak, aby byl zajištěn přístup robota k jednotlivým svárům. Přípravky jsou v současné době důležitou součástí svařovacího procesu při zajištění potřebných kvalit a přesností svárů.

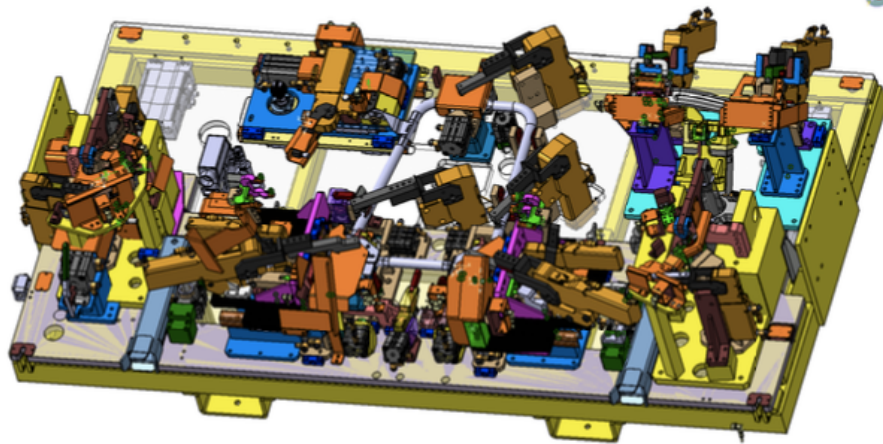
Proto, aby jednotlivé díly, ze kterých se svařenec skládá, byly spojeny dohromady v požadovaném tvaru, je zapotřebí jejich pevné uložení do přípravku. Přípravek má za úkol držet díly v požadované pozici, která bude opakovatelná, to znamená, že každý svařenec stejného typu bude ve stejné poloze. Uložení se dílů se musí snižovat stupně volnosti a uložení musí být pevné a jednoznačné, ale nesmí omezovat dosah hořáku k místům, kde je zapotřebí svařovat. Zajištění těchto podmínek patří k hlavním požadavkům na svařovací přípravek.

V této práci není proveden kompletní návrh přípravku, pouze popis toho, co je svařovací přípravek a z čeho je složen. Je vytvořen koncept svařovacího přípravku pro typový svařenec, kterému se věnuje tato práce. Materiál pro výrobu přípravků nesmí reagovat s dílem při svařování, musí mít dostatečně vysokou teplotu tání, aby nenastalo jeho roztavení při svařování v jeho blízkosti a tím způsobené ovlivnění vlastností materiálů, nebo nalepení přípravku k svařenci. Přípravek by také neměl poškodit svařenec při jeho vkládání a vykládání.

Přípravky jsou dvou konstrukčních typů: pevné jednoúčelové (nepřestavovatelné) nebo modulární.

6.5.1 Jednoúčelové přípravky

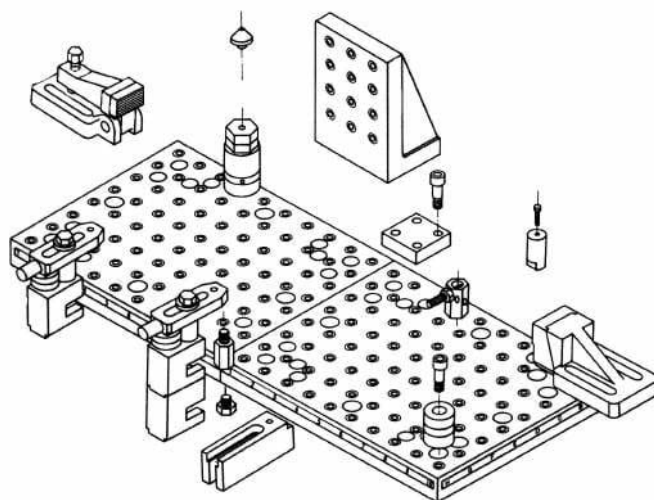
Jednoúčelové přípravky jsou takové, které jsou speciálně navrženy pro daný díl, aby bylo dosaženo co nejlepšího upnutí a snadného přístupu hořáku k jednotlivým svárům i snadného vkládání a vykládání dílu. Tyto přípravky jsou navrženy tak, že umožňují vložit a upnout díly pouze požadovaným způsobem. Jedná se o metodiku Poka-Yoke. Díky ní je možné snížit potřebnou dobu pro školení zaměstnanců. Další výhodou je možnost kontroly uložení. Tvar a konstrukce přípravku přímo navádí díl do místa uložení. Jednoúčelové přípravky jsou specificky navrženy na jediný díl, díky tomu zajišťují větší efektivitu výroby a jsou použity u vysoko sériové výroby, kde není často potřeba měnit podmínky výroby. Nevýhodou těchto přípravků je jejich jedinečnost spojená s většími náklady na výrobu a složitější a dražší opravu v případě poškození. Provedení jednoúčelového přípravku je vidět na obr. 6-6.



Obr. 6-6: Jednoučelový přípravek [33]

6.5.2 Modulární přípravky

Modulární neboli stavebnicové přípravky jsou složeny z dílů dodávaných výrobcem přípravků a jejich dílů. Díly modulárnímu přípravku jsou navrženy tak, aby bylo možno provést jejich poskládání pro různé výrobky. Základní deska modulárního přípravku je univerzální. Je vytvořena tak, aby umožňovala připojení dalších dílů, většinou stavebnicového typu. Ukázka je na obr. 6-7. Připevnit lze také podpěry a upínky, které jsou použity u přípravku. Modulární přípravky nemusí dosáhnout takových přesností a pevností jako jednoučelové a také nemusí poskytnout dokonalý přístup hořáku ke svařenci. Výhodou je nižší cena celého přípravku a jeho možné předělání a znovupoužití. Tyto přípravky jsou většinou využity pro malosériovou nebo kusovou výrobu. Také se používají pro tvorbu prototypů a testování.



Obr. 6-7: Ukázka modulárního přípravku [34]

V mnoha případech se ve výrobě používají přípravky, které mají prvky jednoúčelové (podložky a základní desky) a i modulární podpůrné díly. Pro lepší uložení se podle potřeby používají různé podložky a technologické prvky na svařencích pro uložení dílu.

6.5.3 Upínky přípravků

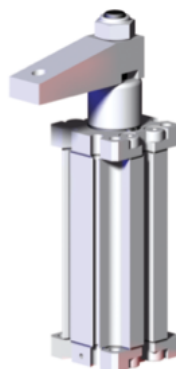
Úkolem upínky je upevnit díl, část svařence, do přípravku tak, aby bylo zajištěno, že při pohybu polohovadla, dotyku hořáku a svařováním nedojde k posunutí dílu z požadované pozice přípravku. Upínky se dělí podle způsobu jejich ovládání: ruční, automatické a poloautomatické.

Ruční upínky – jsou ovládány pouze manuálně silou obsluhy, většinou využívají pákový mechanismus nebo závity. Příklad provedení upínky je na obr. 6-8.



Obr. 6-8: Ruční upínka od firmy Destaco [35]

Automatické upínky jsou pneumatické, hydraulické nebo elektrické. Součástí řídicího programu je signál, který určuje, kdy se mají uzavřít nebo otevřít, případně jsou ovládány pracovníkem pomocí ovládací konzole. Jako zdroj upínací síly se používají pneumatiky, hydromotory nebo elektromagnety. Ukázka otočné upínky řízené pneumaticky je na obr. 6-9.



Obr. 6-9: Otočná upínka od společnosti Destaco [36]

7 Bezpečnost pracoviště

Bezpečnost v průmyslové výrobě je velmi důležitá, a proto je velmi důkladně legislativně a normově popsána. Splnění všech potřebných požadavků na bezpečnost strojních zařízení je určeno směrnicí Evropského parlamentu a rady 2006/42/ES o strojních zařízeních. Strojní zařízení splňující požadavky této směrnice jsou označena písmeny CE. Toto označení je potřebné pro možnost použití zařízení na území EU.

Hlavní normou, týkající se bezpečnosti, je ČSN EN ISO 12 100, kterou musí splnit každé robotizované pracoviště, a to včetně dalších návazných norem. Přímou pro průmyslové roboty existuje norma ČSN EN ISO 10218. Ta popisuje specifické požadavky kladené na roboty a mluví o nebezpečích s nimi spojených.

Při zajištění bezpečnosti robotizovaného pracoviště je nutné provést analýzu rizik daného pracoviště a stanovit, jaká nebezpečí hrozí při provozu daného pracoviště.

Jednotlivá nebezpečí jsou rozdělena do skupin: mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí, tepelné nebezpečí, nebezpečí vytvářené hlukem, nebezpečí vytvářené vibracemi, nebezpečí vytvářením záření, nebezpečí vytvářené materiály a látkami, ergonomická nebezpečí, nebezpečí spojená s prostředím a jejich kombinace. Normy spojené s těmito riziky a stroji obsahují doporučení, jak jim zamezit a jak minimalizovat možnost jejich výskytu. Riziko je spojení nebezpečí a pravděpodobnosti jeho výskytu.

Následně je potřeba navrhnout opatření s cílem zabránění rizikům. Hlavním způsobem zabezpečení je bezpečnostní vybavení pracoviště. Pro určení dostatečného zabezpečení existují software pro výpočet stupně bezpečnosti pracoviště, například PAScal od společnosti PILZ.

Požadavky na bezpečnost se netýkají pouze stroje, ale i obsluhy. Velmi důležitou částí bezpečnosti je povinnost, aby zaměstnanci pracující v blízkosti nebo společně s robotickým pracovištěm nebo v okolí stroje byli zaškolení a seznámeni s pravidly pracovního postupu v dané výrobě. Musí být určeno, kdy a co je nutno kontrolovat a kdy je potřeba volat specializovaného technika výroby nebo technika dodavatele. Všichni zaměstnanci, kteří pracují a provádí údržbu, musí mít potřebné přezkoušení podle zákona a požadované vzdělání podle typu údržby. Například elektrikáři musí mít splněnou vyhlášku č.50/78 a případně další podmínky pro specifičnost výroby.

Pro zaměstnance je také důležité dodržovat pravidla bezpečnostního oblečení.

[11] [37] [38]

Bezpečnostní vybavení pro robotizovaného pracoviště.

Hlavním úkolem bezpečnostního vybavení je zabránit kontaktu člověka s pohybujiící se částí pracoviště v automatickém režimu robota. Bezpečnostní prvky jsou mechanické, sensorické nebo softwarové.

Mechanické bezpečnostní prvky jsou v nejčastěji v podobě přepažení výrobních hal a tím oddělení pracovního prostoru buňky od okolí. Přepažení může být provedeno pomocí plotů, mechanických zábran, rolet. V případě svařování se používají neprůhledné desky a ochranné folie zajišťující ochranu před nebezpečným zářením oblouku.

Protože je nutné umožnit vstup do buňky, je třeba zajistit vstupy tak, aby nemohlo nastat otevření v průběhu práce robota.

Pracoviště musí být vybaveno informačními cedulemi označujícími nebezpečí a světelnou signalizací funkce buňky.

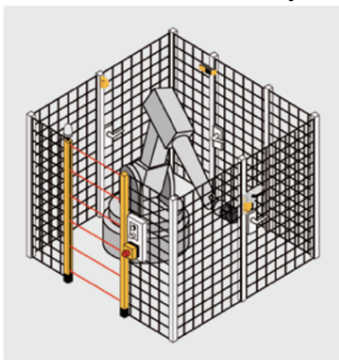
Pro případ nehody nebo nepovoleného vstupu do buňky musí být pracoviště vybaveno venku i zevnitř bezpečnostním tlačítkem (total stop) pro okamžité vypnutí pracoviště.

Senzorické zabezpečení pracoviště se používá v případech, kdy je potřeba důkladnější zabezpečení nebo není možné plně zajistit bezpečnost mechanicky. Z důvodu potřeby častého vstupu obsluhy do pracovního prostoru robota jsou tyto vstupy hlídány sensoricky.

Jedním z nejdůležitějších sensorických zabezpečení jsou světelné závory.

Ty se používají v místech, kde jsou v přepážkách otvory pro automatické dopravníky nebo u pracovišť, kde je třeba často vstupovat do prostoru buňky, ale není to požadováno v době, kdy robot provádí práci.

Světelné závory fungují pomocí jednoduchého principu, kdy LED nebo laser svítí



na zrcátko, na kterém se světlo odráží zpět k senzoru nebo rovnou na senzor. V okamžiku, kdy dojde k přerušení světelné závory, musí dojít k vypnutí buňky. Při návrhu umístění závor je důležité brát v potaz to, že robot se okamžitě nezastaví a že nějakou dobu může být po přerušení závory ještě v pohybu. Nainstalování světelné závory a stop tlačítka u robotizovaného pracoviště je vidět

Obr. 7-1: Robotické pracoviště vybavené bezpečnostními prvky: světelná závora, plot, STOP tlačítkem [37]

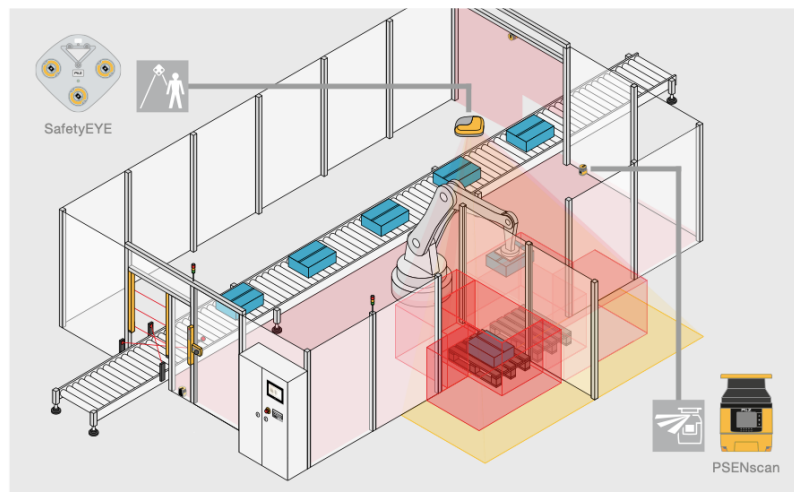
na obr. 7-1.

Vnitřní prostor buňky je možné monitorovat pomocí laserového skeneru, který vysílá paprsek a dokáže zaznamenat narušení z volného prostoru. Díky schopnosti sledovat celý prostor mohou laserové skenery rozdělit prostor na oblasti s různými možnostmi přístupu.

Při požadavku na možnost vstupu do pracoviště, například při doplňování dílu, je senzor schopen zaznamenat příchod a odchod člověka a robota na potřebnou dobu vypnout nebo odklonit.

Také lze tyto senzory použít jako další kontrolu, zda někdo nebyl v buňce omylem zavřen. To je možné také provést pomocí nášlapných podložek. Ty se skládají ze dvou vrstev oddělených vzduchovou mezerou a v případě, že na horní vrstvu někdo stoupne, dojde k jejich propojení a následně k zastavení robota.

Pro kontrolu bezpečnosti lze také použít kamerové systémy. Na obr. 7-2 je vidět robotizované pracoviště pro balení s komplexním zabezpečením složeným z různých výše zmíněných bezpečnostních prvků.



Obr. 7-2: Robotické pracoviště vybavené laserovými senzory a kamerovým systémem [37]

Softwarové zabezpečení robotického pracoviště zajišťuje, že robot je naprogramován tak, aby v průběhu práce neopustil vymezený prostor. V případě, jeho opustění, robot bude okamžitě zastaven.

Mezi nebezpečími, vyjmenovanými na začátku této kapitoly, jsou i nebezpečné látky vzniklé při činnosti robotického pracoviště. Může se jednat například o výpary vzniklé při svařování nebo o prach v případě broušení nebo frézování. Proto jsou robotická pracoviště, kde toto hrozí, vybavena odvětráváním vzduchu a jeho filtrací. [38] [37] [11]

8 Návrh

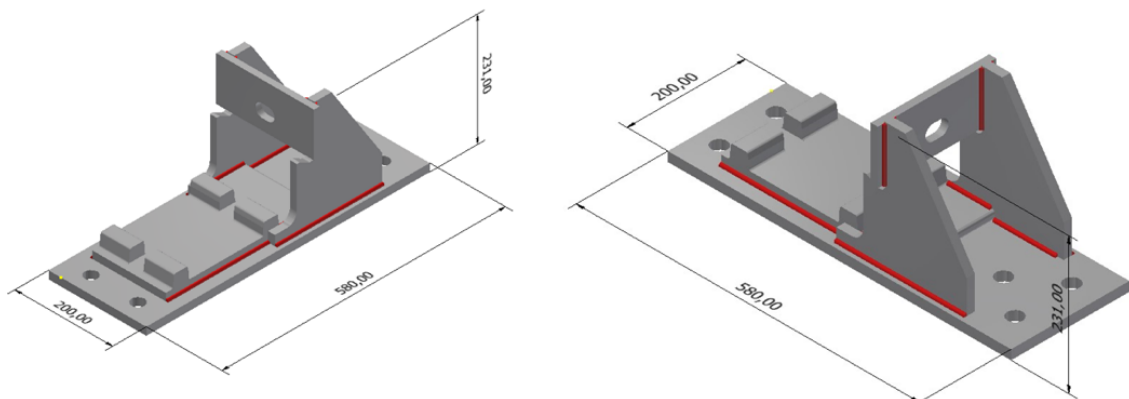
Návrh robotizovaného pracoviště vychází z požadavků poskytnutých zákazníkem (budoucím uživatelem) v tomto případě zadáním bakalářské práce od společnosti YASKAWA. Je tedy požadováno, aby robotizované pracoviště bylo schopné provést úkol robotizovaného svařování s dostatečnou kvalitou v nezbytném množství, s minimální potřebou lidského práce při úkonu svařování. Po pracovišti je také nutné požadovat aby průběh svařování byl bezpečný pro pracovníky, kteří budou vkládat a vykládat díly nebo se budou nacházet v okolí pracoviště.

Při výrobě musí být zajištěna ekonomická výhodnost výroby robotizovaného pracoviště nad ruční výrobou. To znamená zajistit žádanou efektivitu výroby při požadovaných objemech a v dostatečné kvalitě. Výhodou robotizovaného pracoviště je, že teoreticky může pracovat 24 hodin 7 dní v týdnu.

Pro zajištění vyšší efektivity je využito polohovadla typu H, které umožňuje zvýšení efektivity práce tím, že jsou vytvořeny dvě pracovní stanice. V jedné probíhá zakládání částí dílů do přípravku a ve druhé svařování dílů. V obou stanicích je možno pracovat zároveň. Při vytváření konceptu pracoviště byl kladen důraz na zajištění bezpečnosti obsluhy pracoviště.

8.1 Svařovaný díl

Při návrhu svařovacího robotizovaného pracoviště se vychází z výrobku, který na něm bude svařován, a z toho, jaké jsou na daný výrobek kladeny požadavky. Tato práce je tvořena pro díl, který je inspirován skutečným dílem. Z důvodů licenčních a autorských práv byl výrobek pro potřeby této bakalářské práce upraven. Výrobek nese označení „Zarážka“. Svařenec je vyroben z pěti částí, všechny jsou vyrobeny ze stejného materiálu, a to oceli S235JR. Na obr. 8-1 je zobrazen svařenec ze dvou pohledů s vyznačenými jednotlivými sváry.



Obr. 8-1: Obrázek dílu se sváry a 3D kótami

Části dílu jsou spojeny pomocí 12 svárů koutových různých délek, které zajišťují pevnost svařeného dílu viz tab. 8-1.

Konzultantem byly doporučeny parametry pro výběr základní svařovací metody, svařovacího zdroje a svařovacího drátu. Pro svařování toho dílu bude použit svařovací drát EN ISO 14341-A: G 38 3 C1 3Si1, pro informaci o jeho technických vlastnostech a doporučení při svařování je zvolen drát od společnosti ESAB OK ARISTOROD 12.50. Tento výrobce poskytuje doporučení pro použití drátu za úkolem dosažení požadovaných parametrů sváru [39]. Bude tedy použit drát o průměru 1,2 mm. Pro svařování je využita metoda MAG s ochranným plynem složeným z 100 % CO₂.

Robotizovaná svařovací zařízení jsou schopna využít přednastavené svařovací parametry vhodné pro daný typ sváru. Pro tyto byla určena svařovací rychlost 5 mm/s. Zajištění požadované tloušťky svárů je dosaženo pomocí změn napětí a rychlosti posunu drátu.

Tab. 8-1: Tabulka svárů

Číslo sváru	Typ sváru	a[mm]	l[mm]	Co je spojeno
1	Koutový	5	209	Základní deska a podkladnice
2	Koutový	5	209	Základní deska a podkladnice
3	Koutový	5	73	Bočnice a podkladnice
4	Koutový	5	73	Bočnice a podkladnice
5	Koutový	5	106	Bočnice a základní deska
6	Koutový	5	106	Bočnice a základní deska
7	Koutový	7	220	Bočnice a základní deska
8	Koutový	7	220	Bočnice a základní deska
9	Koutový	5	90	Bočnice a čelo
10	Koutový	5	90	Bočnice a čelo
11	Koutový	5	90	Bočnice a čelo
12	Koutový	5	90	Bočnice a čelo

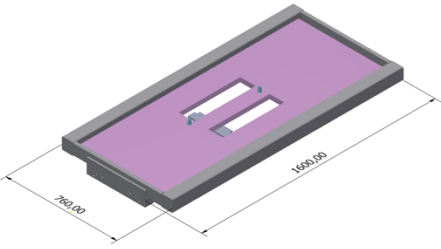
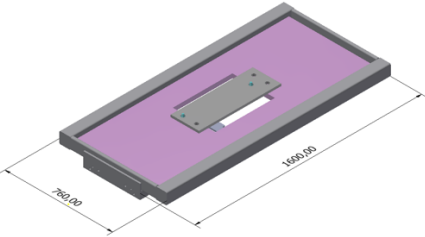
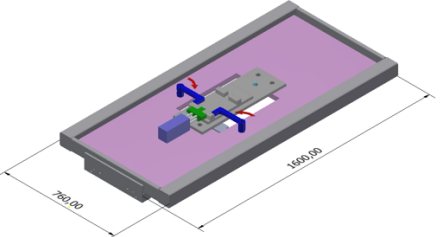
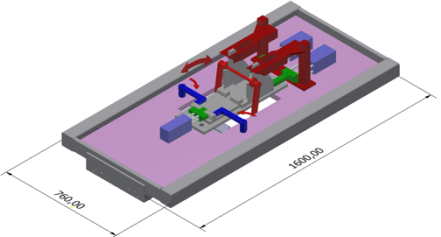
8.2 Návrh konceptu přípravku

Na počátku návrhu přípravku bylo rozhodnuto, že z důvodu přístupu hořáku a jednoduchosti přípravku je výhodnější výrobek svařovat ve dvou krocích. Celý přípravek má délku 1530 mm a šířku 600 mm a je uložen v rámu připojeném k polohovadlu. To se skládá ze dvou pracovních stanic v každé bude použit jiný přípravek.

8.2.1 Návrh přípravku 1

V prvním přípravku (tab. 8-2) budou svařeny první čtyři části zarážky. Jedná se o sváry 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 z tab. 8-1.

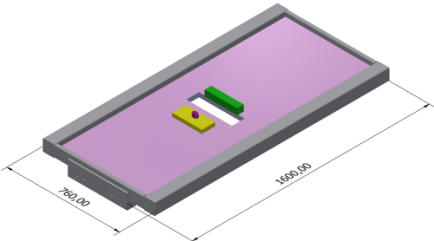
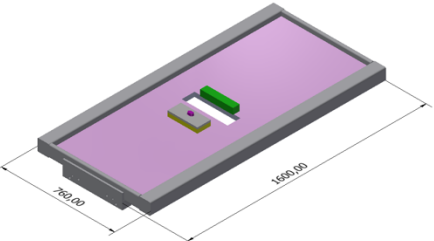
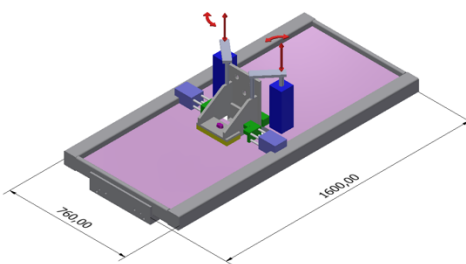
Tab. 8-2: Popis přípravku číslo 1

Obrázek uložení	Popis uložení
	<ul style="list-style-type: none"> • Základní deska uložena v upínacím rámu. • V rámu jsou otvory pro otočné rameno. • Na základní desce jsou technologické piny pro upevnění výrobku.
	<ul style="list-style-type: none"> • Základová deska „Zarážky“ je uložena pomocí technologických prvků a pinů na základní desce přípravku.
	<ul style="list-style-type: none"> • Podkladnice je upnuta pomocí jednoho pneumomotorů a dvou klikových upínek. • Díky tvaru a polohám upínek je zajištěno pevné uložení části.
	<ul style="list-style-type: none"> • Uložení dvou bočnic, které jsou jako první postaveny do stojanu. • Poté dotlačeny otočným ramenem, které je potřeba před vložením základní desky připravit. • Nakonec jsou pomocí dvou pneumomotorových upínek přitlačeny proti otočnému rameni za úkolem dosažení požadované pozice.

8.2.2 Návrh přípravku 2

V přípravku dva (tab. 8-3) je k části svařené s použitím prvního přípravku přivařeno čelo. V tomto přípravku se svařují sváry 9, 10, 11, 12 z tab. 8-1.

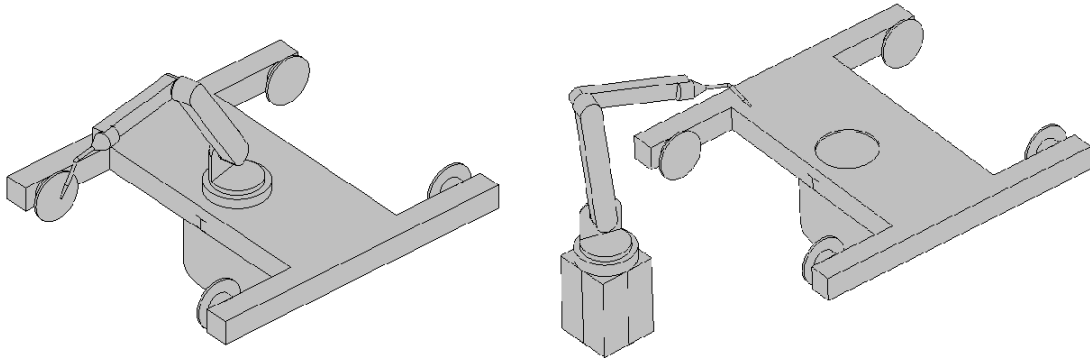
Tab. 8-3: Popis přípravku číslo 2

Obrázek uložení	Popis uložení
	<ul style="list-style-type: none"> • Základní deska uložena v rámu pro polohovadlo. • V základní desce je otvor pro uložení výrobku. • Na základní desce jsou připevněny podpěry a podložka s pinem.
	<ul style="list-style-type: none"> • Na pin je s pomocí technologického otvoru umístěno čelo „zarážky“.
	<ul style="list-style-type: none"> • Umístění části výrobku svařené v prvním přípravku. • Upnutí pomocí dvou otočných pneumaticky řízených upínek. • Vycentrování „Zarážky“ s použitím dvou posuvných pneumomotorů.

Pro vytvoření obou přípravků se používají upínací komponenty od firmy Destaco a pneumatické od společnosti Festo.

9 Pracoviště

Existují dvě varianty uspořádání, podle kterých může být pracoviště navrženo. První variantou je umístění robota před polohovadlem a druhá je umístění robota na polohovadle.



Obr. 9-1: Možné varianty umístění robota

Varianta s robotem na polohovadle viz levý obr. 9-1:

Plusy:

- menší rozměr pracoviště,
- lepší přístup robota k jednotlivým svárům,
- stačí menší robot – nižší cena.
- Robot a polohovadlo jsou jedna konstrukce, lehčí stěhování a seřizování.

Mínusy:

- komplikovanější konstrukce polohovadla,
- potřeba vyšší nosnosti polohovadla.

Varianta robot před polohovadlem viz pravý obr. 9-1:

Plusy:

- jednodušší konstrukce,
- přehlednější a jednodušší vedení kabelů.

Mínusy:

- větší rozměry pracoviště,
- potřeba robota s větším dosahem,
- potřeba zajištění přesného umístění robota vůči polohovadlu.

Pro koncept svařovacího pracoviště v této bakalářské práci bylo vybráno pracoviště s robotem umístěným na polohovadle.

9.1 Polohovadlo

Výběr polohovadla je proveden ze standardní nabídky firmy Yaskawa, to omezí a ulehčí jeho volbu. Při výběru byl zvoleno polohovadlo s označením RWV2 M1 500-1600-1000.

Pro popis je využito označení v jeho názvu. [40]

RWV2 je typové označení polohovadla, které je požadovaného typu H.

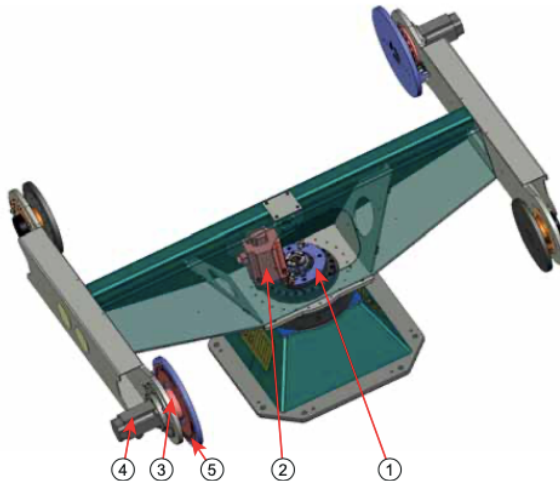
M1 znamená, že se jedná o verzi umožňující uložení robota na stůl. Tato verze umožňuje připojení konstrukce pro umístění robota na stůl. Polohovadlo se skládá ze dvou hlavních částí, a to základny a H konstrukce. H konstrukce je umístěná na základně a obsahuje tři motory.

Následující je část označení je číslo 500, to popisuje nosnost polohovadla v každé stanici v kilogramech. Hmotnost rámu s přípravkem a svařencem je přibližně 300 kg, odhad hmotnosti konceptů přípravku byl získán z AutoDesk Inventor tak, že každé části byl přiřazen materiál ocel a proveden odhad. Pro tento typový díl je tato nosnost polohovadla dostatečná a umožňuje i větší zatížení.

Za pomlčkou název obsahuje číslo 1600 popisující vzdálenost mezi „talíři“, které drží rám, hodnota je v mm. Jedná se o dostatečnou délku pro umístění přípravku, celá je plně dostupná vybraným robotem.

Průtočný průměr je 1000 mm a popisuje maximální průměr dílu v polohovadle při jeho otáčení kolem horizontální osy (osy „talířů“).

Pro instalaci konstrukce pro umístění robota na stole je nutné, aby motor otáčející H konstrukcí byl umístěn mimo osu otáčení. Prostor osy otáčení bude využit pro instalaci robota na polohovadle. Uložení motorů je vidět na obr. 9-2.



Obr. 9-2: Řez polohovadlem [40]

Tab. 9-1: Seznam dílu polohovadla [40]

pozice	označení	počet
1	Převodovka základního pohonu F1CS-C75	1
2	Motor pro základní pohon SGMRV-37ANA-YR	1
3	Převodovka hnací jednotky F2CFS-T355	2
4	Hnací rameno motoru SGMRV-13ANA-YR	2
5	Přenos kostry svářecího proudu	2

Pohon a řízení pohybu polohovadla jsou zajištěny synchronními servomotory s permanentním magnetem od společnosti Yaskawa, motory jsou v tab. 9-1. Brzdění motorů je zajištěno elektromagnetickou brzdou, která dokáže celé polohovadlo zastavit v případě výpadku proudu nebo havarijního stavu.

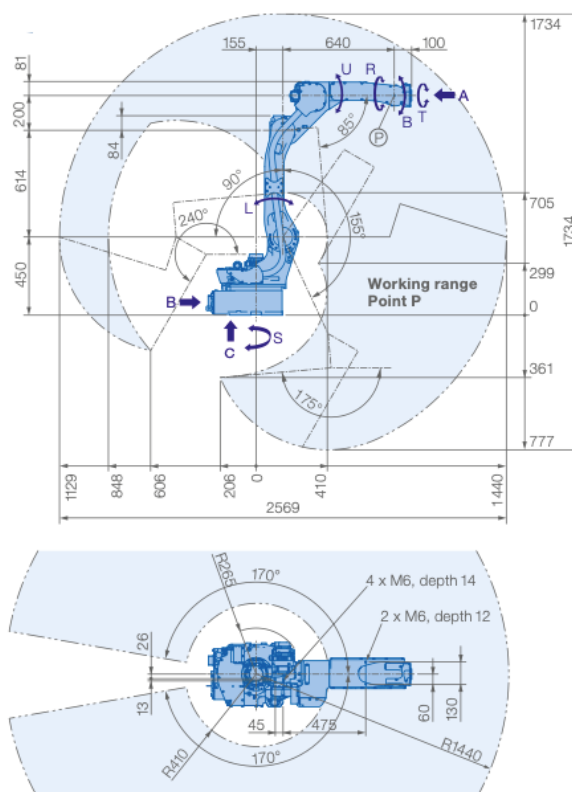
Celé polohovadlo včetně všech servomotorů je připojeno k řídicímu systému robota jako další otáčivé externí osy, které robot řídí. Toto připojení umožňuje plynulé a synchronní řízení robota a polohovadla při svařování a v případě potřeby i svařování při otáčení polohovadla.

9.2 Robot

Pro dosažení nejlepšího přístupu robota ke svařenci se používají angulární roboty. Ty mají dobré kinematické vlastnosti, jsou schopné pracovat se svařencem v ideální svařovací poloze.

Byl zvolen robot Yaskawa MOTOMAN AR1440, který je určen pro svařování. Typový název AR označuje roboty určené pro obloukové svařování, ty mají hlavici přizpůsobenou pro jednoduché připojení svařovacího hořáku, dále jsou vybaveny dutým zápěstím pro vedení veškerých potřebných kabelů a vedení k hořáku. Také mají připojovací výbavu pro podavač drátů.

Potřebná délka robotické paže pro toto pracoviště je závislá na pozici robota vůči svařenci a jeho rozměrům. Dosah robota je popsán oblastí TCP, oblast dosahu pracovního bodu je vidět na obr. 9-3. Je zde také vidět, že pro nejlepší přístup robota je zapotřebí, aby byl umístěn minimálně ve stejné výšce jako svařenec. Toto umístění zajistí, aby se svařenec nacházel v oblasti, kde má robot nejlepší přístup.



Obr. 9-3: Oblast pracovního bodu robota [20]

V pracovní oblasti je i vidět, jaký má robot dosah 1440 mm. V případě, že je robot umístěn na polohovadle o délce mezi talíři 1600 mm, je schopen s dostatečnou rezervou dosáhnout po celé délce přípravku.

Při výběru robota se nesmí zapomenout na to, že robot bude vybaven hořákem za účelem svařování. Připojení hořáku posune pracovní bod a změní tvar pracovní oblasti, proto je při výběru robota vhodné, aby od okraje pracovní oblasti k samotnému svařenci byl odstup. Při výběru je zapotřebí ověřit, zda robot má dostatečnou nosnost,

aby byl schopen nést svařovací hořák. V tomto případě se nejedná problém, protože hořáky váží okolo 3 kg a robot má nosnost 12 kg viz obr. 9-4.

Specifications AR1440						
Axes	Maximum motion range [°]	Maximum speed [°/sec.]	Allowable moment [Nm]	Allowable moment of inertia [kg · m ²]	Controlled axes	
					Max. payload [kg]	
S	±170	260	–	–	Repeatability [mm]	±0.02*
L	+155/–90	230	–	–	Max. working range R [mm]	1440
U	+155/–85	260	–	–	Temperature [°C]	0 to +45
R	±200	470	22	0.65	Humidity [%]	20 – 80
B	±150	470	22	0.65	Weight [kg]	150
T	±455	700	9.8	0.17	Power supply, average [KVA]	1.5**

* Conforms to ISO 9283 ** Varies in accordance with applications and motion patterns

Obr. 9-4: Snímek tabulky z datasheetu robota [20]

9.2.1 Řídící systém robota

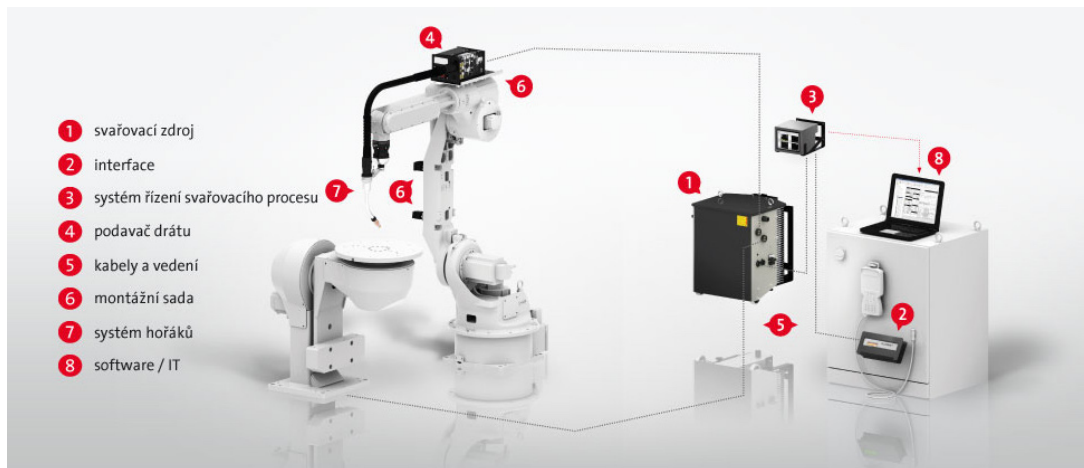
Nezbytnou součástí robota je jeho řídicí systém, ke kterému mohou být připojeny i další periferie. Řídící systém zajišťuje komunikaci mezi všemi částmi pracoviště a umožňuje ovládání a programování systému. Programování systému je prováděno s pomocí Teach Pendantu nebo použitím off-line programovacího softwaru. Pracoviště lze ovládat částečně Teach Pendantem, ale v praxi je spíše ovládáno obsluhou pomocí ovládacího panelu. Případně je pracoviště řízeno řídicím PLC systémem, který je napojen například přes ethernet nebo ProfiNet k řídicímu systému robota (pracoviště). Hlavní robotický řídicí systém společnosti Yaskawa, používaný v současné době, je YRC1000. Tento systém bude použit i zde. Pro přípravu a řízení pracoviště lze použít simulační a off-line software MotoSim.

9.3 Svařovací vybavení

Pro navrhované pracoviště je použito svařovací vybavení od německé firmy SKS Welding Systems GmbH, která se specializuje na vybavení pro robotické svařování.

Svařovací systém je zobrazen na obr. 9-5 kde je vidět i seznam částí.

Svařovací vybavení bylo vybráno tak, aby splňovalo požadavky svařovacího procesu potřebného pro svaření tohoto dílu.



Obr. 9-5: Přehled svařovacího systému [41]

Svařovací zdroj SKS typu LSQ5. Jedná se o výkonný invertní svářecí proudový zdroj určený pro svařování kovů s technologií MIG/MAG proudovým obloukem v robotizovaném svařovacím pracovišti. Řízení proudového zdroje je zjištěno pomocí Direct Control Technology pro spínání tranzistorů. Technické parametry zdroje jsou popsány v DataSheetu, který jen na obr. 9-6. [42]

Technické parametry ke svářecímu proudovému zdroji LSQ5	
Název	Obsah
Rozsah nastavení svařovací proud / svařovací napětí pro WIG:	10 A / 10,4 V – 510 A / 30,4 V
Rozsah nastavení svařovací proud / svařovací napětí pro MIG/MAG:	15 A / 14,8 V – 480 A / 38 V
Zapínací doba při okolní teplotě 40°C 40% zatížení	480 A
Zapínací doba při okolní teplotě 40°C 60% zatížení	420 A
Zapínací doba při okolní teplotě 40°C 100% zatížení	325 A
Zapínací doba při okolní teplotě 20°C 40% zatížení	500 A
Zapínací doba při okolní teplotě 20°C 60% zatížení	440 A
Zapínací doba při okolní teplotě 20°C 100% zatížení	340 A
Zapínací doba	10 min. (60%: 6 min. ZAP, 4 min. VYP)
Napětí naprázdno	70V
Síťové napětí (tolerance)	3x400 V (-10%, +10%)
Síťové napětí (tolerance)	3x480 V (-10%, +10%)
Frekvence	50/60 Hz
Síťová pojistka (tavná pojistka pomalá)	35 A
Síťový přívod	4x4 mm ²
Max. příkon	25,8 kVA
Doporučený výkon generátoru	32 kVA
cosφ / stupeň účinnosti	> 0,95 / 91%
Třída izolace / krytí	H / IP23
Teplota prostředí	<45°C
Chlazení přístroje	vzduch
Vedení obrobku	70 mm ²
Rozměry d / š / v [mm]	471x400x557
Hmotnost	52 kg
Konstrukce podle normy	EN 60974 / IEC 60974 / VDE 0544 EN 50199 / VDE 0544 část 206 / SPW99
Značka CE	EN 60974 / IEC 60974 / VDE 0544
Značka [S]	EN 50199 / VDE 0544 část 206

Obr. 9-6: Technologické parametry svařovacího zdroje LSQ5 [42]

Řídicí systém svařovacího zařízení je oddělen od samotného zdroje. To poskytuje možnost lepšího umístění s cílem jednoduššího přístupu k ovládání a kontrole stavu svařovacího systému. Řídicí systém je dále připojen k řídicímu systému pracoviště za účelem jejich spolupráce při výrobě. Také umožňuje nastavovat parametry pro jednotlivé sváry. [43]



Obr. 9-7: Otevřený podavač drátu [43]

Ze zdroje vede silový kabel do hořáku. V podavači drátu se k němu přidává i svařovací drát, všechny kabely společně vedou skrz duté zápěstí k hořáku. Podavač drátu vybavený kladkovým systémem zajišťuje posuv drátu a řízení rychlosti posuvu. Kladky jsou výměnné pro jednotlivé průměry drátu. Vnitřní pohled podavače je vidět na obr. 9-7.

Hořák je umístěn na přírubě robota. Vybraný hořák je PowerJoint od SKS, který umožňuje otáčení o 360 stupňů. Tato vlastnost usnadní přístup ke svárům. Krkem hořáku je veden drát až k hubici, kde drát je posouván rychlostí danou podavačem a dochází k uzavření oblouku a samotnému svařování. Krk hořáku byl vybrán s úhlem 45° k zajištění vhodného přístupu hořáku k sváru.

Mezi hořákem a přírubou robota je umístěna „kolizní skříňka“, která zastaví pohyb robota v případě kolize hořáku s okolím.

9.4 Čistící stanice.



Obr. 9-8: Čistič hořáku svářečky [44]

Pracoviště je vybaveno čistící stanicí hořáku, která po daném počtu proběhnutých svařování provede vyčištění hořáku. Součástí čistící stanice je hrot pro manuální kontrolu přesnosti nastavení TCP. Pro nejlepší komunikaci je zvolena stanice SKS eReam (obr. 9-8). [44]

Nejprve je do hubice vstříknuta separační kapalina.

Hubice hořáku poté zajede do čistící stanice, kde jsou odfrézovány nečistoty. Po vyčištění dojde k zastřížení svařovacího drátu na požadovanou délku. Celý systém na čištění drátu je umístěn v jednom přístroji.

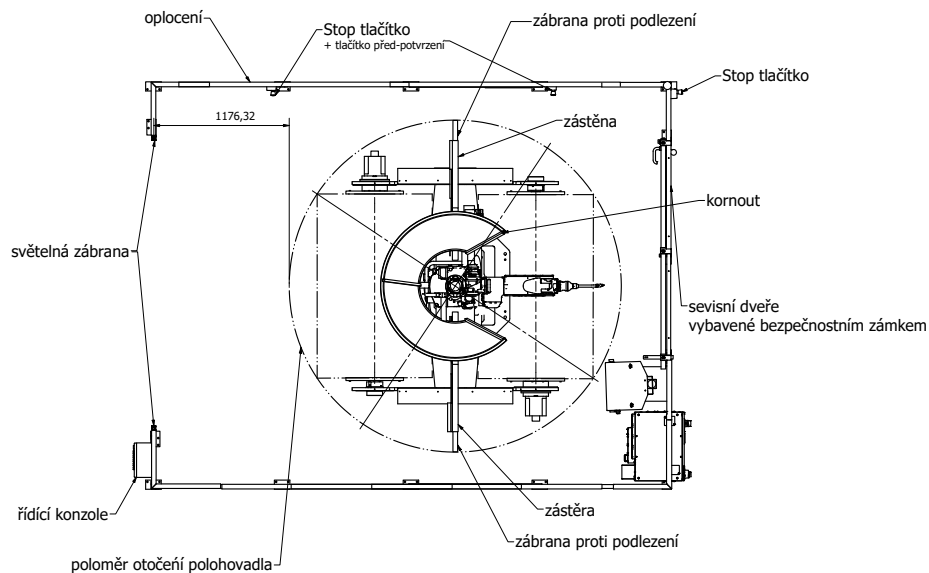
9.5 Bezpečnost

Pro návrh bezpečnostního vybavení je jako první zapotřebí určit, jaká nebezpečí a rizika hrozí při práci na tomto pracovišti.

Nebezpečí a rizika jsou tato:

- záření vzniklé při svařování,
- výpary vzniklé při svařování,
- popálení při svařování,
- kontakt obsluhy s robotem nebo polohovadlem,
- řezné rány způsobené ostrými hranami,

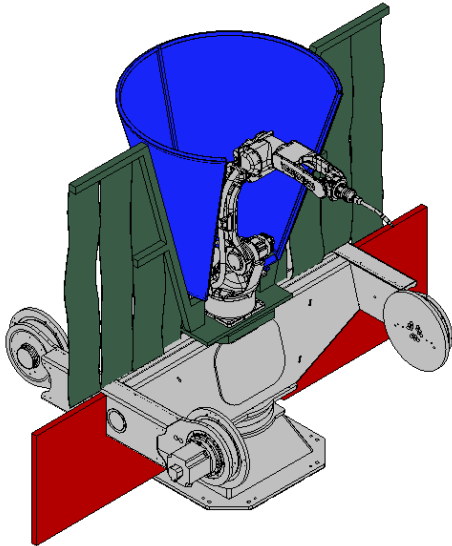
Celé bezpečnostní uložení je vidět na obr. 9-9.



Obr. 9-9: Rozložení s bezpečnostními prvky

Základní bezpečnostním prvkem je mechanická zábrana. Ta odděluje oblast, kde hrozí kontakt obsluhy s pohybujícím se robotem, polohovadlem a svařujícím procesem, od okolí. Celé pracoviště musí být bezpečně odděleno, aby bylo zajištěno, že nedojde k vstupu obsluhy do chráněného prostoru pracoviště, když pracuje v automatizovaném režimu. V případě, že robot nepracuje v automatickém režimu, může být obsluha v dosahu robota. V tomto případě je využito přídatných ochranných prvků, jako je tlačítko „mrtvého muže“ na Teach pendantu a také omezení rychlosti robota.

Pracoviště je obehnáno plechovým plotem, který zamezuje vstupu, chrání před zářením při svařování a zamezuje případným jiskrám. Ploty se vyrábí speciálně pro každou buňku a jsou složeny ze standardních segmentů, na které jsou připojeny bezpečnostní prvky.



Obr. 9-10: Obrázek polohovadla se zábranami

Kornout je přišroubován k robotu a otáčí se společně s ním. Je stejně jako plot vyroben z plechu a ocelové konstrukce.

Druhou částí jsou držáky se záclonami, na obrázku zeleně. Záclony jsou neprůhledné, zamezují záření od svařování a zároveň umožňují protáčení dílu mezi pracovními stanicemi. Další přídatnou ochranou je „softwarová krychle“, která omezí pohyb robota mimo vymezenou oblast.

Poslední částí zabezpečení umístěné na polohovadle jsou mechanické zábrany proti podlezení polohovadla, které se v tomto případě otáčí s H částí konstrukce polohovadla (vyznačeny červeně). V případě, že by při otáčení jakákoliv část polohovadla, včetně zábran, o něco zarazila, pracoviště se vypne. Toho je docíleno sledováním změny momentového zatížení motoru.

Část pracoviště, kde probíhá svařování, je navrhována tak, aby za normálních podmínek k ní nebyl možný přístup. Ze tří stran je chráněna plotem a z jedné strany je polohovadlo s robotem, popsáno výše. I přesto, že není potřeba stálý přístup, tak musí obsahovat servisní vstup za účelem případného servisu nebo doplnění svařovacího materiálu. Vstup je zajištěn dveřmi umístěnými naproti robotu, v tomto pracovišti jsou dveře posuvné pro zacílení ještě menšího půdorysu. Dveře jsou za normálního děje zajištěny a vybaveny spínačem, který v okamžiku otevření dveří vyšle signál řídicímu systému a ten v reakci na to zastaví stroj. Je očekáváno, že otevření dveří bude trvat

Pracoviště je rozděleno na části, v jedné je prováděno svařování a v druhé pracovník ukládá díly do přípravku a vyndává již svařené.

Mezi oběma polovinami pracoviště se nachází mechanické oddělení. Systém oddělení obou pracovišť je připojen k polohovadlu a je vidět na obr. 9-10. Sestava umístěná nad polohovadlem, jak bylo v kapitole o polohovadle napsáno, se netočí. Sestava se skládá z robota a dalších dvou částí.

První část je robot s kornoutem, na obrázku značen modře, který má za úkol zamezit kontaktu s robotem z druhé strany.

déle než zastavování pracoviště, proto není potřeba řešit vzdálenost dveří od robota. Jako další zabezpečení je zde nainstalováno stop tlačítko, které okamžitě zastaví pracoviště. Jedná se o ochranu pro případ, že někdo bude omylem uzavřen v buňce.

Nad částí pracoviště, kde probíhá svařování, je umístěn zvon pro odsávání vzniklých výparů.

Druhá polovina pracoviště, kde pracovník ukládá a vykládá díl z přípravků, musí být dostupná v průběhu práce. K přístupu je využit otevřený prostor, kde není naistalován plot. Vstup do tohoto prostoru je hlídán pomocí světelné závory. Závora byla vybrána od společnosti PILZ, a to typ PSEN opl14H-s-30-150. Tato závora může být připevněna na oplocení pracoviště.

Při návrhu bezpečnosti pracoviště je nutné dodržet normu EN ISO 13855, podle které se počítá bezpečnostní vzdálenost mezi vstupem do pracoviště a polohovadlem.

$$S = K \cdot (t_1 + t_2) + 8 \cdot (d - 14) \text{ [mm]} \quad (1)$$

Z Datasheetu pro stůl a vybranou světelnou bránu se odečtou hodnoty $t_1=0,65$ s a $t_2=0,0052$ s, jedná se o celotělový vstup, a tak $K=1600$ mm, vybraný senzor má rozlišení $d=30$ mm. [45] [40]

$$S = 1600 \cdot (0,65 + 0,0052) + 8 \cdot (30 - 14) = 1176,32 \text{ mm}$$

Výsledkem výpočtu je vzdálenost mezi senzorem a největším potencionálním obvodem polohovadla, a to $S=1176,32$ mm. V tuto chvíli je zajištěno, že když vejde pracovník do buňky, a ta se otáčí, dojde k jejímu zastavení, než se k ní přiblíží. Práce v pracovním prostoru nezačne, dokud pracovník na řídicím panelu vedle vchodu nepotvrdí, že v pracovním prostoru nikdo není. Pracovní prostor je také vybaven stop tlačítkem. Důležitým předpokladem bezpečnosti je dodržování pracovního postupu pracovníkem.

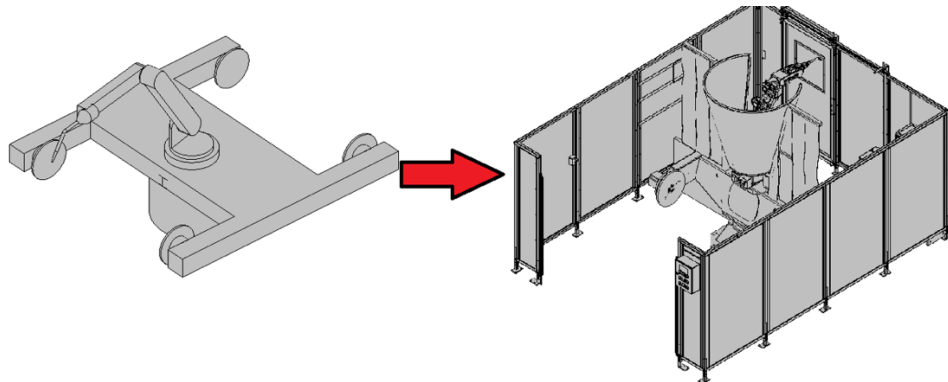
10 Simulace v MotoSimu

V simulačním softwaru MotosimEG-VRC lze simulovat robotizované pracoviště. Motosim neobsahuje plnohodnotný CAD systém, proto pro dílčí modely, které nejsou v jeho knihovně, je použit plnohodnotný CAD systém, v tomto případě Inventor od společnosti Autodesk, ze kterého jsou importovány modely do MotoSimu.

10.1 Sestavení pracoviště

Před zahájením simulační práce na robotizovaném pracovišti je zapotřebí provést jeho návrh a konstrukci.

Je výhodnější nejprve návrh pracoviště vytvořit v CAD systému pro jeho lepší možnosti práce s modely. Jsou použity součásti a díly popsány v přechodných kapitolách. Tyto součásti jsou robot, polohovadlo, svářecí systém, bezpečnostní prvky atd. Modely všech potřebných součástí jsou převzaty z knihoven dílů dostupných na internetu nebo ve firemní knihovně společnosti YASKAWA. Oplocení je poskládáno ze standardizovaných dílů do požadovaných rozměrů.



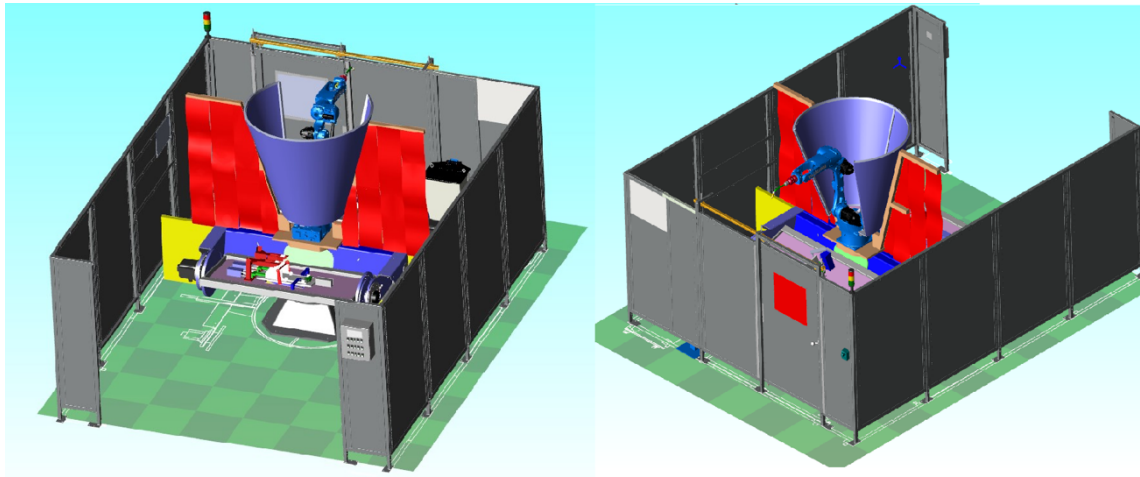
Obr. 10-1: Vývoj konceptu pracoviště

Pracoviště po dokončení návrhu má délku 4515 mm, šířku 3530 mm a výšku oplocení 2000 mm. Kornout robota překračuje svojí výškou výšku plotu. Robot je při svařování plně zakrytý plotem. Do modelu byly vloženy bezpečnostní prvky. Změna mezi ideou a konečným konceptem je vidět na obr. 10-1.

Po dokončení modelu v CADu je možné vytvořit výkresy. Model v CADu je také použit pro získání půdorysu pracoviště ve formátu dxf, který byl pro lepší konstrukční návrh importován do Motosimu, kde je použit jako plán pracoviště. Jako první je potřeba sestavit polohovadlo z jednotlivých dílů, a to základny, H konstrukce a průtočných talířů. Sestavené polohovadlo musí být následně inicializováno a nastaveno v řídicím systému robota jako externí osa. Inicializace je provedena skoro stejně jako u reálného polohovadla a nastavení řídicího systému je provedeno podle návodu k obsluze [40]. Je zapotřebí nastavit, jaké motory a převodovky jsou použity, protože v modelech jsou

pouze obecné motory, ke kterým musí být přiřazen jejich typ. Společně se řídicím systémem je do soustavy vložen robot.

Díly, které nejsou v knihovně MotoSimu, jsou vloženy do simulace ve formátu STEP, Iges nebo jiných podporovaných formátech. Při vkládání do simulace je lepší vkládat zjednodušené verze komponent pro lepší pracovní výkon systému, nebo části přímo nepotřebné pro simulaci vynechat. Výsledný model je vidět na obr. 10-2 ve dvou pohledech.



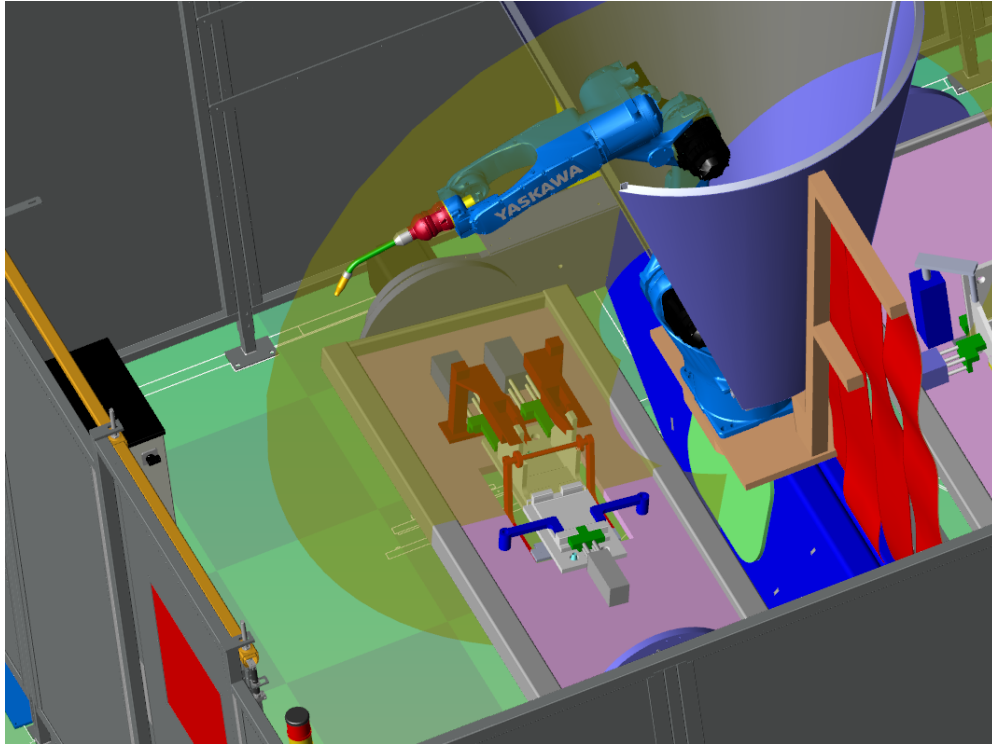
Obr. 10-2: Dva pohledy na pracoviště vytvořené v MotoSimu

Po dokončení všech příprav se může zahájit práce s pracovištěm stejně, jako kdyby se pracovalo s reálným robotem. Na rozdíl od řízení skutečného robota je v simulaci možno dosáhnout různých pohledů a rychlých úprav rozložení. Řízení je zajištěno pomocí digitální verze teach pendantu, která je velmi podobná skutečnému, jak je vidět na obr. 10-3. Robota lze ovládat pomocí tlačítek na teach pendantu nebo pomocí ukazatele myši stejně, jako při programování dráhy robota metodou vedení.



Obr. 10-3: Teach pendant ve skutečnosti (vlevo) a v Motosimu (vpravo) [46]

Do pracoviště byla přidány oba koncepty přípravků vytvořené v CADu, po jejich importování je možné provést testování dostupnosti TCP robota s hořákem pro ověření, zda vše bylo navrženo dobře. V případě tohoto pracoviště bylo dosaženo dobrého přístupu ke přípravku, jak je vidět na obr. 10-4.



Obr. 10-4: Dosah TCP robota se svářečkou MotoSim

Jak již bylo popsáno, programování je stejné, jako u skutečného robota, probíhá přes teach pendant s použitím stejných tlačítek a příkazů. Odezvy simulovaného robota jsou stejné jako u skutečného.

10.2 Programování robota

Pro programování robotizovaného systému s řídicím systémem YRC1000 společnosti YASKAWA se používá programovací jazyk INFORM III. Programování robota probíhá pomocí určování pozice TCP. Pohyb je dán počátečním bodem pohybu a koncovým bodem pohybu a metodou, jak je pohyb proveden.

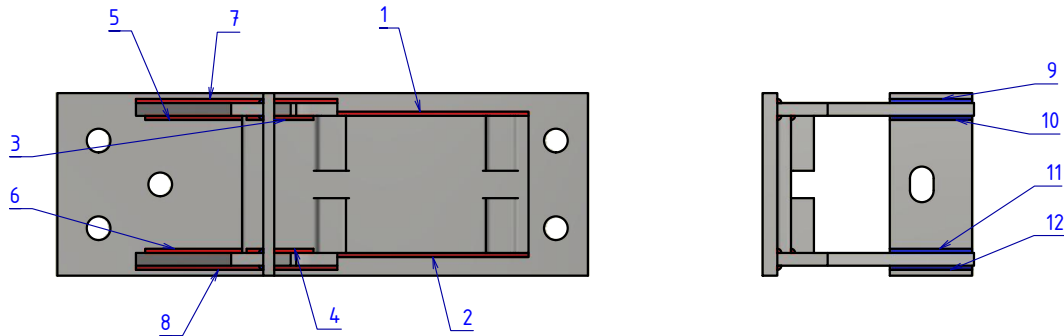
Tento programovací jazyk není pouze pro nastavování trajektorie, ale obsahuje i jiné standardní příkazy pro řízení vstupů a výstupů, řízení průchodu kódu, operační instrukce, logické instrukce a instrukce řídicí připojené zařízení.

Při programování je možné využití CAM systému který je součástí MotoSimu, v této práci nebyl využit.

Kódy programu robota jsou v textové příloze.

11 Popis pracovního postupu

Pracovní postup je rozdělen do dvou oblastí práce pracovníka vkládání a vykládání a svařování robotem. Svařování probíhá ve dvou přípravcích. V přípravku 1 se svařují sváry 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. V přípravku 2 se svařují 9, 10, 11, 12. Sváry jsou očíslovány v tab. 8-1 z kapitoly 8 a na obr. 11-1.



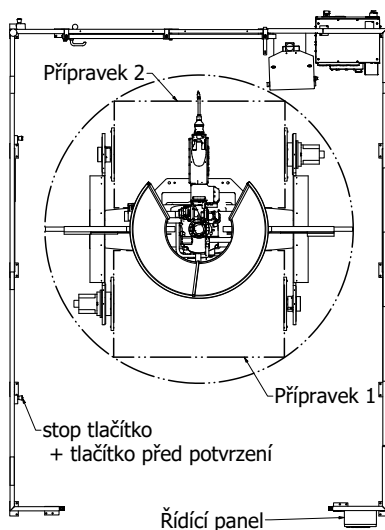
Obr. 11-1: Svařenec s očíslovanými sváry

Popsány jsou kroky svařování prvního výrobního cyklu.

U přípravku 1 je několik svárů, které jsou z důvodu sepnutých upínek svařovány ve dvou krocích kvůli přístupu k hořáku.

Každých pět cyklů probíhá čištění hořáku, které trvá 5 sekund [44].

11.1 První krok pracovního postupu

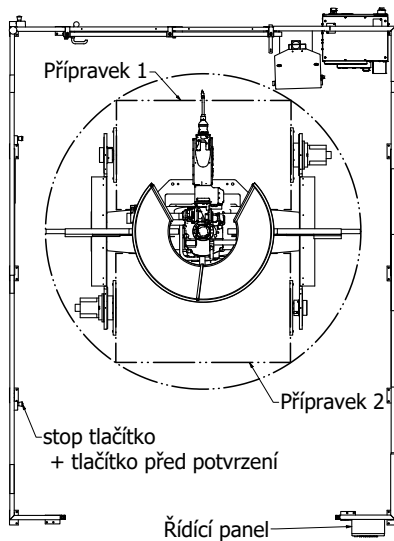


Obr. 11-2: Pracoviště na počátku prvního kroku

Oba přípravky jsou prázdné a v pozici pro ruční vkládání a vykládání se nachází Přípravek 1 a v pozici pro svařování Přípravek 2, stav pracoviště na začátku kroku je vidět na obr. 11-2. Pracovník vstoupí do pracovního prostoru a vloží do Přípravku 1 díly podle tab. 8-2. Po vložení všech dílů odchází z pracovního prostoru, současně se stiskne tlačítko předběžného potvrzení. Po odchodu přes světelnou bránu potvrdí odchod na řídicím panelu pracoviště.

Po potvrzení, že pracovník opustil pracovní prostor, se může polohovadlo začít otáčet.

11.2 Druhý krok postupu



Obr. 11-3: : Pracoviště na počátku druhého kroku

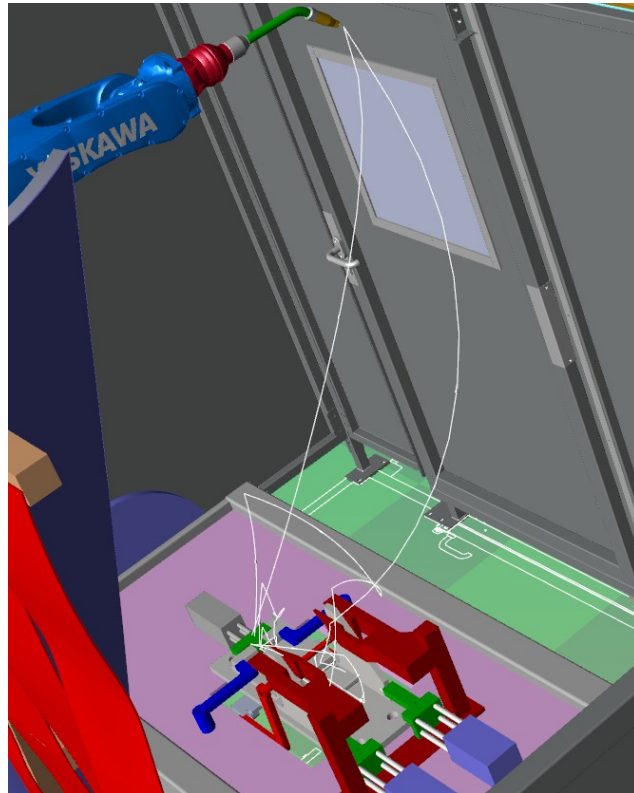
Po dokončení otočení polohovadla. Pozice přípravku je vidět na obr. 11-3.

Robot začíná svařovat, postupuje podle předem naprogramované svařovací trajektorie, která je vidět na obr. 11-4 a videu (viz. příloha) ze simulace v MotoSimu.

Tato část kroku probíhá pouze, pokud se nejedná o první cyklus.

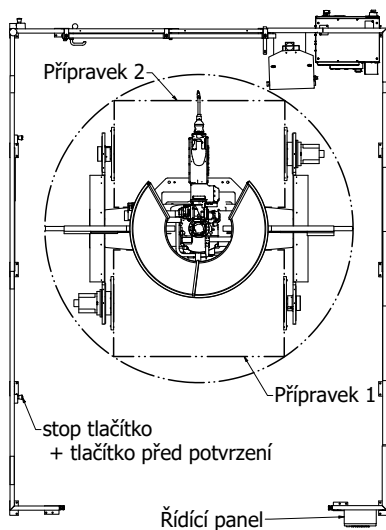
Po potvrzení, že stůl se již neotáčí, vchází pracovník do pracovního prostoru a vkládá díly do Přípravku 2 podle tab. 8-3. Po vložení pracovník odchází a stiskne tlačítko předběžného potvrzení.

Po skončení svařování a návratu do Home position je potvrzeno, že pracovník se nenachází v pracovní oblasti, stůl otočit přípravek 2 k robotu a přípravek 1 do oblasti vykládání a vkládání.



Obr. 11-4: Trajektorie TCP bodu při robotickém svařování přípravek 1

11.3 Třetí krok postupu

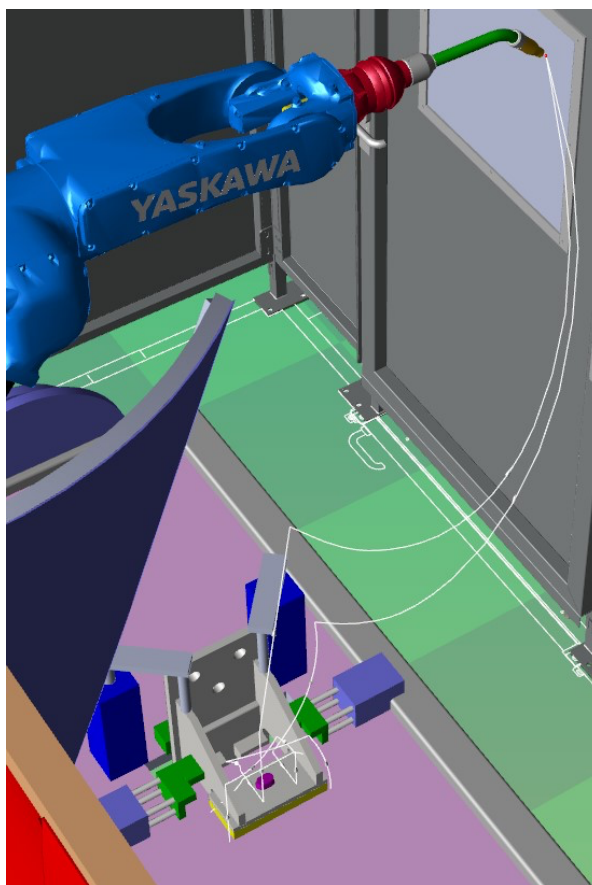


Po dokončení otáčení jsou přípravky v pozici viz obr. 11-5. Robot začíná svařovat podle předem naprogramované trajektorie, která je vidět na obr. 11-6 a ve videu (viz. příloha) ze MotoSimu.

Po potvrzení, že se stůl neotáčí, pracovník vchází do pracovního prostoru a vyndává částečně svažený díl a odkládá ho pro další krok. Do prázdného přípravku vkládá součásti svařence. Po vložení všech částí opouští pracovní oblast a stiskne tlačítko předběžného potvrzení.

Obr. 11-5: Pracoviště na počátku třetího kroku

Po dokončení svařování a potvrzení, že pracovník opustil pracovní oblast, se stůl může otočit.



Obr. 11-6: : Naprogramovaná trajektorie TCP pro přípravek 2

11.4 Čtvrtý krok postupu

Po dokončení otáčení začíná robot svařovat části dílu v přípravku 1, viz obrázek a video z druhého kroku.

Po potvrzení otočení stolu pracovník vchází do pracovního prostoru a vyndává svařený díl z přípravku 2. Do prázdného přípravku vkládá částečně svařený díl z minulého kroku.

Po vložení dílu pracovník odchází, stiskne tlačítko předpotvrzení a opouští pracovní prostor.

Po dokončení svařování a odchodu pracovníka z pracovního prostoru se stůl otáčí.

Po tomto kroku následuje znovu krok 2 a postup se opakuje.

12 Závěrečné výpočty a vyhodnocení

12.1 Čas cyklu

Výpočet času cyklu se dá provést dvěma různými metodami, a to matematicky a pomocí simulačního programu.

12.1.1 Čas získaný ze simulace

V simulačním softwaru MotoSim byla s použitím digitálního teach pendantu naprogramována trajektorie TCP robota za účelem svařování a přesunu hořáku mezi sváry.

Po dokončení svařovacích programů byla odečtena jejich doba trvání:

- Program Přípravek 1 $t_{přípravek1Sim} = 311,9$ s
- Program Přípravek 2 $t_{přípravek2Sim} = 150,2$ s

$$t_{CelokvýSim} = t_{OtočenStolu} + t_{přípravek1Sim} + t_{OtočeníStolu} + t_{přípravek2Sim} [s] \quad (2)$$

$$t_{CelokvýSim} = 8 + 311,9 + 8 + 150,2 = 478,1 \text{ s}$$

12.1.2 Matematický výpočet času cyklů

Vypočet času cyklu matematicky stojí na znalosti a odhadu, jak dlouho bude která činnost na pracovišti trvat.

Znamé hodnoty jsou:

- rychlost svařování 5 mm/s,
- čas otáčení polohovadla 8 s,
- čas potřebný pro zapálení oblouku 0,6 s,
- čas přidáný na konec sváru pro vyplnění kráteru 0,6 s.

Odhad probíhá u časů potřebných pro přemístění se mezi sváry, základní odhad je, že doba na změnu pozice je 1 sekunda, pro přesnější výpočet v případech, kdy je vzdálenost mezi sváry větší nebo je ke svárům složitější přístup, je počítáno s delším časem.

Je předpokládáno, že svařování zabírá delší dobu než výměna dílu, jedinou výjimkou je krok 1. Není možné správně odhadnout čas potřebný pro založení do přípravků.

Tab. 12-1: Tabulka pro výpočet času potřebného na svařování přípravek 1

přípravek	typ úkonu	čas [s]
Přípravek 1	přiblížení hořáku ke sváru	1
	svár_1 +2x zapálení oblouku +2x vyplnění kráteru+přenos mezi sváry	45,2
	přesun mezi sváry	1
	svár_7 +2x zapálení oblouku +2x vyplnění kráteru+přenos mezi sváry	47,4
	pootočení a přemístění	2
	svár_2 +2x zapálení oblouku +2x vyplnění kráteru+přenos mezi sváry	45,2
	přesun mezi sváry	1
	svár_8 +2x zapálení oblouku +2x vyplnění kráteru+přenos mezi sváry	47,4
	pootočení a přemístění	3
	svár_5 +1x zapálení oblouku +1x vyplnění kráteru	22,4
	přemístění mezi sváry	1
	svár_6 +1x zapálení oblouku +1x vyplnění kráteru	22,4
	přemístění mezi sváry	1
	svár_3 +1x zapálení oblouku +1x vyplnění kráteru	15,8
	přemístění mezi sváry	1
	svár_4 +1x zapálení oblouku +1x vyplnění kráteru	15,8
	návrat do počáteční pozice	1
	$t_{\text{přípravek2}}$ =celkový čas přípravek 1	

Tab. 12-2: výpočet času svařování pro přípravek 2

přípravek	typ úkonu	čas [s]
přípravek 2	přiblížení hořáku ke sváru	1
	svár 9+1xrozehřání +1xzaplnění díry	19,2
	přemístění hořáku	1
	svár 11+1xrozehřání +1xzaplnění díry	19,2
	přemístění hořáku a pootočení	2
	svár 12+1xrozehřání +1xzaplnění díry	19,2
	přemístění hořáku	1
	svár 10+1xrozehřání +1xzaplnění díry	19,2
	návrat do domácí pozice	2
$t_{přípravek2}$ =celkový čas přípravek 2		83,8

Výpočet celkového času cyklu získaného matematicky je následující s použitím hodnot v tab. 12-1 a tab. 12-2:

$$t_{CelkovýMat} = t_{OtočenStolu} + t_{přípravek1} + t_{OtočeníStolu} + t_{přípravek2} [s] \quad (3)$$

$$t_{CelkovýMat} = 8 + 273,6 + 8 + 83,8 = 373,4 s$$

12.2 Vyhodnocení bezpečnosti

Při návrhu pracoviště bylo postupováno podle pravidel a norem platících na území Evropské unie. Návrh byl konzultován s osobami se zkušenostmi s návrhem svařovacích pracovišť. Nebyl provedena kontrola nezávislou stranou, v případě stavby pracoviště by byla zapotřebí pro získání certifikace bezpečnosti.

13 Závěr

Návrh robotizovaného svařovacího pracoviště je komplexní téma které v sobě spojuje mnoho technologických oborů počínaje mechanikou a konče softwarovým inženýrstvím. V této práci bylo provedeno seznámení se s problematikou automatizace, průmyslových robotů a jejich polohovadel, svařovacího vybavení pro obloukové svařování, tvorbě návrhu svařovacích přípravků a bezpečnostních požadavků pro robotizované pracoviště.

Cílem návrhu robotizovaného pracoviště bylo navrhnout takový koncept, který by umožňoval robotické svařování dílu „Zarážka“ s použitím polohovadla typu H. Při návrhu bylo použito výrobků a zařízení zadavatele Bakalářské práce společnosti YASKAWA Czech s. r. o..

V první části návrhu byl vytvořen koncept přípravků pro svařování daného dílu, jedná se o dva přípravky, kdy v každém je svařována jiná část „Zarážky“. Na základě konceptu svařovacích přípravků byl vybrán typ a rozměry polohovadla, robota a svařovacího vybavení. Byl navržen výběr bezpečnostního vybavení pracoviště podle požadavků daných platnými normami na území Evropské Unie.

Hlavními částmi pracoviště jsou Průmysloví robot YASKAWA MOTOMAN AR1440, polohovadlo YASKAWA RWV2 M1-500-1600-1000 a svařovací vybavení od SKS Welding Systém LSQ5 vybavený POWER JOINTEM. Bezpečnostní vybavení bylo zvoleno od společnosti PILZ.

Z vybraných částí byl vytvořen 3D model konceptů přípravků a pracoviště v CAD softwaru Autodesk Inventor Professional 2019.

Dále byl vytvořen model pracoviště v softwaru YASKAWA MotoSimEG-VRC. V tomto off-line simulačním softwaru bylo provedeno sestavení a propojení hlavních částí pracoviště. Do modelu byly importovány koncepty přípravků pro provedení návrhu pracovního programu robota.

V MotoSimu byl vytvořen pracovní program robota pro svařování na obou přípravcích. Z MotoSimu byli získány výstupy v podobě obrázků pracoviště, programu robota a videí zobrazujících pohyb robota při svařování.

Dále byl stanoven pracovní postup pro výrobu „Zarážky“.

Časy cyklů potřebných k provedení pracovního postupu byly získány dvěma metodami a to simulací v MotoSimu a matematickým výpočtem s využitím odhadu a znalostí časů jednotlivých dějů. Výsledné časy cyklů mezi oběma metodami se liší o 104,7 s. Důvodem pro tento časový rozdíl může být několik. Nedokonalostí navržených drah robota, které byly v simulaci vytvořeny. Také může mít vliv na rozdíl časů cyklů až příliš optimistický odhad času pro přesun mezi sváry u matematického modelu.

Je důležité zdůraznit že byl vytvářen návrh konceptu pracoviště nikoli výrobní dokumentace na výrobu toho pracoviště. Pro vytvoření skutečného pracoviště je zapotřebí více znalostí, větší počet lidí pracujících na různých částech výroby a přesné požadavky na díl se kterým je pracováno.

Výsledný koncept pracoviště reflektuje zadání požadované společností YASKAWA.

Seznamy

Použitá literatura

- [1] International Society of Automation, „What is automation?,“ [Online]. Available: <https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation>. [Přístup získán 19 prosince 2020].
- [2] Computer history museum, „Computer history museum,“ [Online]. Available: <https://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/78>. [Přístup získán 19 prosinec 2020].
- [3] M. groover, „britannica,“ 26 červenec 1999. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/automation/Modern-developments>. [Přístup získán 19 Prosinec 2020].
- [4] PLCdev, [Online]. Available: http://www.plcdev.com/definition_of_a_plc. [Přístup získán 7 Leden 2021].
- [5] MY PLC TRAINING, „MY PLC TRAINING,“ 18 Květen 2020. [Online]. Available: <https://www.myclctraining.com/blog/beginners-free-plc-training-part-1/>. [Přístup získán 19 Prosinec 2020].
- [6] PILZ, „PILZ,“ [Online]. Available: <https://www.pilz.com/en-INT/products/controllers/plc-controllers>. [Přístup získán 19 Prosinec 2020].
- [7] ISO, „ISO Online Browsing platform,“ [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:3.1>. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [8] Robotic Industries Association, „A TRIBUTE TO JOSEPH ENGELBERGER,“ [Online]. Available: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [9] E. Langer, „The Washington post,“ 17 Srpen 2011. [Online]. Available: https://www.washingtonpost.com/local/obituaries/george-c-devol-99-self-taught-tinkerer-who-invented-robotic-arm/2011/08/17/gIQA0Ed5LJ_story.html. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].

- [10] B. Malone, „IEEE Spectrum,“ 26 Zář 2011. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/george-devol-a-life-devoted-to-invention-and-robots>. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [11] Z. Kolibal, ROboty a robotizované výrobní technologie, BRNO: Nakladatelství VUTIUM, 2016.
- [12] Festo, „Festo,“ [Online]. Available: https://www.festo.com/us/en/c/automation/industrial-automation/industrial-robots/cartesian-robots/3d-gantries-id_pim247/. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [13] C. Gonzalez, „What’s the Difference Between Industrial Robots?,“ 1 Prosinec 2018. [Online]. Available: <https://www.machinedesign.com/markets/robotics/article/21835000/whats-the-difference-between-industrial-robots>. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [14] „Kawasaki Robotics,“ [Online]. Available: https://robotics.kawasaki.com/en1/anniversary/history/history_02.html. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [15] YASKAWA, „SG Series,“ [Online]. Available: https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/pick-place/seriesdetail/serie/sg-series_6627. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [16] RobotDK, „What is an End Effector and How Do You Use One?,“ 4 září 2020. [Online]. Available: https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-News/What-is-an-End-Effector-and-How-Do-You-Use-One/content_id/9134. [Přístup získán 7 Unor 2021].
- [17] YASKAWA, „YASKAWA MPP Series,“ [Online]. Available: https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/pick-place/seriesdetail/serie/mpp-series_507. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [18] YASKAWA, „Rotary Servomotors,“ [Online]. Available: https://www.yaskawa.eu.com/products/motion-control/seriesdetail/serie/rotary-servomotors_1782. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [19] SCHUNK, „PGN-plus-P,“ [Online]. Available: https://schunk.com/cz_en/gripping-systems/series/pgn-plus-p/. [Přístup získán 22 Prosinec 2020].
- [20] YASKAWA, „AR1440,“ [Online]. Available: https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/welding-cutting/productdetail/product/ar1440_734. [Přístup získán 23 Prosinec 2020].

- [21] J. Leath, „How to Choose the Right Positioner for Your Robotic Welding Application,“ [Online]. Available: <https://www.fabricatingandmetalworking.com/2018/08/how-to-choose-the-right-positioner-for-your-robotic-welding-application/>. [Přístup získán 23 Prosinec 2020].
- [22] Presrtone astin, „Selecting positioners for your robotic welding system,“ [Online]. Available: <https://prestoneastin.com/selecting-positioners-for-your-robotic-welding-system/>. [Přístup získán 23 Prosince 2020].
- [23] ROBOTWORKS, „ROBOTS,“ [Online]. Available: <https://www.robots.com/articles/the-right-positioner-for-your-application>. [Přístup získán 23 Prosinec 2020].
- [24] YASKAWA, „Robotic Peripherals,“ [Online]. Available: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/peripherals>. [Přístup získán 23 Prosince 2020].
- [25] P. YOUNG, „The Complete History of Welding,“ 8 Prosinec 2020. [Online]. Available: <https://weldingheadquarters.com/history-of-welding/>. [Přístup získán 25 Prosinec 2020].
- [26] Universal Technical Institute, „WELDING HISTORY GOES BACK FARTHER THAN YOU THINK,“ 18 červen 2018. [Online]. Available: <https://www.uti.edu/blog/welding/welding-history-goes-back-farther-than-you-think>. [Přístup získán 24 PROSINEC 2020].
- [27] J. Novotný , J. Šanovec, B. Bednář a V. Kreibich, Technologie I, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006.
- [28] Lincoln electric, „Lincoln electric,“ [Online]. Available: <https://www.lincolnelectric.com/en-us/support/process-and-theory/Pages/process-and-theory.aspx>. [Přístup získán 7 Leden 2021].
- [29] Fronius, „A MIG/MAG WELDING SYSTEM FOR ALL APPLICATIONS,“ [Online]. Available: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/product-information/mig-mag-welding-system-tpsi>. [Přístup získán 23 Prosinec 2020].
- [30] Fronius, „Robotic welding,“ [Online]. Available: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/product-list?filter=3076>. [Přístup získán Prosinec 2020].
- [31] Fronius, „CMT UPGRADE FOR TPS/i ROBOTICS POWER SOURCE,“ 26 Října 2016. [Online]. Available: <https://www.fronius.com/cs-cz/czech-republic/perfect->

- welding/informacni-centrum/tisk/cmt-upgrade-060317. [Přístup získán 24
Prosinec 2020].
- [32] Robotworks, „Robotworks,“ [Online]. Available:
<https://www.robots.com/articles/welding-torch-cleaning-station>. [Přístup získán
26 Prosinec 2020].
- [33] YASKAWA Ristro, *Jigs construction capacities References from Automotive
industry*, 2014.
- [34] Carrlane manufacturing C.O., „What is Modular Fixturing?,“ [Online]. Available:
<https://www.carrlane.com/engineering-resources/technical-information/design-standards-engineering-information/what-is-modular-fixturing>. [Přístup získán 19
červen 2021].
- [35] Destaco, „LOW-PROFILE HORIZONTAL, MANUAL HOLD-DOWN CLAMPS –
205 SERIES,“ [Online]. Available: <https://www.destaco.com/products/hold-down-clamps-205>. [Přístup získán červen 2021].
- [36] Destaco, „Pneumatické otočné upínače,“ [Online]. Available:
<https://dsczech.cz/destaco/pneumaticke-otocne-upinace>. [Přístup získán 21
Červen 2021].
- [37] PILZ, „The Safety Compendium,“ 2017. [Online]. Available:
https://www.pilz.com/mam/pilz/content/editors_mm/safety_compendium_en_2017_12_low.pdf#page=159. [Přístup získán 25 Prosinec 2020].
- [38] PILZ Czech, „Bezpečně integrovaná robotika podle ČSN EN ISO 10218 2,“ 29
Duben 2020. [Online]. Available:
<https://www.youtube.com/watch?v=8szKyLBeVPk&t=7s>. [Přístup získán 25
Prosinec 2020].
- [39] ESAB, „KATALOG PŘÍDAVNÝCH SVAŘOVACÍCH MATERIÁLŮ,“ 2018.
[Online]. Available: <https://assets.esab.com/asset-bank/action/viewAsset?id=22677&index=9&total=69&view=viewSearchItem>.
[Přístup získán 28 červen 2021].
- [40] Yaskawa MOTOMAN, Návod k obsluze a údržbě RWV2-250 až 1500, Praha.
- [41] SKS Welding Systems s. r. o., „Domovská stránka,“ [Online]. Available:
<https://cz.sks-welding.com/o-firme-sks/>. [Přístup získán 10 červenec 2021].
- [42] SKS Welding System, Návod k obsluze DCT- svářecí proudový zdroj LSQ5.

- [43] SKS Welding systems GmbH, „Power Joint,“ [Online]. Available: <https://www.sks-welding.com/en/weld-packages/packages-single-wire/power-joint.html>. [Přístup získán 20 červen 2021].
- [44] SKS welding system, „eReam-First fully electric driven torch cleaning system,“ [Online]. Available: https://eream.sks-welding.com/pdf/eReam_EN.pdf. [Přístup získán 6 28 2021].
- [45] PILZ, „PSEN opII4H-s-30-150,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.pilz.com/en-INT/eshop/Sensor-technology/Optoelectronic-protective-devices/PSENopt-II-Light-grid/Basic-Type-4-light-curtain-hand-protection/PSEN-opII4H-s-30-150/p/632069#productDetails>. [Přístup získán 30 červen 2021].
- [46] YASKAWA, MotoSim EG-VRC Ver2019SP1 OPERATOR'S MANUAL, Kitakyushu, 2019.

Použitý software:

Microsoft World 365
 Microsoft Excel 365
 Autodesk Inventor Professional 2019
 Yaskawa MotoSimEG-VRC 2021

Obrázky

OBR. 3-1: POČÍTAČ ENIAC [2]	13
OBR. 3-2: PLC OD SPOLEČNOSTI PILZ [6]	14
OBR. 4-1: ROBOT UNIMATE SVAŘUJÍCÍ [6]	16
OBR. 4-2: KARTÉZSKÝ ROBOT OD SPOLEČNOSTI FESTO [12]	17
OBR. 4-3: NÁKRES ROBOTU S DVĚMA TRANSLAČNÍMI A JEDNÍM ROTAČNÍM POHYBEM [13]	17
OBR. 4-4: ROBOT UNIMATE LICENČNĚ VYROBEN SPOLEČNOSTÍ KAWASAKI [14]	18
OBR. 4-5: SCARA OD SPOLEČNOSTI YASKAWA [15]	18
OBR. 4-6: OBRÁZEK ANGULÁRNÍHO ROBOTY [16]	19
OBR. 4-7: ROBOT S PARALELNÍ KINEMATIČOU OD SPOLEČNOSTI YASKAWA [17]	19
OBR. 4-8: ROTAČNÍ SERVOMOTOR SPOLEČNOSTI YASKAWA [18]	20
OBR. 4-9: DVOUPRSTÉ CHAPADLO OD SPOLEČNOSTI SCHUNK [19]	21
OBR. 4-10: SVAŘOVACÍ ROBOT AR1440 OD SPOLEČNOSTI YASKAWA [20]	22
OBR. 5-1: JEDNOOSÁ POLOHOVADLA [24]	24

OBR. 5-2: OTOČNÝ STŮL SPOLEČNOSTI YASKAWA [24].....	24
OBR. 5-3: VÍCEOSÉ POLOHOVADLO OD SPOLEČNOSTI YASKAWA [24]	24
OBR. 5-4: POLOHOVADLO SE DVĚMA STANICEMI TYPU C [24]	25
OBR. 5-5: POJEZD PRO ROBOTA [24].....	25
OBR. 5-6: PORTÁLOVÝ POJEZD PRO ROBOTA [24]	26
OBR. 5-7: POLOHOVADLO TYPU H [24]	26
OBR. 6-1: ROZDĚLENÍ SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÉM PLYNU [27]	29
OBR. 6-2: SVAŘOVACÍ ZDROJ FRONIUS [29].....	31
OBR. 6-3: PODAVAČ DRÁTU UMÍSTĚNÝ NA RAMENI ROBOTA [30].....	31
OBR. 6-4: PODAVAČ DRÁTU UMÍSTĚNÝ NA RAMENI ROBOTA S DUTÝM ZÁPĚSTÍM [30]	31
OBR. 6-5: HOŘÁK OD SPOLEČNOSTI FRONIUS TYPU CMT [31]	32
OBR. 6-6: JEDNOÚČELOVÝ PŘÍPRAVEK [33].....	34
OBR. 6-7: UKÁZKA MODULÁRNÍHO PŘÍPRAVKU [34]	34
OBR. 6-8: RUČNÍ UPÍNKA OD FIRMY DESTACO [35]	35
OBR. 6-9: OTOČNÁ UPÍNKA OD SPOLEČNOSTI DESTACO [36].....	35
OBR. 7-1: ROBOTICKÉ PRACOVÍŠTĚ VYBAVENÉ BEZPEČNOSTNÍMI PRVKY: SVĚTELNÁ ZÁVORA, PLOT, STOP TLAČÍTKEM [37] ..	37
OBR. 7-2: ROBOTICKÉ PRACOVÍŠTĚ VYBAVENÉ LASEROVÝMI SENZORY A KAMEROVÝM SYSTÉMEM [37].....	38
OBR. 8-1: OBRÁZEK DÍLU SE SVÁRY A 3D KÓTAMI.....	39
OBR. 9-1: MOŽNÉ VARIANTY UMÍSTĚNÍ ROBOTA	43
OBR. 9-2: ŘEZ POLOHOVADLEM [40]	45
OBR. 9-3: OBLAST PRACOVNÍHO BODU ROBOTA [20].....	46
OBR. 9-4: SNÍMEK TABULKY Z DATASHEETU ROBOTA [20]	47
OBR. 9-5: PŘEHLED SVAŘOVACÍHO SYSTÉMU [41].....	48
OBR. 9-6: TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY SVAŘOVACÍHO ZDROJE LSQ5 [42]	48
OBR. 9-7: OTEVŘENÝ PODAVAČ DRÁTU [43]	49
OBR. 9-8: ČISTIČ HOŘÁKU SVÁŘEČKY [44]	49
OBR. 9-9: ROZLOŽENÍ S BEZPEČNOSTNÍMI PRVKY	50
OBR. 9-10: OBRÁZEK POLOHOVADLA SE ZÁBRANAMI	51
OBR. 10-1: VÝVOJ KONCEPTU PRACOVÍŠTĚ	53
OBR. 10-2: DVA POHLEDY NA PRACOVÍŠTĚ VYTVOŘENÉ V MOTOSIMU	54
OBR. 10-3: TEACH PENDANT VE SKUTEČNOSTI (VLEVO) A V MOTOSIMU (VPRAVO) [46]	54
OBR. 10-4: DOSAH TCP ROBOTA SE SVÁŘEČKOU MOTOSIM	55
OBR. 11-1: SVAŘENEC S OČÍSLOVANÝMI SVÁRY	56
OBR. 11-2: PRACOVÍŠTĚ NA POČÁTKU PRVNÍHO KROKU	56
OBR. 11-3: : PRACOVÍŠTĚ NA POČÁTKU DRUHÉHO KROKU	57
OBR. 11-4: TRAJEKTORIE TCP BODU PŘI ROBOTICKÉM SVAŘOVÁNÍ PŘÍPRAVEK 1	57
OBR. 11-5: PRACOVÍŠTĚ NA POČÁTKU TŘETÍHO KROKU.....	58
OBR. 11-6: : NAPROGRAMOVANÁ TRAJEKTORIE TCP PRO PŘÍPRAVEK 2	58

Tabulky

TAB. 8-1: TABULKA SVÁRŮ.....	40
TAB. 8-2: POPIS PŘÍPRAVKU ČÍSLO 1	41
TAB. 8-3: POPIS PŘÍPRAVKU ČÍSLO 2	42
TAB. 9-1: SEZNAM DÍLU POLOHOVADLA [40].....	45
TAB. 12-1: TABULKA PRO VÝPOČET ČASU POTŘEBNÉHO NA SVAŘOVÁNÍ PŘÍPRAVEK 1	61
TAB. 12-2: VÝPOČET ČASU SVAŘOVÁNÍ PRO PŘÍPRAVEK 2.....	62

Přílohy

Videa:

- Bunka_svarovani_pripravek_1.avi
- Bunka_svarovani_pripravek_2.avi

Výkresy a kusovníky:

- BP-0263-00-S_ZARAZKA.pdf
- BP-0263-00-K.pdf
- BP-0263-00-1_ZAKLADOVA_DESKA.pdf
- BP-0263-00-2_PODKLADNICE.pdf
- BP-0263-00-3_CELO.pdf
- BP-0263-00-4_BOCNICE.pdf
- BP-0263-01_KONCEPT_PRIIPRAVEK_1.pdf
- BP-0263-02_KONCEPT_PRIIPRAVEK_2.pdf
- BP-0263-03-S_koncept_svarovaciho_pracoviste_se_stolem_typu_H.pdf
- BP-0263-03-K.pdf

3D modely ve formátu STEP:

- Zarazka.stp
- Koncept_pripravek_1.stp
- Koncept_priptavek_2.stp
- Koncept_svarovaciho_pracoviste_se_stolem_typu_H.stp

Textové

- Program robota pro svařování na přípravku 1.
- Program robota pro svařování na přípravku 2.

Příloha práce

Program robota pro svařování na přípravku 1.

NOP

MOVJ C00000 VJ=1.00 +MOVJ EC00000 VJ=1.00

MOVJ C00001 VJ=1.00 +MOVJ EC00001 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00002 V=5.0 +MOVJ EC00002 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00003 VJ=1.00 +MOVJ EC00003 VJ=1.00

MOVJ C00004 VJ=1.00 +MOVJ EC00004 VJ=1.00

MOVJ C00005 VJ=1.00 +MOVJ EC00005 VJ=1.00

MOVJ C00006 VJ=1.00 +MOVJ EC00006 VJ=1.00

MOVJ C00007 VJ=1.00 +MOVJ EC00007 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00008 V=5.0 +MOVJ EC00008 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVL C00009 V=100.0 +MOVJ EC00009 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00010 V=5.0 +MOVJ EC00010 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00011 VJ=1.00 +MOVJ EC00011 VJ=1.00

MOVJ C00012 VJ=1.00 +MOVJ EC00012 VJ=1.00

MOVJ C00013 VJ=1.00 +MOVJ EC00013 VJ=1.00

MOVJ C00014 VJ=1.00 +MOVJ EC00014 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00015 V=5.0 +MOVJ EC00015 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00016 VJ=1.00 +MOVJ EC00016 VJ=1.00

MOVJ C00017 VJ=1.00 +MOVJ EC00017 VJ=1.00

MOVJ C00018 VJ=1.00 +MOVJ EC00018 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00019 V=5.0 +MOVJ EC00019 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00020 VJ=1.00 +MOVJ EC00020 VJ=1.00

MOVJ C00021 VJ=1.00 +MOVJ EC00021 VJ=1.00

MOVJ C00022 VJ=1.00 +MOVJ EC00022 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00023 V=5.0 +MOVJ EC00023 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVL C00024 V=100.0 +MOVJ EC00024 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00025 V=5.0 +MOVJ EC00025 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00026 VJ=1.00 +MOVJ EC00026 VJ=1.00

MOVJ C00027 VJ=1.00 +MOVJ EC00027 VJ=1.00

MOVJ C00028 VJ=1.00 +MOVJ EC00028 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00029 V=5.0 +MOVJ EC00029 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00030 VJ=1.00 +MOVJ EC00030 VJ=1.00

MOVJ C00031 VJ=1.00 +MOVJ EC00031 VJ=1.00

MOVJ C00032 VJ=1.00 +MOVJ EC00032 VJ=1.00

MOVJ C00033 VJ=1.00 +MOVJ EC00033 VJ=1.00

MOVJ C00034 VJ=1.00 +MOVJ EC00034 VJ=1.00

ARCON

TIMER T=0.60

MOVL C00035 V=5.0 +MOVJ EC00035 VJ=1.00

TIMER T=0.60

ARCOF

MOVJ C00036 VJ=1.00 +MOVJ EC00036 VJ=1.00

MOVJ C00037 VJ=1.00 +MOVJ EC00037 VJ=1.00

ARCON

```
TIMER T=0.60
MOVL C00038 V=5.0 +MOVJ EC00038 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVJ C00039 VJ=1.00 +MOVJ EC00039 VJ=1.00
MOVJ C00040 VJ=1.00 +MOVJ EC00040 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00041 V=5.0 +MOVJ EC00041 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVJ C00042 VJ=1.00 +MOVJ EC00042 VJ=1.00
MOVJ C00043 VJ=1.00 +MOVJ EC00043 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00044 V=5.0 +MOVJ EC00044 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVJ C00045 VJ=1.00 +MOVJ EC00045 VJ=1.00
MOVJ C00046 VJ=1.00 +MOVJ EC00046 VJ=1.00
MOVJ C00047 VJ=1.00 +MOVJ EC00047 VJ=1.00
MOVJ C00048 VJ=1.00 +MOVJ EC00048 VJ=1.00
END
```

Kód programu robota pro svařování Přípravku 2.

```

NOP
MOVJ C00000 VJ=1.00 +MOVJ EC00000 VJ=1.00
MOVJ C00001 VJ=1.00 +MOVJ EC00001 VJ=1.00
MOVJ C00002 VJ=1.00 +MOVJ EC00002 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00003 V=5.0 +MOVJ EC00003 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVL C00004 V=100.0 +MOVJ EC00004 VJ=1.00
MOVL C00005 V=100.0 +MOVJ EC00005 VJ=1.00
MOVJ C00006 VJ=1.00 +MOVJ EC00006 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00007 V=5.0 +MOVJ EC00007 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVL C00008 V=100.0 +MOVJ EC00008 VJ=1.00
MOVJ C00009 VJ=1.00 +MOVJ EC00009 VJ=1.00
MOVJ C00010 VJ=1.00 +MOVJ EC00010 VJ=1.00
MOVJ C00011 VJ=1.00 +MOVJ EC00011 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00012 V=5.0 +MOVJ EC00012 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVJ C00013 VJ=1.00 +MOVJ EC00013 VJ=1.00
MOVJ C00014 VJ=1.00 +MOVJ EC00014 VJ=1.00
MOVJ C00015 VJ=1.00 +MOVJ EC00015 VJ=1.00
ARCON
TIMER T=0.60
MOVL C00016 V=5.0 +MOVJ EC00016 VJ=1.00
TIMER T=0.60
ARCOF
MOVL C00017 V=100.0 +MOVJ EC00017 VJ=1.00
MOVL C00018 V=100.0 +MOVJ EC00018 VJ=1.00
MOVJ C00019 VJ=1.00 +MOVJ EC00019 VJ=1.00
END
```